

Mariana Silvério Castilho

**Avaliação da alteração de temperatura na
câmara pulpar durante preparo cavitário com
laser Er:YAG em dentes decíduos humanos**

*Dissertação apresentada ao Curso de
Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto
para obtenção do título de Mestre em
Odontologia – sub-área de Endodontia.*

Orientadora: *Profa. Dra. Yara T. C. Silva-Sousa*
Co-orientador: *Prof. Dr. Luis José Floriam*

**Ribeirão Preto
2005**

Banca Examinadora

Prof^a. Dr^a. Yara Teresinha Corrêa Silva Sousa
(presidente)
Professora Titular do Curso de Odontologia da
UNAERP

Prof^a. Dr^a. Delsa Deise Machetti Kanaan
Professora Titular do Curso de Odontologia da
UNAERP

Prof^a. Dr^a. Maria Carmeli Correia Sampaio
Professora Titular da Universidade Estadual da
Paraíba - UFPB

Defesa: 03/2005

Mariana Silvério Castilho

**Avaliação da alteração de temperatura na
câmara pulpar durante preparo cavitário com
laser Er:YAG em dentes decíduos humanos**

Orientadora: Profa. Dra. Yara T. C. Silva-Sousa

Co-orientador: Prof. Dr. Luis José Floriam

**Ribeirão Preto
2005**

Ficha catalográfica preparada pelo Centro de Processamento Técnico da
Biblioteca Central da UNAERP

- Universidade de Ribeirão Preto -

C352a Castilho, Mariana Silvério, 1978 -
Avaliação da alteração de temperatura na câmara pulpar durante preparo cavitário com laser Er:YAG em dentes decíduos humanos / Mariana Silvério Castilho.- - Ribeirão Preto, 2005.
70 f. : il. -

Orientador (a): Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa.

Monografia (Dissertação de Mestrado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Odontologia, área de concentração: Endodontia. Ribeirão Preto, 2005.

1. Odontologia. 2. Endodontia. 3. Odontopediatria. 4. Lasers - Odontologia. I. Título.

CDD: 617.6342



Laboratório de Pesquisas em Odontologia

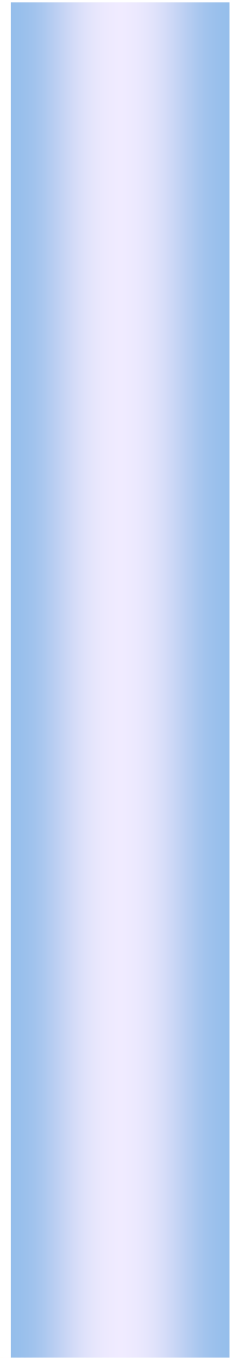


Centro de Apoio a Pesquisas do Ensino Superior

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Pesquisa em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, com apoio financeiro da CAPES – Bolsa PROSUP processo número 33032017004MO.

"Todas as vezes que se comprometerem a fazer algo na vida procurem fazer do melhor modo, com honestidade, sinceridade e, acima de tudo, com bom senso e sensibilidade. Façam de suas vidas uma eterna conquista rumo ao conhecimento, à grandeza do ser, à autenticidade e serão, sempre, vencedores."

M. Gandhi



Dedicatória

*A **DEUS**, que sempre iluminou o meu caminho com muita saúde, paz e amor, me abençoando com uma família maravilhosa e me cercando de amigos e pessoas inesquecíveis. Agradeço pela força que sempre me deu e me dá, o que permitiu mais esta conquista.*

"O homem entregue a si mesmo, ainda que imbuído da melhor vontade, dificilmente alcançará o pórtico do conhecimento e da felicidade, caso ouse atingí-lo com as próprias forças. Necessita de conselhos, de modelos, e nenhum melhor que a Prece. Se ele hesita em recorrer a essa fonte de vida, perde de vista a meta que almeja. Se, ao contrário, utiliza a Prece que o liga ao seu Criador e aos planos superiores da evolução, sente descer do céu as forças, as sugestões e as inspirações que lhe abre a larga estrada que leva à Sabedoria e Felicidade."

J. S. Martins

*Em especial ao meu irmão **Atáide Silvério de Faria Junior**, que se foi muito cedo, sem que pudesse assistir em vida minha formação, o que seria com certeza um de seus grandes orgulhos. Obrigado por todo o incentivo, força, dedicação, carinho e amor proporcionados a mim durante sua vida.*

Onde você estiver ...

MUITO OBRIGADA !!!!!

"É preciso amar não só por um instante, casualmente, mas sempre até o fim"

Dostoievsky

*Ao meu papai **Ataíde Silvério de Faria** e à minha mamãe **Maria Terezinha Braga Silvério**, por todo o apoio, força, dedicação, confiança, amor e carinho. Sem vocês nada seria possível, pois eu sei que vocês trabalharam muito para que meus sonhos fossem realizados. Obrigada pela educação exemplar que me deram, pelo exemplo de honestidade, dignidade e bondade. Obrigada por tudo que fizeram por mim, sem às vezes eu perceber. Obrigada por eu existir e desculpe por às vezes estar distante, mas saibam que no coração e no pensamento vocês estão e sempre estarão presentes.*

AMO MUITO VOCÊS

“No caminho da sabedoria te ensinei e pelas veredas da retidão te fiz andar”

Prov. 4:11

Às minhas irmãs **Maria Juliana Silvério Nahim e Gabriela Braga Silvério Caixeta** que, ao conduzirem suas vidas de maneira brilhante e com honestidade, mostraram-me que para crescer não se deve abrir mão de nossos princípios e convicções. **VOCÊS**, sem perceber, se fizeram exemplo para mim, a caçulinha. Obrigada pelo amor incondicional, pelo apoio, carinho e dedicação.

AMO VOCÊS

"O alto valor que a vida tem, só podem conhecê-lo os que inspiram e sentiram nobres e grandes afetos"

M. V. Carvalho

Aos meus sobrinhos **Marcelo Silvério Caixeta e Henrique Silvério Nahim** e à minha sobrinha e afilhada **Aline Frasso Silvério**, presentes de Deus, com todo o meu amor e carinho. Seus sorrisos me revigoram, me iluminam e dizem tudo o que preciso para continuar a lutar. O sorriso de uma criança é uma dádiva de DEUS. Obrigado pelo amor e carinho que me proporcionam e desculpem a titia-madrinha por não poder estar sempre com vocês, mas saibam que vocês moram no meu coração.

VOCES SÃO MEUS GRANDES AMORES

"Sorria! Sorrir abre caminhos, desarma os mal-humorados, contamina."

Lea Waider

Ao meu marido **Cristiano Castilho**, por todo seu amor, carinho, dedicação, incentivo, compreensão e ajuda, sem a qual seria impossível a realização deste trabalho.

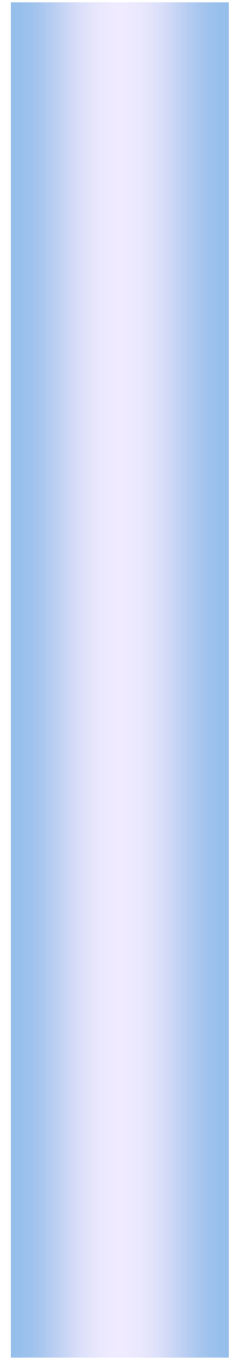
Você é um sonho, é a realidade, é a felicidade, é a alegria, é a paixão, é o amor, é a honestidade, é a dignidade, é a bondade, é a compreensão, é a serenidade, é a confiança, é a amizade, é o incentivo, é o dinamismo, é a seriedade, é a responsabilidade, é o pilar da minha vida. As leis humanas não explicam tamanho amor e afinidade.

VOCÊ tornou tudo possível na minha vida, ou melhor, na nossa vida. Obrigado por você existir e desculpe pelas vezes que não dou valor às coisas que você faz por mim.

TE AMO MUITO!!!

"Amo como ama o amor. Não conheço nenhuma outra razão para amar senão amar. Que queres que te diga, além de que te amo, se o que quero dizer-te é que te amo?"

Fernando Pessoa



Agradecimentos

*À minha orientadora **Profa. Dra. Yara T. C. Silva Sousa**, pela confiança, amizade, por sua serenidade e por todos os ensinamentos que permitiram meu crescimento profissional e pessoal. Você é uma grande incentivadora desde o tempo da graduação. Você esteve presente nos momentos de aprendizado desde a graduação, passando pela especialização e chegando agora ao mestrado e espero que não acabe por aqui. Neste período passaram anos de dedicação e paciência de sua parte em me ensinar. Agradeço com muito respeito e admiração.*

"O mestre não é simplesmente aquele que ensina. É aquele que faz o outro aprender, e mostra como aprender a aprender".

*Ao meu co-orientador **Prof. Dr. Luis José Floriam**, pela amizade, palavras de incentivo, críticas, elogios e ensinamentos.*

*Ao professor **Edson Alfredo**, pela amizade, confiança, incentivo e pela imensa colaboração nesta dissertação. O senhor é um exemplo de dedicação, dinamismo, responsabilidade, seriedade, liderança e competência profissional.*

"Só desperta paixão de aprender quem tem paixão de ensinar"

Ao **Prof. Dr. Manoel Damião de Sousa Neto**, pela amizade confiança, incentivo e oportunidades durante todo o curso, o que permitiu meu crescimento profissional. Você é um exemplo de liderança e pesquisador, que com muita competência coordena o curso de pós-graduação, buscando o melhor de nós.

"Tudo aquilo que você possa fazer, ou sonhe que possa fazer, comece. A coragem tem genialidade, força e magia dentro dela".

À **Profa. Melissa Andréa Marchesan**, pelo apoio e ajuda na elaboração do summary.

Ao **Prof. Celso Bernardo de Souza Filho**, pela sua amizade e por sempre estar disposto a ajudar nos ensinamentos de estatística.

À **Rosemary Alexandre**, técnica do Laboratório de Patologia da UNAERP, que sempre ajudou com atenção, paciência e carinho.

À **Cecília Maria Zanferdini, Joana Neia Vieira, Sônia Cristina Del Campo e Carolina Pimenta Rodrigues**, secretárias da Pós-Graduação, e aos secretários do Curso de Odontologia, **Valéria da Silva e Vinicius Bianchi de Castro**, pela atenção e carinho com que atenderam os meus pedidos.

Aos **funcionários da Clínica Odontológica** da UNAERP, pelo respeito e disposição de sempre ajudar.

Aos professores do curso de Mestrado: **Profa. Dra. Lisete Diniz Ribas Casagrande; Profa. Dra. Neide Aparecida de Souza Lehfeld; Profa. Dra. Rosemary Cristina Linhares R. Pietro; Prof. Renato Roperto; Prof. Celso Bernardo Couto, Prof. Dr. Raphael Carlos Comelli Lia** por todos os ensinamentos durante minha formação de Mestre.

Aos professores **Alexandre Bonini e José Antônio Brufatto Ferraz**, pelo incentivo constante, amizade e ajuda desde os tempos da graduação.

Aos professores **Vlamir Oliveira da Silva, Delsa Deise Machetti Kanaan, Maria Célia Tambasco Oliveira e Christiane E. B. G. Zucolloto** pelo carinho e ensinamentos em Odontopediatria

À **Coordenadoria de Bolsas - CAPES** pelo auxílio e apoio financeiro concedido por meio de bolsa de Mestrado, através da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP.

*A todos os colegas da quarta turma de mestrado da UNAERP, **Renato Interliche, Marcelo Bertoco, Emanuel Soares de Sousa, Juliana Vianna Pereira, Neilor M. Braga, Michele Regina Nadalim, André Augusto Franco Marques, Lucas Fonseca, Marcos Meneghin e Jarbas Gonçalves Passarinho Neto**, pela amizade e por vivenciar as angústias e vitórias do curso de pós-graduação.*

*"Se eu não conseguir a alegria que espero para mim que outros a tenham bem maior. Então serei feliz" **J. D. Goulart***

*Aos amigos do **Laboratório de Pesquisa em Odontologia da UNAERP**.*

*Aos Amigos **Prof. Emílio Carlos Sponchiado Júnior e Profa. Juliana Vianna Pereira**, por todo carinho e alegria de nossa amizade, que proporcionaram muitos momentos de felicidade durante esta etapa de trabalho intenso.*

*Ao Amigo **Tabajara Sabbag Fonseca**, pela constante ajuda e incentivo durante este período de pesquisas sem deixar faltar momentos agradáveis.*

*Ao amigo **Prof. Renato Cássio Roperto**, pela nossa amizade que permitiram momentos de alegria e descontração.*

Aos amigos **Danilo Alessandro de Oliveira e Rafael Brandão Ferreira, Yara Biagiotti, Isabela Martins e Sylvia Nomelini**, pela disposição em ajudar e pela companhia agradável durante os dias em Ribeirão Preto.

Aos meus cunhados **Leonardo Cheib Nahim e Luiz Roberto Caixeta**, pelo carinho, amizade, apoio e incentivo à minha capacidade profissional. Obrigada por torcerem para que eu seja feliz e realize os meus sonhos.

Ao meu sogro **Alberto Castilho Menendes**, à minha cunhada **Vanessa Cristina Castilho**, que com muito carinho me receberam desde minha primeira visita à São Paulo, sempre proporcionando momentos muito agradáveis, e ao meu sobrinho **Adriano Castilho Simionato**, pela alegria e sorriso sempre presentes. Agradeço também à minha sogra **Cleuza Maria Castilho** pelo apoio proporcionado durante sua vida, apesar do pouco tempo de convívio, aprendi grandes lições de vida.

Ao **Renato Simionato** e à **Estela Roberta Marini**, pelo convívio e amizade.

À **Antônia Morlino**, que sempre esteve disposta a ajudar no que fosse preciso, além de abrir as portas de sua casa para a minha estadia e de minhas amigas, muitas vezes abrindo mão de sua privacidade. Obrigada pelo apoio, carinho e amizade. A senhora está sendo como uma mãe para mim. Serei eternamente grata por tudo.

À **Maria Virgínia de Sousa**, pela amizade, confiança e principalmente pela compreensão de minhas constantes ausências ao consultório odontológico que permitiram a elaboração deste trabalho.

Às amigas **Fabíola Carvalho de Freitas Ardaya e Luciana Bruno dos Santos**, que sempre ajudaram e abriram as portas de suas casas quando precisei, e por nossos momentos de alegria que animaram meus dias em Ribeirão Preto. Obrigada por estarem perto, participando da minha vida como se fossem irmãs, sorrindo nos momentos alegres, consolando nos momentos de angústia e apoiando nos momentos de dificuldades.

Vocês sabem o verdadeiro significado da palavra AMIZADE.

