

Universidade do Vale do Paraíba
Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento

Carlos Henrique de Sales Dias Santos

Análise *in vitro* das alterações na permeabilidade dentinária após aplicação do laser Nd: YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema rotatório ProTaper

São José dos Campos, SP

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Carlos Henrique de Sales Dias Santos

Análise *in vitro* das alterações na permeabilidade dentinária após aplicação do laser Nd:YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema rotatório

ProTaper

”

Dissertação de mestrado apresentada no Programa de Pós-graduação em Bioengenharia, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica

Orientador: Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro

Co-orientadora: Prof. Dra. Renata Amadei Nicolau

São José dos Campos

2006

S234a

Santos, Carlos Henrique de Sales Dias

Análise *in vitro* das alterações na permeabilidade dentinária após aplicação do laser Nd:YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema rotatório ProTaper/Carlos Henrique de Sales Dias Santos. São José dos Campos, 2006.

1 disco laser, color.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba, 2006.

1. Endodontia 2. Terapia a laser de alta potência 3. Permeabilidade da dentina I. Zângaro, Renato Amaro, Orient. II. Nicolau, Renata Amadei, Co-Orient. III. Título

CDU:616.314-089.27

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, por processos fotocopiadores ou transmissão eletrônica, desde que citada a fonte.

Assinatura do aluno:



Data: 07 de dezembro de 2006.

**“ANÁLISE IN VITRO DAS ALTERAÇÕES NA PERMEABILIDADE DENTINÁRIA APÓS
APLICAÇÃO DE LASER ND: YAP EM DENTES PREPARADOS ENDODONTICAMENTE
COM SISTEMA ROTATÓRIO PRO TAPER”**

Carlos Henrique de Sales Dias Santos

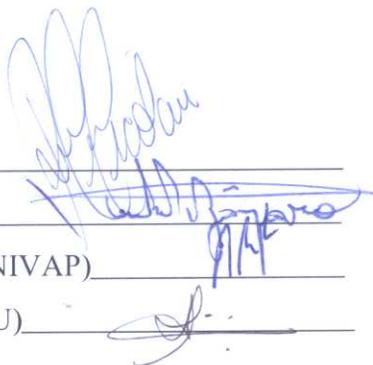
Banca Examinadora:

Profª Dra **RENATA AMADEI NICOLAU** (UNIVAP) _____

Prof Dr **RENATO AMARO ZÂNGARO** (UNIVAP) _____

Prof. Dr. **ANTONIO LUIZ BARBOSA PINHEIRO** (UNIVAP) _____

Profª. Dra. **SANDRA MÁRCIA HABITANTE** (UNITAU) _____



Prof. Dr. Marcos Tadeu Tavares Pacheco

Diretor do IP&D – UniVap

Dedicatória

Se pudesse transcrever em texto o nome de todas as pessoas que de uma forma ou de outra merecem minha homenagem dedicando esse trabalho, talvez poucas seriam as folhas da dissertação em si quando comparadas à esse espaço.

Que todos os que participaram de minha vida, em minha formação, construção do caráter, valores pessoais, amizades longas e duradouras, amizades passageiras, amores e paixões, e todos os que acreditam ou acreditaram em mim, e também aqueles que não o fizeram, recebam esse trabalho como um presente.

Algumas pessoas não posso deixar de lembrar, e citar como muito importantes no meio de todas, e para elas dedico de forma especial esse trabalho:

A meu pai, José Pedro dos Santos, em quem me espelho e procuro guiar meus passos seguindo seu exemplo de vida, caráter, dedicação e amor à profissão e especialidade que temos em comum.

Minha mãe, Inês de Sales Dias Santos, que dedica cada minuto de sua vida, cada suspiro de sua respiração a amar incondicionalmente seus filhos, da forma mais pura. Para você dedico esse trabalho, mais do que para todos os outros, por saber o quanto significa para você, e quanto sofrimento nos causou a demora em sua conclusão.

Meu irmão, Luís Eduardo de Sales Dias Santos, meu maior amigo e a quem sempre recorri nos momentos de maior dificuldade e desespero em minha vida, quer no campo profissional, quer na vida pessoal e familiar. Irmão que além de fonte de inspiração, deposita toda confiança em meu sucesso. Saiba Dudu que você não é só um irmão, mas meu anjo da guarda e meu ídolo nessa vida.

Para o meu Tio Marcos, aquele em quem olho todos os momentos com admiração ímpar por seu caráter irrepreensível, por sua integridade e amor explícito para todos e mais por sua família: um exemplo de vida. A quem devo uma parte de cada tijolo que construo na carreira acadêmica que hoje abraço, por ter aberto portas quando me apresentou à “minha chefe”.

Tia Leda, Denise e Júnior (e família) completam esse lar maravilhoso onde me sinto tão aconchegado quanto em minha própria casa, amigos e parentes que me ajudaram e me ajudam a crescer e viver o caminho.

Minha Vó Dulce, que se pudesse voltar no tempo para dizer mais vezes o quanto a amo, teria começado muito antes de vir morar em sua casa em São José dos Campos. Essa tese é sua, por todo exemplo que passou a todos nós, e por ser o elo de união de nossa família e a professora que já lecionou muito, e hoje ensina lições de vida, força e amor.

Meu Tio Luciano que me apoiou e ajudou desde minha chegada aqui, e em quem meus pais depositaram a confiança de ser meu guardião nessa cidade que me acolheu. Sua família (Tia Carol, Lucas e Anelisa) são muito queridos por mim.

Blanche, minha namorada, a quem devoto admiração pela carreira acadêmica construída, e que me apoiou em todos os momentos, me ouviu, me consolou e me aturou (quando eu era ranzinza) e não se importou em estar longe quando minhas obrigações profissionais nos distanciaram, e que nessa época, mesmo perto, deixando de se divertir e viver para estar ao meu lado incentivando e ajudando no que fosse possível para a concretização dessa etapa.

Minhas Tias Madre e Titi, que nos têm como filhos, amam dessa forma e sofrem nossa ausência assim também. Para vocês que sempre se preocuparam

comigo e com todos, defenderam e ofereceram os ouvidos para as lamentações, dúvidas, vontades e torcida pela vida.

Aos meus afilhados: Daniel e Anna Luiza, cujos pais depositaram a confiança e responsabilidade de substituí-los em sua falta; que essa dissertação seja um exemplo para o caminho nos estudos que irão seguir.

Todos os outros familiares, tios, tias, primos e primas que não citei, esse trabalho também é para vocês. Não se sintam menos queridos por não os ter citado nominalmente, em meu coração todos estão presentes de igual forma.

Aos entes queridos que hoje não estão presentes nessa forma física, mas estão em outro lugar acolhendo minhas súplicas, ouvindo meus lamentos, comemorando meus sucessos, torcendo sempre por minhas vitórias... Dorinha, Vó Maria, Vô Lulu (com quem mais convivi), e Sérgio Alexandre, meu irmão mais novo, que pouco tempo estive conosco nessa vida; Vô Chiquinho e Tio João.

É difícil dedicar uma obra a poucas pessoas, e nem gostaria de fazê-lo pois muitas foram as pessoas que passaram, outras tantas que ficaram em minha vida e a quem tenho que dedicar essa tese.

Em nome de todos os amigos, dedico esse trabalho aos meus melhores amigos, companheiros de todas as horas, a quem devo muito, por acreditarem em mim e me fazer acreditar em mim... Bandeja, você é uma pessoa brilhante em tudo o que faz, sua vontade de viver e sua alegria contagiam... e Zezão, sua nobreza de atos e atitudes me fazem imitá-lo.

Outros amigos...? Claro que não esqueci do Érico, Xuxa, Carla, Rodrigo Paulista, Luciano Leal e Regina, Magoo, Albano, Leo Marchini, Biba, Dani, Dalton, Lucas,... todos vocês merecem esse presente... trago vocês em alta conta, no coração.

Muitos mais são os amigos a quem dedico esse trabalho... e vocês sabem quem são.

Dedico também a outras pessoas, que fazem parte disso tudo, de uma forma especial, nessa trajetória:

Íris Frois, “minha chefe”: enfim entrego esse trabalho e o dedico a você também, não só pela cobrança, mas por permitir que eu fizesse parte dessa equipe, por ter dado a chance de eu ingressar na carreira acadêmica, e também, por que não, me puxar a orelha algumas vezes, dar um banho de água fria em outras ocasiões e ouvido muitas vezes meus lamentos, problemas, vontades, dúvidas e incertezas, chorado junto em alguns momentos, rido muitos mais... Me fez enxergar que posso ser não só o branco ou o preto, mas o cinza.

Agradecimentos

A Deus, que em sua imensa sabedoria, amor e perfeição, permitiu que eu chegasse até aqui. Que me trouxe em seus braços para passar pelas tempestades da vida, e que sorriu quando os triunfos foram acontecendo.

Aos meus pais, a quem devo tudo, desde o simples fato de existir, aos valores transmitidos, a ajuda e torcida incondicional em tudo o que fiz, que se privaram de muitas coisas para que eu pudesse viver meus sonhos. Agradeço o amor, a dedicação, o carinho, a paciência e tolerância... e também a bronca, a cobrança e as chamadas para a realidade. Agradeço por tudo, por saber que minhas vitórias são mais importantes para vocês do que qualquer fato ou acontecimento em suas próprias vidas. Agradeço por me quererem forte, me incentivarem a crescer, por me cobrar e até por roubar alguns momentos especiais da vida... tudo foi, é e sempre será por amor,.... EU SEI.

Da mesma forma que dediquei, agora agradeço meu irmão querido, Dudú, por ter apostado sempre que eu daria certo, venceria e conseguiria.... obrigado por tudo irmão!!!

Meus familiares queridos, a todos vocês agradeço do fundo do coração... dizem que não escolhemos nossa família... mas se pudesse, gostaria de estar no meio de vocês... não os trocaria por nada.

Agradeço mais uma vez, se não consegui fazê-lo ainda, ao meu Tio Marcos, que me apresentou à UniVap, acreditou em mim, e sei que torce e vibra com tudo o que realizo. Só obrigado é pouco para agradecer tudo o que fez por mim e pelo exemplo que tenho de vida e amor.

Blan, obrigado por você existir, e fazer parte de minha vida em um momento tão delicado, mas também tão especial... por ser meu porto seguro, obrigado!

Meus amigos, que são a base que sustenta meu caminho, por saber que vocês me fizeram especial, vocês me tornaram querido e a vocês agradeço... obrigado por serem AMIGOS!!!

Íris, a você agradeço os conselhos, avisos e orientações, e até mesmo a cobrança e a implicância com meus projetos.

Meus colegas professores da UniVap, que tenho em muitos amigos e pais, que sempre estarão ao meu lado, que torceram, que incentivaram e cobraram vencer essa etapa.

Quantos obrigados!!! Sinceros e necessários, eu garanto.

A meu orientador, Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro, que trouxe grandeza a tarefa de realizar essa tese, por emprestar seu nome e tudo o que representa a mim, quando aceitou me orientar.

À minha co-orientadora, Profa. Dra. Renata Amadei Nicolau, colega de trabalho, conselheira, amiga, que injetou ânimo quando minhas forças se esvaíam, que ajudou, cobrou e avaliou como se fosse seu o trabalho.

Aos Professores Renato Amaro Zângaro e Renata Amadei Nicolau, responsáveis pelos laboratórios Prof. Dr. Adib Jateni e Laboratório de Biomodulação Tecidual, respectivamente, e ao Dr. José Pedro dos Santos, responsável pelo laboratório muticisciplinar da Clínica OdontoSales.

Algumas pessoas ajudaram de forma direta, ou indireta na execução da parte prática, agradeço assim, Blanche Cerruti, José Pedro dos Santos, Daniela Granato, Alexandre Câmara, Bruno Alvin, Geraldo Magno, Lucas Novaes, Jimmy Adans, Inês de Sales Dias Santos, Ingrid....., Prof. Lima, Prof. Egberto, e novamente os professores Zângaro e Renata.

E na etapa final, como agradecer a prontidão e compreensão da bibliotecária Rosângela Regis Cavalcanti Taranger, que, além de ler e corrigir detalhes do trabalho, ainda foi uma sábia conselheira e passou alguns valiosos ensinamentos.

Outros professores leram, ouviram, discutiram e corrigiram meu trabalho, não só esse mas também outros... Albano, Biba, Leo, Tininha, Picosse, Jander, Cláudia Brasil, Denise... obrigado por perderem um pouco do seu tempo para me ajudar... Mas não se tranquilizem... esse trabalho acabou, mas pedirei ajuda em outros tantos!!!

Obrigado!!!

Meu título

Só quem viveu, viu e se foi
Sentiu, ouviu e ligou
Sabe a tristeza que foi
Quantas lágrimas derramou

O objetivo outrora traçado
A escada toda subida
E por não causar impacto
Se fez uma facada na vida

De ouvir, ver o passar
A oportunidade fiz abraçar
Levei ao passo lento
O título a alcançar

Hoje enfim enxergo
No fim do caminho a luz
Mas quantas pedras transpuz
Para vencer o combate?

Se assim; assim o será
A Deus, aos pais, ao irmão
Ao amor, amigos e mais
Todos fizeram o chão
Para a tese enfim declamar

Carlos Henrique de Sales Dias Santos
(o autor)

“Análise *in vitro* das alterações na permeabilidade dentinária após aplicação do laser Nd:YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema rotatório ProTaper”

Resumo

O tratamento endodôntico visa a sanificação do sistema de canais radiculares por meio do preparo, e o vedamento destes canais através de obturação. O laser de Nd:YAP é utilizado em Endodontia para a esterilização, e possível redução na permeabilidade dentinária. Para o presente estudo, foram utilizadas 48 raízes vestibulares e palatinas de 24 pré-molares superiores humanos extraídos, que receberam preparo endodôntico com sistema rotatório ProTaper[®], tendo como irrigante o hipoclorito de sódio a 1% (solução de Milton) e o EDTA-T como irrigação final. Os espécimes foram divididos em três grupos, sendo: GI - controle; GII - irradiação com laser Nd:YAP (5Hz, 1,8W e 360mJ) e GIII: irradiação com laser Nd:YAP (30Hz, 10W, 330mJ). No momento da irradiação, os canais estavam preenchidos com água destilada. As alterações na permeabilidade dentinária nos terços cervical, médio e apical foram avaliadas utilizando infiltração de corante azul de metileno a 2% por 1 hora. Foram realizadas imagens digitais para quantificar a área de infiltração do corante. Os dados foram submetidos à análise estatística empregando os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney ($p < 0,005$). Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes entre os terços e entre os grupos, sendo o terço apical onde houve menor infiltração e o terço cervical o maior índice para todos os grupos. No GIII houve menor infiltração de corante em todos os terços quando comparado aos demais grupos; seguido do GII e do GI com o maior índice de infiltração. Assim, pode-se afirmar que o laser de Nd:YAP possibilita redução da permeabilidade nos parâmetros testados, sugerindo assim o uso dessa técnica como uma pré-obturação do canal radicular.

Palavras-chave:

ProTaper[®]; rotatório; Endodontia; laser; Nd:YAP; permeabilidade dentinária.

“*In vitro* analysis of dentin permeability changes after irradiation of Nd:YAP laser in endodontic prepared teeth with ProTaper rotary system”

Abstract

Endodontic treatment aims to sterilize the root canal system by preparation, and its sealing by obturation. The Nd:YAP laser is used in Endodontics to sterilize, and possible reduction on dentin permeability. For the study, 48 palatal and buccal roots of 24 extracted human premolars were used, and received endodontic preparation with ProTaper[®] rotatory instruments, with 1% sodium hypochlorite (Milton solution) as irrigant and EDTA-T as final irrigation. The specimens were divided in 3 groups: GI – control group; GII – Nd:YAP laser irradiation (5Hz, 1,8W e 360mJ) and GIII: Nd:YAP laser irradiation (30Hz, 10W, 330mJ). The canals were filled with distilled water at the moment of irradiation. Dentin permeability alterations on cervical, medium and apical third were evaluated by methylen blue 2% infiltration for 1 hour. Digitalized images to quantify the tracer infiltration area were made. Statistical analysis of the data was made using the Kruskal-Wallis and the Mann-Whitney tests ($p < 0,005$). Results showed significant statistical differences between thirds and groups, with lower infiltration on apical third, and higher infiltration on cervical one for all groups. GIII had the lowest tracer infiltration in all thirds when compared to other groups; than followed by GII and GI had the highest degrees of infiltration. Consequently, it's possible to state that Nd:YAP laser can reduce dentin permeability under the tested parameters, and thus, recommend the use of this technique prior to the obturation of the root canal.

Keywords:

ProTaper[®]; rotatory system; Endodontics; laser; Nd:YAP; dentin permeability.

Lista de ilustrações

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Espectro de radiação eletromagnética e os comprimentos de onda mais comuns dos lasers médicos | 55 |
| Figura 2 – Elementos básicos de um laser | 55 |
| Figura 3 – Diferença entre a luz natural e a luz laser | 56 |
| Figura 4 – Coeficiente de absorção nos diversos comprimentos de onda | 59 |
| Figura 5 – Corte da coroa com disco de carborundum | 71 |
| Figura 6 – Ultrapassagem visual da lima pelo forame para a odontometria | 72 |
| Figura 7 – Caixa de instrumentos rotatórios ProTaper® | 73 |
| Figura 8 – Seqüência de uso dos instrumentos ProTaper® | 73 |
| Figura 9 – Motor endodôntico para instrumentação rotatória | 74 |
| Figura 10 – Esquema mostrando o formato final do preparo (canal cirúrgico) | 75 |
| Figura 11 – Camada de resina composta vedando o forame apical de ambas as raízes | 76 |
| Figura 12 – Aparelho laser Nd:YAP (LOKKI®, França) | 77 |
| Figura 13 – Fibra óptica de sílica | 78 |
| Figura 14 – Parâmetro máximo para Endodontia | 79 |
| Figura 15 – Parâmetro máximo para Periodontia | 79 |
| Figura 16 – Régua Mlni Endo-Block para aferição das medidas | 80 |
| Figura 17 – Espectro de absorção, reflectância e transmitância para dentina | 81 |
| Figura 18 – Alinhamento do feixe laser e fibra óptica | 82 |
| Figura 19 – Montagem do experimento | 83 |
| Figura 20 – Seqüência de secagem do canal com cânula e agulhas de calibre grosso, médio e fino | 86 |
| Figura 21 – Cone de papel #30, conicidade. 06 em posição no canal | 87 |

| | |
|--|-----|
| Figura 22 – Preenchimento do canal com o corante azul de metileno a 2% | 88 |
| Figura 23 – Separação das raízes vestibular e palatina com disco diamantado | 89 |
| Figura 24 – Espécime evidenciando o descarte de 1mm apical e 2mm cervical | 89 |
| Figura 25 – Espécime cortado em terços: cervical, médio e apical (da direita para a esquerda). SETA: notar nos extremos, as porções descartadas | 90 |
| Figura 26 – Tela do programa Leica Q-WIn® | 91 |
| Figura 27 – Tela do programa Corel Photo Paint 12® | 92 |
| Figura 28 – Exemplo de imagem da área da dentina total e área corada | 92 |
| Figura 29 – Imagem do terço apical de espécime do grupo I | 93 |
| Figura 30 – Imagem do terço médio de espécime do grupo I | 93 |
| Figura 31 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo I | 94 |
| Figura 32 – Imagem do terço apical de espécime do grupo II | 94 |
| Figura 33 – Imagem do terço médio de espécime do grupo II | 94 |
| Figura 34 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo II | 95 |
| Figura 35 – Imagem do terço apical de espécime do grupo III | 95 |
| Figura 36 – Imagem do terço médio de espécime do grupo III | 95 |
| Figura 37 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo III | 96 |
| Figura 38 – Exemplos de imagens em MEV (1000X) do estudo piloto considerando: movimento da fibra no interior do canal e preenchimento do canal no momento da aplicação | 117 |