Às minhas eternas amigas **Thaís Costa Nascentes Queiroz, Luciana Tibúrcio, Tatiana Garrido, Cecília Helena Garcia Nurenberg, Fabíola Carvalho de Freitas Ardaya e Luciana Bruno dos Santos**, pelo apoio, carinho e amizade. Vocês são pessoas com as quais eu tenho certeza que posso contar em qualquer situação.

"A verdadeira amizade é tão preciosa que só a um reduzido número de pessoas devemos conceder."

Tenho um enorme prazer de tê-las como amigas. Essa amizade faz de mim uma privilegiada.

À **toda** minha **família, amigos** e a **todos** aqueles que acreditam e torcem pelo meu sucesso.

Serei Eternamente Grata.

Sumário

Resumo

Summary

Introdução01

Revista da Literatura06

Proposição31

Material e Métodos 33

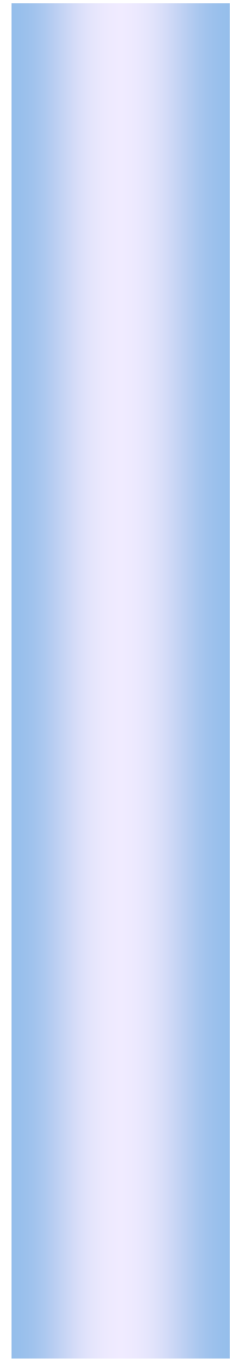
Resultados45

Discussão 53

Conclusões 60

Referências62

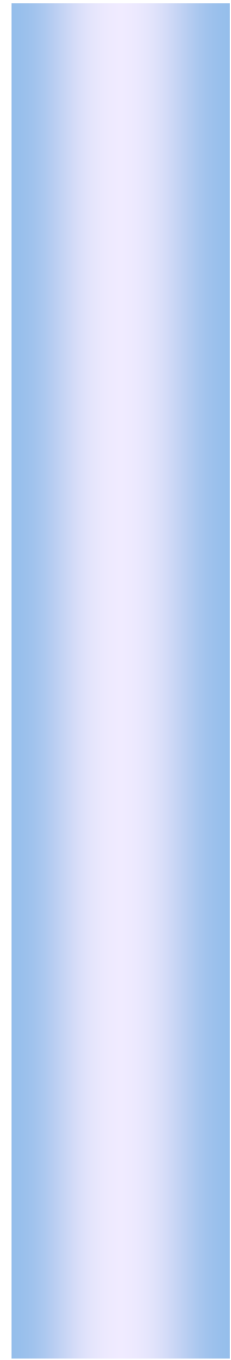
Anexos



Resumo

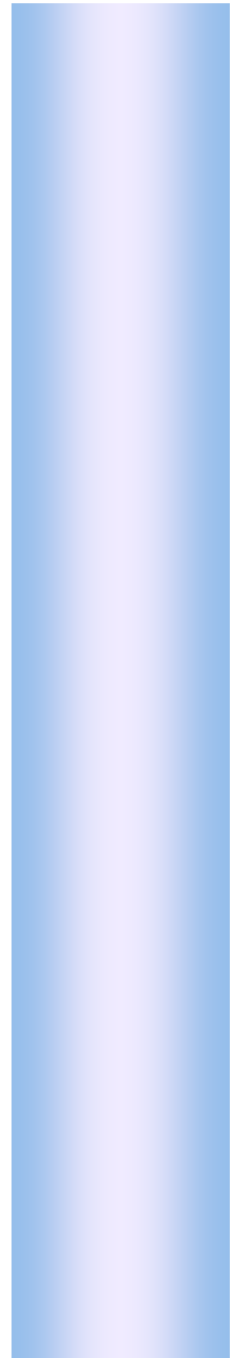
O objetivo do presente estudo foi avaliar, *in vitro*, as alterações de temperatura no interior da câmara pulpar de molares decíduos durante o preparo cavitário em dentina realizado com *laser* Er:YAG, comparado ao preparo cavitário com pontas diamantadas em alta rotação. Para tanto foram utilizados 14 segundos molares superiores decíduos humanos nos quais foram preparadas duas cavidades, uma com *laser* e outra com ponta diamantada em alta rotação. Formaram-se assim 4 grupos com amostra de 7 cavidades em cada. O *laser* Er:YAG (OPUS 20) foi aplicado com energia de 420mJ e frequência de pulso de 14Hz, variando o tempo de aplicação em 30 (grupo I) e 60 (grupo III) segundos. Após a realização de cada preparo com *laser*, a profundidade da cavidade era medida com auxílio de uma lima Hedströen e o valor transferido para uma ponta esférica diamantada a fim de que as cavidades produzidas em alta rotação fossem semelhantes àsquelas obtidas com o *laser* por 30 segundos (grupo II) e por 60 segundos (grupo IV). A temperatura foi aferida durante todo o procedimento por meio de um termopar tipo K adaptado no interior da câmara pulpar e os valores da alteração de temperatura foram calculados pela diferença das temperaturas máxima e inicial. Os resultados obtidos mostraram diferença estatisticamente significativa ao nível de 1% ($p < 0,01$) entre as alterações de temperatura durante o preparo com *laser* por 60 segundos, por 30 segundos e os preparos cavitários com alta rotação, os quais foram semelhantes entre si. Pode-se concluir que o preparo cavitário realizado com o *laser* Er:YAG

por 60 segundos proporcionou maior aumento de temperatura, seguido do *laser* Er:YAG por 30 segundos e dos preparos realizados com ponta diamantada em alta rotação. Deve-se ressaltar que a maior média de temperatura obtida, 4,01°C com aplicação do *laser* por 60 segundos, não atingiu o valor crítico de 5,5°C.



Summary

The aim of the present study was to evaluate in vitro temperature changes in the pulp chamber of deciduous molars during cavity preparation in dentine with either Er:YAG laser or a diamond bur and high-speed rotation. Two types of cavities were prepared in 14-second maxillary deciduous molars, one with Er:YAG laser and one with a diamond bur and high-speed rotation, totaling 4 groups of 7 cavities each. Laser was applied with the following parameters: 420 mJ, 14 Hz, varying application time, 30 s (group I) and 60 s (group III). After cavity preparation with laser, its depth was measured with a Hedströen file and transferred to a 1011 diamond spherical bur so the cavities performed with high-speed rotation were similar to those obtained by laser during 30 s (group II) and 60 s (group IV). Internal pulp temperature was recorded during the procedures with a type K thermocouple and the temperature changes were calculated by the difference between the maximum and initial temperature. Results showed a statistically significant difference at the level of 1% ($p < 0.01$) between the cavities prepared with laser during 60 s, 30 s and the two groups of high-speed rotation, which were similar. We can conclude that cavity preparation with Er:YAG laser during 60 s led to the highest temperature increase, followed by Er:YAG laser during 30 s and bur preparation. The highest temperature increase mean obtained was 4.01°C for laser preparation during 60 s which did not achieve a critical value (5.5°C).



Introdução

No passado, a Odontologia centrava-se em técnicas mutilantes, onde a exodontia era a opção terapêutica de eleição. O desenvolvimento de técnicas e materiais restauradores possibilitou o início de uma fase reconstrutiva com a utilização de técnicas mais conservadoras.

Atualmente, o aprimoramento tecnológico veio favorecer o diagnóstico precoce e o tratamento por meio de procedimentos pouco invasivos, que proporcionam a integridade do complexo dentina-polpa, como o laser Er:YAG.

O laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) é um tipo de luz não ionizada altamente concentrada que, em contato com o tecido, resulta em efeitos diversos, dependendo do comprimento de onda e das propriedades ópticas do tecido irradiado (ZANIN et al., 2004). Esta tecnologia inovadora tem sido muito pesquisada e utilizada em várias áreas da Odontologia, como Diagnóstico, Cirurgia, Periodontia, Endodontia e Dentística.

O laser Er:YAG (Érbio: Ítrio-Alumínio-Granada) possui um comprimento de onda de 2,94 μ m e é altamente absorvido pelos componentes dos tecidos dentais devido à sua afinidade pela água e hidroxiapatita. Sua capacidade de corte de tecidos mineralizados está relacionada à ablação termomecânica, portanto, os preparos cavitários são feitos por microexplosões em áreas microscópicas de rápida expansão e contração no esmalte ou na superfície dentinária, acompanhada por um dano térmico mínimo (HIBST; KELLER, 1989; KELLER; HIBST, 1989; HOKE et al., 1990; SEKA et al., 1996) devido à sua

emissão pulsátil que possibilita um resfriamento do tecido entre os pulsos (TANABE et al., 2002; ZANIN et al., 2004). Assim, entre os diversos tipos de lasers cirúrgicos, o Er:YAG é o mais efetivo na remoção dos tecidos dentais (TURKMEN et al., 2000) e o que produz menor dano térmico aos tecidos (WIGDOR et al., 1995).

Os primeiros estudos com o laser pulsado de Er:YAG em tecidos dentais foram realizados por HIBST; KELLER (1989); KELLER; HIBST (1989), que relataram a possibilidade de realização de um preparo cavitário conservador, com remoção seletiva de tecido (HIBST; KELLER, 1993). A partir destes, outras pesquisas se seguiram com a finalidade de avaliar as características da cavidade obtida e o efeito do laser nos tecidos.

O laser Er:YAG promove a remoção do tecido cariado com a mesma eficiência que o método convencional, tornando ainda a superfície dentinária sem smear layer e com canalículos dentinários expostos, o que propicia um aumento significativo na força de adesão entre a dentina e o material restaurador (VISURI et al., 1996; TANJI et al., 1997; AOKI et al., 1998; KUMAZAKI, 1998).

O laser Er:YAG foi aprovado para uso clínico em 1990 pelo Ministério da Saúde da Alemanha, em 1997 pela FDA nos Estados Unidos e em 1998 no Brasil (ZANIN et al., 2004) e a partir de então estudos clínicos têm demonstrado que o preparo cavitário com o laser Er:YAG, além das vantagens já citadas, diminui a

pressão e vibração mecânica, a dor e o stress, tendo assim maior aceitação pelo paciente (MATSUMOTO et al., 1996; PELAGALLI et al., 1997; KELLER et al., 1998; EDUARDO et al., 1998; ARMENGOL et al., 2000; EVANS, et al., 2000; KATO et al., 2003).

CAVALCANTI et al. (2003) ressaltaram que tanto o alta rotação quanto o laser geram calor durante o preparo cavitário. Os trabalhos realizados por HIBST; KELLER (1989); KELLER; HIBST (1989); HOKE et al. (1990); BURKES et al. (1992); WIGDOR et al. (1993); DOSTÁLOVÁ et al. (1997); KELLER; HIBST (1997); GLOCKNER et al. (1998) e TOKONABE et al. (1999), em dentes permanentes, comprovaram que as alterações de temperatura na câmara pulpar durante o preparo cavitário com laser Er:YAG não excede os níveis toleráveis pelo tecido pulpar.

A aplicação do laser Er:YAG em dentes decíduos vem sendo pesquisada em relação à infiltração marginal (ALMEIDA et al., 2002; HAYASHI et al., 2002; SILVA, 2002) e às características morfológicas das cavidades preparadas (MARTINS et al., 2002 e GIUSTI et al., 2002; KOHARA et al. 2002), no entanto, na literatura não existem relatos a respeito da influência de seus efeitos térmicos sobre o complexo dentina-polpa nestes dentes.

Deve-se considerar que os estímulos gerados no complexo dentina-polpa podem resultar em danos ao tecido pulpar, que por sua vez podem alterar o ciclo vital dos dentes decíduos, dessa maneira, torna-se importante avaliar as

alterações de temperatura na câmara pulpar de dentes decíduos submetidos a preparos cavitários com laser Er:YAG, para que o seu uso seja seguro na odontopediatria.



Revista da Literatura

Tendo em vista que o preparo cavitário gera estímulos ao complexo dentina-polpa e que o *laser* é uma inovação técnica, é necessário buscar na literatura subsídios para avaliar a sua influência sobre o tecido pulpar.

ZACH; COHEN, em 1965, demonstraram que a temperatura crítica para que ocorra dano térmico ao tecido pulpar é de 5,5°C e que valores superiores a esse levaram a um dano pulpar irreversível em dentes de animais e de humanos.

HIBST; KELLER (1989) avaliaram, *in vitro*, a eficiência de ablação do esmalte, dentina e tecido cariado pelo *laser* Er:YAG com 30-360mJ e 1 Hz, por meio de microscopia óptica. Dentes humanos extraídos foram seccionados, obtendo-se secções de 2mm de espessura, o *laser* foi focalizado perpendicularmente aos espécimes por meio de uma lente biconvexa e a temperatura foi aferida por meio de uma termocâmara. Os autores observaram que o *laser* Er:YAG foi efetivamente absorvido pelos tecidos mineralizados dentais, causando pouco e rápido aquecimento, promovendo a remoção tecidual pelo processo de ablação termomecânica através da vaporização da água e aumento da pressão intra-tecidual, ocorrendo expansão e fragmentação tecidual, sendo o material ejetado através de micro explosões. Os resultados indicaram que o laser Er:YAG foi eficaz na ablação dos tecidos duros, sendo que para remoção da dentina precisou-se de menor energia que para o esmalte. Assim, utilizando-se a mesma energia, cavidades produzidas no esmalte eram

menores do que na dentina e a profundidade das cavidades aumentou na presença do tecido cariado. A ablação não causou danos térmicos aos tecidos adjacentes.

KELLER; HIBST (1989) analisaram, *in vitro*, por meio de microscopia óptica, os efeitos dos *lasers* Er:YAG (30-360mJ e 1Hz) e de CO₂ sobre os tecidos mineralizados de dentes humanos extraído, seccionados em 2mm de espessura. Os resultados mostraram que o *laser* Er:YAG removeu partículas por meio de um processo chamado ablação, já o *laser* de CO₂ causou derretimento, fusão e fissuras nos tecidos. Os autores concluíram que o *laser* Er:YAG foi efetivo na remoção de partículas de esmalte e dentina sem produzir alterações danosas nas superfícies dos tecidos.

HIBST; KELLER (1990) avaliaram a alteração de temperatura no interior da câmara pulpar de dentes submetidos à irradiação com *laser* Er:YAG, com energia entre 50 e 500mJ e frequência de 0,5 a 2Hz. Os resultados obtidos demonstraram que 1) as crateras aumentam com o aumento da energia radiante (mJ); 2) a temperatura no interior do tecido aumenta com o aumento do número de pulsos, ou seja, com a frequência (Hz); 3) o aumento da energia radiante (mJ) promove pouco aumento da temperatura no tecido irradiado em relação ao aumento da frequência e 4) quando a energia radiante e a frequência são mantidas constantes e a largura do feixe útil do raio é aumentada, a largura da cratera obtida é maior.

HOKE et al. (1990) avaliaram a alteração de temperatura na câmara pulpar e as alterações estruturais resultantes do preparo cavitário em esmalte e dentina com *laser* Er:YAG (2,94nm) com 56, 58, 60 e 95mJ, com e sem refrigeração. Os autores observaram que o aumento médio da temperatura foi de 2,2°C utilizando-se refrigeração. A análise em MEV mostrou pouca ou quase nenhuma fusão no esmalte e dentina e nenhuma mudança na câmara pulpar, a superfície produzida pela ablação do *laser* foi rugosa e irregular com crateras e sulcos, demonstrando que houve uma constante vaporização de água e microexplosões. Os autores concluíram que o *laser* Er:YAG pode ser um novo método efetivo para preparo cavitário quando usado com refrigeração.