Lista de Tabelas

| | |
|--|-----|
| Tabela 1 – Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo I | 118 |
| Tabela 2 – Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo II | 118 |
| Tabela 3 – Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo III | 118 |
| Tabela 4 – Potência média do laser HeNe (estabilização do sistema) | 119 |
| Tabela 5 – Potência média do laser nos diversos milímetros do canal (medidas dos recuos) – espécime 1 | 119 |
| Tabela 6 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 1 | 120 |
| Tabela 7 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 2 | 120 |
| Tabela 8 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 3 | 121 |
| Tabela 9 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 4 | 121 |
| Tabela 10 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 5 | 122 |
| Tabela 11 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 6 | 122 |
| Tabela 12 – Comparação de potência de saída do laser HeNe e do Nd:YAP | 123 |
| Tabela 13 - Equivalência dos valores de densidade de energia total depositada por milímetro para o laser Nd:YAP (GII: 360mJ; 1,8W; 5Hz) | 123 |
| Tabela 14 - Equivalência dos valores de densidade de energia total depositada por milímetro para o laser Nd:YAP (GIII: 330mJ; 10W; 30Hz) | 123 |
| Tabela 15 - Cálculo final: ($D_E = P \times t / A$), para os grupos irradiados GII e GIII, considerando o burst do laser para GII = 3s e para GIII= 5s | 123 |
| Tabela 16 – Porcentagem de infiltração de corante no Grupo I | 124 |
| Tabela 17 – Porcentagem de infiltração de corante no Grupo II | 126 |
| Tabela 18 – Porcentagem de infiltração de corante no Grupo III | 128 |
| Tabela 19 – Resultados da análise de variância pelo GPM | 98 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 20 – Resultados do teste de Wilcoxon | 99 |
| Tabela 21 – Resultados do teste de Friedman | 100 |
| Tabela 22 – Tabela de p-valores para o teste de Friedman | 100 |
| Tabela 23 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis | 101 |
| Tabela 24 – Tabela de p-valores para o teste de Kruskal-Wallis | 102 |

Lista de Gráficos

- Gráfico 1 – Comparações entre as raízes vestibular e palatina dos grupos experimentais quanto à infiltração de corante. 99
- Gráfico 2 – Comparação entre os terços: a – apical; c – cervical; m – médio; dos grupos experimentais quanto à infiltração do corante. 101
- Gráfico 3 – Comparação entre os grupos: GI, GII e GIII nos terços apical (a), médio (m) e cervical (c) quanto à infiltração de corante. 102

Lista de abreviaturas e siglas

| | |
|----------------------|---|
| PQC | -Preparo Químico-Cirúrgico |
| ADA | -American Dental Association |
| Er:YAG - | laser de érbio, cristal de yttrio, alumínio e gálio |
| Nd:YAG | -laser de neodímio, cristal de yttrio, alumínio e gálio |
| CO ₂ | -laser de CO ₂ (gás carbônico) |
| Nd:YAP | -laser de neodímio, cristal de yttrio, alumínio e perovisquita |
| Endo-PTC carbowax | -creme endodôntico composto de peróxido de uréia, tween 80 e carbowax |
| PQM | -Preparo Químico-Mecânico (terminologia anterior à PQC) |
| EDTA | -ácido etileno-diamino-tetracético |
| MEV | -Microscopia Eletrônica de Varredura |
| rpm | -rotações por minuto |
| mm | -milímetro |
| SMD | -Safety Memo Disc |
| K | -instrumento endodôntico (lima) tipo Kerr |
| ISO | -Internacional Standart Organization |
| pH | -potencial hidrogeniônico |
| LASER - | light amplification by stimulated emission of radiation |
| J | -joule |
| cm | -centímetro |
| W | -watt |
| Hz | -hertz |
| pps | -pulso por segundo |

| | |
|---------------|---|
| μm | -micrometro |
| nm | -nanômetro |
| LILT | -low intensity laser therapy (terapia com laser de baixa intensidade) |
| HILT | -high intensity laser therapy (terapia com laser de alta intensidade) |
| CRT | -Comprimento Real de Trabalho |

Lista de símbolos

| | | |
|----------------|---|--|
| λ | - | comprimento de onda |
| P | - | potência (medida em watts) |
| E | - | energia total ou densidade de energia (medida em J/cm ²) |
| S _L | - | área lateral do tronco de cone (medida em cm ²) |
| A | - | área |
| D ₀ | - | diâmetro zero do instrumento (largura da ponta medida em milímetros), o número associado equivale ao milímetro a que se refere a medida. |
| T | - | tempo |
| Θ | - | diâmetro |

Sumário

| | |
|--|----|
| 1. Introdução | 25 |
| 2. Revisão de literatura | 32 |
| 2.1 Anatomia interna dental | 33 |
| 2.2 Substâncias químicas auxiliares | 37 |
| 2.3 Instrumentos rotatórios ProTaper | 41 |
| 2.4 Corantes | 49 |
| 2.5 Laser | 52 |
| 2.6 Interação Laser-tecido | 56 |
| 2.7 Laser em Medicina e Odontologia | 59 |
| 2.8 Laser de Nd:YAP | 60 |
| 3. Objetivo | 66 |
| 4. Material e métodos | 68 |
| 4.1 Aspectos éticos | 69 |
| 4.2 Seleção dos espécimes | 69 |
| 4.3 Tratamento e armazenamento | 70 |
| 4.4 Divisão dos espécimes | 70 |
| 4.5 Número de usos dos instrumentos | 71 |
| 4.6 Preparo dos espécimes | 71 |
| 4.7 Preparo Químico-Cirúrgico (PQC) | 72 |
| 4.8 Formato do canal cirúrgico | 75 |
| 4.9 Vedamento apical | 76 |
| 4.10 Laser de Nd:YAP | 77 |
| 4.11 Aplicação do laser | 80 |
| 4.12 Distribuição de energia ao longo do canal | 80 |

| | |
|---|-----|
| 4.13 Infiltração do corante | 86 |
| 4.14 Separação das raízes | 88 |
| 4.15 Corte dos espécimes | 89 |
| 4.16 Aquisição das imagens | 90 |
| 4.17 Análise da infiltração do corante | 91 |
| 4.18 Análise estatística | 96 |
| 5. Resultados | 97 |
| 6. Discussão | 103 |
| 7. Conclusões | 109 |
| Referências | 111 |
| Anexo A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UniVap. | 115 |
| Anexo B – Termo de Consentimento Esclarecido. | 116 |
| Anexo C – Estudo piloto | 117 |
| Apêndice A – Tabelas | 118 |
| Apêndice B – Quadros | 130 |
| Quadro 2 – Conicidade dos instrumentos rotatórios ProTaper | 130 |
| Quadro 3 – Diâmetro do canal cirúrgico obtido após o preparo | 130 |

1. INTRODUÇÃO

1 Introdução

O sucesso do tratamento endodôntico se deve em grande parte à eficaz sanificação dos canais radiculares durante o preparo químico-cirúrgico (PQC), conseguida através da limpeza, desinfecção e modelagem destes, removendo material orgânico, microrganismos e suas toxinas, aumentando a permeabilidade do sistema e dando-lhes um formato específico favorecendo um selamento tridimensional. Para obtenção de um adequado PQC são utilizados instrumentos em conjunto com substâncias químicas auxiliares.

Inúmeros instrumentos e técnicas têm sido propostos a fim de simplificar o tratamento endodôntico e melhorar a qualidade do preparo dos canais radiculares, que constitui a etapa operatória mais complexa, consumindo maior tempo na terapia.

A busca de um preparo ideal, dando um formato tronco-cônico uniforme com a extremidade voltada para o ápice e a manutenção da posição original do forame, ampliando a luz do canal radicular sem fragilizar as paredes dentinárias e o alcance dos objetivos biológicos, causando o mínimo dano inflamatório e propiciando a reparação em menor tempo possível, tem esbarrado em muitas dificuldades em função da complexidade anatômica dos canais radiculares. A localização, tamanho, possíveis curvaturas presentes e diferenças no grau de permeabilidade em função da idade, cárie, trauma, doença periodontal e os próprios procedimentos odontológicos, são fatores presentes que influenciam, e muitas vezes, impedem a completa sanificação do sistema endodôntico.

As limas de aço inoxidável do tipo K são as mais utilizadas devido a sua eficiência de corte, fácil utilização e custo moderado, e por terem sido as primeiras a serem fabricadas segundo a especificação no. 28 da ANSI/ADA. Por esse motivo, esses instrumentos são utilizados como comparação para os demais instrumentos. Apesar dessas propriedades positivas, apresentam certa deficiência no preparo de canais curvos e atrésicos, o que abriu caminho para o desenvolvimento de ligas e instrumentos mais flexíveis.

Assim, instrumentos manuais de níquel-titânio foram desenvolvidos, apresentando como principais propriedades a superelasticidade, resistência à torção e efeito memória de forma; e se tornaram alternativa mais segura na execução de preparos endodônticos em raízes dilaceradas, com curvaturas acentuadas ou duplas curvaturas. Esse metal apresenta maior dureza e módulo de elasticidade menor que o aço inoxidável, o que implica em flexibilidade cinco vezes maior.

A evolução desses instrumentos manuais altamente flexíveis caminhou para o desenvolvimento de instrumentos rotatórios de níquel-titânio, que apresentam alterações quanto à secção transversal, conicidade e ponta ativa. Esses instrumentos são acionados por motor elétrico, mantendo velocidade constante e torque definidos.

O preparo assim realizado torna a instrumentação rítmica, rápida e menos cansativa para o profissional, e menos desgastante para o paciente. Mundialmente reconhecida e estudada, a preparação automatizada dos canais radiculares é hoje fato indiscutível na literatura, sendo que os sistemas (instrumentos) rotatórios de

hoje trazem segurança, eficácia comprovada, facilidade, e resultados bem-sucedidos que amparam seu uso.

Obviamente, a transição dos profissionais - acostumados com a instrumentação manual - para a instrumentação rotatória é gradual e lenta, porém a evolução desses materiais, bem como a diminuição de seu custo vêm tornando esse tipo de trabalho uma opção para a solução de casos de curvaturas complexas e também ideal para o preparo de canais com grau de dificuldade menor.

Após a preparação do canal principal e ação das substâncias químicas na sanificação, conjunta com o aumento de permeabilidade do sistema endodôntico, o espaço anteriormente ocupado pela polpa dentária encontra-se vazio e assim permanecendo, indubitavelmente, seria recontaminado.

A obturação dos canais visa perpetuar o “silêncio biológico”, condição dada pela ausência de sinais e sintomas alcançada no PQC, vedando de forma tridimensional o sistema de canais radiculares, dificultando a comunicação de fluidos periapicais e fluidos do ligamento periodontal com o interior do canal. Esses ideais são alcançados com a utilização de cones de guta percha ou guta percha termoplastificada associada a cimentos endodônticos.

Esse objetivo torna-se inatingível, uma vez que os métodos obturadores convencionais deixam falhas não detectáveis radiograficamente, e que podem resultar no insucesso do tratamento, quer pelo não preenchimento de canais

acessórios, quer pela percolação da obturação, permitindo que a dentina radicular seja recontaminada.

Apesar da Endodontia, como especialidade odontológica, ter atingido um elevado grau de desenvolvimento técnico-científico, através do constante aprimoramento das técnicas, desenvolvimento de materiais, capacitação cada vez maior dos profissionais e inúmeras pesquisas realizadas; muitas vezes o tratamento endodôntico não resulta em êxito.

A existência de um sistema de canais radiculares - com múltiplas terminações na região apical resultando na formação de um delta apical e não um forame único, além das ramificações em canais laterais e acessórios, e considerando os túbulos dentinários como parte desse sistema - e não apenas de um canal principal, além das grandes variações anatômicas e multiplicidade de formas e desenhos das raízes, sem deixar de lado anomalias e grandes dilacerações radiculares são alguns obstáculos que dificultam, ou mesmo impedem, um adequado tratamento desse complexo sistema, quer na fase de preparo: limpeza, desinfecção e modelagem; quer na fase obturadora, onde dificilmente esse sistema é vedado.

Durante a fase de preparo, espera-se que a ação conjunta de instrumentos e substâncias químicas auxiliares, leve ao aumento da permeabilidade dentinária, permitindo que as substâncias com ação bactericida, bem como as medicações intracanal possam agir em profundidade na intimidade dos túbulos dentinários e

canais acessórios. Uma vez sanificado o sistema, é necessário vedar a entrada dos túbulos, intuito do cimento obturador e guta-percha da obturação endodôntica.

Assim, torna-se imperioso o desenvolvimento de alternativas para o processo obturador, a fim de diminuir essa permeabilidade entre material obturador, túbulos e periodonto. Essa condição melhorada implicaria, sem dúvida, no aumento do índice de sucesso da terapia endodôntica.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, o laser vem sendo muito bem empregado nas diversas áreas da Odontologia, tais como: cirurgia, periodontia, endodontia e dentística, uma vez que possui ação seletiva comprovada em tecidos duros e moles.

Embora o uso do laser na endodontia tenha sido relatado em 1971, apenas recentemente o seu uso tem sido reconhecido e indicado. As propriedades dos lasers que permitem seu uso na endodontia incluem a capacidade de vaporizar o tecido pulpar necrosado, favorecer maior limpeza da parede dentinária (remoção do magma dentinário), reduzir ou aumentar a permeabilidade, promover a ablação da dentina, reduzir a flora bacteriana no canal radicular e diagnosticar a vitalidade pulpar.

Os lasers de alta potência comumente utilizados em Endodontia são Er:YAG, Nd:YAG e CO₂. O laser clínico de Nd:YAP foi introduzido no mercado mais recentemente, sendo poucos os estudos realizados. Tem sido utilizado em cirurgias para o corte de tecidos moles, para a feitura de pequenas cavidades removendo

cáries superficiais em dentisteria e capacidade de redução da permeabilidade dentinária do sistema endodôntico.

A redução da permeabilidade dentinária, após o preparo e a fase medicamentosa, seria de extremo interesse ao processo endodôntico uma vez que serviria como uma pré-obturação do sistema, deixando a cargo da guta-percha e do cimento apenas a função de vedamento do canal principal, o que tornaria a impermeabilização do sistema, como um todo, mais adequada.

Desta feita, reveste-se de interesse um experimento laboratorial utilizando o laser de Nd:YAP a fim de estudar as alterações na permeabilidade dentinária de canais radiculares preparados endodonticamente com sistema rotatório.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2 Revisão de Literatura

Por abranger inúmeros tópicos interligados e para facilitar a compreensão do leitor, a revisão de literatura será dividida em partes, para que cada assunto seja explorado separadamente.

2.1 Anatomia Interna Dental

Green et al., (1960) em trabalho clássico de estereomicroscopia avaliando a região apical de 700 ápices de dentes posteriores humanos superiores e inferiores em sua condição original e natural, puderam observar que os forames acessórios possuem metade do diâmetro médio do forame principal e duas vezes a distância do ápice. Observaram o formato do forame apical maior na maioria das vezes circular, mas também encontraram formas ovaladas e com contorno assimétrico. Verificaram também que uma vez que a raiz apresentasse curvatura no terço apical, o canal radicular seguia essa curvatura e todas as raízes dos dentes multirradiculados se mostravam com condições similares.

De Deus (1975) avaliando a frequência, localização e direção de canais laterais, secundários e acessórios em 1140 dentes de humanos adultos, que ficaram transparentes por diafanização após injeção de tinta da China para marcar as ramificações apicais; pôde observar que os pré-molares e molares apresentaram maior número de ramificações comparados aos incisivos. Do total de dentes, 313 (27,4%) apresentavam canais laterais, secundários e acessórios e as ramificações estavam mais presentes na região apical e menos presentes no terço cervical.

Também considerando a microanatomia interna dos canais radiculares, Fróis (1981), procurou, através de um novo método de avaliação, avaliar a permeabilidade dentinária radicular, pela determinação quantitativa do volume, porcentagem e os sítios de maior e menor penetração do corante azul de metileno a 2% em 20 dentes humanos recém-extraídos e que receberam preparo endodôntico segundo a técnica proposta por Paiva e Antoniazzi. Assim, estabeleceu 2 grupos experimentais, segundo o tipo de corte que receberam: A- desgaste com broca no sentido longitudinal de vestibular para lingual até expor metade do canal radicular e avaliação pelo índice de Marshall; B- cortes transversais de 1mm, divididos em terços e avaliação da área de infiltração do corante, submetidos ao teste “t” de estudante. Após a análise estatística, a autora concluiu haver sítios de maior e menor penetração do corante nos cortes transversais, denotando penetração irregular. Todos os cortes apresentavam profunda penetração do corante, porém sempre havia sítios com pouca ou nenhuma penetração. O terço apical apresentou menor volume de penetração do corante. Por fim, observou ser a avaliação volumétrica/porcentual ser um método quantitativo confiável e que o método de Marshall apresentou resultados contraditórios.

Santos (1985), revisando a literatura sobre a anatomia interna dental, seu estudo e importância, salienta a necessidade do conhecimento pormenorizado desse sistema, descrevendo os métodos empregados em seu estudo; as características da câmara pulpar e canal radicular, já o descrevendo como um sistema complexo. Concluiu o autor que sem o conhecimento da anatomia dos canais radiculares, de nada adiantaria ao endodontista o uso das mais diferentes

técnicas de preparo biomecânico, dos mais variados instrumentos de endodontia, o emprego das mais diversas substâncias químicas auxiliares, as mais diferentes técnicas de irrigação, o usos dos mais diversos tipos de material obturador dos canais, em seu dia-a-dia, para a prática de um trabalho eficaz, honesto e de resultados satisfatórios.

Morfis et al., (1994) estudaram os ápices de 38 incisivos superiores, 25 incisivos inferiores, 29 segundos premolares superiores, 92 primeiros e segundos premolares inferiores, 12 primeiros molares superiores e 17 primeiros molares inferiores em microscopia eletrônica de varredura. Mais de um forame principal foi observado para todos os grupos, com exceção das raízes palatinas de molares superiores e distais de molares inferiores. Forames acessórios foram observados em todos os grupos, e as raízes distais de molares inferiores apresentaram os forames principais mais largos (392 μ m em média) e os premolares superiores apresentaram os forames acessórios mais largos (média de 53,4 μ m) e a morfologia apical mais complexa. A distância do forame apical para o ápice anatômico nunca excedeu 1mm, sendo que as maiores distâncias foram observadas nos incisivos superiores (978 μ m), raízes distais de molares inferiores (818 μ m) e pré-molares superiores (816 μ m).

Camargo et al., (1996) avaliando e comparando radiograficamente *in vitro* as curvaturas de 40 raízes mesiais de primeiros molares inferiores pelas vistas clínica e proximal por transporte das imagens para folha de papel branca, onde obtiveram o grau de curvatura de cada canal em sua respectiva vista, puderam comprovar que todos os canais apresentaram algum tipo de curvatura e que as maiores médias de

curvaturas foram encontradas na vista clínica. Além disso, observaram ainda mais de uma curvatura em um mesmo canal, principalmente na vista proximal e no geral as raízes de curvatura moderada (de 15 a 30 graus) foram as mais encontradas.

Mjor et al., (2001) estudaram a dentina da região apical de dentes humanos por microscopia de luz em secções desmineralizadas, secções desmineralizadas para microscopia eletrônica de varredura e espécimes tratadas com ácido para microscopia eletrônica cofocal. A porção apical mostrou variações marcantes como presença de canais acessórios, áreas de reabsorção e áreas de reabsorções reparadas, nódulos pulpares integrados à dentina, aderidos ou soltos, quantidades variadas de dentina secundária irregular e um tecido parecido com cimento no limite da parede apical do canal radicular. Na maioria das vezes o ápice desviava do longo eixo do canal. Túbulos dentinários primários se apresentavam irregulares quanto à direção e densidade, sendo que algumas áreas apresentavam-se sem túbulos. Concluíram os autores que a essa estrutura variável e irregular da região apical de dentes humanos representa desafios especiais durante a terapia endodôntica e que o uso de técnicas obturadoras com cimentos adesivos que penetrem nos túbulos não parecem ser bem-sucedidas uma vez que técnicas adesivas dependem da impregnação de uma camada híbrida.

Pécora et al., (2002) em uma breve revisão de anatomia interna dos dentes humanos, avivou os conhecimentos básicos, pois estes têm importância fundamental para se obter sucesso da terapia endodôntica. A anatomia de cada dente apresenta características comuns, bem como variações muito complexas, sendo que nessa revisão foi dado enfoque especial às anomalias de desenvolvimento que podem

ocorrer nos dentes humanos. A radiografia pode revelar boa parte da anatomia interna que, associada aos conhecimentos teóricos, ditam o caminho a ser planejado e executado em cada etapa do tratamento endodôntico, considerando as variações que devem ser empregadas para realizar o preparo do canal de cada dente em particular. Concluíram os autores que o conhecimento da anatomia dos canais radiculares ajuda sobremaneira o profissional, desde a cirurgia de acesso até a obturação dos canais e é uma rota segura para se obter muito sucesso e evitar erros.

Assim, pode-se observar que o tratamento endodôntico reveste-se de dificuldades técnicas que são diretamente relacionadas com a anatomia macro e micrométrica dos canais radiculares considerando o número, formato e curvaturas radiculares, bem como as ramificações e ainda a estrutura da dentina e disposição de túbulos dentinários nos terços cervical, médio e apical.

Uma vez levantada a dificuldade anatômica apresentada pelo sistema de canais radiculares, é de extremo interesse apresentar os métodos tradicionais de preparo endodôntico, no intuito de sanificar, alargar e dar a forma ideal para a posterior obturação do canal radicular.