BURKES et al. (1992) avaliaram o preparo cavitário realizado com *laser* Er:YAG (ER3000, Schwartz, EUA) em dentes humanos extraídos. A energia 56, 60 e 90mJ de energia para dentes umedecidos e 58mJ para dentes secos, com e sem aplicação de spray de água. As alterações de temperatura foram mensuradas por meio de sondas térmicas colocadas nas câmaras pulpares dos dentes extraídos. Os autores observaram que os dentes irradiados sem spray de água apresentaram mínima ablação no esmalte, com formação de uma superfície irregular e profundidade de cavidade insatisfatória. A MEV evidenciou fragmentos de esmalte derretido, fissuras e suaves crateras. O aumento de temperatura no interior da câmara pulpar foi maior do que 27°C sem o uso de refrigeração. Com o uso de um spray suave de água, o esmalte e a dentina

foram ablacionados, produzindo um preparo cavitário comparável àqueles produzidos com pontas. Nestas condições, a temperatura no interior da câmara pulpar foi em torno de 4°C. Com base nos resultados obtidos os autores recomendam o uso de *laser* Er:YAG com spray de água sobre o esmalte e a dentina, por possibilitar melhor ablação desses tecidos e por não causar danos térmicos à polpa dental.

KELLER; HIBST (1992) realizaram um estudo clínico comparando a remoção do tecido cariado e o preparo cavitário proporcionado pelo *laser* Er:YAG (Kavo KEY *laser*, Alemanha) e pelo alta e baixa rotação. Os resultados mostraram, após preservação, que não houve sensibilidade à percussão e nenhum dente perdeu a vitalidade. Os autores concluíram que a remoção da cárie e o preparo cavitário com o *laser* Er:YAG é viável na prática diária sem causar danos à polpa, havendo grande aceitação pelos pacientes.

PAGHDIWALA et al. (1993) avaliaram as alterações morfológicas, o aumento de temperatura e a profundidade dos cortes produzidos em dentes humanos submetidos à exposição ao *laser* Er:YAG com e sem spray de água. Os autores relataram que, dependendo da energia utilizada e do tempo de exposição, há variação na profundidade do corte e na temperatura dentro da câmara pulpar. Os resultados indicaram uma redução da temperatura e alterações estruturais mínimas na presença do spray de água quando comparada à ausência do mesmo, concluindo que a refrigeração com spray de

água é de fundamental importância durante a irradiação dos tecidos dentais com o *laser*.

HIBST; KELLER (1993) avaliaram as alterações térmicas provocadas pela aplicação do *laser* Er:YAG sobre a dentina no lado oposto à irradiação. As alterações térmicas foram monitoradas durante e após o preparo cavitário, por meio de um par termoeletrico. Os autores observaram que ocorreu aumento de temperatura no lado oposto à irradiação em função do tempo de aplicação e explicaram que isso ocorre porque à medida que ocorre a ablação a espessura da dentina é reduzida e o ponto focal do *laser* fica mais próximo do par termoeletrico.

ZAKARIASEN (1993) relatou que o uso do *laser* Er:YAG requer uma elevada liberação de energia, resultando em danos e traumas às estruturas irradiadas, sendo sempre necessário a prévia seleção do comprimento de onda e um conhecimento das interações entre o *laser* e os tecidos dentais.

WIGDOR et al. (1993) avaliaram o aumento da temperatura promovido pelo uso dos *lasers* de Nd:YAG, CO₂ e Er:YAG sobre as estruturas dentais de dentes caninos humanos extraídos e concluíram que o *laser* Er:YAG promoveu menores danos térmicos que os demais *lasers*. Os autores salientaram que o *laser* Er:YAG produz menor dano térmico aos tecidos dentais e é mais eficiente na remoção de dentina e esmalte, por isso recomendaram sua aplicação para a terapia endodôntica e para ablação do esmalte e dentina por ser mais seguro.

WHITE et al. (1994) avaliaram, *in vitro*, a temperatura na câmara pulpar de dentes humanos uniradiculares, por meio de um termopar inserido no espaço do canal radicular os quais foram preparados com a largura do termopar, os pedaços de remanescentes de dentina foram medidas em um microscópio de mensuração. O tratamento da dentina de diferentes espessuras (2,0, 1,5, 0,5 e 0,2mm) foi realizado com *laser* Nd:YAG. Os autores observaram que o aumento de temperatura se deu em função da potência, frequência e tempo de exposição do *laser* utilizado e que a diminuição da temperatura foi em função da espessura do remanescente dentinário.

SEKINE et al. (1994) avaliaram por meio de análise histológica da polpa de dentes de cães submetidos a preparos cavitários classe V com o *laser* Er:YAG (100, 150 e 200mJ/pulso de energia e 10Hz de frequência) e com o alta rotação. Os dentes foram avaliados após 1, 2, 4, 7 e 28 dias, sendo observada pouca diferença no grau de alteração pulpar com as três energias utilizadas. A energia de 200mJ foi a mais eficiente para o preparo. Os autores relataram que o preparo cavitário com o *laser* foi tão seguro quanto com alta rotação.

WIGDOR et al. (1995) avaliaram, *in vivo*, os efeitos do *laser* Er:YAG sobre a dentina e relataram que a irradiação em alta potência com o *laser* Er:YAG promoveu um limitado efeito térmico na dentina, sem carbonização e zonas de necrose. Os autores salientaram que o *laser* Er:YAG produz menor dano térmico aos tecidos dentais que os *lasers* Nd:YAG e CO₂.

SEKA et al. (1996) revisaram os processos básicos de ablação de tecidos dentais duros por meio de irradiação com *laser* e observaram que o *laser* de emissão contínua é contra-indicado neste procedimento e que a efetividade na ablação por explosão mediada pela água sem causar danos térmicos aos tecidos adjacentes deve ser obtido por meio de um *laser* pulsado com pequena duração de pulso e curto tempo de relaxação térmica (tempo que o calor leva para se difundir pelo tecido não ablacionado).

VISURI et al. (1996) estudaram, *in vitro*, a capacidade de adesão da resina composta à dentina após o preparo cavitário com o *laser* Er:YAG com 350mJ e 6Hz. Os autores observaram que o tratamento com o *laser* produziu um aumento significativo na força de adesão da resina à superfície dentinária e a MEV evidenciou exposição dos canalículos dentinários.

MATSUMOTO et al. (1996) avaliaram a aplicação clínica do *laser* Er:YAG em preparos cavitários. Foram selecionados 60 dentes de 40 pacientes, os quais foram preparados classe V com o *laser* Er:YAG (Luxar) com parâmetros de 250mJ/pulso e 8Hz. Os autores relataram que não foi observada nenhuma reação adversa e que em 80% dos preparos foram realizados sem relato de dor pelos pacientes e concluíram que o *laser* utilizado consiste em um sistema apropriado para a prática clínica.

COZEAN et al. (1997) avaliaram por meio de um estudo clínico a eficiência e segurança do *laser* Er:YAG para remoção de cárie e preparo

cavitário classe I a V em esmalte e dentina, comparado com o alta rotação. Os resultados obtidos demonstraram que o *laser* foi tão efetivo quanto o alta rotação na remoção do tecido cariado e preparo cavitário, promovendo também um bom condicionamento do esmalte. Apenas 2% dos pacientes requisitaram o uso de anestesia durante o procedimento.

KELLER; HIBST (1997), em estudo clínico, utilizaram o *laser* Er:YAG (200mJ e 2Hz) no tratamento de cárie e investigaram a reação do paciente. Com base nas observações, os autores sugeriram que o *laser* promoveu a remoção de cárie e realizou o preparo cavitário com um tempo adequado e mínimo desconforto para o paciente.

DOSTÁLOVÁ et al. (1997) avaliaram a ação do *laser* Er:YAG sobre a dentina e a resposta pulpar após a aplicação com 345mJ, 2Hz e 150 pulsos em 4 pré-molares hígidos, com indicação de extração por motivos ortodônticos, de dois pacientes com 12 e 13 anos. Após o preparo da cavidade com 3mm de profundidade e diâmetro de 3 x 5 mm, os dentes foram extraídos e a análise histológica indicou não haver reação pulpar inflamatória ou alterações estruturais na dentina. Os autores observaram uma redução na camada dentinária sem a presença de fraturas e concluíram que o *laser* Er:YAG pode ser usado *in vivo* para ablação do esmalte e dentina com segurança sob os parâmetros testados.

ZEZELL et al. (1997) avaliaram os aspectos ultraestruturais de preparos cavitários classe I realizados com o *laser* Er:YAG, por meio de MEV, e as alterações na composição dentinária por fluorescência de Rx. O *laser* Er:YAG foi eficiente na ablação tanto do esmalte quanto da dentina, resultando em preparos cavitários com margens irregulares. A MEV evidenciou que o esmalte apresentou-se com aspecto de condicionamento ácido e a dentina com os canalículos dentinários abertos, sem sinal de recristalização ou derretimento. A análise por meio da fluorescência de Rx revelou que praticamente não ocorreu alteração no conteúdo mineral dos tecidos irradiados.

PELAGALLI et al. (1997) realizaram uma análise histológica e avaliaram, por meio de MO e MEV, a eficiência do *laser* Er:YAG na remoção de cáries, preparo cavitário e condicionamento da superfície dental. Foram tratados 106 dentes comprometidos com cárie e indicados para extração de 60 pacientes. Os dentes foram tratados com *laser* e alta rotação *in vivo*, os quais foram extraídos para análise nos seguintes períodos: imediatamente após a aplicação do *laser*, após 2 dias, 1 mês e 1 ano. O *laser* Er:YAG (Premier Laser Systems, Irvine, CA) foi utilizado focalizado, refrigerado à água, com energias de 80mJ para remoção da cárie e 120mJ para o preparo cavitário e frequências de 5 a 10Hz. Os autores observaram resultados iguais ou superiores ao uso de pontas na remoção de cárie e preparo cavitário, condicionamento dental previamente ao ácido fosfórico. A análise pela MEV revelou canalículos dentinários expostos livres de

smear layer e ausência de microfraturas ou zonas de carbonização e condicionamento eficiente, tanto na superfície externa quanto interna do preparo cavitário. A análise histológica da polpa não evidenciou hiperemia, hemorragia ou sinais de inflamação. Os autores concluíram que o *laser* Er:YAG foi efetivo e seguro para remoção de cáries e preparo cavitário, havendo ausência de vibração e de uso de anestesia durante os procedimentos, os pacientes relataram maior conforto e sensibilidade dolorosa mínima ou ausente, preferindo o *laser* ao método convencional.

TANJI et al. (1997) estudaram as alterações ultraestruturais na superfície dentinária irradiada pelo *laser* Er:YAG (Kavo Key 2, Alemanha) com energias de 60, 80 e 100mJ/pulso e frequência de 2Hz por meio de MEV associado ou não ao posterior condicionamento com ácido fosfórico 37%. Os dentes foram irradiados com modo desfocado a uma distância de 20mm da superfície alvo. A MEV mostrou que, com a energia de 100mJ/pulso, foram observadas maiores áreas ablacionadas, sem a presença da *smear layer* e com exposição dos canalículos dentinários. Foi observado também que o ácido fosfórico foi ineficaz em algumas áreas irradiadas ocorrendo um aumento da resistência ácida da dentina remanescente.

KUMAZAKI (1998) avaliou a adesividade da resina ao esmalte de dentes bovinos em preparos cavitários realizados com o *laser* Er:YAG com 150mJ de energia, por meio de teste de tração e MEV. A análise por MEV evidenciou

características que lembravam o condicionamento com ácido fosfórico e o teste de tração revelou que a adesividade da resina em preparos com *laser* foi semelhante ou superior à obtida com o ácido fosfórico.

KELLER et al. (1998) realizaram um estudo clínico comparando a percepção e resposta dos pacientes aos preparos cavitários realizados com o *laser* Er:YAG e alta rotação. A ordem seqüencial do tratamento foi padronizada e os parâmetros clínicos como a localização e a profundidade das cavidades. A avaliação levou em conta três respostas do paciente: confortável, desconfortável e muito desconfortável. Todos os dentes apresentaram resposta de vitalidade antes e após ambos tratamentos, 80% dos pacientes relataram que o tratamento convencional foi mais desconfortável que o *laser* e 82% dos pacientes preferem o *laser* Er:YAG nos tratamentos futuros, durante o tratamento a necessidade de anestesia foi de 11% para o alta rotação e 6% para o *laser* Er:YAG.

AOKI et al. (1998) compararam a eficiência do *laser* Er:YAG na remoção do tecido cariado com os métodos convencionais, avaliando o tempo de remoção e alterações morfológicas por meio da MO e MEV. Foram utilizados 31 dentes humanos (anteriores e pré molares) extraídos com cáries na cervical. Metade das lesões de cárie foram removidas com o *laser* Er:YAG (Erwin, Hoya, Japão) 145mJ/pulso de energia e 10Hz de frequência e a outra metade removidas com ponta de aço em baixa rotação. Foi observado que para o *laser*

Er:YAG foi necessário um tempo 3 vezes maior que o método convencional para a remoção do tecido cariado; macroscopicamente não foram observadas trincas ou carbonização e as cavidades quando secas com jato de ar apareceram opacas e esbranquiçadas com as margens cavitárias e assoalhos irregulares. Os autores observaram que quando o *laser* foi utilizado para remoção do tecido cariado não há uma sensibilidade tátil para diferenciar o tecido sadio do tecido cariado durante a aplicação do *laser*, a não ser uma redução na eficiência da ablação. Foi utilizado evidenciadores de cárie 2 ou 3 vezes durante o tratamento com o *laser* e 1 ou 2 vezes durante a remoção com o baixa rotação, porém quando a cárie foi removida completamente com o *laser*, a dentina ficou pigmentada pelo evidenciador, não sendo observada essa pigmentação na dentina removida com o baixa rotação, sendo a experiência clínica e a avaliação tátil decisivas durante os procedimentos. Os resultados demonstraram que o *laser* Er:YAG foi capaz de promover ablação da dentina cariada com a mesma eficiência que o método convencional. A MEV revelou exposição dos canalículos dentinários e que a dentina intertubular sofreu maior ablação que a dentina peritubular, o que mostrou uma protrusão ou elevação dos canalículos dentinários com aparência de "bainha" exibindo diferentes padrões microretentivos. A avaliação histopatológica, pela MO mostrou que a dentina infectada foi efetivamente removida pelo *laser* e pelo método convencional de modo similar na superfície da dentina ablacionada pelo *laser* Er:YAG, foi

constatada uma pigmentação profunda (5 a 15µm) pela fucsina básica, sendo decorrente das mínimas alterações térmicas superficiais causadas pelo *laser* Er:YAG, criando uma camada ablacionada com grande permeabilidade, alterações estruturais na matriz dentinária e leve desnaturação dentinária, o que permitiu a penetração física e suave pigmentação pela fucsina básica. Os autores indicaram a necessidade de outros estudos para avaliação da remoção de cáries com o *laser* Er:YAG associado a evidenciadores de cárie e relataram que seus resultados mostraram é promissor para as novas modalidades técnicas de tratamento de cáries.

EDUARDO et al. (1998) realizaram preparos cavitários com o *laser* Er:YAG e demonstraram a viabilidade clínica deste *laser* na execução de preparos conservadores. Os autores relataram ainda que o procedimento eliminou os desconfortos produzidos pelo ruído e pela vibração do alta rotação, minimizando a necessidade de anestesia e resultando em maior aceitação pelos pacientes.