2.2 Substâncias Químicas Auxiliares

Aun e Paiva (1982) avaliando a velocidade de ação germicida do hipoclorito de sódio em função da concentração, selecionaram dentes humanos portadores de

polpa morta com contaminação comprovada pelo método bacteriológico. Fragmentos dos ápices foram imersos no hipoclorito de sódio em 3 concentrações: 0,5; 1 e 1,5% e os tempos de permanência foram de 1, 5, 15 e 30 minutos. Verificaram os autores que o aumento da concentração do hipoclorito de sódio propicia maior velocidade de ação de seu poder antimicrobiano.

Bystrom e Sundqvist (1985) avaliaram a ação antibacteriana do hipoclorito de sódio a 0,5 e 5% clinicamente utilizando 60 dentes unirradiculares com necrose pulpar, coroa intacta e evidência radiográfica de destruição óssea. Foram divididos em 3 grupos: GI – irrigação com hipoclorito de sódio a 0,5% (pH 9); GII – irrigação com hipoclorito de sódio a 5%; GIII – irrigação com hipoclorito de sódio a 5% e irrigação final com solução de EDTA a 15%. Observaram os autores que o GIII foi mais eficiente do que o GI e GII (soluções de hipoclorito de sódio isoladas). Encontraram ainda um achado importante: a bactéria sobrevivente à instrumentação e irrigação rapidamente aumentou em número no período entre consultas quando não foi colocada nenhuma medicação intracanal.

Gavini et al., (1994) para analisar as condições de limpeza do terço apical de canais radiculares de 30 dentes humanos recém-extraídos após o PQM, avaliaram, através de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a capacidade do soro fisiológico, do EDTA a 17%, do ácido cítrico a 25% e do hipoclorito de sódio a 1% de diminuir a formação de magma dentinário ou facilitar sua remoção quando empregados de maneira associada e em diferentes volumes, logo após o preparo do canal radicular. A amostragem foi dividida em 5 grupos de 6 dentes cada, de acordo com as soluções irrigantes e os volumes a serem testados: G1- soro fisiológico

(6ml); G2- EDTA a 17% (3mL) e hipoclorito de sódio a 1% (3mL); G3- EDTA a 17% (6mL) e hipoclorito de sódio a 1% (6mL); G4- ácido cítrico a 25% (3mL) e hipoclorito de sódio a 1%(3mL) e G5- ácido cítrico a 25% (6mL) e hipoclorito de sódio a 1% (6ml). Para o preparo dos canais foi utilizada a técnica proposta por Paiva & Antoniazzi e finda essa etapa, realizou-se a irrigação com as soluções e os volumes pré-estabelecidos para cada grupo. As imagens obtidas em MEV (1000x de aumento) foram avaliadas por 4 professores de Endodontia que as ordenaram daquela que apresentava pouca ou nenhuma sujidade para a que apresentava maior quantidade de material amorfo recobrimo as paredes do canal. Concluíram os autores que existe diferença estatisticamente significativa quanto à capacidade de remover a camada residual de magma em função do tipo e do volume das soluções irrigadoras empregadas após o PQM. O aumento do volume das soluções irrigadoras proporcionou maior número de canalículos dentinários livres da microsujidade, sendo observados melhores resultados quando se empregaram 6mL de EDTA a 17% e 6mL de hipoclorito de sódio a 1% (G3). Nos grupos G2 e G4 foi constatada menor quantidade de microimpregnações aderidas à parede do canal radicular do que no grupo G1 (controle), mostrando que apesar do mesmo volume final de irrigação, é importante a natureza química das soluções irrigantes finais na eliminação de debris e da camada de magma dentinário.

Gavini et al., (1996) verificaram a influência da camada de magma dentinário na qualidade da obturação, acreditando que essa camada diminui a adesividade do material obturador às paredes do canal radicular, facilitando a ocorrência de infiltração marginal. Foram selecionados 64 dentes unirradiculares humanos extraídos e armazenados em solução de timol a 1%. Os dentes foram preparados

com instrumentos Kerr em primeiro uso, sendo utilizados o instrumento inicial seguido de mais 3 e um instrumento de diâmetro imediatamente acima do último utilizado no preparo realizou o ombro dentinário. Como substâncias químicas auxiliares foram utilizados o creme de endo-PTC neutralizado pelo hipoclorito de sódio a 1%. Assim preparados os espécimes, a amostragem foi dividida em 2 grupos de 32 dentes, de acordo com o regime de irrigação final: G1- 2ml de tergentol-furacin; G2- 10ml de EDTA a 17% e em seguida 10ml de hipoclorito de sódio a 1%. Após secagem, os canais foram obturados com cones de guta-percha e cimento N-Rickert por condensação vertical da massa obturadora. As amostras foram seladas cervicalmente e tiveram impermeabilizadas as superfícies externas, deixando 2mm apicais permeáveis. As amostras foram imersas em corante azul de metileno a 1% por 72h, lavadas em água corrente por 10 minutos e desgastadas no sentido longitudinal. As hemiseções foram observadas no microscópio óptico, medindo-se a penetração linear do corante, que apresentou média de 5,36mm para o G1 e 2,86 para o G2. Aplicado o teste t de *Student* em nível de 1%, menor infiltração do corante foi observada quando o magma dentinário foi removido (G2). Concluem os autores que a ocorrência da formação de magma fere de modo cabal os princípios que regem a Endodontia, impedindo que seus objetivos sejam atingidos na plenitude.

Por meio da microscopia óptica e da análise morfométrica, Braguetto et al., (1997) pesquisaram a capacidade de limpeza promovida pelo líquido de Dakin, pela solução de EDTA, pela mistura das 2 soluções e pelo uso alternado das soluções, quando empregadas na instrumentação dos canais radiculares. Para isso, utilizaram 20 incisivos centrais superiores humanos extraídos, que após cirurgia de acesso,

odontometria; receberam preparo com o instrumento do diâmetro apical mais dois instrumentos e então realizou-se escalonamento livre até a lima 80. O tempo de instrumentação para cada lima foi de 1 minuto, e durante essa fase irrigava-se o canal radicular com 10,8mL da solução estudada. Para cada grupo utilizou-se uma solução irrigante: G1- EDTA a 15%, G2- hipoclorito de sódio a 0,5%; G3- associação de Dakin + EDTA; G4- uso alternado de Dakin e EDTA (5,4mL de cada solução irrigante). Os dentes foram submetidos ao processamento histológico de rotina e coloração HE. Foram feitos cortes seriados de 6 micrometros de espessura e para a análise morfométrica foi utilizada uma ocular de 6X dotada de grade de integração com 400 pontos, com distância de 500 micrometros entre 2 pontos consecutivos. Após a contagem dos pontos que caíam na área limpa e sobre os detritos do canal, calculou-se a porcentagem de detritos dos terços apical e médio do canal radicular, para cada dente e para cada solução irrigante testada. Os dados obtidos receberam análise estatística pelo teste estatístico paramétrico ($p < 0,01$), e um teste de Tukey. Concluíram os autores que nenhuma solução possibilitou a ausência completa de detritos; os terços apicais e médios apresentaram-se semelhantes entre si quanto à porcentagem de detritos encontrados com qualquer solução irrigante; que o uso alternado das soluções de Dakin e EDTA favorecem ora a ação de uma solução, ora de outra, somando-se efeitos químicos e melhorando sobremaneira a limpeza do canal radicular.

2.3 Instrumentos rotatórios ProTaper

Em relato de caso clínico apresentado por Faruniuk et al., (2002), foi apresentada a técnica de instrumentação rotatória com o sistema ProTaper

(Dentsply Maillefer, Suíça). Propõe-se a exploração manual do canal radicular com lima K #10 em comprimento estimado pela radiografia de diagnóstico. Após essa manobra, utiliza-se o instrumento ProTaper Shaping 1 (anel roxo) em um comprimento menor em relação ao utilizado para a exploração manual. O canal deve ser irrigado entre cada instrumento e deve acontecer recapitulação com o instrumento manual K #10. Depois emprega-se o instrumento Shaping X (anel dourado da cor do cabo) passivamente até que encontre resistência para ser retirado em seguida. Deseja-se que este atue nos terços cervical e médio (sugeriram os autores que sua parte ativa penetre integralmente no canal radicular). Concluído o pré-alargamento cervical, deve-se estabelecer o comprimento de trabalho para modelagem, por meio eletrônico ou radiográfico, utilizando-se uma lima 10K pré-curvada. Em seguida, os instrumentos ProTaper Shaping 1 (anel roxo) e 2 (anel branco) são empregados no comprimento de modelagem. Isto permite concluir a modelagem dos 2 terços coronários. Nesta fase emprega-se o ProTaper Finishing 1 (anel amarelo – ISO 020) para modelar o terço apical. Após a irrigação, deve-se empregar um instrumento manual #20 para avaliar o diâmetro do canal: caso este se encontre justo, o canal é considerado modelado e deve ser obturado. Se este instrumento estiver solto deve-se empregar o ProTaper Finishing 2 (anel vermelho – ISO 025) e nova verificação é feita agora com uma lima #25. Avança-se para o ProTaper Finishing 3 (anel azul – ISO 030) caso a lima esteja folgada ou a curvatura do canal permita. A irrigação do canal nunca deve ser negligenciada. Ainda observaram os autores que caso o dente possua raiz curta a técnica proposta pode ser simplificada empregando-se os instrumentos SX e os Finishing seguindo o critério de verificação de diâmetro acima proposto. Concluíram os autores que estes instrumentos destinam-se a modelagem de canais curvos e atresiadados, por serem

muito flexíveis e por apresentarem grande eficiência de corte. Além disso, observaram que com um número reduzido de instrumentos, pode-se obter um canal com forma cônica e uniforme.

Os instrumentos ProTaper constituem-se em uma inovação tecnológica que deve ser diferenciada dos sistemas rotatórios hoje comercializados, por apresentarem uni e multi-taper (taper=conicidade). Isto porque os instrumentos ProTaper apresentam variações na conicidade ao longo da sua parte ativa, permitindo, com isto, a criação de 2 diferentes instrumentos (ProTaper, 2002). Os dois tipos são diferenciados pelas suas funções durante a modelagem do canal radicular e apresentam múltiplos e progressivos tapers que variam de 2 a 19%. A área mais cônica destes é que estará efetivamente alargando e modelando o canal radicular nos segmentos pré-estabelecidos. O jogo é composto por 3 instrumentos ProTaper denominados “Shaping” e por 3 “Finishing”. O cabo tem a cor dourada e seu comprimento é menor (13mm) em relação aos demais sistemas. Nos cabos existem anéis coloridos dentro do sistema de cor padronizado pelo sistema ISSO que identificam o instrumento e direcionam o operador a utilizá-los na seqüência proposta pelo fabricante.

Cantatore (2003) em visita ao nosso país [...] ¹, quando ministrou curso para especialistas e work shop para instrutores da Dentsply Maillefer, mostrou que o desenho dos instrumentos ProTaper estabelece uma pequena área de contato com as paredes do canal, fato que reduz o stress torcional e fadiga cíclica a que estão

¹(informação verbal obtida no 1º Encontro Internacional de Endodontia – Dentsply Maillefer, São Paulo, 2003).

sujeitos os instrumentos rotatórios. A secção transversal cordiforme (em forma de coração) apresenta-se como um triângulo com as arestas arredondadas e as alterações na conicidade dos instrumentos ao longo da parte ativa são diferenciais em relação aos outros instrumentos, fatos que sugerem que esses instrumentos são o avanço na instrumentação rotatória dos canais radiculares. Como observação de seus trabalhos, relatou ser crítica a associação de cremes como Glyde, RC Prep, Endo PTC ao hipoclorito de sódio na instrumentação rotatória, pois a porção não ativada desses cremes poderia entupir as espiras do instrumento, impedindo a ação de expulsar a dentina excisada proposta por todos os sistemas rotatórios, podendo gerar maior entrave e aumentar assim a possibilidade de fraturas.

Estudando a influência da conicidade progressiva do sistema rotatório ProTaper no design de canais curvos humanos preparados em comparação com canais preparados com o sistema K3 de conicidade constante, Bergmans et al., (2003) utilizou tomografia computadorizada de alta resolução com Raio-X de microfoco (XMCT) e um software de computador para avaliar valores numéricos de volume, curvatura, dentina excisada e forma centrada do canal cirúrgico além da inspeção visual de aberrações do canal. Utilizaram 10 raízes mesiais de molares inferiores humanos, sendo que cada canal (mésio-vestibular e mésio-lingual) foi instrumentado por uma técnica. Todos os canais foram instrumentados pelo mesmo operador e seguindo a técnica proposta pelo fabricante. O dispositivo de aquisição e manipulação de imagens permite a obtenção de imagens que resultam na montagem tridimensional do canal radicular. Dessa forma a análise permitiu observar não haver aberrações nos canais preparados, e que o preparo resultou em

aumento de volume do canal para os dois grupos, sendo que para o ProTaper a média foi de $1,21 \pm 0,66 \text{ mm}^3$ e para o grupo K3 foi de $1,06 \pm 0,23 \text{ mm}^3$. Os dois sistemas permitiram canais cirúrgicos centrados, e sem transportes. Nas condições do estudo, os autores afirmaram que o desenho de conicidade progressiva do ProTaper resultou em menor influência na curvatura média do canal. Cuidados devem ser tomados quanto ao alargamento descentralizado produzido no terço cervical com o sistema ProTaper e novos estudos são necessários focando outros critérios como eficiência, remoção de debris, resistência a deformação e ou fratura, tempo dispendido para o preparo e custos operacionais.

Existem diversos tipos de instrumentos rotatórios de níquel-titânio, sendo ProFile, GT e Quantec os mais comumente utilizados. Entretanto, recentemente o sistema ProTaper foi introduzido no mercado e informações sobre sua eficiência com relação ao preparo de canais curvos e estudos comparativos se faziam necessários. Desta feita, Yun et al., (2003) realizaram um estudo comparativo da capacidade de preparo desses 4 tipos de instrumentos rotatórios de níquel-titânio. Para isso utilizaram 48 canais simulados de resina transparente divididos em 4 grupos de acordo com o instrumento utilizado para o preparo: ProFile, GT, Quantec e ProTaper. As velocidades recomendadas variavam de 150 a 350 rpm e 250 a 350 rpm e por isso a velocidade utilizada foi de 250 rpm com contra-ângulo redutor com motor elétrico (TCM Endo, Novvag, Goldach, Suíça). O tempo de instrumentação foi medido em segundos por um avaliador que não sabia dos grupos experimentais testados, bem como a avaliação da forma final do preparo foi feita por avaliador não informado das técnicas utilizadas, e para a avaliação foram feitas imagens pré e pós-operatórias. O sistema rotatório ProTaper apresentou tempo de instrumentação

significativamente menor que os demais grupos, e nos outros grupos não houve diferença. Além disso o grupo ProTaper causou maior aumento na largura do canal após a instrumentação, principalmente na porção interna da curvatura, sendo que nos terços cervical e médio ProTaper removeu maiores quantidades de material de todas as paredes, seguido pelo Quantec, GT e ProFile. Uma maior retificação da curvatura foi observada para ProTaper quando comparada aos demais grupos. Não houve aberrações na forma final do preparo para nenhum grupo. Assim, concluíram os autores que os instrumentos ProTaper cortam mais a parede do canal radicular e de forma mais rápida que os outros sistemas. Deve-se considerar, no entanto, que o sistema ProTaper causou maior retificação da curvatura e por isso cuidados devem ser tomados na instrumentação de canais delgados e curvos. Então, todos os instrumentos testados podem ser usados de forma eficiente sob condições controladas.

Também pesquisando sobre a capacidade das limas de níquel-titânio ProTaper em preparar canais radiculares, Calberson et al., (2004) utilizaram 40 canais simulados de resina com diferentes formas: ângulos de curvatura de 20 e 40° e posição da curvatura (porção reta antes da curvatura) de 8 e 12mm. Todos os canais simulados foram preparados com a seqüência completa do sistema ProTaper, acorde normativa do fabricante, segundo a seqüência: S1, SX, S1 (novamente), S2, F1, F2 e F3. Os canais foram encobertos com o intuito de reproduzir a sensação simplesmente tátil conseguida quando da instrumentação *in vivo*. Foram feitas imagens digitais pré e pós-operatórias, que foram sobrepostas e analisadas, além da análise dos instrumentos. Dez instrumentos sofreram deformação, sendo 9 do tipo F3 e um S1, todos em canais com curva após 8mm de

seção reta e 1 instrumento fraturou (S1). A quantidade de resina removida foi semelhante para todos os tipos de canal. As aberrações (zips, degraus, desvios, perfurações e zonas de perigo) aconteceram somente após o uso dos instrumentos F2 e F3. Os autores concluíram que nas condições do estudo, os instrumentos ProTaper produziram preparos cônicos em todos os tipos de canal. Salientam os autores que deve-se tomar cuidado ao utilizar os instrumentos F2 e F3 para evitar remoção excessiva na porção interna da curvatura, produzindo zonas de perigo.

Iqbal et al., (2004) comparando o transporte apical resultante da instrumentação com dois sistemas rotatórios de níquel-titânio: ProTaper e ProFile; utilizaram 40 raízes mesio-linguais de molares inferiores humanos extraídos divididos de forma randomizada em 2 grupos. Assim, prepararam cada grupo conforme o sistema rotatório: G1- ProTaper e G2- ProFile, segundo as orientações do fabricante. Construíram um dispositivo JIG especial para tomada radiográfica com o sistema de radiografia digital Schick, que executou radiografias pré e pós-operatórias das amostras em angulações predeterminadas. Valendo-se do programa AutoCAD 2000, o eixo central dos instrumentos inicial e final foram sobrepostos a fim de determinar a perda do comprimento de trabalho e o grau de transporte em D0, D1, D2 e D4 do comprimento de trabalho. Diferença estatisticamente significativa no transporte apical foi observada em D4 entre os dois grupos ($p < 0,05$). Não houve diferença estatística entre os grupos quanto à alteração do comprimento de trabalho após a instrumentação. A análise de correlação bivariada de Spearman indicou não haver diferença estatisticamente significativa entre o raio de curvatura e o transporte apical. Os resultados obtidos levaram os autores a concluir que ambos os sistemas ProFile e ProTaper são comparáveis quanto à capacidade de realizar um ótimo

alargamento do canal radicular com mínimo transporte ou perda do comprimento de trabalho nesse estudo *in vitro*.

Em investigação comparativa de dois sistemas rotatórios de níquel-titânio quanto à capacidade em dar o formato adequado após a instrumentação, Schafer; Vlassis (2004) utilizaram canais simulados com 28 e 35° de curvatura; que foram preparados com os sistemas ProTaper e Race, valendo-se de técnica cérvico-apical. Para isso, realizaram imagens pré e pós-operatórias que foram gravadas em computador e a avaliação foi realizada por programa de análise de imagem. O material removido foi analisado em 20 pontos, começando 1 mm do ápice. A incidência de aberrações nos canais, tempo de preparo, alterações nas medidas de trabalho e fraturas de instrumentos também foram analisados. Os dados foram analisados usando o teste U de Mann-Whitney e o teste qui-quadrado. Concluíram os autores que os canais preparados com sistema Race permaneceram melhores centrados que os preparados com sistema ProTaper, porém 3 instrumentos Race e apenas 2 ProTaper fraturaram durante os preparos. O tempo de preparo foi mais rápido para os sistema Race ($p < 0,001$) que para ProTaper e para ambos os sistemas o tempo de preparo foi mais rápido para os canais com curvatura de 28° que para os canais com curvatura de 35°. Perda do comprimento de trabalho foi observada para ambos os instrumentos numa média de 0,26mm para ProTaper e 0,16 para Race. Não houve sobre instrumentação e nem perda da medida de trabalho por deposição de debris. Não houve diferenças entre os instrumentos quanto às aberrações de preparo do canal. Concluíram que ambos os instrumentos prepararam os canais de forma rápida e segura.

2.4 Corantes

Comparando a penetração apical dos corantes azul de metileno a 5% e tintura da Índia em canais radiculares obturados, Ahlberg et al., (1995) utilizaram 125 raízes com um canal de dentes humanos extraídos. Os canais foram limpos e preparados segundo a técnica step-back utilizando farta irrigação. Foram divididos em 3 grupos que foram obturados com diferentes cimentos e condensação lateral: g1- Sealapex (40); g2- Tubli-Seal (40); e g3- ketac-Endo (20). As demais raízes serviram como controle: positivo (gota sem cimento; negativo: ápice vedado com esmalte de unha. Após sete dias de imersão em um dos corantes, foram seccionados longitudinalmente, e a área de infiltração do corante foi medida com estereoscópio Wild Leitz. Em todos os grupos, o azul de metileno penetrou mais que a tintura da Índia de forma estatisticamente significativa ($p=0,01$), com exceção dos grupos controles positivos. No controle negativo, não houve penetração do corante. Concluíram os autores que o azul de metileno, que tem peso molecular menor, penetrou mais profundamente na interface do material obturador do que a tintura da Índia, que tem partículas de tamanho maior.

Kazemi et al., (1995) determinou a correlação do grau de penetração de corantes em fendas padrão em diferentes condições de reduzida pressão. Foram feitas fendas padrão de 0,5 e 0,22 mm de diâmetro em 60 raízes humanas, e as espécimes foram divididas em 5 grupos. Quatro grupos foram submetidos ao azul de metileno aquoso a 2%: g1- pressão atmosférica normal por 7 dias; g2- 10 torr por 30 min; g3- 260 torr; g4- 510 torr; g5- álcool etílico substituiu a água na diluição do azul

de metileno e a pressão era de 510 torr. Todos os grupos apresentaram penetração do corante, sendo o menor valor observado foi em g1 em que não houve nenhuma espécime com completa penetração do corante. A análise estatística revelou que o ar preso no interior dos túbulos influenciou na penetração do corante. Mesmo a condição de pressão mínima permitiu a penetração do corante. O desvio padrão dos resultados está diretamente relacionado com a redução de pressão utilizada. O volume da cavidade utilizada não influenciou na difusão do corante em acordo com achados anteriores. Também concluíram os autores que a solução alcoólica demonstrou uma coração mais confiável das cavidades que a solução aquosa. Sugeriram os autores que uma pressão de 10 torr proveria melhor método para estudos de microinfiltração.

Avaliando *in vitro* a penetração dentinária de diversos corantes utilizados em estudos de microinfiltração, Youngson et al., (1998) compararam a eosina a 5%, azul de metileno a 2%, nitrato de prata a 50% e tintura da Índia neutralizados, quando necessário, a um pH de 6,9-7,2. Um total de 106 pré-molares humanos extraídos (entre 2 a 6 semanas) armazenados em água com partículas de timol para evitar o crescimento bacteriano. Desses dentes, selecionaram 42 que não continham fraturas de esmalte, restaurações, cáries e completa formação radicular. Tiveram o ligamento periodontal removido com curetas e foram lavados em água corrente. Foram feitas cavidades com broca diamantada e refrigeração e sofreram condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 15s e lavados em água de forma abundante. Após esse procedimento, os espécimes ficaram armazenados em água por 72h e divididos em sete grupos de quatro dentes cada: eosina 5%, eosina 5% neutralizada, azul de metileno 2%, azul de metileno 2% neutralizado, nitrato de prata

50%, nitrato de prata 50% neutralizado e tintura da Índia (Winsor e Newton). Cada grupo ainda foi dividido em dois: seccionados e lavados com água ou fraturados sem lavagem. Um grupo apresentou maior coloração da dentina coronária: azul de metileno não neutralizado e durante o seccionamento com refrigeração, o corante era lavado, aparentando menor retenção na superfície dentinária. A concentração de azul de metileno mais utilizada é 2% na literatura mundial e apesar de ser ácida, pode ser neutralizada a um pH neutro. Já a tintura da Índia não precisa ser neutralizada, pois o pH da solução vinda do fabricante é 7,37. Já a solução de nitrato de prata quando neutralizada formou cristais provavelmente relacionada a reação com o fosfato neutro, que formou fosfato de prata, que é um precipitado insolúvel. A solução que apresentou maior área de penetração dentinária foi o azul de metileno não neutralizado, e apesar de parecer que o corte com irrigação lavava o corante, os valores de penetração dos espécimes fraturados ou seccionados com refrigeração foram estatisticamente semelhantes entre si. O nitrato de prata teve penetração menor que o azul de metileno, provavelmente devido ao tamanho das partículas desse corante. A tintura da Índia penetrou menos que azul de metileno e nitrato de prata, e a eosina foi o corante que menos penetrou de todos os testados. Assim, concluíram que todos os corantes testados, na ausência de magma dentinário, penetraram em extensão de forma similar nos túbulos dentinários. Ainda observaram que a refrigeração com água durante o processo de corte longitudinal não exerce efeito significativo na difusão do corante.

Tamse et al., (1998) conduziram um estudo *in vitro* para avaliar e comparar a extensão da penetração apical de quatro corantes por dois métodos de avaliação. Para o estudo, utilizaram 120 dentes unirradiculares extraídos e preparados por

técnica *step-back* e obturados por condensação lateral com guta-percha e cimento Roth 801. As amostras foram divididas em 6 grupos: g1- eosina; g2- azul de metileno; g3- tinta negra da Índia; g4- azul brilhante de procion; e imediatamente imersos em corante por 72h utilizando vácuo por 30min e temperatura de 40° C. Os outros dois grupos g5 e g6 foram utilizados com os corantes idênticos a g3 e g4, sendo designados para técnica de limpeza com salicilato de metila. Assim, observaram que apesar das diferentes características dos diferentes corantes e dos 2 métodos de avaliação, os níveis de penetração dos corantes foram similares, sendo a combinação do azul de metileno avaliado em fatias de secções cortadas aparentou ser melhor visualizável. Os autores concluíram ainda que uma estandarização dos procedimentos experimentais de penetração de corantes é necessária, uma vez que em condições idênticas, diferentes corantes e diferentes técnicas de avaliação podem produzir resultados diferentes de infiltração.

2.5 Laser

O uso do laser em Medicina e Odontologia constitui um dos temas de maior interesse e controvérsia nos últimos anos. Uma vez que sua aplicação foi transposta à área da saúde, é necessária a definição de sua utilização e consolidação da indicação para a solução de determinados problemas com que se defronta o profissional da saúde. Hoje, já estão estabelecidas a utilidade, as diversas limitações e as contra-indicações da aplicação desse recurso, de forma a tornar mais seguro o seu uso (SILVA FILHO, 1988).

Os princípios que tornariam possível a tecnologia médica a laser foram inicialmente introduzidos em 1916 por Albert Einstein, como parte do seu trabalho em mecânica quântica (EINSTEIN, 1917.). Aproximadamente 40 anos mais tarde, Townes e Gordon foram capazes de demonstrar a aplicação prática dos lasers estimulando a emissão de radiação, através de um espectro eletromagnético (GORDON et al., 1955.) (Figura 1). Em um ano, Theodore Maiman também descreveu o fenômeno do LASER, introduzida para representar *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* o que significa Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação, criando a energia laser pela estimulação de um cristal de rubi (MAIMAN, 1960.). Laseres a gás foram introduzidos em 1961, abrindo caminho para o rápido desenvolvimento de aplicações médicas multidisciplinares (JAVAN et al., 1961).

Todos os lasers operam seguindo os mesmos princípios básicos. Algum tipo de fonte de energia, como uma lâmpada, é usado para estimular um grande número de elétrons em repouso, transformando-os em estado excitado. Se um elétron excitado absorver a energia de um fóton de luz, ele pode emitir dois fótons de energia luminosa ao meio, enquanto retorna ao seu estado de repouso. Quando estes fótons encontram outros elétrons excitados, estimulam a emissão de outros fótons similares, que caminham na mesma direção. Esta ação repetida da emissão de energia absorvida aumenta a probabilidade de ainda maior atividade. Quando o número de elétrons excitados excede o número de elétrons em repouso, diz-se inversão de população. Como esta reação em cadeia é auto-suficiente, é possível gerar um raio de luz extremamente forte, mais forte que qualquer fonte de luz natural (GRAY, 1988).

Para conseguir esta emissão de radiação estimulada, é necessário um aparelho que incorpore três elementos essenciais: um meio que forneça os elétrons necessários e que serão eventualmente estimulados, um sistema de energia para provocar o estado excitado e uma cavidade de ressonância (óptica) composta por dois espelhos paralelos, um com reflexão total e outro com reflexão parcial, entre os quais o meio laser está confinado de forma a permitir que os fótons sejam refletidos, amplificados e direcionados para fora da cavidade como um raio de luz (SIEGMAN, 1986; MILONNI; EBERLY, 1988) (Figura 2). O meio ativo do laser vem de uma variedade de substâncias, incluindo gás (ex.: CO₂, argônio), corantes, cristais sólidos aditivados (ex.: rubi, holmio) ou semicondutores (ex.: diodo). Conforme os raios laser escapam da cavidade óptica, eles são direcionados através de um mecanismo de condução, como uma fibra, lâmpada de fenda ou, braço articulado com espelhos em seu interior e com um jogo de lentes ou outros mecanismos para guiar estes raios (GRAY, 1988).

O laser tem três características únicas. Sua luz é colimada, ou seja, todos os raios caminham em uma única direção, com pouca ou nenhuma divergência, conforme vão se distanciando. Se compararmos a luz de uma lanterna com uma ponteira a laser, a diferença é clara (Figura 3). Devido a essa característica de colimação, o laser é capaz de transmitir quantidades enormes de energia até o alvo, precisamente. O laser também é monocromático, consistindo de uma única cor pura (comprimento de onda), o que o difere das luzes naturais, que são compostas por um amplo espectro de cores (GRAY, 1988). Finalmente, a luz laser é coerente, com todos os raios caminhando nas mesmas fases, espacial e temporal.

O laser pode então ser definido como uma radiação eletromagnética que se manifesta como luz monocromática, portando ondas no mesmo comprimento e nas mesmas fases ondulatórias que, por isso mesmo, somam energia (MACRUZ; CARVALHO, 1989).

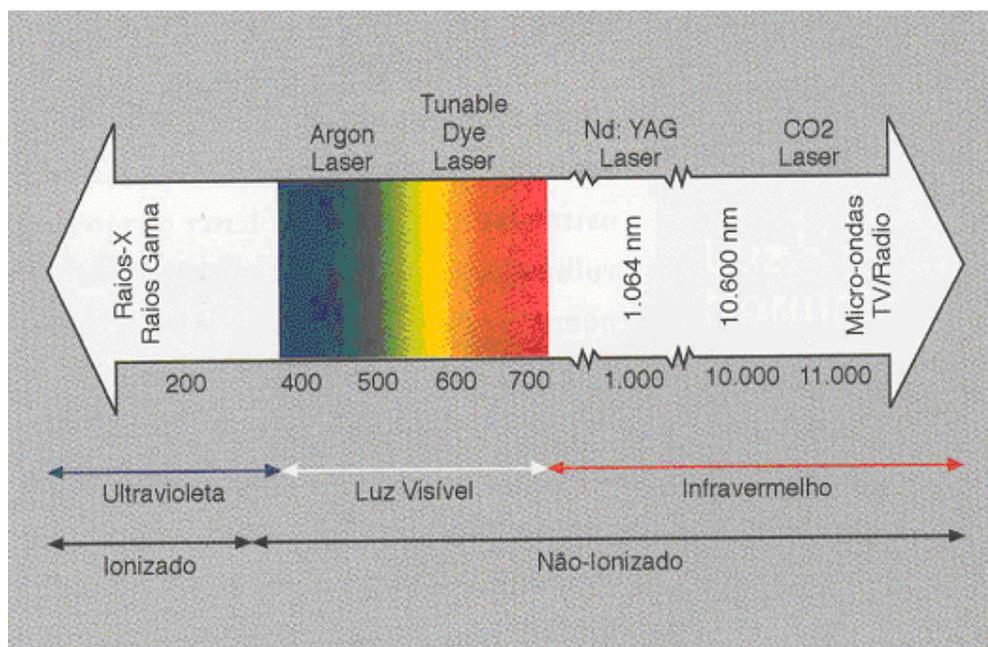


Figura 1 - Espectro de radiação eletromagnética e os comprimentos de onda mais comuns dos lasers médicos. Fonte: GRAY, 1998

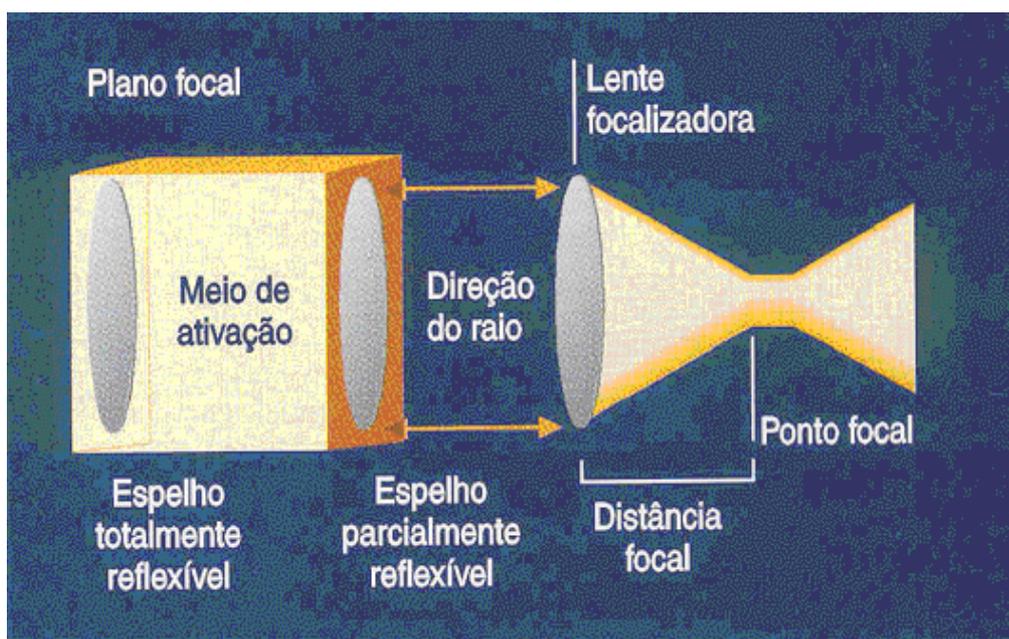


Figura 2 - Elementos básicos de um laser. Fonte: GRAY, 1998

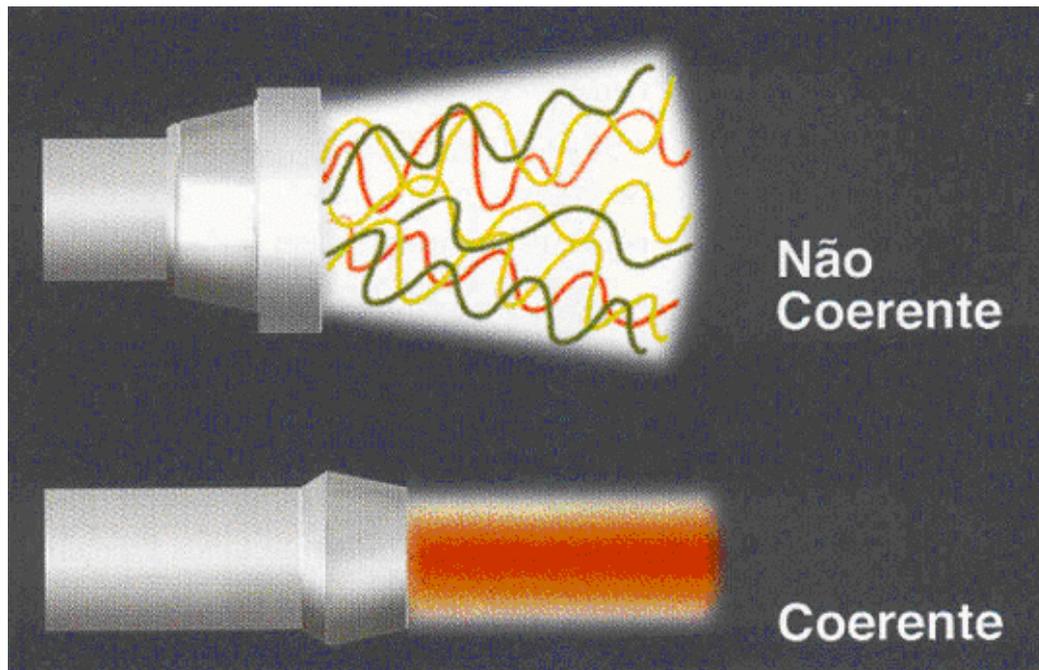


Figura 3 - Diferença entre a luz natural e a luz laser. Fonte: GRAY, 1998

2.6 Interação Laser-Tecido

A interação da radiação laser com o tecido vivo é extremamente complexa devido à quantidade de fatores que ocorrem simultaneamente (MELLO; MELLO, 2001). No atual estágio de conhecimento podemos citar os seguintes mecanismos que podem ocorrer durante uma interação: fotomecânico, fotoquímico, fotoelétrico e fototérmico.

O efeito fotoquímico ocorre quando temos a ação seletiva de um laser atuando sobre uma substância específica que tem seu pico de absorção no mesmo comprimento de onda desse laser, ou seja, a substância em questão absorve a maior parte da energia entregue pelo laser.

Como efeito fotoelétrico temos as ondas eletromagnéticas do laser com duração ultra-curta, que podem ser concentradas em regiões extremamente reduzidas, dando origem a campos elétricos intensos. Assim, podemos entender porque um pulso laser pode destruir uma estrutura molecular, provocar ionizações, rupturas de ligação e produzir radicais livres.

Os efeitos fotomecânicos foram observados desde as primeiras aplicações do laser na medicina. Com a utilização de lasers pulsados, estes efeitos devem-se à interação quase instantânea da energia do laser com o meio biológico, produzindo ondas acústicas e ondas de choque, devido à criação de um gradiente térmico que evolui rapidamente. As ondas mecânicas produzidas desta forma provocam a remoção da estrutura tecidual, formando, em alguns casos, uma cratera.

A ação fototérmica é o principal efeito das radiações laser utilizadas atualmente. Resulta da absorção pelos tecidos da energia entregue pelo laser e de sua transformação em calor. Devido às características do feixe laser, esta energia pode ser concentrada no tecido mediante lentes e espelhos em superfícies extremamente reduzidas. Neste caso podemos definir a densidade superficial de energia, isto é, a energia depositada em uma determinada região do tecido. Esta densidade de energia é medida em J/cm^2 . Dependendo do valor da densidade de energia e do tempo no qual ele ocorre (densidade de potência), pode-se ter processos de coagulação, carbonização ou vaporização do tecido.

Entretanto, nem toda energia incidente será absorvida, isto depende do espectro de absorção (Figura 4) da região de incidência (FORRER et al., 1993) que

varia de acordo com a composição de cada tecido, a pigmentação e o conteúdo de água presente (MELLO; MELLO, 2001). Em termos clínicos, esta diferença de absorção representa uma variação na penetração da radiação no tecido, sendo que, quanto maior for a absorção, menor será a penetração.

A abordagem física do processo de conversão da energia em calor envolve o conhecimento da condutividade térmica dos tecidos atingidos e a vascularização do local. Considerando a difusão térmica local, que determina a extensão da alteração dos tecidos adjacentes, é interessante que esta difusão seja a menor possível. Logo, a utilização de pulsos curtos, menores que o tempo de difusão do calor, devem ser indicada quando se trabalha com energias elevadas. A frequência de repetição dos pulsos também deve ser adaptada ao tempo de relaxação térmica. Uma taxa de repetição elevada causará a elevação de temperatura também na região periférica à região de impacto, não existindo possibilidade de resfriamento do tecido situado ao redor do alvo, por falta de tempo. A quantidade de calor devido ao segundo pulso se acumula àquela gerada pelo pulso anterior e assim sucessivamente, de forma que o resultado final acaba se assemelhando a um pulso longo. Portanto a taxa de repetição deve ser um parâmetro variável, adaptado ao tecido submetido à irradiação, visando suas possibilidades de resfriamento. Cessada a exposição, o resfriamento do tecido ocorre segundo leis exponenciais.

Os efeitos biológicos da energia laser dependem do comprimento de onda do laser, da irradiância ou densidade de potência (quantidade de potência entregue ao tecido em determinada área), da duração da radiação (tempo de exposição do tecido à luz laser) e das propriedades ópticas e térmicas do tecido envolvido.

Procedimentos cirúrgicos que envolvem coagulação ou ablação do tecido são fototérmicos (ORR; EBERHART, 1995).