GLOCKNER et al. (1998) avaliaram, *in vitro*, as alterações de temperatura no interior da câmara pulpar de dentes preparados com pontas diamantadas em alta rotação e com o *laser* Er:YAG (Twinlight *Laser*, Fotona, Eslovênia) com energia de 500mJ/pulso e frequência de 10Hz, refrigerado com spray de ar/água (25mL/min). As variações de temperatura foram registradas por meio de um sensor térmico inserido no ápice radicular até atingir a câmara pulpar. Os resultados obtidos permitiram concluir que o preparo cavitário realizado com o

laser Er:YAG promoveu menor dano térmico à polpa dental comparado ao método convencional.

DOSTÁLOVÁ et al. (1998) realizaram um estudo clínico com o *laser* Er:YAG com 100-400mJ de energia e 1-4Hz de frequência, avaliaram o seu desempenho clínico para o preparo cavitário e remoção de restaurações insatisfatórias em relação as características dos preparos, tempo de preparo, influência do desenho da cavidade na retenção do material restaurador e conforto do paciente durante o ato operatório e compararam ao uso do instrumento rotatório. Os resultados demonstraram que houve uma boa aceitação pelos paciente, que a qualidade das restaurações sobre os preparos realizados com o *laser* foi aceitável e que a retenção e a qualidade das restaurações foram semelhantes com a utilização do *laser* ou do instrumento rotatório.

TOKONABE et al. (1999) observaram, em MO e MEV, as alterações morfológicas provocadas pela aplicação do *laser* Er:YAG em esmalte e dentina humanas. Os resultados indicaram um dano térmico mínimo aos tecidos circunjacentes àqueles vaporizados pelo *laser* e concluíram que o uso deste equipamento é viável clinicamente para remoção de tecido dental.

ARMENGOL et al. (1999) compararam o método convencional e o *laser* Er:YAG no tratamento de lesões cariosas e dentina e esmalte sadios. Foram utilizados 30 dentes humanos extraídos, os quais foram distribuídos em dois

grupos, no primeiro as lesões de cárie foram tratadas com pontas diamantadas em alta rotação e no segundo com o *laser* Er:YAG com 250mJ e 2Hz para lesão de cárie, 300mJ e 2Hz para a dentina sadia e com 350mJ e 3Hz para o esmalte sadio. Após o tratamento os dentes foram submetidos ao MEV. Os resultados mostraram que o grupo tratado com o *laser* apresentou túbulos dentinários abertos, superfície dentinária limpa e sem fraturas e que o processo de ablação foi maior na dentina intertubular do que na peritubular, já o grupo tratado com a ponta apresentaram uma superfície lisa com a presença da *smear layer*. Na dentina sadia os resultados encontrados com o alta rotação não variaram daqueles encontrados na dentina cariada e o mesmo ocorreu com o *laser* (300mJ e 2Hz). No esmalte, os dentes tratados com ponta apresentaram uma superfície lisa, mas o ângulo cavo-superficial estava irregular e com o *laser* (350mJ e 3Hz) apresentaram sulcos e lascas de esmalte com ângulos nítidos sugestivos de microexplosões. O processo de ablação criou uma clivagem respeitando a orientação dos prismas de esmalte. Os autores concluíram que o *laser* Er:YAG foi eficiente na remoção da dentina cariada e em preparos cavitários *in vitro*.

ARMENGOL et al. (2000) avaliaram o aumento de temperatura durante o preparo cavitário com os *lasers* Er:YAG; e Nd:YAP e com pontas carbide acionadas por alta rotação, com e sem refrigeração com spray de água. A temperatura foi mensurada com 2, 1,5 e 1,0mm de espessura de dentina do

lado oposto ao preparo cavitário, no interior da câmara pulpar. Os autores observaram que na ausência de refrigeração ocorreu um aumento excessivo de temperatura na ordem de 31,6°C para a ponta carbide, 7,8°C para o *laser* Er:YAG com 140mJ e 4Hz e de 39,12°C para o *laser* de Nd:YAP. Com o uso do spray de água, a temperatura caiu acentuadamente para menos de 3°C para a ponta carbide e para o *laser* Er:YAG, já para o de Nd:YAP ficou em torno de 12°C. Este trabalho evidenciou que a utilização do spray de água é de extrema importância nos preparos cavitários com pontas e com *lasers* e que o *laser* Er:YAG promoveu aumento de temperatura estatisticamente semelhante àquele obtido com a ponta carbide.

EVANS et al. (2000) realizaram um controle experimental randomizado para comparar a aceitabilidade do preparo cavitário com o laser Er:YAG com o preparo convencional com o alta rotação pelos dentistas e pacientes. Para este trabalho 15 dentistas trataram 77 pacientes, com idade entre 3,5 a 68 anos, que apresentavam necessidade de preparo cavitário correspondente em dois dentes, sendo um dente preparado pelo método convencional e o outro com o laser. Em seguida o dentista e o paciente responderam um questionário. Os resultados indicaram que os dentistas preferiram o preparo convencional e que metade dos profissionais completaram o preparo do laser com o alta rotação, outra dificuldade relatada foi em relação ao acesso e à baixa velocidade de corte. Os pacientes maiores de 10 anos preferiram o tratamento com laser e os

menores de 10 que utilizaram um questionário simplificado, não apresentaram preferência significativa entre as técnicas utilizadas.

TURKMEN et al. (2000) compararam as alterações morfológicas na dentina irradiada pelos *lasers* de CO₂, Nd:YAG e ArFExcimer para preparo cavitário classe I em dentes extraídos e a elevação de temperatura ocorrida na cavidade pulpar no momento da irradiação. Cavidades classe I com 2mm de profundidade foram preparadas em 66 dentes. Os aumentos de temperatura observados foram de 37°C para o *laser* de CO₂, 28°C para o Nd:YAG e 1°C para ArFExcimer. Os autores relataram que vários fatores influenciaram as alterações morfológicas ocorridas na superfície da dentina, como o comprimento de onda (tipo de *laser*), o contato ou não no momento da aplicação e o modo contínuo ou pulsátil de aplicação do *laser*.

ALMEIDA et al. (2002) avaliaram a microinfiltração em cavidades classe V de dentes decíduos preparados com o *laser* Er:YAG, com 300mJ e 2Hz para o esmalte e 200mJ e 2Hz para a dentina e com ponta diamantada em alta rotação. Os dentes foram restaurados com ionômero de vidro modificado por resina. Os autores observaram que as amostras preparadas com o *laser* tiveram valores de microinfiltração significativamente menores do que as amostras preparadas com ponta diamantada em alta rotação.

MARTINS et al. (2002) avaliaram por meio de microscopia eletrônica de varredura os efeitos da irradiação *laser* Er:YAG sobre os esmaltes de dentes

decíduos associado ou não ao condicionamento ácido. Foram utilizados 5 dentes decíduos anteriores hígidos, que tiveram suas faces vestibulares divididas em duas metades, sendo que uma foi irradiada com *laser* Er:YAG com 150mJ de energia e 10Hz de frequência e a outra irradiada com o *laser* com os mesmos parâmetros citados anteriormente após o condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos. Os resultados evidenciaram que as amostras tratadas com o *laser* apresentaram uma superfície com áreas evidentes de ablação e exposição da região prismática e áreas de esmalte normal e as amostras tratadas com o condicionamento ácido e *laser* foram observadas áreas de ablação do esmalte e características do esmalte com condicionamento ácido. Os autores concluíram que a associação do *laser* com o condicionamento ácido proporciona a formação de uma superfície com maior número de microporosidades.

HAYASHI et al. (2002) avaliaram a microinfiltração em molares decíduos submetidos ao preparo cavitário na face vestibular e lingual com o *laser* Er:YAG com 400mJ e 10Hz e restaurados com resina composta. Os resultados indicaram o *laser* Er:YAG permitiu maior microinfiltração independente do pré tratamento na margem oclusal, porém na margem cervical não houve diferença entre os grupos.

GIUSTI et al. (2002) analisaram a morfologia das cavidades em esmalte preparadas com o *laser* Er:YAG com energia de 200 e 300mJ e frequência

constante de 10Hz e tempo de aplicação de 10 segundos avaliando as dimensões das cavidades por meio de MEV. Os autores observaram cavidades arredondadas com bordas delimitadas e presença de escamas no fundo das cavidades, o diâmetro da cavidade não aumentou significativamente com o aumento da energia, enquanto a profundidade teve um aumento significativo com o aumento da energia.

SILVA (2002) avaliou a influência da forma de preparo cavitário na microinfiltração marginal em dentes decíduos submetidos a preparos cavitários com *laser* Er:YAG com 250mJ e 3Hz, com sistema de abrasão a ar e com ponta diamantada em alta rotação e verificou uma semelhança estatística entre as larguras do preparo, diferenças estatísticas entre os ângulos oclusal e cervical e abertura das cavidades e a forma de preparo não influenciou estatisticamente na microinfiltração das amostras estudadas.

GONZÁLEZ-BAHILLO et al. (2002) avaliaram por meio de MEV o grau de microinfiltração no esmalte e cemento em 135 dentes uniradiculares humanos que tiveram 135 cavidades classe V preparadas com *laser* Er:YAG (Kavo) com 300mJ e 2Hz para o esmalte, 200mJ e 2Hz para dentina e 300mJ e 2Hz para o cemento e método convencional. As cavidades foram submetidas ou não ao condicionamento ácido. Foi utilizado o sistema adesivo Scotchbond da 3M e resina Z100 para as restaurações. Após as restaurações os dentes foram submersos em azul de metileno a 2% por 72 horas e seccionados

longitudinalmente para serem avaliados em MEV. Os autores observaram que o uso do condicionamento ácido melhora a adesão dos materiais usados nas restaurações.

LOUW et al. (2002) compararam o efeito do preparo cavitário de classe V com o *laser* Er:YAG e com alta rotação na polpa de 28 dentes de macacos, por meio de análise histológica. Os dentes superiores e inferiores do lado esquerdo foram preparados com ponta carbide número 330 em alta rotação com spray de água e os dentes do lado direito com o *laser* Er:YAG com 500mJ e 10Hz. Decorridos de 25 dias, o animal foi sacrificado e os dentes foram extraídos e processados para análise histológica. Os autores concluíram que não houve diferença estatística significativa entre a polpa dos dentes preparados com o *laser* Er:YAG e com o alta rotação.

TANABE et al. (2002) avaliaram, por meio de análise imunohistoquímica, a polpa dental de primeiros molares superiores de 30 ratos submetidos ao preparo cavitário com *laser* Er:YAG (70mJ, por 10s, com uma ponta de 0,6mm de diâmetro e por contato) e compararam com o uso do método convencional (ponta carbide em alta rotação). Após os períodos de 5min, 6, 12horas, 1, 3 e 7 dias os dentes foram extraídos e processados para análise imunohistoquímica. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatística significativa na resposta pulpar ao tratamento com *laser* ou com o método convencional.

KOHARA et al. (2002) analisaram morfológicamente a superfície de cavidades preparadas com o *laser* Er:YAG e compararam a infiltração após restauração com resina em cavidades preparadas com o *laser* e com o método convencional, em dentes humanos decíduos *in vivo*. Para este estudo foram realizadas 30 cavidades classe V em dentes decíduos, sendo que metade foram preparados com o *laser* Er:YAG (Kavo, Alemanha) com 300mJ de energia e 4Hz e a outra metade foi preparada com broca diamantada em alta rotação. Cinco cavidades de cada grupo foram preparadas para a MEV e examinadas histopatologicamente, e as outras foram restauradas para que o teste de infiltração fosse realizado. Os autores observaram que o *laser* Er:YAG proporcionou um preparo irregular, porém a microinfiltração nas cavidades preparadas com ele e restauradas com resina composta foi menor que em cavidades preparadas com ponta diamantada em alta rotação.

OELGIESSER et al. (2003) mensuraram a temperatura intrapulpar, *in vitro*, durante o preparo cavitário e remoção de cárie, usando o *laser* Er:YAG (Opus 20). Preparos cavitários classe I e V foram feitos em 175 dentes hígidos e 42 dentes cariados. O termopar foi inserido nas câmaras pulpares que foram preenchidas com pastas condutoras de calor. Diferentes parâmetros de energia radiante e frequência de pulso com spray de água foram utilizados. Em todos os grupos testados o aumento máximo de temperatura foi menor que 5,5°C, valor considerado crítico para a vitalidade da polpa. O maior aumento de temperatura

foi obtido com o preparo de classe I, seguido pelo preparo classe V em esmalte. Os menores aumentos foram observados no cimento e durante a remoção de cárie.

CAVALCANTI et al. (2003) compararam o aumento da temperatura intrapulpar produzido por ponta em alta rotação, com e sem spray de água, e pelo *laser* Er:YAG nos parâmetros de 350mJ e 10Hz com spray de água de 4,5mL/min, em preparo de classe V de 30 dentes incisivos bovinos. Os resultados mostraram que o aumento de temperatura foi de: 11,64°C ($\pm 4,35$) para o grupo preparado com alta rotação sem spray de água; 0,96°C ($\pm 0,71$) para o grupo preparado com alta rotação com spray de água; 2,69°C para o grupo preparado com o *laser*. O *laser* e o preparo convencional com refrigeração apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si e diferentes do grupo que utilizou alta rotação sem refrigeração. A partir desses resultados os autores concluíram que o preparo com alta rotação e *laser* geram aumentos de temperatura intrapulpar estatisticamente semelhantes quando se usa spray de água, sendo esse essencial para minimizar o aumento da temperatura.

KATO et al. (2003) realizaram um estudo para determinar a aplicabilidade clínica do *laser* Er:YAG para o preparo cavitário em crianças. Preparos cavitários foram realizados em 16 dentes decíduos e 19 dentes permanentes em crianças com idade entre 2 a 12 anos e em seguida foram restaurados com resina

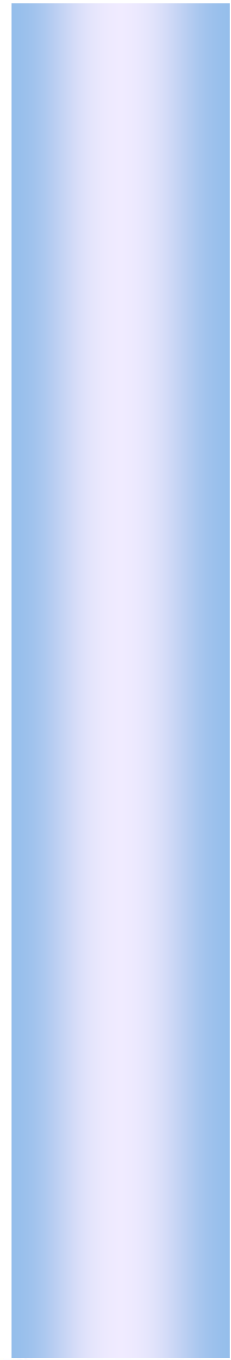
composta. Os autores observaram que, durante o tratamento com *laser*, as crianças foram mais cooperativas e dificilmente relataram dor, os dentes restaurados não mostraram efeitos indesejáveis durante 3 anos de preservação. Os autores concluíram que o *laser* Er:YAG pode ser um método alternativo para o preparo de cavidades que serão restauradas com resina em crianças.

ATTRILL et al. (2004) quantificaram o aumento da temperatura durante o preparo cavitário com o *laser* Er:YAG com até 135mJ e 2, 4 e 8Hz utilizando ou não o spray de água em dentes com câmaras pulpares preenchidas com solução de gelatina a 10% simulando o tecido pulpar. Duas cavidades foram preparadas em cada dente, uma na vestibular e outra na lingual, utilizando sempre os mesmos parâmetros do *laser*, no entanto, uma cavidade foi preparada com spray de água e a outra sem. O aumento de temperatura foi aferido na câmara pulpar utilizando um termopar tipo K calibrado. Os aumentos máximos de temperatura obtidos foram de 4°C com refrigeração e de 24,7°C sem refrigeração. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que o *laser* Er:YAG deve ser usado sob refrigeração durante o preparo cavitário.

CURTI et al. (2004) avaliaram a eficácia do *laser* Er:YAG em preparos cavitários classe V comparado com o instrumento rotatório, por meio da MEV. Foram usados 26 dentes, os quais foram distribuídos em dois grupos, sendo que o grupo 1 foi preparado com uma ponta diamantada no esmalte e uma ponta de tungstênio na dentina com água e o grupo 2 foi preparado com o *laser* Er:YAG

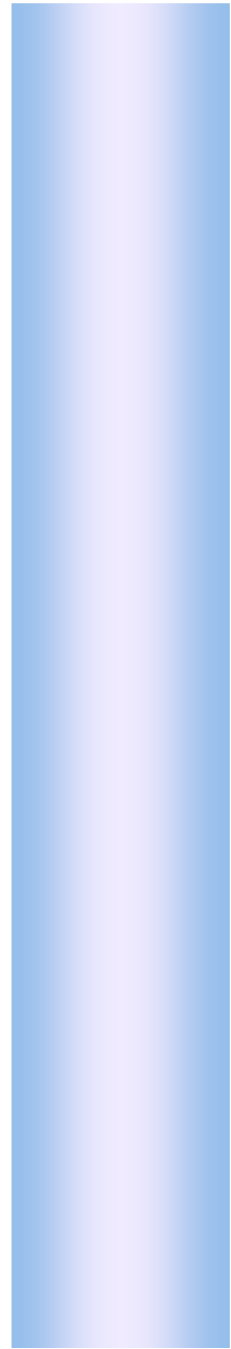
com parâmetros de 1000mJ e 12Hz para o esmalte e 500mJ e 20 Hz para a dentina com fluxo contínuo de água. Os autores observaram irregularidades e túbulos dentinários abertos nas amostras tratadas com *laser* quando comparadas com o preparo cavitário convencional e relataram que investigações futuras são necessárias.

ZANIN et al. (2004) analisaram a variação térmica gerada pelo *laser* Er:YAG (Kavo-Key2, Biberach, Alemanha) aplicado nas frequências de 3, 4 e 6Hz durante o preparo cavitário classe I na estrutura dental e na remoção de resina composta. Foram utilizados 30 dentes pré-molares superiores humanos, os quais foram divididos em 6 grupos, no grupo 1 foi realizado preparo cavitário classe I com *laser* Er:YAG (3Hz, 343 pulsos, 113 segundos), no grupo 2 preparo cavitário classe I com *laser* Er:YAG (4Hz, 343 pulsos, 81 segundos), no grupo 3 preparo cavitário classe I com *laser* Er:YAG (6Hz, 343 pulsos, 58 segundos), no grupo 4 remoção de resina composta com *laser* Er:YAG (3Hz, 258 pulsos, 81 segundos), no grupo 5 remoção de resina composta com *laser* Er:YAG (4Hz, 258 pulsos, 67 segundos) e no grupo 6 remoção de resina composta com *laser* Er:YAG (6Hz, 258 pulsos, 42 segundos). Os autores não observaram elevação térmica superior a 3,1°C e concluíram que a variação da frequência promoveu aquecimentos estatisticamente iguais e que a remoção da resina composta proporciona maior aquecimento na câmara pulpar que a retirada de estruturas dentais.



Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar, *in vitro*, as alterações de temperatura na câmara pulpar de molares decíduos humanos durante o preparo cavitário em dentina realizado com laser Er:YAG, com energia de 420mJ e frequência de pulso de 14Hz e variação do tempo de aplicação em 30 e 60 segundos, comparando ao preparo cavitário com ponta diamantada em alta rotação.



Material e Métodos

A fim de facilitar o entendimento da metodologia utilizada, este capítulo foi dividido nos seguintes tópicos: 1. Preparo dos corpos-de-prova; 2. Posicionamento dos corpos-de-prova; 3. *Laser* Er:YAG Opus 20; 4. Preparo cavitário e 5. Aferição da temperatura.

1. Preparo dos corpos-de-prova

Foram utilizados para este estudo 14 dentes (segundos molares superiores) decíduos humanos hígidos e com rizólise completa (Figura 1), pertencentes a uma coleção de dentes anterior à aprovação das Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisa em seres Humanos, através da Resolução CNS nº 196, de 10 de outubro de 1996. Os dentes estavam conservados em solução de timol a 0,1% para reduzir o crescimento bacteriano e prevenir a desidratação, os mesmos foram lavados em água corrente por 24 horas a fim de remover traços da solução de timol antes do uso.



Figura 1. Dente utilizado no experimento. A, Vista oclusal e B, Vista lateral.

Os dentes selecionados tiveram o esmalte da face oclusal removido com um disco de carborundum (Fava, São Paulo, Brasil) em baixa rotação (Dabi Atlante, São Paulo, Brasil) sob refrigeração, de modo a obter-se uma superfície oclusal plana em dentina (Figura 2A).

Três pontos foram marcados na superfície oclusal, um na porção central e outros dois equidistantes do primeiro a 2mm no sentido méso-distal, para determinar a posição dos preparos cavitários (Figura 2B).

Uma cavidade padronizada com 4mm de profundidade foi confeccionada no centro da face vestibular na porção cervical, com ponta esférica diamantada número 1011 (KG Soresen, São Paulo, Brasil) em alta rotação de spray triplo e 350rpm (MRS - Dabi Atlante, São Paulo, Brasil) (Figura 2C) para adaptação do dispositivo de aferição da temperatura no interior da câmara pulpar (Figura 2D).

Os dentes assim preparados passaram a ser denominados corpos-de-prova.

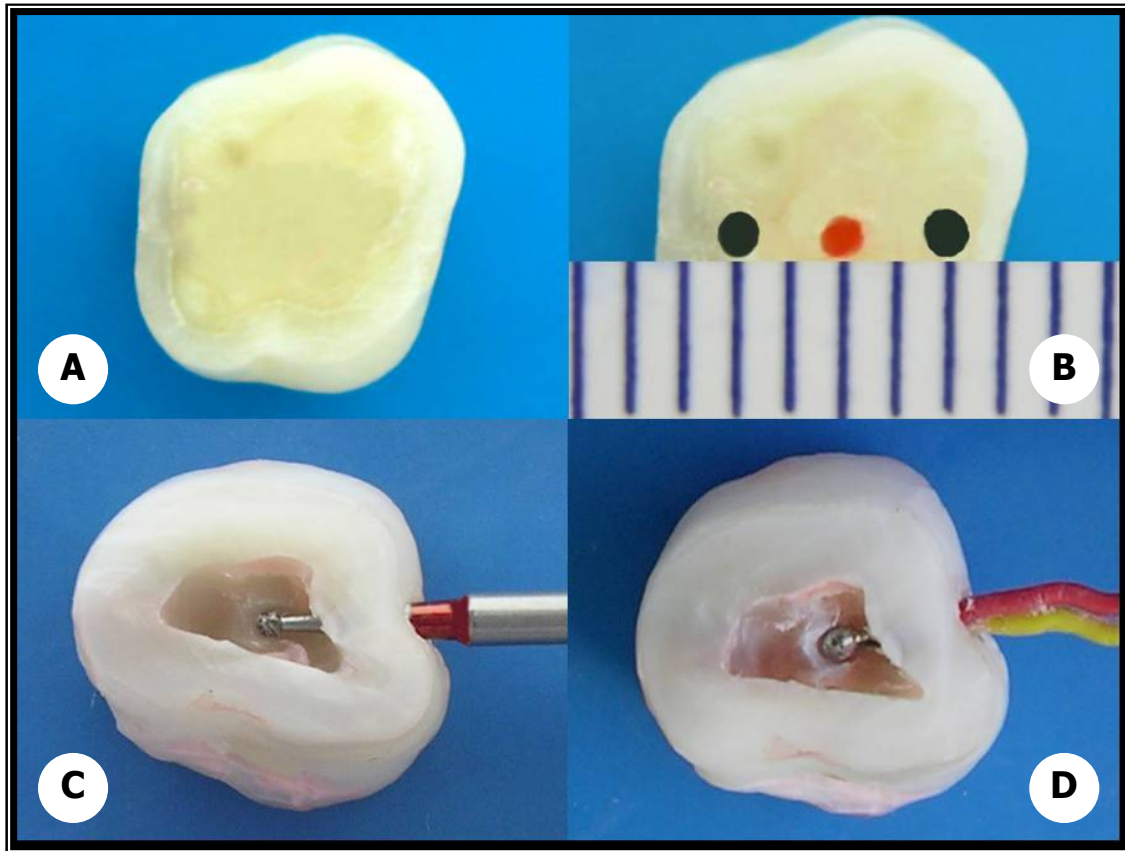


Figura 2. Preparo do corpo-de-prova. A, Superfície obtida após a remoção do esmalte oclusal. B, Determinação da posição dos preparos cavitários (em preto). C, Ponta no limite estabelecido de 4mm no interior da câmara pulpar. D, Termopar adaptado no interior da câmara pulpar.

2. Posicionamento dos corpos-de-prova

Um dispositivo acrílico ajustável (Figura 3A e 3B) foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa de Endodontia da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP a fim de manter os corpos-de-prova posicionados de forma padronizada e permitir a fixação do dispositivo para aferir a temperatura no interior da câmara pulpar (Figura 3C), possibilitando que este conjunto se mantivesse estável durante a execução dos preparos cavitários.

Um anel de cera 7 colocado ao redor do corpo-de-prova facilitava a sua fixação no dispositivo acrílico e impedia que a água utilizada para refrigeração atingisse o termopar (Figura 3D).

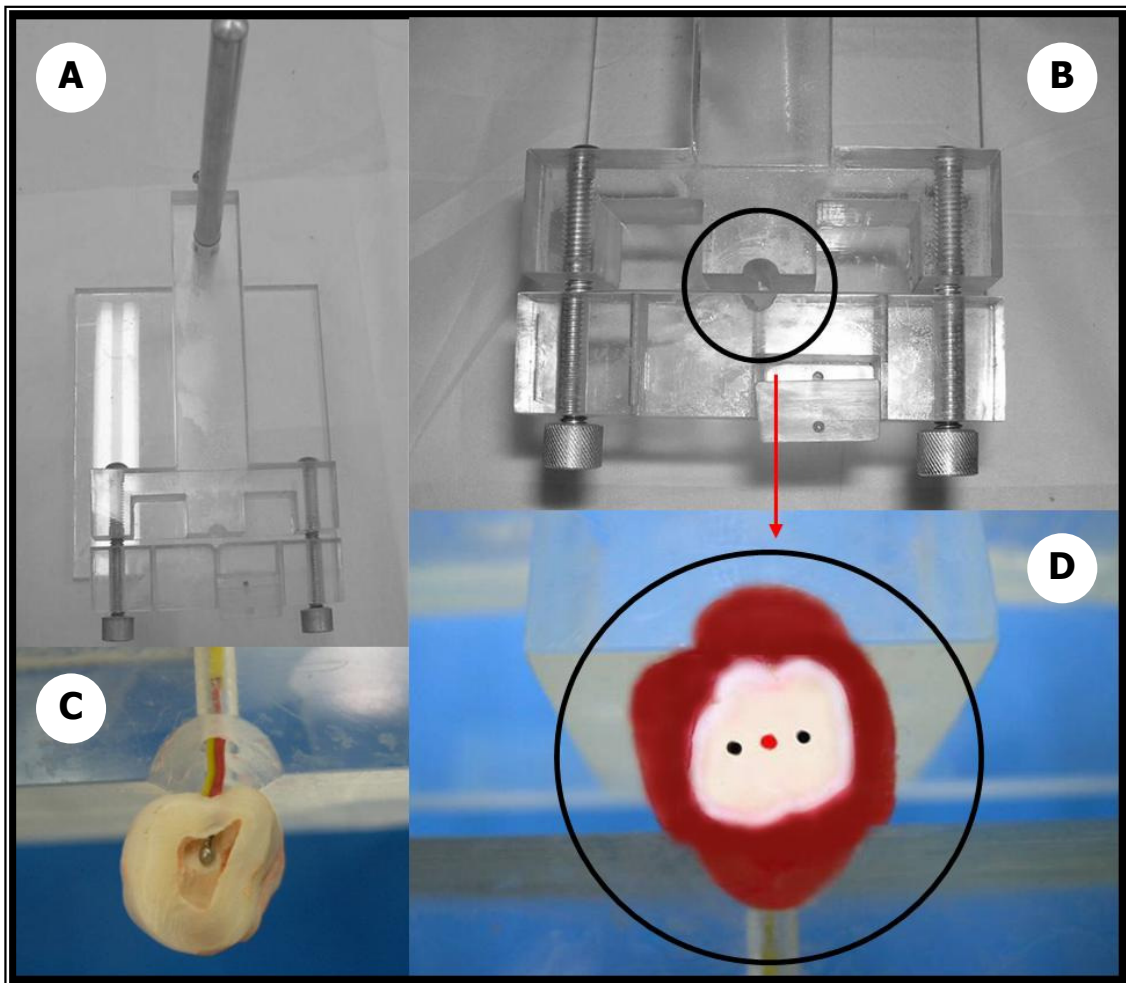


FIGURA 3. Dispositivo acrílico ajustável para posicionamento do corpo-de-prova: A, Vista superior; B, Detalhe do local para apreensão do corpo-de-prova; C, Vista de baixo, Termopar acoplado ao dispositivo acrílico e posicionado no interior da câmara pulpar e D, Corpo-de-prova com o termopar posicionado no dispositivo acrílico.

3. Laser Er:YAG Opus 20

O *laser* Er:YAG Opus 20 (Opus Dent, Tel Aviv, Israel) (Figura 4) foi o aparelho utilizado para confecção dos preparos cavitários.

Esse *laser* apresenta como meio ativo um cristal sólido de ítrio-alumínio-granada (YAG) dopado com íons érbio (Er), de emissão pulsada e comprimento de onda de 2940nm. O sistema de entrega da luz *laser* é feito por meio de uma fibra óptica onde se acopla uma peça de mão angulada na qual é encaixada uma ponta de safira de 1,3mm de diâmetro e 17mm de comprimento (Figura 5).

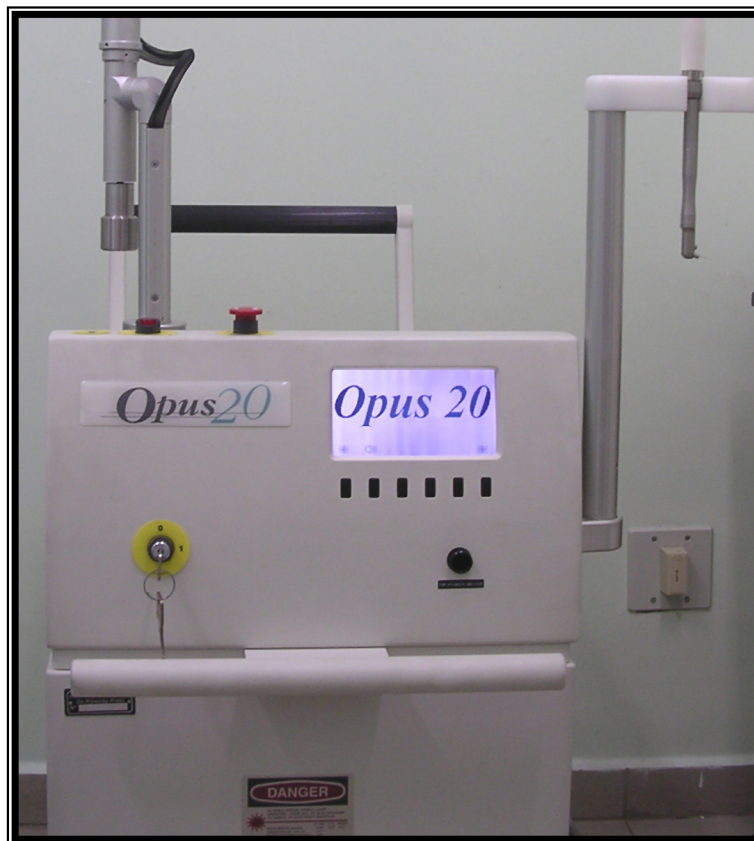


Figura 4. Aparelho de laser Er:YAG Opus 20.