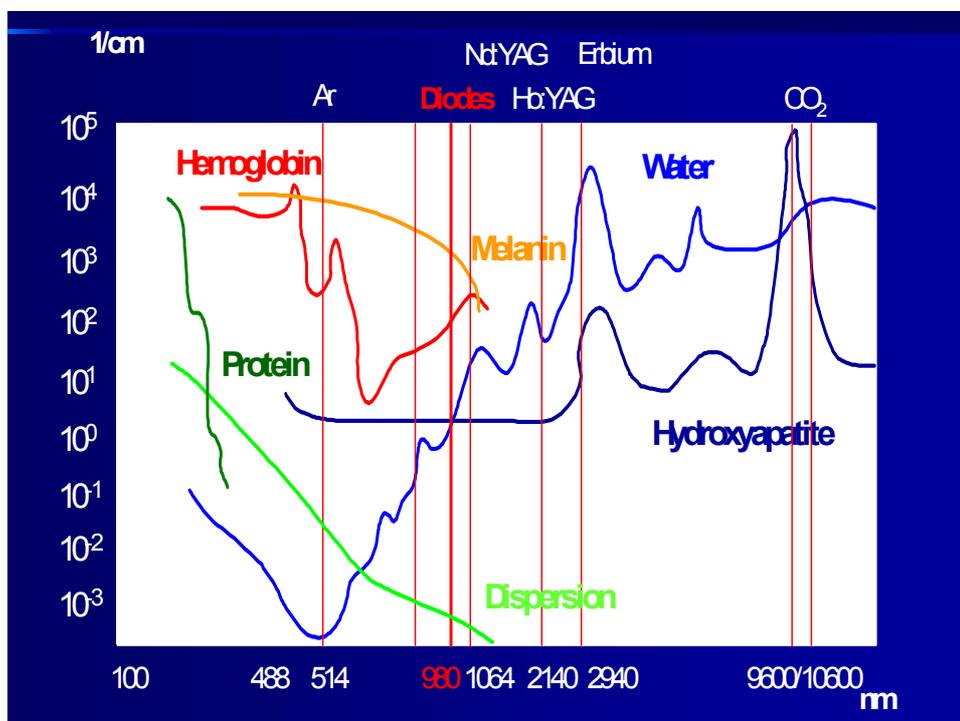


Figura 4- Coeficiente de absorção nos diversos comprimentos de onda. Fonte: GRAY, 1998.

2.7 Uso dos lasers em Medicina e Odontologia

O uso médico dos lasers começou com a invenção do laser de rubi em 1960 (KAPANY et al., 1963). A radiação laser é usada, hoje em dia, rotineiramente em cirurgias para incisar, coagular ou vaporizar tecidos (ORR; EBERHART, 1995).

Os lasers tiveram seu emprego inicial em oftalmologia, através de estudos experimentais de fotocoagulação em retina de animais (ZARET, 1961). Entretanto, somente em 1971 é que o processo se generalizou, tendo sido comercializado e amplamente difundido. Sua introdução em urologia e neurocirurgia foi praticamente simultânea (ADDUCI, 1979).

Na odontologia, a introdução dos lasers ocorreu logo em seguida. As pesquisas caminham no sentido de investigar o comprimento de onda mais indicado para os tecidos duros como osso, esmalte e dentina e os protocolos mais adequados para o bom desempenho clínico (CERRUTI, 2001).

2.8 Laser Nd:YAP

Blum et al., (1997a) compararam a eficácia do irrigante clássico hipoclorito de sódio em concentração de 5,25% com a do laser Nd:YAP em desinfetar canais radiculares contaminados. Para isso, prepararam 30 canais de dentes unirradiculares extraídos, alargando-os até o instrumento #20. Após esse procedimento, os dentes foram esterilizadas com Germispad (Spad, França) por 30 minutos e então foram inoculados com *Streptococcus mitis* (ATCC 33399). Por randomização, os dentes foram divididos em 6 grupos: G1: dentes não foram nem inoculados e nem preparados (grupo controle da esterilização); G2: inoculados sem nenhuma preparação (grupo controle positivo); G3: inoculado e preparado manualmente com instrumentos até o #30 e irrigados com hipoclorito de sódio a 5,25% como irrigante; os demais grupos foram inoculados e preparados com limas manuais até o #30 utilizando água destilada como irrigante e o canal recebeu aplicação do laser em diferentes parâmetros: G4: frequência de 5 Hz e potência de 260 mJ; G5: frequência de 10 Hz e potência de 310 mJ; G6: frequência de 30 Hz e potência de 300 mJ. Após a cultura de microrganismos, as colônias foram contadas e os resultados indicaram que o tratamento com hipoclorito de sódio a 5,25% e instrumentação manual foi eficaz em inibir o crescimento do *Streptococcus mitis* (ATCC 33399); e que o efeito bactericida com o laser Nd:YAP se deu na

dependência da frequência, sendo 30 Hz a frequência que inibiu o crescimento do microrganismo.

Contando com a ajuda de outros colaboradores, Blum et al., (1997b) avaliaram o efeito do laser Nd:YAP (5 Hz, 260 mJ, potência de pico de 1,7 KW) na limpeza do canal radicular. Para isso, utilizaram 50 raízes palatinas de molares superiores extraídos e as separaram por randomização em 5 diferentes grupos de acordo com um dos 5 tipos de técnicas de preparo propostas. Para todos os grupos, durante o preparo, hipoclorito de sódio foi utilizado como irrigante. As seguintes técnicas foram utilizadas: A - instrumentação manual (técnica seriada); B - preparo com o laser Nd:YAP; C- preparo manual com laser como coadjuvante; D- preparo manual com aparato sônico como coadjuvante (MM 3000 com alargadores); E- instrumentação manual com aparato sônico e laser como codjuvantes. As superfícies dos canais radiculares foram examinadas através de microscopia eletrônica de varredura em todos os níveis valendo-se de um método novo utilizando uma grade incorporada à tela do microscópio. As técnicas A e C diferiram entre si apenas pelo tamanho das partículas de debris, que eram menores para o preparo do grupo C (preparo manual com laser como coadjuvante). Para o preparo com o laser (grupo B) houve pequeno aumento do diâmetro do canal e grande quantidade de debris formada presente. A diferença entre os grupos A, C e D não foram significantes. O uso do aparato sônico e o laser conjuntamente como coadjuvantes da instrumentação manual (grupo E) mostraram o preparo mais limpo, com pouca ou pequena quantidade de debris, túbulos abertos e partículas de pequeno tamanho. Assim, os autores concluíram pelos resultados obtidos que o laser tem um potencial de limpeza do canal radicular.

Considerando o laser Nd:YAP como um laser odontológico de comprimento de onda de 1340 nm, e com sistema de entrega por fibra ótica de 200 a 300 μm , Farge et al., (1998), utilizaram o laser Nd:YAP num experimento *in vitro* para avaliar sua eficácia no retratamento endodôntico. Primeiramente definiram parâmetros de irradiação e medições de temperatura, e posteriormente a irradiação com o laser Nd:YAP foi utilizada isoladamente ou em associação com instrumentos manuais, no intuito de remover diversos materiais obturadores e até mesmo instrumentos fraturados. Os parâmetros clínicos foram monitorados e observações com MEV foram realizadas. Quando utilizado com potência de 200 mJ e duração de pulso de 150 ms, e tempo de exposição de 1 s e frequência de 10 Hz, o laser Nd:YAP preservou as paredes dentinárias radiculares, e facilitou o retratamento endodôntico sem causar elevação térmica danosa ao tecido periodontal. Concluíram os autores que a utilização do laser Nd:YAP associado aos instrumentos manuais é um aparato efetivo para o preparo do canal radicular nos retratamentos endodônticos.

Comparando a elevação de temperatura durante o preparo cavitário com o laser Er:YAG, Nd:YAP e caneta de alta rotação, Armengol et al., (2000) utilizaram 18 dentes seccionados longitudinalmente e divididos em 6 grupos: G1: broca carbide em alta rotação; G2: laser Er:YAG com energia de 140 mJ, taxa de repetição de 4 Hz; G3: laser Nd:YAP com energia de 240 mJ e taxa de repetição de 10 Hz. Nesses grupos não houve refrigeração com água. Já os grupos G4 a G6 foram tratados dessa mesma maneira, porém com spray de água. O aumento da temperatura foi medido em diferentes espessuras de dentina por um microtermopar inserido na parede interna da câmara pulpar. A refrigeração com água foi essencial na redução

dos efeitos da temperatura em todos os grupos. O laser Nd:YAP induziu maior aumento de temperatura do que o Er:YAG e a alta rotação de forma estatisticamente significativa, enquanto que a resposta de aumento de temperatura foi similar para o Er:YAG e a alta rotação.

Com os novos comprimentos de onda que permitem a transmissão de luz por fibras óticas, o laser agora é utilizado durante o tratamento ou retratamento endodôntico. Por essa razão, Blum et al., (2000) procuraram especificar os efeitos da irradiação do laser Nd:YAP em materiais restauradores em termos de efeitos topográficos e descrever diferentes protocolos para os primeiros passos do retratamento endodôntico com seu auxílio. O laser Nd:YAP (LOKKI[®] dt., Viena, França) utilizado possui fibra ótica e comprimento de onda de 1340 nm. Amostras dos seguintes materiais restauradores foram testadas: amálgama, resina composta, cimento temporário e cimento definitivo, liga metálica protética. A peça de mão do laser Nd:YAP foi fixada de forma perpendicular à superfície dos diferentes materiais e todos os testes foram realizados com a ponta da fibra ótica em contato com o material ou à distância de 2mm do material. Os efeitos em todos os casos foram criação de crateras no centro das áreas irradiadas, uma borda de fusão do material na borda das crateras, e trincas e fraturas à distância das áreas alvo. Para os cimentos, amálgama e resina composta, os efeitos incluíram projeção de material do centro para a borda das áreas irradiadas e/ou fotovolatização de partículas de luz. Para todos os materiais o laser induziu absorção mais profunda nas áreas quando em contato direto do que quando à distância. Isso sugere que a fibra deve estar em contato com o material restaurador para irradiar a parte reta do canal quando o objetivo é ou passar pelo material ou ao lado dele, entre o material e o dente. Caso o

clínico não possa determinar a direção da curvatura do canal, a irradiação com o laser deve ser realizada à distância para fragilizar o material e então permitir o uso mais eficiente do aparelho ultra-som. Os autores sugerem que a aplicação do laser deve ser realizada em todos os casos com monitoração por raio X. Contanto que cuidado suficiente foi tomado, o laser pode ser muito útil na remoção de materiais restauradores durante o retratamento endodôntico.

Moshonov et al., (2003) comparando a eficácia da limpeza do canal radicular com e sem a utilização do laser Nd:YAP, procurou avaliar o efeito do laser no conteúdo mineral da dentina. Isso porque um alto nível de limpeza do canal foi observado quando o laser Nd:YAG foi utilizado em contato com a parede do canal. Esse novo laser vem sendo estudado recentemente, e sugere-se ser superior ao Nd:YAG com relação ao efeito antibacteriano devido ao seu comprimento de onda de 1340 nm, infra-vermelho. Esse comprimento de onda é melhor absorvido pela água do que o Nd:YAG (1064 nm). Assim, os autores utilizaram 14 premolares unirradiculares divididos em 2 grupos: G1: canais limpos, instrumentados com limas K; G2: preparo inicial com limas K e completados com laser Nd:YAP. Assim preparados, os dentes foram seccionados no sentido longitudinal e submetidos à MEV. A limpeza promovida nos canais tratados com o laser foi significativamente maior do que os dentes tratados com limas K. Também observaram os autores que não detectaram diferença no conteúdo de cálcio ou fosfato quando o uso de limas K foi comparado ao uso do laser. Assim, concluíram que o laser Nd:YAP aumentou a limpeza do canal radicular, entretanto, uma vez que o laser Nd:YAP serve como complemento à instrumentação com limas K, seu valor clínico em substituir a instrumentação convencional do canal radicular ainda será determinada.

Santos et al., (2004) observaram por meio de MEV, o efeito do laser de Nd:YAP na permeabilidade dentinária de 36 canais radiculares de caninos humanos extraídos divididos em 4 grupos: G1- esvaziamento (controle negativo); G2- PQC acorde técnica proposta por Paiva e Antoniazzi e irrigação final com EDTA-T (controle positivo); G3- preparo idêntico ao G2 e aplicação do laser de Nd:YAP no parâmetro mínimo para Endodontia (180 mJ, 0,9 W, 5 Hz); G4- preparo idêntico ao G2 e aplicação do laser de Nd:YAP no parâmetro máximo para Endodontia (360 mJ, 0,9 W, 5 Hz). Após a irradiação de G3 e G4, os dentes foram seccionados no sentido longitudinal e submetidos à análise por MEV, obtendo imagens dos terços cervical, médio e apical. Dessas imagens foram contados os túbulos dentinários abertos com ajuda do programa PaintBrush (Microsoft). Assim, os autores encontraram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,005$) quanto ao número de túbulos dentinários abertos entre G1 (controle negativo) e G2 (controle positivo). Também obtiveram diferenças estatisticamente significante entre G2 e G3, G2 e G4 quanto ao número de túbulos abertos. Observaram os autores que G4 tinha menor quantidade de túbulos dentinários abertos que G3, porém essa diferença não foi estatisticamente significante. Concluíram que o laser Nd:YAP reduziu a permeabilidade dentinária nos parâmetros e metodologia testada.

3. OBJETIVO

3 Objetivo Geral

O objetivo desse estudo foi avaliar *in vitro* os efeitos da irradiação do laser de Nd:YAP na permeabilidade dentinária.

Objetivos específicos

Verificar:

- Qual o melhor parâmetro de irradiação sobre o selamento dentinário entre as duas doses testadas;
- Qual terço é menos permeável pós-irradiação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4 Material e Métodos

4.1 Aspectos éticos

A metodologia empregada neste estudo foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Paraíba – UniVap, sob protocolo no. L012/2005/ CEP (anexo A).

4.2 Seleção dos espécimes

Foram selecionados 24 pré-molares superiores humanos, com extração indicada por motivo ortodôntico ou problema periodontal, adquiridos na Clínica Odontológica do Curso de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde (FCS) da Universidade do Vale do Paraíba (Univap) e em consultórios odontológicos particulares.

O paciente doador do elemento dental recebeu informações sobre o atual estudo, assinando um termo de consentimento livre e esclarecido (anexo B).

Os espécimes foram selecionados quando possuíam as seguintes características: coroa hígida ou com restaurações de pequena monta, birradiculares e ausência de procedimentos endodônticos. Foram armazenados seguindo o protocolo de manipulação de dentes do Centro de Esterilização da FCS - Univap (anexo C).

4.3 Tratamento e Armazenamento

Após a coleta, os dentes foram lavados e escovados, sendo removidos quaisquer indultos ou cálculos periodontais por aplicação de ultra-som Jet Sonic 4 (Gnatus) e complementação com curetas periodontais.

Feita a limpeza, os espécimes foram colocados em recipiente contendo timol a 2% em álcool, separados por células numeradas para identificação de cada espécime.

4.4 Divisão dos Espécimes

Os espécimes foram divididos por randomização em três grupos experimentais compostos por oito dentes, sendo consideradas as raízes vestibulares e palatinas dos dentes (n=16) para a realização do experimento, conforme o quadro 1:

Quadro 1- Divisão dos grupos experimentais: tratamento empregado e tipo de preenchimento no conduto

| GRUPOS | Parâmetros de irradiação (LASER Nd:YAP) | Canal preenchido |
|---------------|--|-------------------------|
| grupo I | - | - |
| grupo II | 5Hz; 1,8W; 360mJ | Água destilada |
| grupo III | 30Hz; 10W; 330mJ | Água destilada |

Frequência = Hz; Potência = W; Energia = mJ

4.5 Número de usos dos instrumentos

Tanto as limas manuais utilizadas na fase de esvaziamento, quanto os instrumentos rotatórios ProTaper foram utilizadas por, no máximo quatro vezes (usos), divididas uniformemente entre os grupos experimentais, de tal forma que a redução da capacidade de corte devido ao número de usos, não influenciasse no resultado da pesquisa.

4.6 Preparo dos espécimes

As coroas foram cortadas no limite amelo-cementário, considerando a face vestibular como referência, com disco de carborundum montado em peça reta (figura 5).



Figura 5 – Corte da coroa com disco de carborundum.

Para a fase de esvaziamento e preparo dos canais radiculares, os espécimes foram fixados em dispositivo composto por morsa e tábua de madeira, para maior precisão do operador.

Assim, os canais foram esvaziados de seu eventual conteúdo com limas tipo Kerr (tipo K) #08 e 10 de 21 mm, irrigados com 10 ml de solução de Milton (hipoclorito de sódio a 1%) por canal.

A odontometria (medida do comprimento do dente) foi realizada introduzindo-se a lima K nº10 até ultrapassar visualmente o forame, quando então recuou-se até a ponta do instrumento coincidir com a abertura foraminal, e dessa medida retirou-se 1 mm para estabelecer o comprimento real de trabalho (CRT), que foi mantido por todo o preparo (figura 6). Esses valores de medida de trabalho foram tabulados (tabela 1,2 e 3).



Figura 6 – Ultrapassagem visual da lima pelo forame para a odontometria.

Após cada etapa laboratorial, os espécimes foram devolvidos ao recipiente dividido em células numeradas, preenchido com timol a 2% e mantidos à temperatura ambiente.

4.7 Preparo Químico-Cirúrgico (PQC)

A fase do preparo do canal radicular foi realizada nas dependências do Laboratório Multidisciplinar Dr. José Pedro dos Santos, na Clínica OdontoSales.

Para a realização do preparo endodôntico, os espécimes foram fixados à morsa, que evita movimentações e facilita a instrumentação.

Os canais foram submetidos ao preparo com instrumentos rotatórios de níquel-titânio ProTaper (Dentsply Maillefer) composto por seis instrumentos, sendo três instrumentos *Shaping* para preparo do terço cervical e médio e três instrumentos *Finishing* para alargamento apical (FARUNIUK et al., 2002) (Figura 7 e 8).



Figura 7 – Caixa de instrumentos rotatórios ProTaper.

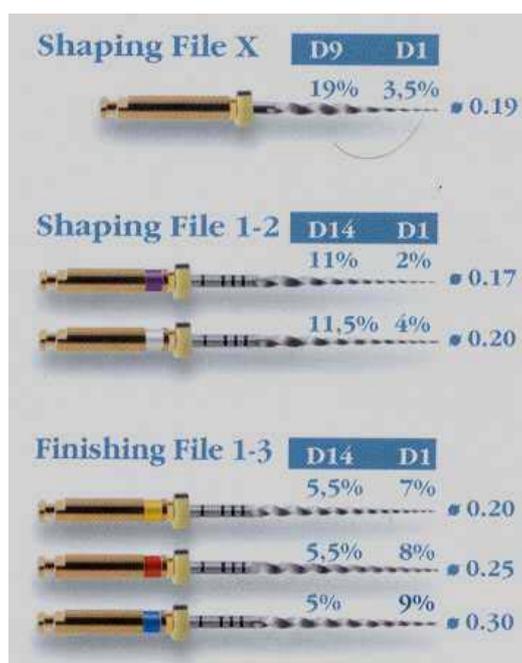


Figura 8– Sequência de uso dos instrumentos ProTaper.

O preparo foi realizado segundo a proposta *crown-down* estabelecida pelo fabricante, que consiste em ampliar por terços o canal radicular no sentido coroa-ápice causando um efeito “funil”. O movimento realizado para a instrumentação é chamado *Brushing* que consiste em movimentos de penetração com ligeira pressão apical e retirada com pressão contra todas as paredes do canal, sempre penetrando o canal com o instrumento em rotação, não permanecendo na mesma posição em nenhum momento (PROTAPER, 2002).

Para a instrumentação rotatória é necessário o uso de um motor elétrico com características tais como: redução de torque, controle de velocidade, reverso automático, parada no limite de torque. Dessa forma, o motor utilizado foi o Endo Plus Driller® com contra-ângulo redutor 16:1 da NSK® (figura 9).



Figura 9 – Motor endodôntico para instrumentação rotatória.

Para o preparo de todos os espécimes o motor foi utilizado em velocidade constante de 300 rpm e 3 N/cm².

Como substância química auxiliar do preparo, foi utilizada a solução de Milton. Na troca de instrumentos, o canal foi irrigado com 10ml dessa solução. Após

o último instrumento, os canais sofreram irrigação final com 10 ml de EDTA-T em seringa plástica. Feita a irrigação e aspiração final os canais foram novamente lavados com 10ml de solução de Milton. Após o PQC, os espécimes retornaram ao recipiente com timol a 2% em álcool por 24 horas.

4.8 Formato do canal cirúrgico

Uma vez realizado o preparo, e dada a precisão da instrumentação rotatória, forma-se um tronco de cone chamado de canal cirúrgico, com sua extremidade cervical mais ampla e a extremidade apical mais afunilada (figura 10)



Figura 10– Esquema mostrando o formato final do preparo (canal cirúrgico)

Conhecendo os diâmetros de cada milímetro dos seis instrumentos rotatórios utilizados no preparo (quadro 2), pode-se estimar o diâmetro de cada milímetro desse tronco de cone (quadro 3).

Essas medidas foram imprescindíveis para quantificar a Energia Total recebida por cada milímetro do canal cirúrgico.

4.9 Vedamento apical

Os espécimes receberam vedamento apical para se manterem preenchidos com água destilada no momento da aplicação do laser.

Para isso, foi aplicada pequena porção de cera utilidade sobre o ápice do dente, para então realizar-se condicionamento ácido das paredes de cimento dos 2 mm mais apicais da raiz, com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, seguido de lavagem abundante com água corrente pelo mesmo período de tempo.

Desta feita, foi aplicada sobre a área condicionada, primeira camada de adesivo dentinário BOND 2 em 1 (Dentsply®), que recebeu breve jato de ar e então polimerização por aparelho fotopolimerizador Kondortech durante 10 segundos.