Figura 5. Peça de mão do laser Er:YAG com ponta de cristal de safira.

A fibra óptica do aparelho utilizado apresentava na ocasião do experimento, uma perda de energia de 40%, de acordo com o relatório de aferição realizado em 14/09/2004, pela empresa BIOLUZ – Equipamentos e Serviços Ltda (Anexo 2). Assim, o valor de energia definido no painel de comando (energia *input*) teve um decréscimo de 40% ao chegar no tecido dentinário (energia *output*). Neste trabalho a energia *input* foi de 700mJ, portanto, a energia *output* foi de 420mJ.

4. Preparo cavitário

Em cada corpo-de-prova foram preparadas duas cavidades, uma com o *laser* e outra com ponta esférica diamantada 1011 (KG Soresen, São Paulo, Brasil) em alta rotação com a mesma profundidade da cavidade preparada com o *laser*, obtendo-se dessa forma 4 grupos experimentais.

GRUPO I – Cavidade preparada com o *laser* Er:YAG 420mJ/14Hz, por 30 segundos (n=7).

GRUPO II – Cavidade preparada com ponta esférica diamantada em alta rotação na mesma profundidade da cavidade do grupo I (n=7).

GRUPO III – Cavidade preparada com o *laser* Er: YAG 420mJ/14Hz, por 60 segundos (n=7).

GRUPO IV – Cavidade preparada com ponta esférica diamantada em alta rotação na mesma profundidade da cavidade do grupo III (n=7).

Após o posicionamento do corpo-de-prova no dispositivo acrílico e adaptação do termopar no interior da câmara pulpar, realizava-se o preparo cavitário com o *laser* e aferição da temperatura. Em seguida, a profundidade da cavidade era mensurada com uma lima Hedströen número 80 (Dentsply – Maillefer, Ballaigues, Suíça) com o auxílio de um stop. O valor obtido era transferido para ponta esférica com auxílio de uma régua milimetrada e marcado com uma caneta de retroprojeter vermelha (Figura 6) para realização do preparo cavitário em alta rotação.

Vale ressaltar que a ponta esférica para alta rotação utilizada era trocada a cada dois preparos cavitários.

As cavidades foram realizadas sob refrigeração por meio de *spray* ar/água do aparelho *laser* e do alta rotação.

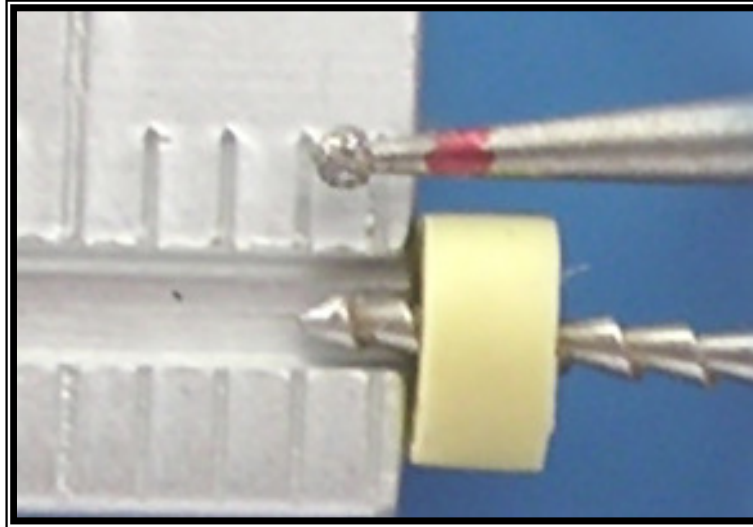


Figura 6. Mensuração da profundidade de preparo com laser e a transferência do valor para a ponta esférica.

Na Figura 7 é possível visualizar o posicionamento do *laser* para o preparo cavitário, cuja distância do tecido alvo foi de aproximadamente 1mm.

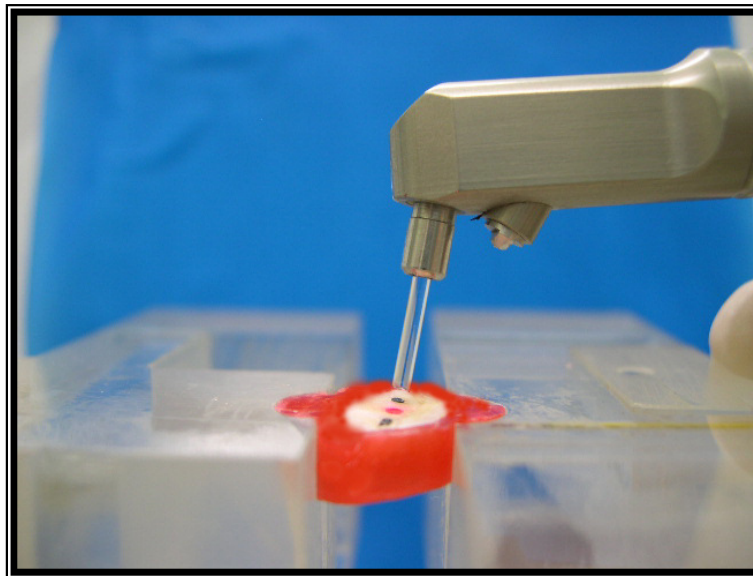


Figura 7. Posicionamento do laser de Er:YAG para a realização do preparo cavitário.

O tempo utilizado para realização das cavidades com *laser* (30 e 60 segundos) foram medidos por cronômetro digital (CE, China).

A profundidade média do preparo cavitário obtido com o *laser* Er:YAG 420mJ/Hz por 30 segundos foi de 0,5 mm com diâmetro aproximado de 1mm e a profundidade média da cavidade proporcionada pelo *laser* Er:YAG 420mJ/Hz por 60 segundos foi de 0,8 mm e o diâmetro de 1,5 mm. O tempo médio gasto para preparar a cavidade com o alta rotação semelhante à cavidade formada pelo *laser* Er:YAG aplicado durante 30 segundos foi de 10 segundos e o tempo médio para realizar a cavidade semelhante à do *laser* aplicado durante 60 segundos foi de 20 segundos.

Todos os procedimentos foram realizados no Centro de *Laser* da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP e as normas de segurança para utilização do aparelho *laser* foram rigorosamente seguidas.

A Figura 8 ilustra um corpo-de-prova com as cavidades realizadas com *laser* e com ponta diamantada.

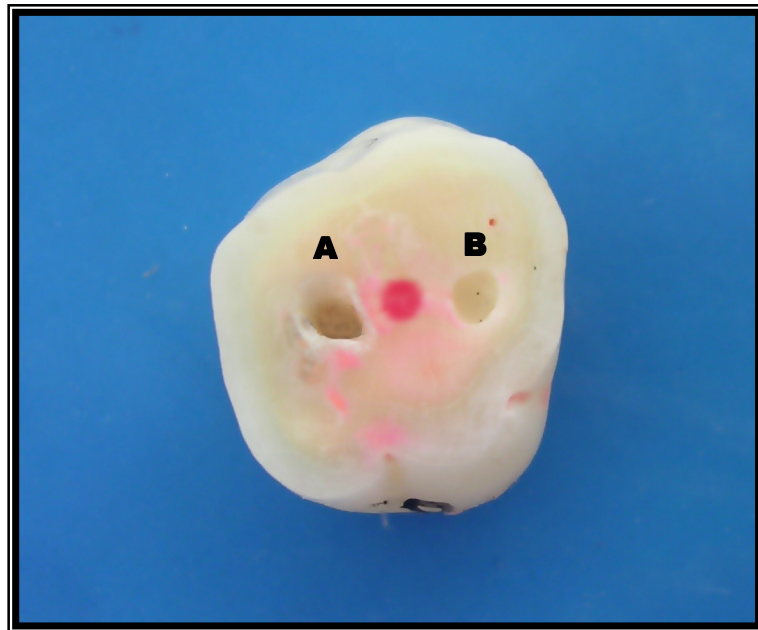


FIGURA 8. A, Cavidade preparada com o laser Er:YAG 420mJ/14Hz por 60 segundos; B, cavidade preparada com ponta esférica em alta rotação.

5. Aferição da temperatura

As variações de temperatura durante a confecção dos preparos cavitários, foram aferidas por meio de um multímetro digital Et-2070 (Mimipa, São Paulo, Brasil) com termopar tipo K (dispositivo para aferir a temperatura) posicionado no interior da câmara pulpar (Figura 9).

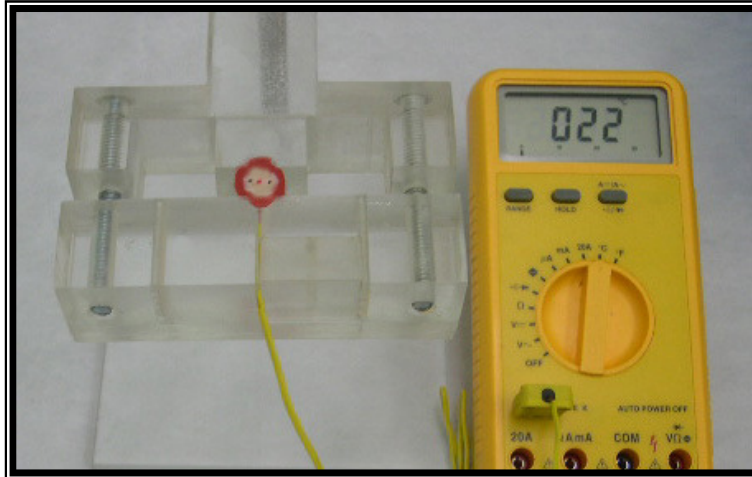


Figura 9. Termopar adaptado no interior da câmara pulpar e multímetro digital.

A temperatura era aferida durante todo o procedimento, sendo anotados o valor inicial e o maior valor durante o preparo cavitário. A alteração de temperatura durante o preparo cavitário era obtida pela diferença dos dois valores.

O experimento foi realizado em sala com temperatura ambiente controlada, assim, o valor da temperatura inicial foi padronizado em 22°C.

Após cada preparo cavitário, aguardava-se o retorno da temperatura ao valor inicial (22°C) para realizar o próximo preparo.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o software GMC versão 8.1 (CAMPOS, 2001), elaborado pelo Professor Dr. Geraldo Maia Campos da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP.



Resultados

Os valores da alteração de temperatura, expressos na Tabela I, foram calculados pela diferença entre os valores da temperatura máxima atingida na câmara pulpar durante os preparos cavitários e a temperatura inicial (Anexo 1, Tabela IA).

Tabela I. Valores originais das alterações de temperatura, em graus centígrados, obtidos nos diferentes grupos.

Grupo I Er:YAG – 30 s	Grupo II Ponta diamantada cavidade \cong G I	Grupo III Er:YAG – 60 s	Grupo IV Ponta diamantada cavidade \cong G III
1,1	1,0	3,9	1,1
2,9	0,9	4,2	1,0
1,8	2,0	3,1	2,0
2,2	1,1	3,2	0,9
3,0	1,1	3,7	1,2
2,9	1,0	5,0	2,1
2,1	0,9	5,0	1,0
\bar{X} 2,29\pm0,70	\bar{X} 1,14\pm0,39	\bar{X} 4,01\pm0,77	\bar{X} 1,33\pm0,50

Os dados originais foram submetidos a uma série de testes preliminares para verificar a normalidade da distribuição amostral, a fim de definir o tipo de análise estatística a ser empregada.

O primeiro teste a ser realizado foi o cálculo dos parâmetros amostrais, o qual pode ser visto na Tabela II.

Tabela II. Cálculo dos parâmetros amostrais: Valores originais.

Parâmetros amostrais	Valores Originais
Soma dos dados amostrais	0,0000
Soma dos quadrados dos dados	8,9486
Termo de correção	0,0000
Varição total	8,9486
Média geral da amostra	0,0000
Variância da amostra	0,3314
Desvio padrão da amostra	0,5757
Erro padrão da média	0,1088
Mediana, por dados agrupados	0,0882
Número de dados da amostra	28,0000
Dados abaixo da média	8,0000
Dados iguais à média	12,0000
Dados acima da média	8,0000

Calculou-se então, a distribuição das frequências absolutas por intervalo de classe e acumuladas, as quais apresentam uma tendência central: 0, 2, 6, 12, 6, 2, 0 como mostra a Tabela III.

Tabela III. Distribuição de freqüências: Valores originais

A. Freqüência por intervalo de classe:							
Intervalo de classe	M-3s	M-2s	M-1s	Méd	M+1s	M+2s	M+3s
Freqüências absolutas:	0	2	6	12	6	2	0
Em valores percentuais:	0,0	7,1	21,4	42,9	21,4	7,1	0,0
B. Freqüências acumuladas:							
Intervalo de classe	M-3s	M-2s	M-1s	Méd	M+1s	M+2s	M+3s
Freqüências absolutas:	0	2	8	20	26	28	28
Em valores percentuais:	0,0	7,1	28,6	71,4	92,9	100,0	100,0

Com os dados de freqüências acumuladas, traçou-se a curva experimental à qual foi sobreposta a curva normal matemática (Figura 10). O grau de concordância ou de aderência entre as duas curvas é avaliado pela maneira como ambas se ajustam.

A coincidência entre a curva normal e a experimental traduz a possibilidade de a distribuição ser normal.

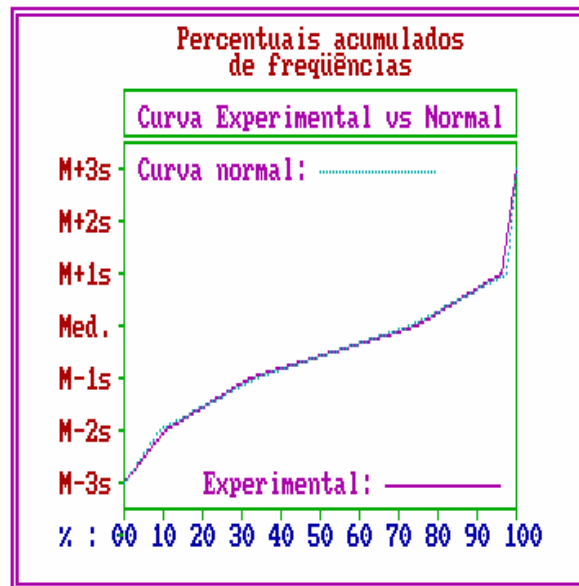


Figura 10. Curvas experimental e normal dos percentuais acumulados de frequência.

Na seqüência traçou-se o histograma de frequências da distribuição dos erros amostrais e a curva normal (Figura 11).

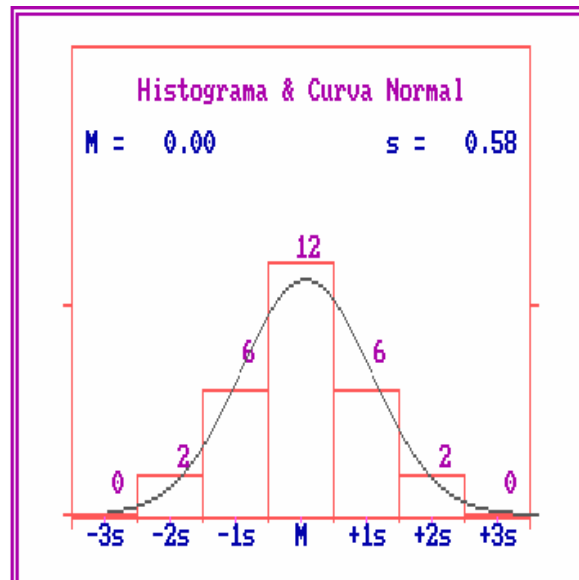


Figura 11. Histograma de frequências da distribuição dos erros amostrais e curva normal.