Nova camada de adesivo foi aplicada, repetindo-se o jato de ar e o tempo de polimerização.

Já preparados para a restauração, os ápices dos espécimes receberam pequena camada de resina composta TPH (Dentsply®), a fim de vedar o forame apical, impedindo a saída da solução que preencheu o canal no momento da aplicação do laser de Nd:YAP.

Essa camada de resina foi polimerizada por 30 segundos (figura 11) e a união desta ao dente foi checada por meio de exploração com sonda angulada.



Figura 11 – Camada de resina composta vedando o forame apical das raízes.

Assim preparados os ápices dos espécimes, estes permaneceram secos por 30 minutos, quando então retornaram para o recipiente contendo timol a 2%.

4.10 Laser de Nd:YAP

Para o estudo, foi utilizado o laser Nd:YAP (ítrio, alumínio e perovsquita), de comprimento de onda de 1.340 nm (LOKKI[®], França, figura 12), pulsado, com sistema de entrega por fibra óptica de sílica, flexível de 240 ou 320 µm de diâmetro de casca (figura 13).



Figura 12 – Aparelho laser Nd:YAP (LOKKI[®], França).



Figura 13 – Fibra óptica de sílica.

A potência média do aparelho é 20 W, sendo a potência de pico 4 kW. A duração de pulso é de 200 μ s e a taxa de repetição pode variar em 5, 10 e 30 Hz.

Há um laser guia, com espectro no vermelho e comprimento de onda 635 nm e 3 mW.

Esse laser foi especialmente desenvolvido para aplicações odontológicas, e seu uso permite vaporização, coagulação e corte. Por isso seu painel apresenta três opções de aplicação: Endodontia, Dentística e Periodontia.

Para Endodontia, os parâmetros máximo, médio e mínimo de calibração no mostrador digital são:

- Máximo: 360 mJ; 5 Hz; 1,8 W;
- Médio: 280 mJ; 5 Hz; 1,4 W;
- Mínimo: 200 mJ; 5 Hz; 0,9 W.

Para Periodontia, os parâmetros máximo, médio e mínimo de calibração do mostrador digital são:

- Máximo: 330 mJ, 30 Hz, 10 W;

- Médio: 250 mJ, 30 Hz, 7,5 W;
- Mínimo: 160 mJ, 30 Hz, 5 W.

No experimento foram utilizados os parâmetros máximo para Endodontia (360 mJ; 5 Hz; 1,8 W – figura 14) e máximo para Periodontia (330 mJ, 30 Hz, 10 W - figura 15).



Figura 14 - Parâmetro máximo para Endodontia



Figura 15 – Parâmetro máximo de Periodontia.

4.11 Aplicação do laser

Para irradiação nos canais, foi utilizada fibra óptica de sílica de 240 μm .

Essa fibra óptica foi calibrada respeitando a medida do CRT de cada espécime, para isso acoplado a ela limitadores de silicone.

A aplicação ocorreu de apical para cervical, pontual, recuando-se milímetro a milímetro. No momento da aplicação a fibra permaneceu parada na posição.

Para conferir os recuos milimétricos, foi utilizada a régua Mini Endo-Block (Dentsply Maillefer®) (figura 16).

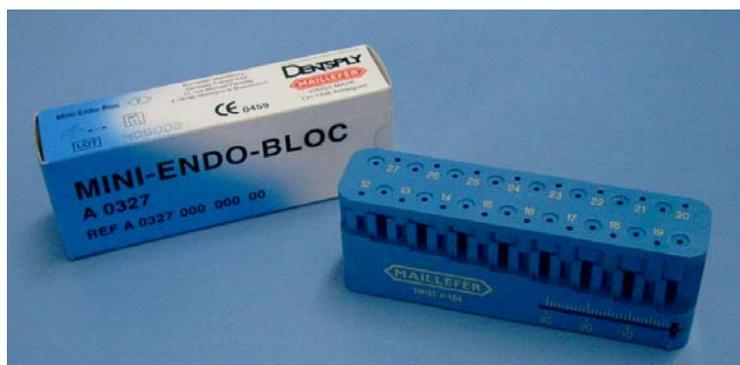


Figura 16 – Régua Mini Endo-Block para aferição de medidas.

Foram realizadas duas seqüências de aplicação por canal, que estava preenchido com água destilada quando da irradiação.

Após a irradiação, os espécimes foram novamente armazenados em timol a 2% por 24 horas, até o momento da infiltração do corante.

4.12 Distribuição de Energia ao longo do canal

Considerando a forma de aplicação do laser de Nd:YAP no experimento, pode-se supor que a cada milímetro de recuo, a energia laser depositada também

era recebida nos milímetros apicais a esse, dessa forma, existe uma somatória de energias que deve ser realizada a fim de quantificar o total de energia recebido por cada milímetro do canal cirúrgico, levando-se em conta que a irradiação laser foi efetuada com recuos milimétricos.

Assim, foi proposto um modelo experimental, para simular essa hipótese:

No laboratório de Biomodulação tecidual, em mesa de óptica foi montado o experimento como segue.

Para facilidade de implementação da metodologia, o experimento foi realizado com o laser HeNe, operando em 632,8 nm. É importante enfatizar que tanto a absorção (cm^{-1}), quanto a reflexão são similares para a hidroxiapatita no comprimento de onda 1340 nm (Nd:YAP) (Figura 17), o que mantém válido o modelo utilizado.

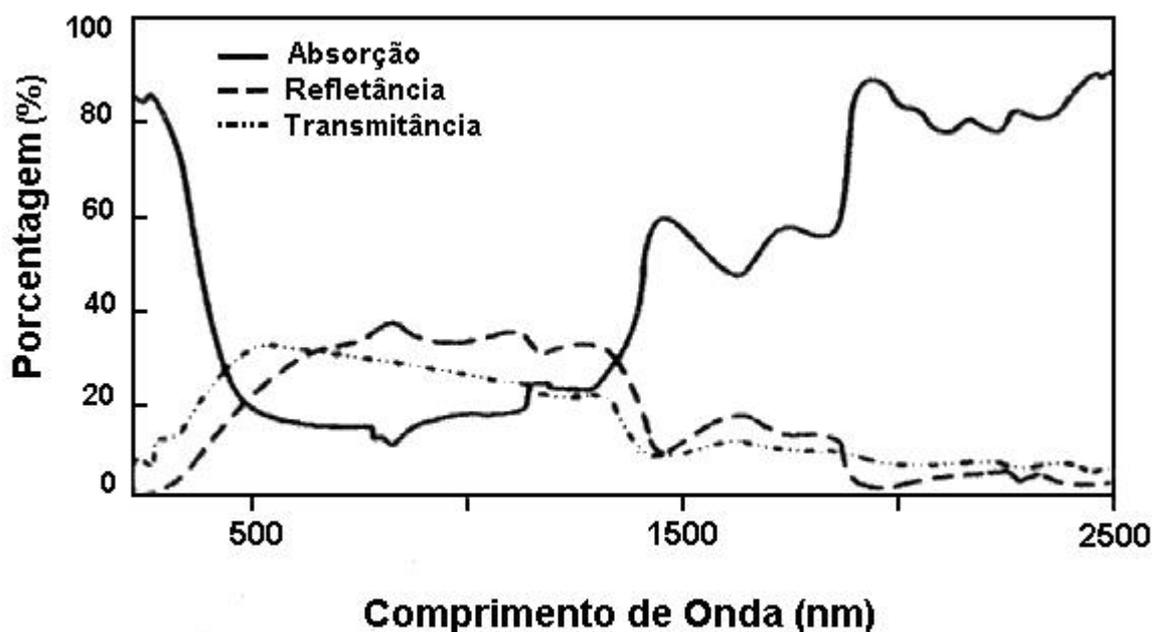


Figura 17 - Espectro de absorção, reflectância e transmitância para dentina

Fonte: MISERENDINO et al., (1987)

O feixe de um laser de baixa potência, HeNe (comprimento de onda 632,8 nm) foi acoplado a uma fibra óptica com diâmetro de casca de 240 μm .

Para isso, utilizou-se uma lente biconvexa com distância focal de 50 mm, suporte para lente, e suporte para a fibra com eixo x-y-z. Uma vez alinhada a fibra ao feixe de luz laser (figura 18), foi mensurado a potência de saída na outra extremidade da fibra óptica com um medidor de potência (MELLES GRIOT®, 13PE001) calibrado para medidas em mW.

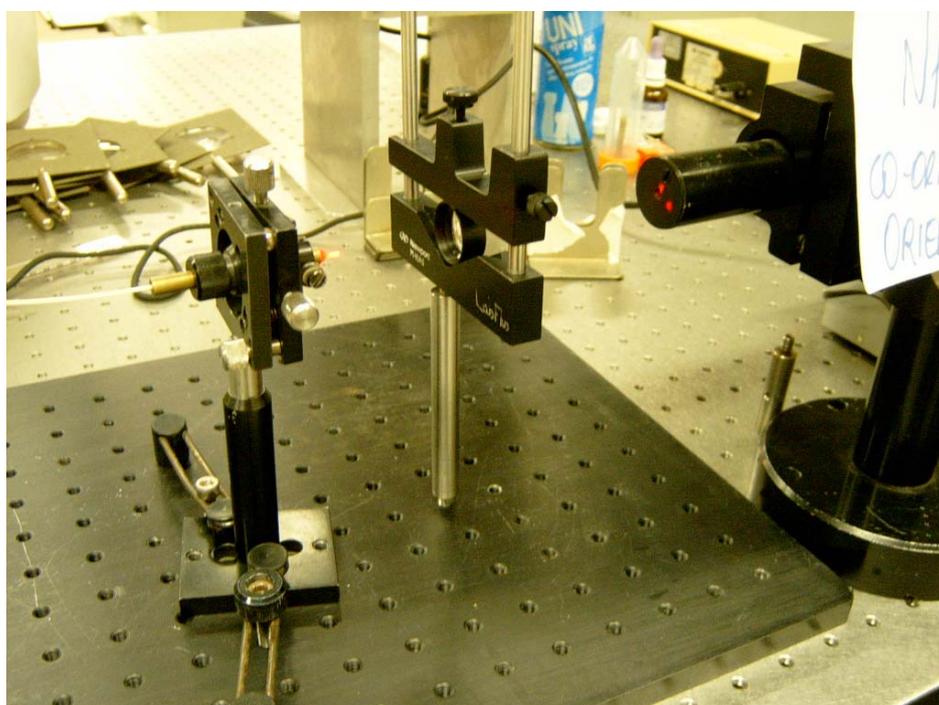


Figura 18 – Alinhamento do feixe laser e fibra óptica.

Uma vez alinhado e conferida a calibração do sistema, montou-se um dispositivo numa plataforma móvel com eixo de medida regulável, onde acoplou-se à uma base, a fibra óptica.

Em um outro braço fixo, montou-se um espécime com mesmas características dos utilizados no experimento principal. Esse dispositivo mantinha-se fixo durante toda a medição.

Desse espécime, foi cortado o milímetro final de uma das raízes, e uma das raízes foi descartada.

Assim preparado e fixo no dispositivo, a fibra foi inserida até o limite final do espécime. O espécime então teve o medidor de potência encostado à sua porção apical para efetuar as medições.



Figura 19 – Montagem do experimento.

Para estabilizar o sistema, o laser foi mantido ligado por três horas, quando então, já montado todo o “*set up*” descrito (Figura 19), foram feitas trinta aferições para obter a potência média do laser, a fim de eliminar a variação da luz (tabela 4).

Nesse momento, iniciou-se as medições da potência recebida no milímetro onde o laser foi aplicado, e ainda, a energia recebida quando o laser era aplicado nos milímetros mais cervicais a esse, com os recuos, como proposto no item 4.11.

Para movimentar a fibra no interior do canal, recuava-se a plataforma recuando no eixo 1 mm a cada nova mensuração, até a fibra sair do canal radicular.

Feita a medida da energia depositada nesse milímetro com os recuos até a entrada cervical do canal radicular, deu-se por encerrada essa primeira fase do experimento.

Agora, lembrando que o formato do canal cirúrgico é um tronco de cone, e seu diâmetro aumentava milímetro a milímetro, foi realizado um corte de 1 mm com disco diamantado montado em peça reta por mandril, acoplado a um motor elétrico, para mensurar a energia depositada no milímetro imediatamente acima desse.

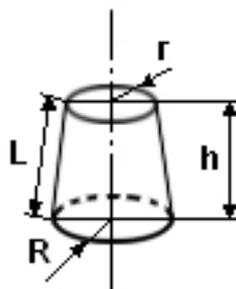
O canal radicular era limpo com cone de papel de diâmetro #30 e conicidade .06. Já a fibra óptica era limpa das sujidades resultantes do corte com algodão embebido em álcool 92%.

Todo o processo foi repetido então para essa nova condição, mensurando a energia recebida nesse segundo milímetro, na aplicação direta sobre ele, e nas aplicações nos milímetros mais cervicais, quando energia “residual” era depositada sobre ele.

Assim, os valores encontrados foram tabulados, sendo realizadas as medições completas em uma raiz. (tabelas 5).

Com esses valores de potência, e conhecendo-se a equação de área lateral do tronco de cone:

$$S_L = \pi(R+r)\sqrt{h^2 + (R-r)^2}$$



E levando-se em conta a fórmula de densidade de potência:

$$D_E = \frac{P \times t}{A}$$

Cabe salientar que o tempo do trem de pulsos é de três segundos aproximadamente para o parâmetro GII (360 mJ, 5 Hz, 1,8 W) e para o parâmetro GIII (330 mJ, 30 Hz, 10 W) de cinco segundos. Pode-se afirmar que em cada milímetro onde o laser foi aplicado, existe ainda uma energia residual depositada pelas irradiações feitas em milímetros cervicais a ele, resultando em uma somatória de densidades de potência, como segue:

$$D_{E \text{ total}} = D_{E 1} + D_{E 2} + D_{E 3} + D_{E 4} + D_{E 5} + D_{E 6} + \dots$$

A densidade de energia total em cada milímetro foi a medida das densidades deslocando-se a fibra óptica ao longo do eixo longitudinal do canal (tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11), fazendo uma equivalência entre a potência no detetor do laser HeNe e a potência do laser Nd:YAP utilizado no experimento, e utilizando as fórmulas acima, encontramos a densidade de energia depositada pelo laser Nd:YAP nas paredes do canal radicular, milímetro a milímetro.

Outros fatores como meio em que ocorreu a irradiação (no experimento o canal estava preenchido com água), tipo do laser (HeNe é um laser no espectro do vermelho e o Nd:YAP é um laser infra-vermelho), foram descartados, a fim de simplificar o cálculo de aproximação da energia total depositada nas paredes dentinárias irradiadas com o laser Nd:YAP por milímetro do canal radicular (tabelas 12, 13 e 14).

4.13 Infiltração do corante

Após a aplicação do laser, os espécimes foram retirados do recipiente contendo timol a 2% e tiveram seus canais irrigados com 10 ml de água destilada.

Feito esse procedimento, os canais foram secos com cânula de aspiração e agulhas de aspiração de calibres grosso, médio e fino utilizados nessa ordem (figura 20).

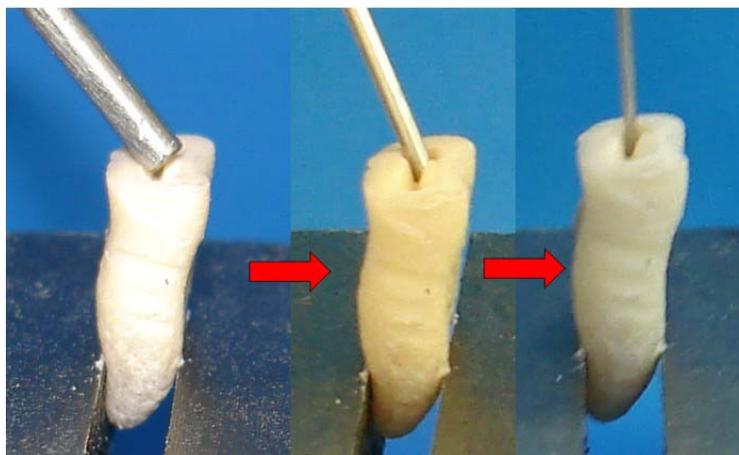


Figura 20 – Sequência de secagem do canal com cânula e agulhas de calibre grosso, médio e fino.

Ainda foram secos com cones de papel de conicidade .06 número 30, compatíveis com o diâmetro obtido com o último instrumento da instrumentação com sistema ProTaper (figura 21).



Figura 21 – Cone de papel #30, conicidade. 06 em posição no canal.

Uma vez que a porção apical encontrava-se vedada, os espécimes foram posicionados em lâmina de cera de tal forma que se mantiveram com seu longo eixo no sentido vertical, permitindo que uma vez aplicado o corante, não fosse necessário o vedamento da porção cervical das raízes.

Assim, de posse de solução de azul de metileno a 2% acondicionada em tubete anestésico, montou-se seringa Carpule e agulha gengival curta descartável para o preenchimento dos canais com o corante.

A agulha foi calibrada no limite do CRT de cada espécime pelo uso de limitadores de silicone, e levada até essa medida. Nesse ponto, iniciou-se o gotejamento da solução corante e recuou-se com a agulha até que o corante preenchesse todo o canal, fato evidenciado pela sua presença na entrada do canal (figura 22).

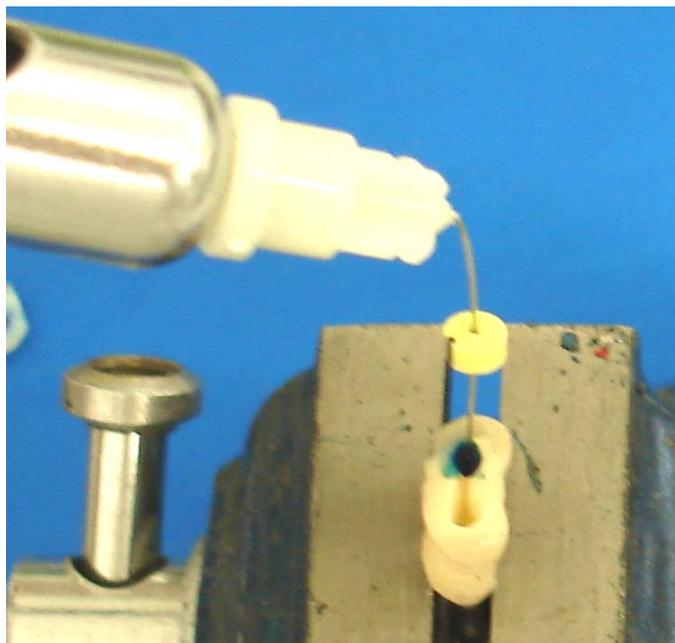


Figura 22 – preenchimento do canal com o corante azul de metileno.

Assim preenchidos com o azul de metileno, os espécimes permaneceram com a solução corante por um período de uma hora.

Findo esse prazo, foram lavados com 10 ml de água destilada utilizando seringa plástica de 10 ml e depois em água corrente por 10 minutos para remoção do corante em dispositivo apropriado.

4.14 Separação das raízes

Após a infiltração do corante os espécimes tiveram suas raízes vestibulares e palatinas separadas com disco diamantado acoplado em peça reta em motor elétrico de baixa rotação (figura 23).



Figura 23 – Separação das raízes vestibular e palatina com disco diamantado.

Esse procedimento foi realizado a fim de permitir melhor divisão dos terços, considerando que a raiz vestibular nem sempre apresentava o mesmo comprimento da raiz palatina do mesmo dente.

4.15 Corte dos espécimes

Os espécimes foram cortados no sentido transversal utilizando motor elétrico de baixa rotação, e peça reta com disco diamantado.

Os espécimes foram fixados, e descartamos os dois primeiros milímetros cervicais e um milímetro apical (figura 24).



Figura 24 – Espécime mostrando o descarte de 1mm apical e 2mm cervicais.

Esse descarte apical foi padronizado para todos os espécimes devido ao selamento apical realizado; enquanto o descarte cervical visava eliminar maior porção cervical das raízes antes da bifurcação.

Então da parte restante obteve-se três secções de igual tamanho caracterizando os terços cervical, médio e apical dos espécimes (figura 25).



Figura 25 – Espécime cortado em terços: cervical, médio e apical (da direita para a esquerda).SETAS: notar nos extremos, as porções descartadas.

Em seguida ao corte, os espécimes foram colocados num aparelho de ultrassom por cinco minutos, para remoção dos resíduos superficiais gerados durante a secção das raízes.

4.16 Aquisição das imagens

Os terços cervical, médio e apical de cada espécime foram posicionados em estereoscópio, utilizando objetiva de 30 aumentos, sendo obtidas as imagens tanto pela face cervical, quanto pela face apical. Assim, de cada terço obteve-se duas imagens digitalizadas. Para isso, utilizou-se o programa Leica Q-Win[®] (figura 26).

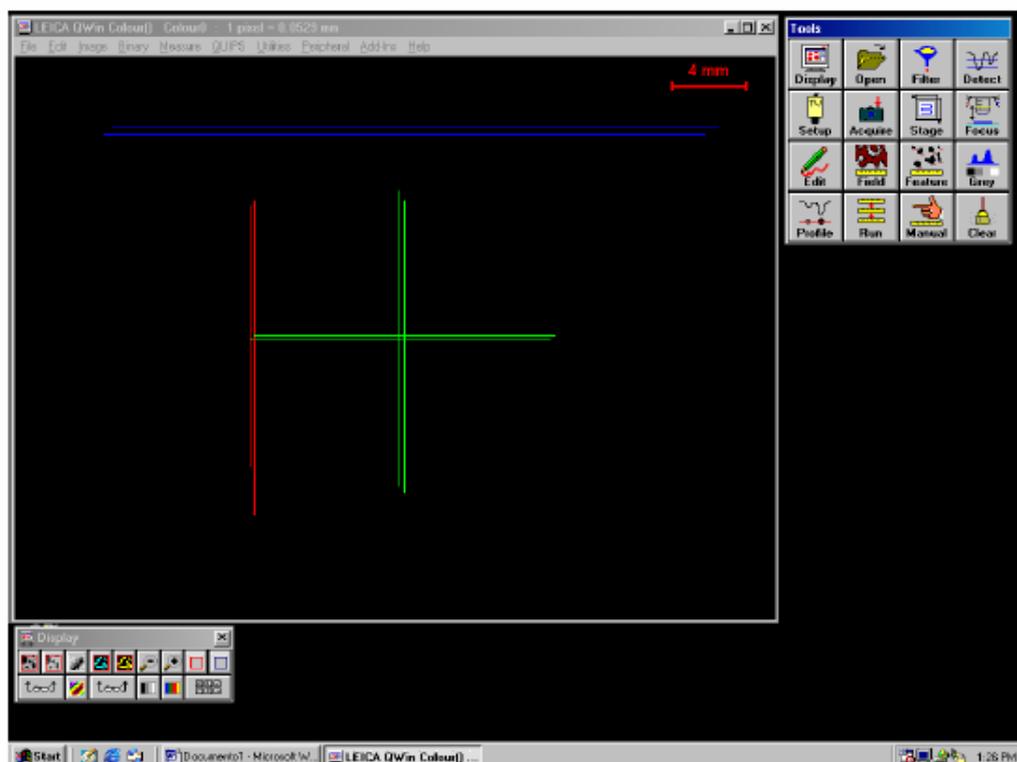


Figura 26 – Tela do programa Leica Q-Win®.

Cada grupo experimental apresentava oito dentes, e, portanto dezesseis raízes. Destas, obteve-se duas imagens de cada um de seus terços, totalizando para cada grupo experimental um total de 96 imagens (32 de cada terço).

4.17 Análise da infiltração de corante

De posse das imagens digitais, e valendo-se do programa Corel Photo Paint 12® delimitou-se a área da dentina total (figura 27), sem a área do canal instrumentado e a área de dentina corada (figura 28) de cada face de cada terço.

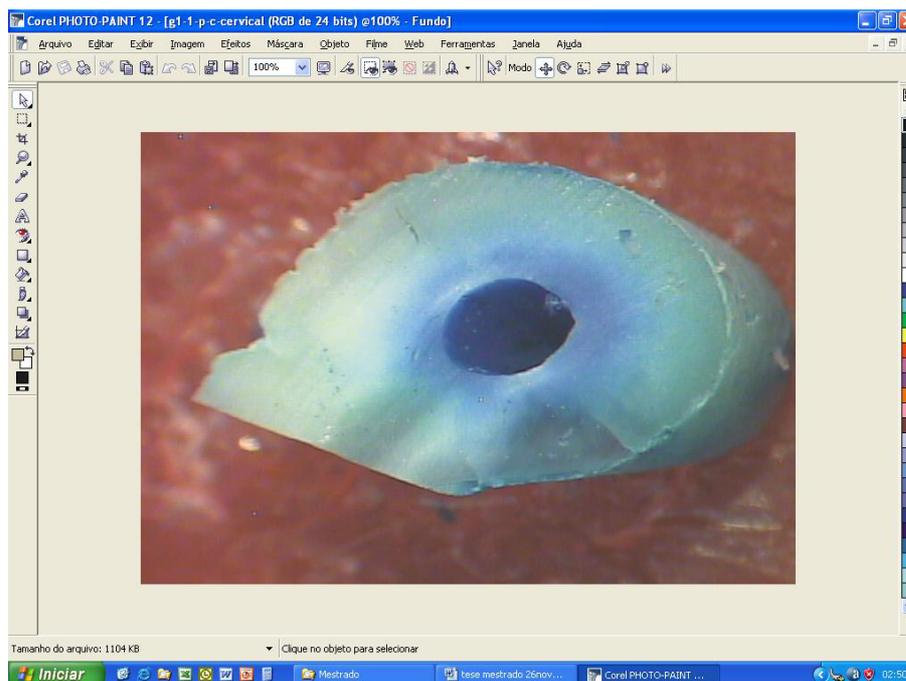


Figura 27 – Tela do programa Corel Photo Paint 12®.

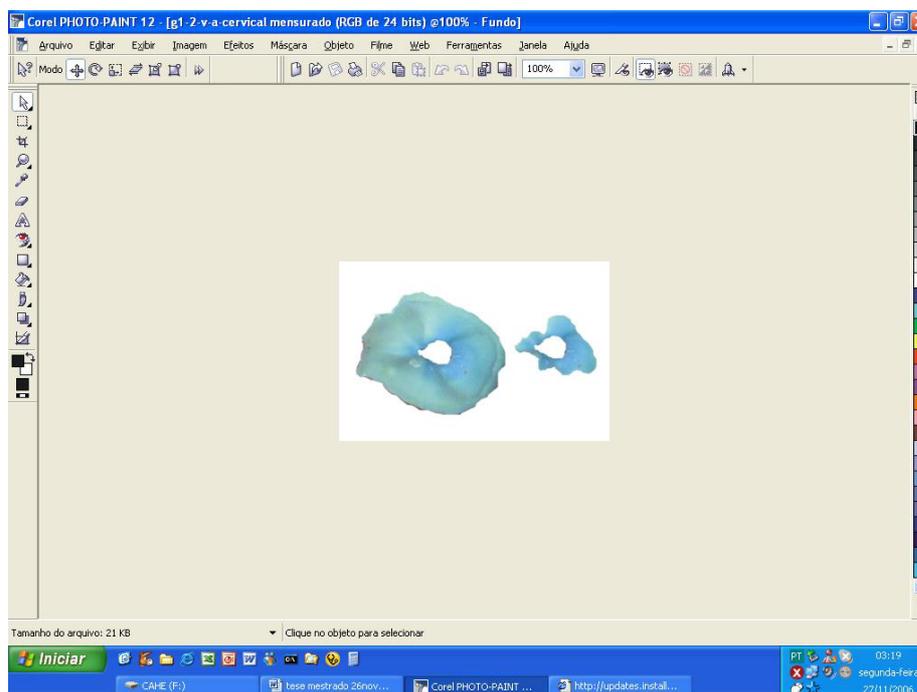


Figura 28 – Exemplo de imagem da área da dentina total e área de dentina corada.

Obteve-se então a porcentagem de infiltração do corante, entre a área total de dentina e a área corada (figuras 29 a 37).



Figura 29 – Imagem do terço apical de espécime do grupo I

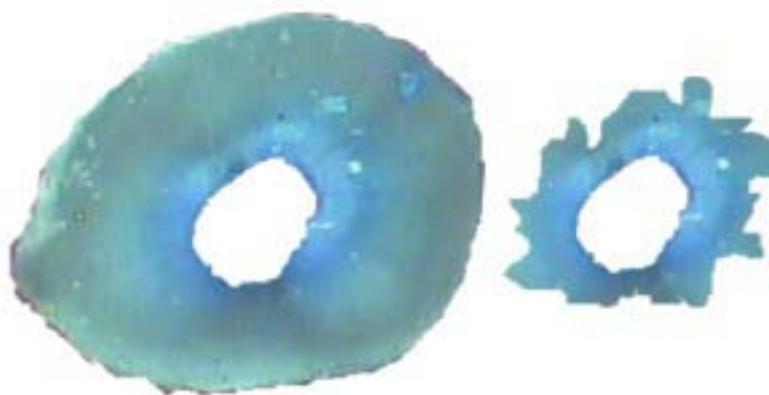


Figura 30 – Imagem do terço médio de espécime do grupo I

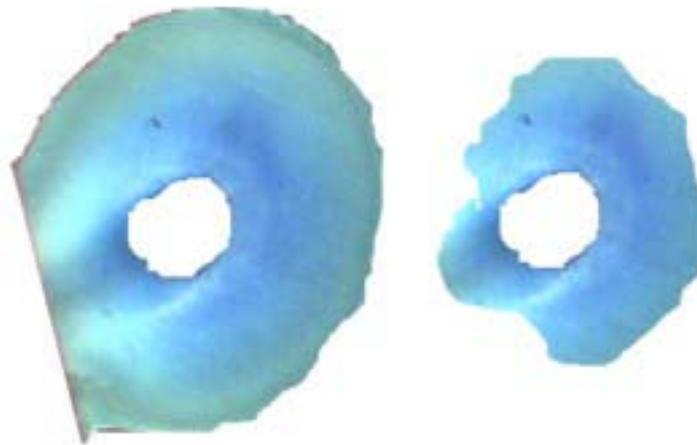


Figura 31 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo I

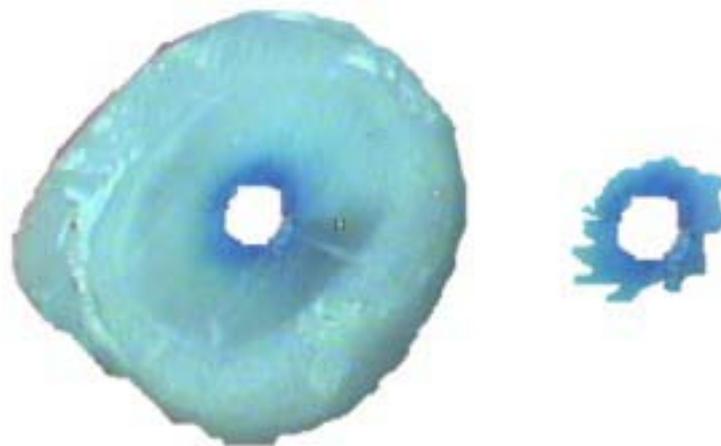


Figura 32 – Imagem do terço apical de espécime do grupo II

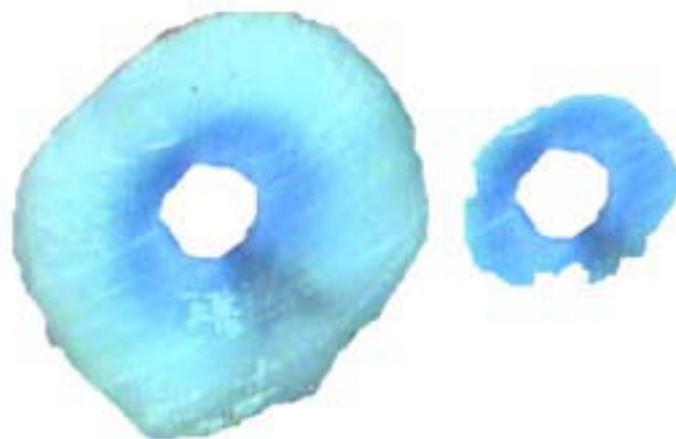


Figura 33 – Imagem do terço médio de espécime do grupo II

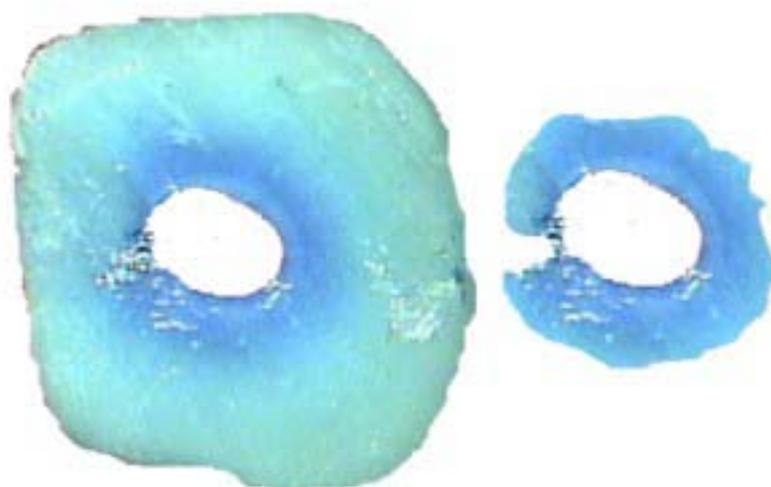


Figura 34 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo II

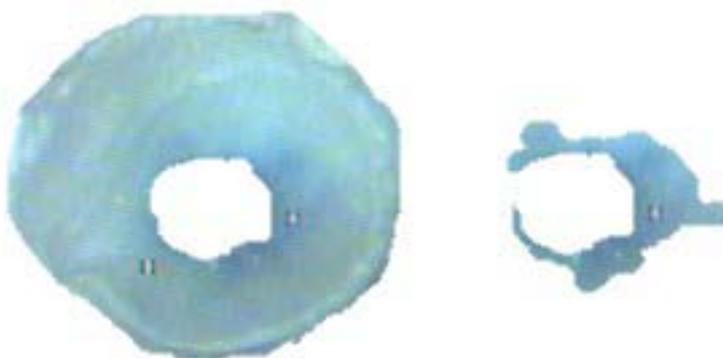


Figura 35 – Imagem do terço apical de espécime do grupo III

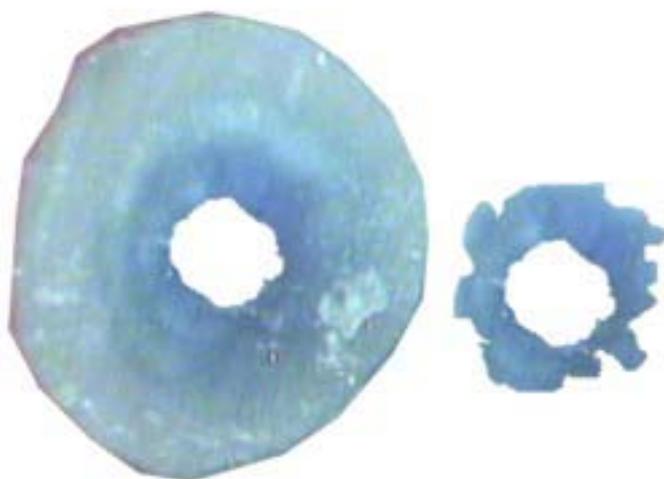


Figura 36 – Imagem do terço médio de espécime do grupo III

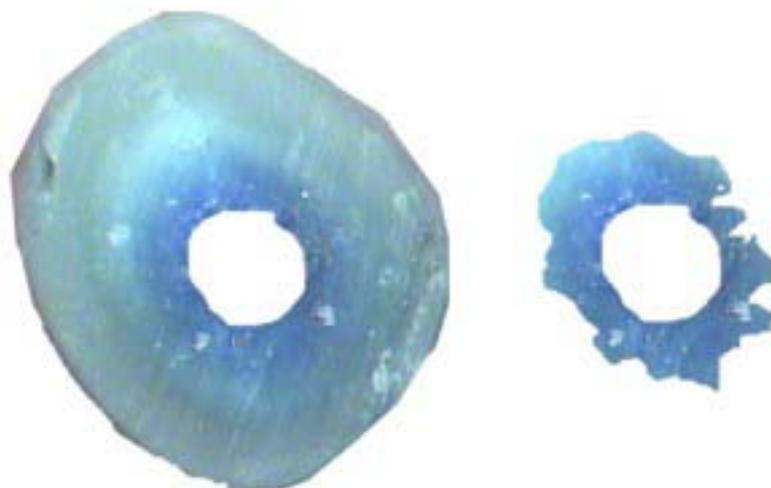


Figura 37 – Imagem do terço cervical de espécime do grupo III

Os dados assim obtidos foram tabulados (tabelas 15,16 e 17), e submetidos à análise estatística.

4.18 Análise estatística

De posse dos dados tabulados, estes foram submetidos à análise estatística, sendo então comparados os dados das imagens coradas a fim de avaliar as alterações da permeabilidade dentinária utilizando o laser Nd:YAP como coadjuvante do tratamento endodôntico.

Os valores obtidos foram submetidos a tratamento dos valores amostrais, para estabelecer que tipo de análise estatística a ser utilizada.

Para este trabalho, utilizou-se os testes não paramétricos de **Wilcoxon**, **Friedman**, **Kruskal-Wallis** e **Mann-Whitney**. Na complementação da análise descritiva, fez-se uso da técnica de **Intervalo de Confiança** para média.

5. RESULTADOS

5 Resultados

Definiu-se para este trabalho um nível de significância (ou seja, o erro estatístico admissível para as análises) de 0,05 (5%). Assim, salienta-se que todos os intervalos de confiança construídos ao longo do trabalho, foram construídos com 95% de confiança estatística.

Iniciou-se os resultados com uma análise macro. Foi utilizado um modelo chamado conhecido como **GLM (GENERAL LINEAR MODELS)**. Esta análise é similar ao modelo ANOVA. No caso, foi avaliado se existia efeito dos principais fatores (grupo, terço e raiz) e suas interações (Tabela 19).

Tabela 19 – Resultados da análise de variância pelo GPM.

| Fonte | DF | SQ | SQM | Fisher | p-valor |
|------------------|-----|-----------|----------|--------|---------|
| Grupo | 2 | 12.857,10 | 6.428,60 | 61,36 | <0,001* |
| Raiz | 1 | 24,60 | 24,60 | 0,23 | 0,628 |
| Terço | 2 | 5.569,20 | 2.784,60 | 26,58 | <0,001* |
| Grupo*raiz | 2 | 119,60 | 59,80 | 0,57 | 0,566 |
| Grupo*terço | 4 | 446,90 | 111,70 | 1,07 | 0,374 |
| raiz*terço | 2 | 64,20 | 32,10 | 0,31 | 0,736 |
| Grupo*raiz*terço | 4 | 211,40 | 52,80 | 0,50 | 0,732 |
| Erro | 240 | 25.142,60 | 104,80 | | |
| Total | 257 | | | | |

Pôde-se observar que existe significância estatística nos fatores Grupo, Terço e que não existe significância da interação desses fatores.

Para uma análise mais detalhada destes resultados, utilizou-se o teste de Wilcoxon (dados pareados, onde mesmo indivíduo é pesquisa e controle dele mesmo) para comparar em cada um dos grupos os resultados entre as raízes (Tabela 20).

Tabela 20 – Resultados do teste de Wilcoxon.

| Raízes | Grupo 1 | | Grupo 2 | | Grupo 3 | |
|---------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | p | V | p | V | p | v |
| Média | 32,09 | 28,83 | 20,01 | 18,82 | 11,51 | 12,85 |
| Mediana | 30,17 | 28,92 | 20,25 | 19,04 | 6,99 | 10,32 |
| Desvio Padrão | 16,38 | 10,08 | 10,55 | 8,40 | 10,82 | 9,15 |
| Quartil 1 | 22,01 | 22,40 | 11,79 | 11,65 | 4,41 | 5,39 |
| Quartil 3 | 39,58 | 34,27 | 25,18 | 26,26 | 16,96 | 19,30 |
| Tamanho | 42 | 42 | 48 | 48 | 36 | 36 |
| IC | 4,95 | 3,05 | 2,98 | 2,38 | 3,53 | 2,99 |
| p-valor | 0,449 | | 0,454 | | 0,391 | |

Nos três grupos as diferenças entre as raízes P e V, não podem ser consideradas estatisticamente significantes.