O teste de aderência da distribuição de frequências por intervalo de classe da distribuição normal em relação à mesma distribuição dos dados amostrais mostra que a probabilidade da distribuição experimental ser normal foi de 73,9300% (Tabela IV).

Tabela IV. Teste de aderência à curva normal. Valores originais.

A. Frequência por intervalo de classe:							
Intervalo de classe	M-3s	M-2s	M-1s	Méd	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental	0,00	7,14	21,43	42,86	21,43	7,14	0,00
B. Cálculo do Qui-quadrado:							
Graus de Liberdade:	4	Interpretação:					
Valor do Qui-quadrado:	1,98	A distribuição testada					
Probabilidade de H0:	73,9300%	é normal					

A análise do conjunto dos resultados obtidos nos testes preliminares levou à conclusão de que a distribuição da amostra era normal, indicando a utilização de um teste paramétrico.

O teste paramétrico que melhor se adaptou ao modelo matemático proposto foi a análise de variância (Tabela V), por tratar-se de um teste que permite comparar mais de duas amostras independentes e com 1, 2 ou 3 fatores de variação.

Tabela V. Teste da Análise de Variância – Valores originais

Fonte de Variação	Soma de Quadr.	G.L.	Quadr.Médios	(F)	Prob.(H0)
Entre colunas	36,2300	3	12,0767	32,39	0,000 %
Resíduo	8,9486	24	0,3729		
Variação total	45,1786	27			

A análise de variância indicou haver diferença estatística significativa ao nível de 1% ($p < 0,01$) entre as colunas, ou seja, entre os 4 grupos analisados.

A fim de esclarecer quais tipos de preparo foram diferentes entre si, em relação à alteração de temperatura, aplicou-se o teste complementar de Tukey para comparação entre as médias (Tabela VI).

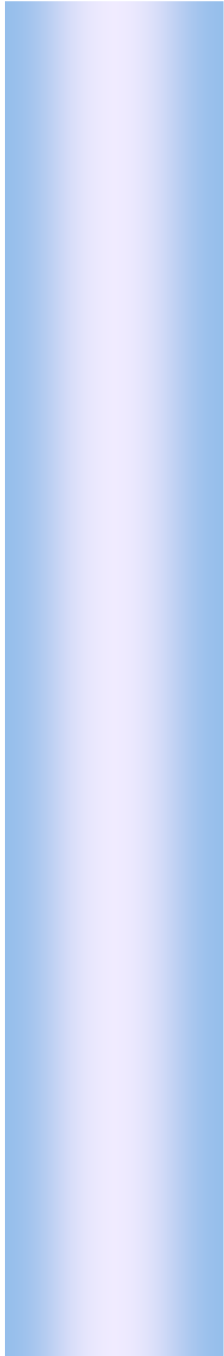
Tabela VI . Teste de Tukey

Tipos de Preparo	Médias	Valor crítico ($\alpha = 0,001$)
Grupo I	2,28571 \diamond	
Grupo II	1,14285 \blacksquare	
Grupo III	4,01429 \bullet	1,13326
Grupo IV	1,32857 $\diamond\blacksquare$	

Sinais iguais significam valores estatisticamente semelhantes

O teste de Tukey evidenciou diferença estatisticamente significativa ($p < 0,01$) entre os grupos I, II e III, sendo que o grupo III foi o que proporcionou maior aumento de temperatura, seguido pelo grupo I e pelo grupo II. Esses resultados também permitiram observar que o Grupo IV foi estatisticamente

diferente do Grupo III, apresentando resultados intermediários entre os Grupos I e II.



Discussão

O medo e ansiedade relacionados aos procedimentos restauradores na Odontopediatria estão associados principalmente ao barulho e vibração produzidos pelos motores de alta e baixa rotação e pela necessidade de anestesia. A remoção da cárie e o preparo cavitário com o *laser* têm despertado muito interesse e parece ser uma alternativa promissora para o tratamento em crianças, principalmente pela possibilidade de realização de preparos minimamente invasivos.

Desde a aprovação para uso clínico em 1990 na Alemanha, estudos têm enfatizado as vantagens do preparo cavitário com *laser* Er:YAG como mínimo desconforto ao paciente pela diminuição do efeito mecânico de vibração e pressão (KELLER; HIBST, 1997; ARMENGOL et al., 2000) e menor sensibilidade dolorosa, com diminuição do uso de anestésicos (MATSUMOTO et al., 1996; PELAGALLI et al., 1997; EDUARDO, 1998). Esses fatores são responsáveis pela boa aceitação do *laser* pelos pacientes (COZEAN et al., 1997; KELLER; HIBST, 1992; DOSTÁLOVÁ et al., 1998; EVANS et al., 2000). KATO et al. (2003) salientaram que as crianças se tornam mais cooperativas com o uso do *laser* para realização de remoção de cárie e preparo cavitário.

A preservação dos dentes decíduos até a época de sua esfoliação normal é de grande importância para o desenvolvimento da criança, uma vez que entre as funções dos dentes decíduos destacam-se a mastigação, a fonética, a

manutenção do espaço no arco e o guia para erupção do dentes permanentes, além da estética.

Uma grande preocupação em relação ao preparo cavitário, realizado da forma convencional ou com *laser*, são os estímulos gerados no complexo dentina-polpa que podem resultar em danos ao tecido pulpar, e essas alterações nos dentes decíduos podem contribuir para a aceleração da rizólise. Por esse motivo, o presente estudo buscou avaliar a alteração de temperatura no interior da câmara pulpar de dentes decíduos humanos submetidos a preparos cavitários em dentina com *laser* Er:YAG.

Uma seleção prévia dos parâmetros do *laser* Er:YAG e o conhecimento de sua interação com os tecidos são de grande importância para utilização desse recurso (ZAKARIASEN, 1993). Embora existam na literatura muitos trabalhos sobre a utilização do *laser* para o preparo cavitário (HIBST; KELLER, 1990; HOKE et al., 1990; GLOCKNER et al., 1998; AOKI et al., 1998; ARMENGOL et al., 1999; ARMENGOL et al., 2000; GONZÁLEZ-BAHILLO et al., 2002; LOUW et al., 2002; ZANIN et al., 2004; ATTRILL et al., 2004; CURTI et al., 2004), estes utilizaram uma grande variedade de parâmetros e diversidade de aparelhos e foram realizados em dentes permanentes.

Temos que considerar que os dentes decíduos apresentam camada de esmalte e dentina mais delgada, dentina menos mineralizada e câmara pulpar proporcionalmente mais ampla que a dos dentes permanentes (TENORIO,

2002). No entanto, uma vez que os dentes utilizados neste estudo, já haviam cumprido o seu ciclo vital, uma vez que apresentava rizólise completa, estima-se que a dentina seja mais mineralizada e compacta. Os parâmetros utilizados nesta pesquisa foram 420mJ de energia radiante e 14Hz de frequência de pulso.

Outro aspecto que merece atenção é que a mineralização da dentina, depois que o dente está completamente formado, é progressiva, variando portanto de acordo com a idade do dente (SALETE).

O tempo de aplicação do *laser* foi determinado para que se obter cavidades de diferentes profundidades. MATSUMOTO et al. (1991) relataram que a profundidade da cavidade está em função do tempo de aplicação do *laser*, da energia utilizada e do tecido alvo e HIBST; KELLER (1993) observaram que o aumento de temperatura está em função do tempo de aplicação do *laser*. Foram determinados dois tempos de aplicação do *laser* para realização dos preparos cavitários: 30 e 60 segundos.

As alterações de temperatura propiciadas pelo *laser* foram comparadas àquelas promovidas por preparos cavitários com ponta esférica em alta rotação.

Os preparos cavitários foram realizados sob refrigeração ar/água do próprio aparelho baseados nas pesquisas de HIBST; KELLER (1989); HOKE et al. (1990); KELLER; HIBST (1992); BURKES et al. (1992); PADHDIWALA et al. (1993); SEKINE et al. (1994); VISURI et al. (1996); GLOCKNER et al. (1998); KELLER et al. (1998); ARMENGOL et al. (2000); CAVALCANTI et al. (2003) e

ATTRILL et al. (2004) que são enfáticos ao afirmar que a refrigeração com água é essencial e de suma importância para que se possa realizar o preparo cavitário sem causar danos térmicos à polpa. Outro aspecto importante em relação à refrigeração é que esta torna a ablação promovida pelo *laser* Er:YAG mais efetiva e segura (BURKES et al., 1992).

A aferição da temperatura durante a irradiação do *laser* foi realizada, por grande parte dos pesquisadores, por meio de um termopar no interior da câmara pulpar (KOWADA et al., 1986; OELGIESSER et al., 2003; ZANIN et al., 2004). No presente estudo, também utilizou-se um termopar tipo K o qual foi inserido no interior da câmara pulpar.

O tempo gasto no preparo da cavidade com o *laser* foi 3x maior quando comparado com a ponta diamantada em alta rotação. Verificamos que as cavidades quando secas apresentavam-se com aspecto esbranquiçado e irregular, observações estas semelhantes às descritas por ZECELL et al. (1997) e AOKI et al. (1998).

A análise dos resultados obtidos mostrou diferença estatística significativa ($p < 0,01$) entre as alterações de temperatura obtidas com preparo cavitário com *laser* com 30 segundos, com 60 segundos e com ponta em alta rotação. Esses resultados diferem dos encontrados por ARMENGOL et al. (2000) e CAVALCANTI et al. (2003) que, em dentes permanentes, observaram aumento

de temperatura estatisticamente semelhante entre o *laser* e a ponta em alta rotação.

A maior média de alteração de temperatura obtida neste estudo foi observada com a utilização do *laser* no tempo de 60 segundos, seguida da aplicação com *laser* por 30 segundos. HIBST; KELLER (1993); WHITE et al. (1994) explicaram que à medida que ocorre a ablação, a espessura da dentina é reduzida aproximando o ponto focal do *laser* ao termopar, KOWADA et al. (1986) relataram que quanto maior a espessura da dentina entre a superfície irradiada e a câmara pulpar menor, é a alteração térmica.

Deve-se ressaltar que, apesar da temperatura obtida ter sido maior com o *laser* por 60 segundos (média de 4,01°C) e ter sido maior que as obtidas nos demais grupos, esta não atingiu o valor crítico de 5,5°C tolerável ao tecido pulpar segundo ZACH; COHEN (1965).

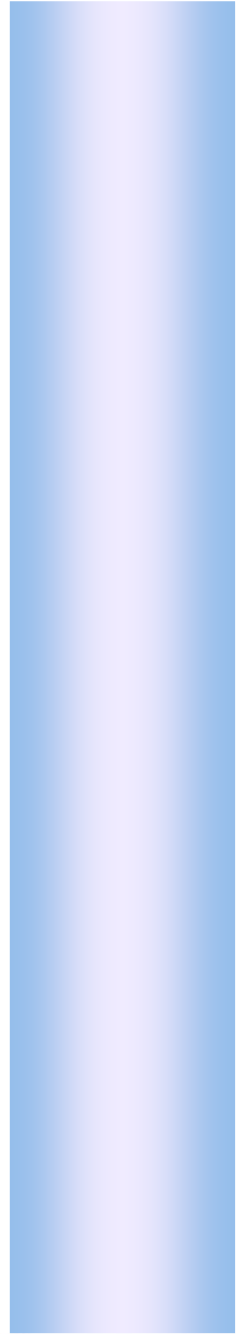
Na literatura pode-se observar resultados diferentes em relação às alterações de temperatura obtidas com a aplicação do *laser* dependendo da metodologia empregada. HOKE et al. (1990) observaram um aumento médio de 2,2°C, BURKES et al. (1992) obtiveram valores em torno de 4°C, ZANIN et al. (2004) observaram aumento máximo 3,1°C, OELGIESSER et al. (2003) obtiveram aumento máximo menor que 5,5°C e ATTRILL et al. (2004) relataram aumento máximo de 4,0°C. É importante observar que todas essas pesquisas

foram realizadas em diferentes grupos de dentes permanentes e com diferentes tipos de cavidade.

Os preparos realizados com ponta em alta rotação geraram aumentos médios de temperatura estatisticamente semelhantes entre si e menores que aqueles obtidas com as aplicações com o *laser*.

Os resultados obtidos neste estudo abrem perspectivas de novas pesquisas que avaliem a alteração de temperatura durante o preparo com o *laser* Er:YAG em dentes decíduos variando o tipo de cavidade, o grupo de dentes, o grau de rizólise, aplicação intermitente do *laser* durante o preparo, além de avaliação histológica do tecido pulpar em animais.

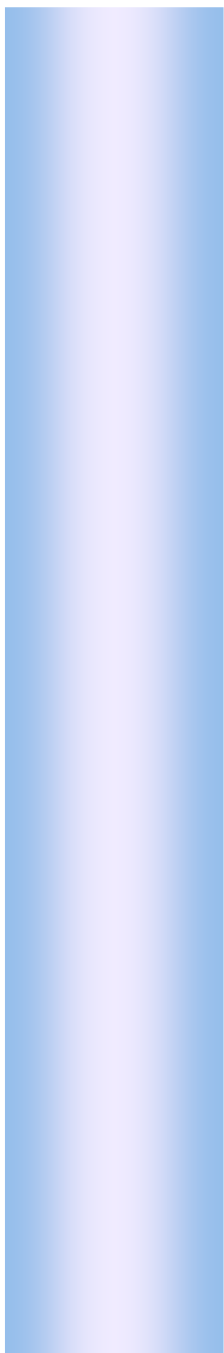
Assim, os estudos sobre os efeitos do aumento de temperatura provocados pelo *laser* Er:YAG somar-se-ão aos já descritos na literatura, que avaliam a infiltração marginal em selantes e restaurações após preparo com *laser* Er:YAG, para sustentar uma condição futura de aplicação clínica segura do *laser* em Odontopediatria.



Conclusões

Por meio dos resultados obtidos foi possível concluir que:

1. O preparo cavitário realizado com o *laser* por 60 segundos apresentou a maior alteração de temperatura, seguida pelo preparo com *laser* por 30 segundos e pelos preparos realizados com ponta diamantada em alta rotação.
2. A maior média de temperatura, obtida com o *laser* por 60 segundos, não atingiu o valor crítico de 5,5°C.



Referências

ALMEIDA, B. S. C.; MYAKI, S. I.; TANJI, E. Y.; FRIGGI, M. N. P. Microinfiltração em dentes decíduos restaurados com cimento de ionômero de vidro após o uso do *laser* Er:YAG. **Pesqui. Odontol. Bras.**, v.16, sup. 2002, p. 49, 2002.

AOKI, A.; ISHIKAWA, I.; YAMADA, T.; OTSUKI, M.; WATANABE, H.; TAGAMI, J.; ANDO, Y.; YAMAMOTO, H. Comparision between Er:YAG *laser* and conventional technique for root cáries treatment *in vitro*. **J. Dent. Res.**, v. 77, n. 6, p. 1404-1414, 1998.

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. **J. Endod.**, v. 25, n. 8, p. 543-546, 1999.

ARMENGOL, V.; JEAN, A.;MARION, D. Temperature rise during Er:YAG and Nd:YAG *laser* ablation of dentin. **J. Endod.**, v. 26, n. 3, p. 138-141, 2000.

ATTRILL, C. C.; DAVIES, R. M.; KING, T. A.; DICKINSON, M. R.; BLINKHORN, S. A. Thermal effects of the Er:YAG *laser* on a simulated dental pulp: a quantitative evaluation of the effects of a water spray. **J. Dent.**, v. 32, n. 1, p.35-40, 2004.

BURKES, E. J. J; HOKE, J.; WOLBASHT, M. Wet versus dry enamel ablation by Er:YAG *laser*. **J. Prosthetic. Dent.**, St. Louis, v. 67, n. 6, p. 847-51, 1992.

CAMPOS, G. M. **GMC Versão 8.1**. Ribeirão Preto: Laboratório de Pesquisa em Endodontia, 2001. Disponível em www.forp.usp.br/restauradora/gmc

CAVALCANTI, B. N.; LAGE-MARQUES, J. L.; RODE, S. M. Pulpal temperature increases with Er:YAG *laser* and high speed handpieces. **J. Prosthetic. Dent.**, St. Louis, v. 90, n. 5, p. 447-451, 2003.

COZEAN, C.; ARCORIA, C. J.; PELAGALLI, J.; POWELL, G. L. Dentistry for the 21st century? Erbium:YAG *laser* for teeth. **J. Oral Rehabil.**, v. 128, n. 8, p. 1080-1087, 1997.

CURTI, M.; ROCCA, J. P.; BERTRAND, M. F. ; NAMMOUR S. Morpho-structural aspects of Er :YAG – preparad class V cavities. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 22, n. 2, p. 119-123, 2004.

DOSTÁLOVÁ, T.; JELÍNKOVÁ, H.; KREJSA, O.; HAMAL, K.; KUBELKA, J.; PROCHÁSKA, S.; HIMMLOVÁ, L. Dentin and pulp response to Er:YAG *laser* ablation: a preliminary evaluation of human teeth. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 15, n. 3, p. 117-121, 1997.

DOSTÁLOVÁ, T.; JELINKOVA, H.; KUCEROVA, H.; KREJSA, O.; HAMAL, K.; KUBELKA, J.; PROCHAZKA, S. Noncontact Er:YAG *laser* ablation: clinical evaluation. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 16, n. 5, p. 273-283, 1998.

EDUARDO, P. L. P.; RAMOS, A. C. B.; EDUARDO, C. P. The use of the Er:YAG *laser* in cavity preparation clinical cases. In: **Proceedings of the 6a international Congress on Lasers in Dentistry**, 1998, Maui: ISLD 1998. p.202-205.

EVANS, D. J. P.; MATTHEWS, S.; PITTS, N. B.; LONGBOTTOM, C.; NUGENT, Z. J. A clinical evaluation of an Erbium:YAG *laser* for dental cavity preparation. **Brit. Dent. J.**, v. 188, n. 12, p.677-679, 2000.

GLOCKNER, K.; RUMPLER, J.; EBELESENDER, K.; STADTLER, P. Intrapulpal temperature during preparation with the Er:YAG *laser* compared to the conventional burr: an *in vitro* study. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 16, n. 3, p. 153-157, 1998.

GIUSTI, J.; SANTOS-PINTO, L.; LIZARELLI, R.; BAGNATO, V. Ablation rates and morphological patterns of deciduous tooth enamel after Er:YAG *laser* irradiation: An *in vitro* study. **J. Oral Laser Appl.**, v. 2, n. 3, p. 1-6, 2002.

GONZÁLEZ-BAHILLO, J.; RUIZ-PION, M.; RODRIGUAS-NOGUEIRA, J.; MARTIN BIEDMA, B. VARELA PATINO, P.; MAGAN MUNOZ, F. A comparative study of microleakage through enamel and cementum after *laser* Er:YAG instrumentation in class V cavity obturations, using scanning electron microscopy. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 20, n. 4, p. 197-201, 2002.

HAYASHI, P. M. ; MYAKI, S. I.; LEMOS, S.; MARTINS, C. M. L.; GANZERLA, E.; BALDUCCI, I.; MELLO, G. P. S.; MELLO, J. B. Microinfiltração em dentes decíduos restaurados com resina composta preparados com *laser* Er :YAG. **Pesqui. Odontol. Bras.**, v.16, sup. 2002, p. 75, 2002.

HIBST, R.; KELLER, U. Experimental studies of the application of the Er:Yag *laser* on dental hard substances: I Measurement of the ablation rate. **Lasers Surg. Med.**, v. 9, n. 4, p. 338-344, 1989.

HIBST, R.; KELLER, U. Heat effect of pulsed Er:YAG *laser* radiation in *laser* surgery. Therapeutics and systems II. **SPIE**, v. 1200, p. 379-386, 1990.

HIBST, R.; KELLER, U. Effect of the water spray and repetition rate on the temperature elevation during Er:YAG *laser* ablation of dentine. **SPIE**, v. 2623, p. 139-144, 1993.

HOKE, J.; BURKES, E.; GOMES, E.; WOLBARSHT, M. L. Erbium:YAG (2,94 μ m) *lasers* effects on dental tissues. **J. Laser Appl.**, v. 6, n. 1, p. 61-65, 1990.

KATO, J.; MORIYA, K.; JAYAWARDENA, J. A.; WIJEYEWEERA, R. L. Clinical application of Er:YAG *laser* for cavity preparation in children. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 21, n. 3, p. 151-155, 2003.

KELLER, U.; HIBST, R. Experimental studies of the application of the Er:Yag *laser* on dental hard substances: II. Light microscop and SEM investigations. **Lasers Surg. Med.**, v. 9, n. 4, p. 345-351, 1989.

KELLER, U.; HIBST, R. Erbium:YAG *laser* in cáries therapy: indications and first clinical results. In **Proceedings of the 3th International Congress on Laser in Dentistry**, 1992, p. 151-152, 1992.

KELLER, U.; HIBST, R. Effects of Er:Yag *laser* in cáries treatment: a clinical pilot study. **Lasers Surg. Med.**, v. 20, n. 1, p. 32-38, 1997.

KELLER, U.; HIBST, R.; GEURTSSEN, W.; SCHILKE, R. HEIDEMANN, D. KLAIBER, B. Er:YAG *laser* application in cáries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. **J. Dent.**, v. 26, n. 6, p. 649-656, 1998.

KOWADA, H.; TANI, Y.; SATO, T. Effect of *laser* irradiation on dentin. I regarding the degree of temperature rise in the pulp by Nd:YAG and CO₂ *laser* irradiation. **J. Soc. Laser Med.**, v. 7, n. 3, p. 203-240, 1986.

KUMAZAKI, M. Removal of hard dental tissue (cavity preparation) with the Er:YAG *laser*. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 6., Maui, Hawaii, 1998. **Proceedings**, p. 12-16, 1998.

LOUW, N. P.; PAMEIJER, C. H.; ACKERMANN, W. D.; ERTL, T.; CAPPIUS, H. J.; NORVAL, G. Pulp histology after Er:YAG *laser* cavity preparation in subhuman primates - a pilot study. **SADJ.**, v. 57, n. 8, p. 313-317, 2002.

MARTINS, C. M. L.; MYAKI, S. I.; GANZERLA, E.; HAYASHI, P. M.; LEMOS, S. I.; TANJI, E. Y.; ARANHA-CHAVES, V. E. Efeitos do *laser* Er:YAG associado ao condicionamento ácido sobre o esmalte de dentes decíduos. **Pesqui. Odontol. Bras.**, v.16, sup. 2002, p. 67, 2002.

MATSUMOTO, K.; NAKAMURA, Y.; WAKABAYASHI, H. A morphological study on the cavity preparation by Er:YAG *laser*. **J. Japan. Soc. Conserv. Dent.**, v. 34, n. 3, p. 729-733, 1991.

MATSUMOTO, K.; NAKAMURA, Y.; MAZEKI, K. KIMURA, Y. Clinical dental application of Er:YAG *laser* for class V cavity preparation. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 14, n. 3, p. 123-127, 1996.

OELGIESSER, D.; BLASBALG, J.; BEN-AMAR, A. Cavity preparation by Er:YAG *laser* on pulpal temperature rise. **Am. J. Dent.**, v. 16, n. 2, p. 96-98, 2003.

PAGHDIWALA, A. F.; VAIDYANATHAN, T. K.; PAGHDIWALA, M. F. Evaluation of Er:YAG *laser* radiation of hard tissues: analysis of temperature changes, dept of cuts and structural effects. **Scanning Microsc.**, v. 7, n. 3, p. 989-997, 1993.

PELAGALLI, J.; GIMBEL, C.; HANSEN, R.; SWEETT, A.; WINN, D. Investigation study of the use of Er:YAG *laser* versus dental drill for cáries removal and cavity preparation – Phase I. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 15, n. 3, p. 109-115, 1997.

SEKA, W.; FEATHERSTONE, J. D. B.; FRIED, D.; VISURI, S. R.; WALSH, J. T. *Laser* ablation of dental hard tissue: from explosive ablation to plasma-mediated ablation. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM BIOMEDICAL OPTICS – *LASERS IN DENTISTRY*, Bellingham, **Anais – SPIE**, v. 2672, p. 144-158, 1996.

SEKINE, Y.; EBIHARA, A.; TAKEDA, A.; SUDA, H. Erbium:YAG *laser* application to cavity preparation: light microscopy investigation of tooth pulp. In: **Proceedings of the 4th International Congress on Laser in Dentistry**, p. 167-171, 1994.

SILVA, V. O. **Influência da forma de preparo cavitário na microinfiltração marginal de dentes decíduos**. 2002, 90f. Tese (Doutorado em Odontopediatria) Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista. Araraquara.

TANABE, K.; YOSHIBA, K.; YOSHIBA, N.; IWAKU, M.; OZAWA, H. Immunohistochemical study on pulpal response in rat molars after cavity preparation by Er:YAG *laser*. **Eur. J. Oral Sci.**, v. 110, n. 3, p. 237-245, 2002.

TANJI, E. Y.; MATSUMOTO, K.; EDUARDO, C. P. Scanning electron microscop observations of dentin surface conditioned with Er:YAG *laser*. In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF THE GERMAN SOCIETY OF LASER DENTISTRY**, 6., Frankfurt, 1997. Abstracts. Frankfurt: DGL, abstract 6, p. 6, 1997.

TENORIO, M. D. H. **Dentes decíduos – Morfologia relacionada com os tratamentos restaurador e endodôntico**. Publicado em 3 de julho de 2002. Disponível em www.odontologia.com.br

TOKONABE, H.; KOUJI, R.; WATANABE, H.; NAKAMURA, Y.; MATSUMOTO, K. Morphological changes of human teeth with Er:YAG *laser* irradiation. **J. Clin. Laser Med. Surg.**, v. 17, n. 1, p. 7-12, 1999.

TURKMEN, C.; MAHIR, G.; MURAT, K., BULENT, B. Effect of CO₂, Nd:YAG, and ArF Excimer *lasers* on dentin morphology and pulp chamber temperature: an *in vitro* study. **J. Endod.**, v. 26, n. 11, p. 644-648, 2000.

VISURI, S. R.; GILBERT, J. L.; WRIGHT, D. D.; WIGDOR, H. A.; WALSH JR., J. T. Shear strenght of composite bonded to Er:YAG *laser* prepared dentin. **J. Dent. Res.**, v. 75, n. 1, p. 599-605, 1996.

WHITE, J. M., FAGAN, M. C.; GOODIS, H. E. Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG *laser* treatment of dentin, *in vitro*. **J. Periodontol.**, v. 65, p. 255-259, 1994.

WIGDOR, H.; ABT, E.; ASHRAFI, S.; WALSH, J. T. The effect of *lasers* on the hard tissues. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 124, n.1, p. 65-70, 1993.

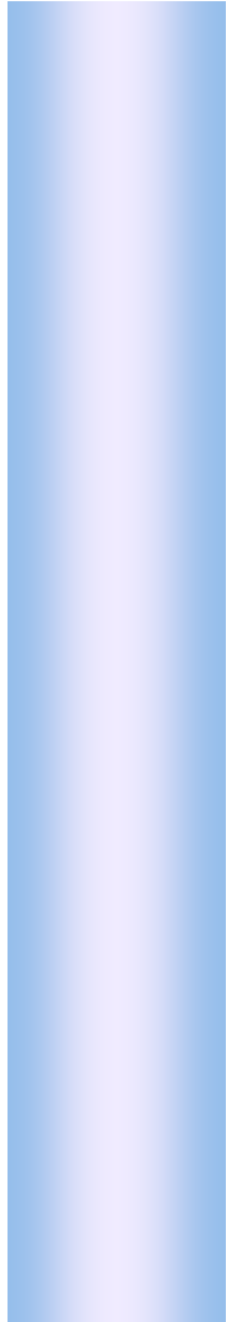
WIGDOR, H.; ABT, E.; ASHRAFI, S.; WALSH, J. T. Efecto del rayo láser sobre los tejidos duros del diente. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 11, n.6, p. 63-70, 1995.

ZACH, I.; COHEN, G. Pulp response to externally applied heat. **Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.**, v. 19, n. 4, p. 515-528, 1965.

ZAKARIASEN, K. L. Shedding new light on *lasers*. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 124, n. 2, p. 30-31, 1993.

ZANIN, F.; BRUGNERA-JÚNIOR, A.; PÉCORÁ, J. D.; PINHEIRO, A. L. B.; SPANÓ, J. C. E.; BARBIN, E. L.; MARCHESAN, M. A. Heat generated by Er:YAG *laser* in the pulp chamber of teeth submitted to removal of dental tissue and composite resin. **Laser in Dent.**, v. 5, n. 2, p. 109-113, 2004.

ZEZELL, D. M.; TANJI, E. Y.; HAYPEK, P.; EDUARDO, C. P. Scanning electron microscopy and rx fluorescence of class I cavity preparation with Er:YAG *laser*
In: **INTERNATIONAL CONGRESS OF THE GERMAN SOCIETY OF LASER DENTISTRY**, 6., Frankfurt, 1997. Abstracts. Frankfurt: DGL, abstract 11, p. 8, 1997.



Anexos

ANEXO 1

A Tabela IA expressa os valores de temperatura (em graus centígrados) inicial e máxima aferidos durante o preparo cavitário dos diferentes grupos e a diferença entre as mesmas.

Tabela I A. Valores da temperatura, em graus centígrados, inicial e máxima, aferidos durante o preparo cavitário dos diferentes grupos e a diferença entre os mesmos.

Grupo I Er:YAG – 30 s			Grupo II Ponta diamantada cavidade \cong G I			Grupo III Er:YAG – 60 s			Grupo IV Ponta diamantada cavidade \cong G III		
Ti	Tm	Dfça	Ti	Tm	Dfça	Ti	Tm	Dfça	Ti	Tm	Dfça
22,0	23,1	1,1	22,0	23,0	1,0	22,0	25,9	3,9	22,0	23,1	1,1
22,0	24,9	2,9	22,0	22,9	0,9	22,0	26,2	4,2	22,0	23,0	1,0
22,0	23,8	1,8	22,0	24,0	2,0	22,0	25,1	3,1	22,0	24,0	2,0
22,0	24,2	2,2	22,0	23,1	1,1	22,0	25,2	3,2	22,0	22,9	0,9
22,0	25,0	3,0	22,0	23,1	1,1	22,0	25,7	3,7	22,0	23,2	1,2
22,0	24,9	2,9	22,0	23,0	1,0	22,0	27,0	5,0	22,0	24,1	2,1
22,0	24,1	2,1	22,0	22,9	0,9	22,0	27,0	5,0	22,0	23,0	1,0

Ti= Temperatura inicial

Tm= Temperatura máxima

Dfça= Diferença entre a temperatura máxima e a temperatura inicial