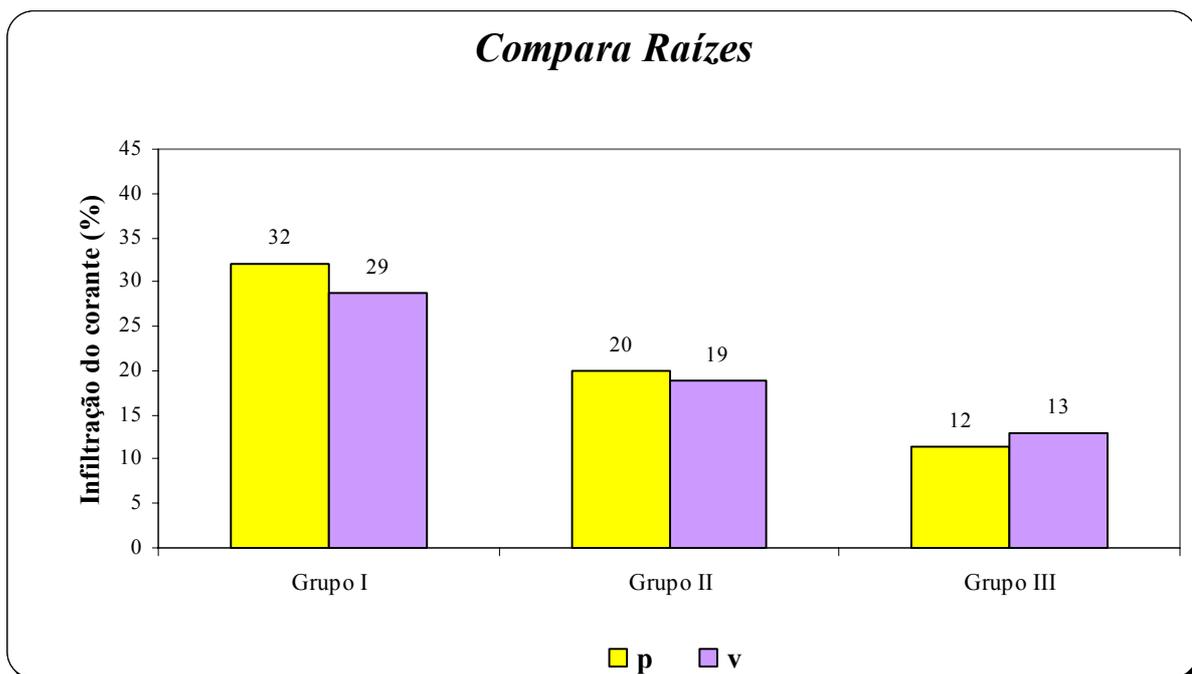


Gráfico 1- Comparações entre as raízes vestibular e palatina dos grupos experimentais quanto à infiltração de corante.

Foram então comparados os terços em cada um dos grupos. Para tal análise foi utilizado o teste de Friedman, pois este possui uma característica de pareamento de dados (Tabelas 21 e 22).

Tabela 21 – Resultados do teste de Friedman.

| Terço | Média | Mediana | Desvio Padrão | Quartil 1 | Quartil 3 | Tamanho | IC | p-valor | |
|---------|-------|---------|---------------|-----------|-----------|---------|----|---------|---------|
| Grupo 1 | a | 22,25 | 18,09 | 16,19 | 13,77 | 25,59 | 30 | 5,79 | |
| | c | 37,54 | 34,77 | 11,21 | 29,45 | 45,30 | 30 | 4,01 | <0,001* |
| | m | 29,95 | 30,15 | 7,26 | 25,34 | 33,72 | 30 | 2,60 | |
| Grupo 2 | a | 13,18 | 11,74 | 8,08 | 7,35 | 15,52 | 32 | 2,80 | |
| | c | 24,48 | 24,47 | 8,76 | 19,25 | 27,68 | 32 | 3,04 | <0,001* |
| | m | 20,59 | 21,91 | 8,15 | 13,59 | 26,42 | 32 | 2,82 | |
| Grupo 3 | a | 7,81 | 5,12 | 8,59 | 2,02 | 8,79 | 24 | 3,44 | |
| | c | 15,30 | 16,06 | 8,76 | 9,68 | 21,13 | 24 | 3,50 | <0,001* |
| | m | 13,42 | 10,60 | 11,17 | 5,61 | 16,03 | 24 | 4,47 | |

Tabela 22 – Tabela de p-valores para o teste de Friedman.

| Terço | a | C |
|---------|---|----------------|
| Grupo 1 | c | <0,001* |
| | m | 0,001* 0,001* |
| Grupo 2 | c | <0,001* |
| | m | <0,001* 0,005* |
| Grupo 3 | c | 0,001* |
| | m | <0,001* 0,086 |

No primeiro quadro, para os três grupos estudados, as diferenças estatísticas entre os terços são consideradas significantes. Por isso, deve-se comparar todos os terços aos pares, para que seja determinado com exatidão onde de fato ocorre a diferença. Desta forma, o segundo quadro traz os p-valores das comparações feitas pelo teste de Wilcoxon.

Assim sendo, pode-se notar (analisando o quadro com p-valores) que praticamente existe diferença entre todos os terços. A única exceção é para a comparação entre os terços C e M do grupo 3.

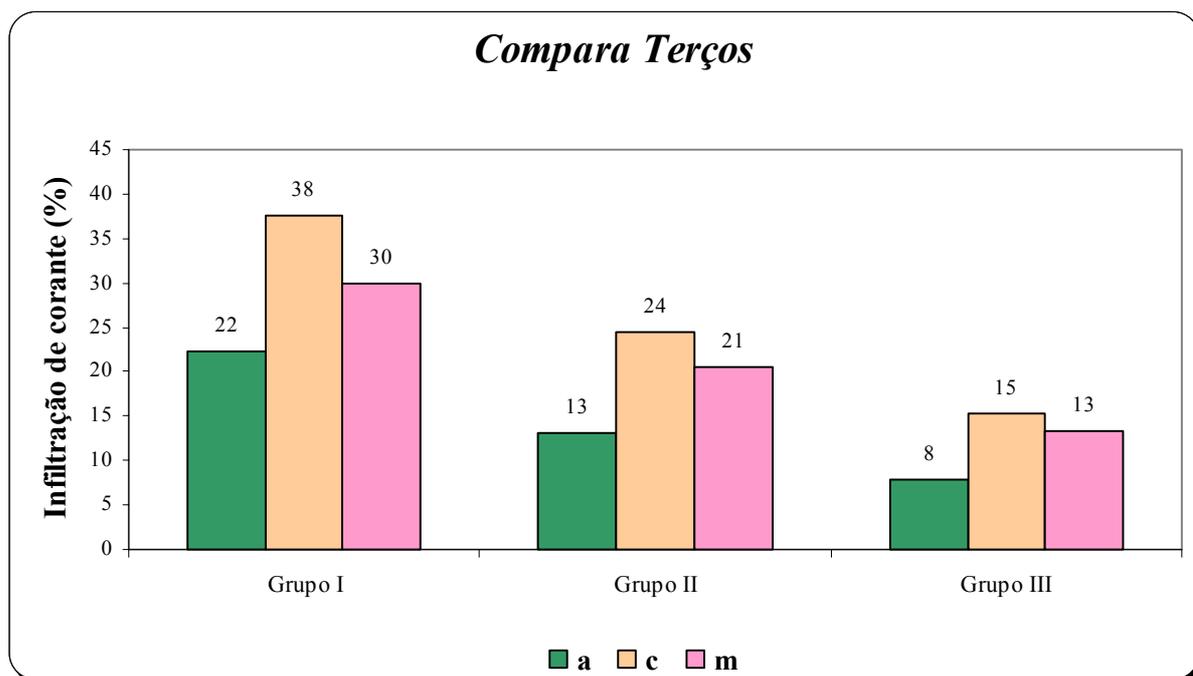


Gráfico 2 – Comparação entre os terços: a – apical; c – cervical; m – médio; dos grupos experimentais quanto à infiltração do corante.

Para finalizar, comparou-se os grupos 1, 2 e 3. Nesta comparação utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis. Essa análise foi feita em cada um dos terços e também no geral (considerando todos os terços)(Tabelas 23 e 24).

Tabela 23 – Resultados do teste de Kruskal-Wallis.

| Grupos | Média | Mediana | Desvio Padrão | Quartil 1 | Quartil 3 | Tamanho | IC | p-valor |
|---------|---------|---------|---------------|-----------|-----------|---------|----|---------|
| Terço A | Grupo 1 | 22,25 | 18,09 | 16,19 | 13,77 | 25,59 | 30 | 5,79 |
| | Grupo 2 | 13,18 | 11,74 | 8,08 | 7,35 | 15,52 | 32 | 2,80 |
| | Grupo 3 | 7,81 | 5,12 | 8,59 | 2,02 | 8,79 | 24 | 3,44 |
| Terço C | Grupo 1 | 37,54 | 34,77 | 11,21 | 29,45 | 45,30 | 30 | 4,01 |
| | Grupo 2 | 24,48 | 24,47 | 8,76 | 19,25 | 27,68 | 32 | 3,04 |
| | Grupo 3 | 15,30 | 16,06 | 8,76 | 9,68 | 21,13 | 24 | 3,50 |
| Terço M | Grupo 1 | 29,95 | 30,15 | 7,26 | 25,34 | 33,72 | 30 | 2,60 |
| | Grupo 2 | 20,59 | 21,91 | 8,15 | 13,59 | 26,42 | 32 | 2,82 |
| | Grupo 3 | 13,42 | 10,60 | 11,17 | 5,61 | 16,03 | 24 | 4,47 |
| Geral | Grupo 1 | 29,91 | 29,37 | 13,52 | 21,76 | 35,03 | 90 | 2,79 |
| | Grupo 2 | 19,41 | 19,79 | 9,50 | 11,75 | 25,71 | 96 | 1,90 |
| | Grupo 3 | 12,18 | 9,37 | 9,97 | 4,78 | 18,93 | 72 | 2,30 |

Tabela 24 – Tabela de p-valores para o teste de Kruskal-Wallis.

| Grupos | | Grupo 1 | Grupo 2 |
|---------|---------|---------|---------|
| Terço A | Grupo 2 | 0,002* | |
| | Grupo 3 | <0,001* | 0,002* |
| Terço C | Grupo 2 | <0,001* | |
| | Grupo 3 | <0,001* | 0,001* |
| Terço M | Grupo 2 | <0,001* | |
| | Grupo 3 | <0,001* | 0,002* |
| Geral | Grupo 2 | <0,001* | |
| | Grupo 3 | <0,001* | <0,001* |

Existe diferença estatisticamente significativa entre os grupos para todos os terços e também no geral. Assim, os grupos foram comparados aos pares, para evidenciar o que provocava a diferença. O segundo quadro mostra todos estes p-valores obtidos através do teste de Mann-Whitney.

Portanto ao analisar o segundo quadro, averiguou-se que todos os grupos são diferentes entre si, quando comparamos os terços cervical, médio e apical.

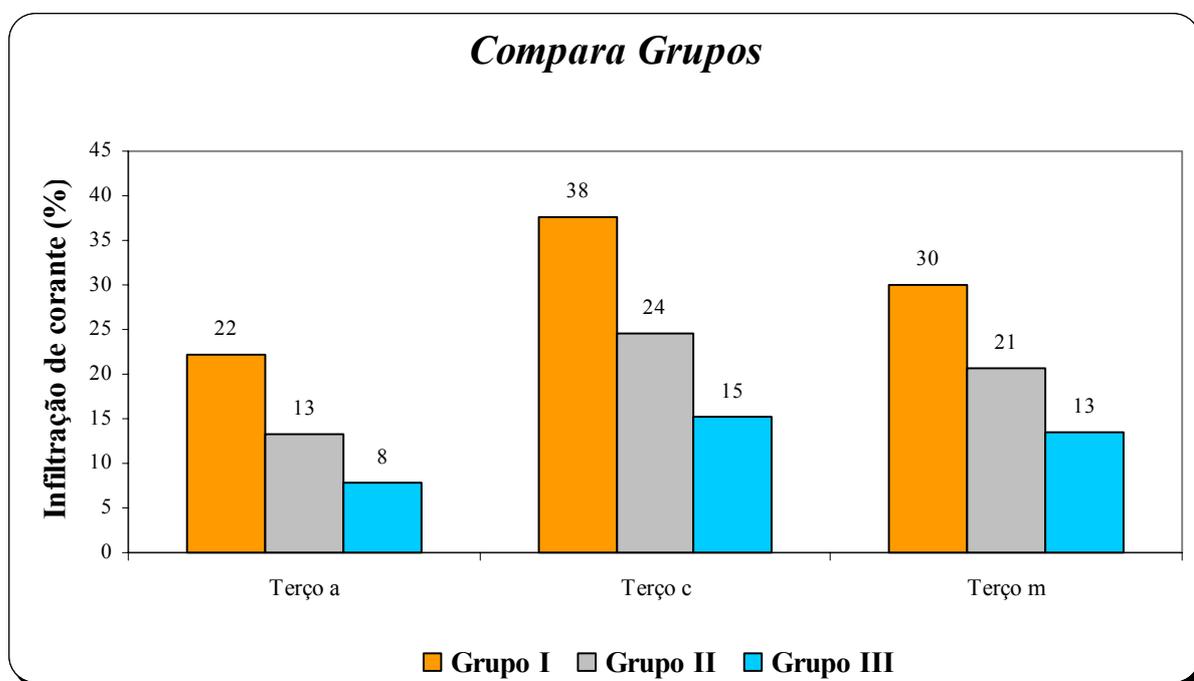


Gráfico 3 – Comparação entre os grupos: GI, GII e GIII nos terços: a – apical; c – cervical; m – médio quanto à infiltração de corante.

6. DISCUSSÃO

6 Discussão

Sendo a anatomia dos canais radiculares extremamente complexa (GREEN, 1960; SANTOS, 1985; CAMARGO, 1996; PÉCORA et al., 2002) e a zona apical a mais crítica (DE DEUS, 1975; FRÓIS, 1981), o preparo endodôntico procura através de instrumentos e substâncias químicas realizar o alargamento, sanificação e modelagem desse sistema.

O sistema ProTaper, utilizado no estudo, permite alargamento adequado (CANTATORE, 2003; IQBAL et al., 2004) e canais cirúrgicos cônicos e sem alterações (CALBERSON et al., 2004; YUN et al., 2003; BERGMANS et al., 2003), após instrumentação rápida e segura (SCHAFER; VLASSIS, 2004). Essas características foram fundamentais no experimento, permitindo facilidade na etapa de preparo, e uma vez que o formato do canal cirúrgico era padronizado, permitiu os cálculos de densidade de potência depositada em cada milímetro do canal cirúrgico, ajudando a elucidar os resultados encontrados.

Como substância química auxiliar do preparo, o hipoclorito de sódio a 1% foi utilizado (AUN; PAIVA, 1982) isolado, e não associado a cremes lubrificantes para não ocorrer entrave dos instrumentos rotatórios nas paredes pelo uso de cremes lubrificantes (CANTATORE, 2003). O magma produzido na instrumentação poderia influenciar nos resultados, e sua presença não é desejável ao fim do preparo (GAVINI, 1996) por isso foi proposta sua remoção pela irrigação final com EDTA (BYSTROM; SUNDQVIST, 1985; GAVINI et al., 1994; BRAGUETTO et al., 1997).

O método quantitativo de análise da permeabilidade dentinária é confiável (FRÓIS, 1981) e, sendo o azul de metileno um corante amplamente utilizado na literatura (AHLBERG et al., 1995; KAZEMI et al., 1995; YOUNGSON et al., 1998; TAMSE et al., 1998), na concentração de 2% em álcool demonstra coloração mais confiável que a solução aquosa (KAZEMI et al., 1995). Por seu baixo peso molecular (AHLBERG et al., 1995) apresenta boa penetração em dentina, e, em fatias de secções permite boa visualização de infiltração (TAMSE et al. 1998).

O laser Nd:YAP promove efeito bactericida quando utilizado nos parâmetros 300 mJ e 30 Hz (BLUM et al., 1997a) podendo causar também redução de permeabilidade dentinária nos parâmetros 360 mJ, 180mJ e 5 Hz (SANTOS et al., 2004). Assim, o presente estudo buscou observar alterações na permeabilidade dentinária a irradiação com o laser de Nd:YAP na frequência bactericida de 30Hz, promovia na dentina nos diversos terços do canal.

O sistema de entrega do laser por fibra óptica permitiu o uso de fibra óptica com 240 µm de casca. Considerando que a extremidade apical do preparo realizado com o sistema ProTaper resulta em canal cirúrgico de diâmetro 300 µm.

Há grande diversidade na forma como a fibra permanece no interior do canal durante a aplicação, sendo encontradas movimento contínuo do ápice para a coroa em retirada (ANIC et al., 1998), movimento helicoidal do ápice para a coroa (AUN et al., 1999), movimentos de 1 mm do ápice para a coroa e da coroa para o ápice, tipo escalonado (BARBAKOW et al., 1999), movimentos circulares durante cinco a sete segundos e velocidade de 2 mm por segundo, repetido por quatro vezes

(CARVALHO et al., 2002), simulando procedimentos de irradiação *in vivo* (SCHOOP et al., 2002), entre outros. Isso resulta numa dificuldade de comparar resultados, pois cada forma mostra-se extremamente imprecisa. Assim, em experimento piloto realizado anteriormente (anexo C), avaliamos a forma como a fibra permanecia no interior do canal, variando de movimento helicoidal de retirada, movimento de pistão (penetração e retirada) e movimento de aplicação milímetro a milímetro no interior do canal, de apical para cervical, tipo escalonado; sendo que em cada um dos espécimes piloto o processo foi repetido duas vezes. Os melhores resultados de diminuição da permeabilidade dentinária foram encontrados na última forma de aplicação, que foi adotada no estudo. Este estudo piloto corrobora achados de Barbakow et al. (1999).

Em todos os grupos encontrou-se diferença entre a permeabilidade dos terços, sendo o terço cervical o mais permeável, seguido pelo terço médio, e o terço apical sempre se mostrou o menos permeável; ao encontro da literatura, que mostra a zona crítica apical, com menor quantidade de túbulos, com menor diâmetro, menos permeável, com presença de zonas atubulares (MJOR et al., 2001).

Também quando o grupo controle foi comparado aos grupos irradiados, os resultados mostraram diferença estatisticamente significativa quanto à penetração do corante, entre todos os terços estudados. Esses achados convergem com o início dessa linha de pesquisa, quando Santos et al., (2004) encontraram eficiência na redução de permeabilidade dentinária quando o canal era irradiado com o laser Nd:YAP.

Considerando o comprimento de onda 1340 nm do Nd:YAP próximo à 1064 nm do Nd:YAG, e com efeitos de absorção, reflexão e espalhamento sobre a hidroxiapatita da dentina e a água similares, utilizamos os achados de Barbakow et al. (1999) que encontrou no terço apical dentina recristalizada, com aspecto diferente dos terços cervical e médio, após aplicação do laser Nd:YAG; que justifica-se pelos valores de densidade de potência total por milímetro, que soma a potência remanescente que incide sobre os milímetros apicais, mesmo quando o laser era aplicado em outras porções do canal. Assim, as tabelas 13, 14 e 15 mostram que a região apical recebeu efetivamente maior densidade de potência total, evidenciando que a região apical, a mais crítica em termos anatômicos e fator de risco ao sucesso da terapia endodôntica (DE DEUS, 1975; FRÓIS, 1981), é a que recebe maior densidade de potência total.

Da pouca literatura encontrada sobre o uso do laser Nd:YAP como auxiliar da terapia endodôntica, encontrou-se divergência nos resultados obtidos nesse experimento, com as observações de Blum et al. (1997b), que associando a irradiação com o laser Nd:YAP com instrumentação manual e ultra-som, encontrou túbulos abertos, além de pouca presença de debris, e pequenas partículas de magma. Isso pode ser creditado ao parâmetro utilizado e à forma de avaliação, uma vez que a MEV, pode selecionar áreas específicas onde um determinado efeito é notado, e o parâmetro testado por esses autores (5 Hz, 260 mJ) é próximo à irradiação recebida no GII desse estudo.

Somado ao encontrado na literatura, pôde-se afirmar que o laser de Nd:YAP é capaz de reduzir a permeabilidade dentinária após o preparo endodôntico, e seu uso pode ser considerado uma pré-obturação endodôntica. Ainda, salienta-se que no parâmetro máximo estudado (330 mJ, 30 Hz e 10 W) a irradia o resulta em maior redu o de permeabilidade dentinária.

7. CONCLUSÕES

7. Conclusões

Com base nos resultados obtidos, e nas condições experimentais propostas, pôde-se concluir que:

- ✓ A irradiação com o laser de Nd:YAP nos parâmetros utilizados no experimento (GII: 360 mJ, 5 Hz e 1,8 W e GIII: 330 mJ, 30 Hz e 10 W) promove redução da permeabilidade dentinária quando comparado ao grupo controle (GI) de forma estatisticamente significativa, sendo o parâmetro adotado em GIII superior ao GII de forma estatisticamente significativa, quanto à redução da permeabilidade dentinária;
- ✓ O terço apical é o menos permeável à infiltração do corante para todos os grupos, seguido do terço médio e o terço cervical é o mais permeável, de forma estatisticamente significativa.

REFERÊNCIAS

Referências

- AHLBERG, K. M. F.; ASSAVABIOM O.; TATM W. N. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and Índia ink in root-filled teeth. **Int Endod J.**, v. 28,n.1, p. 30-34, jan., 1995.
- ADDUCI, E.J.. The CO₂ laser: a new treatment for urethral caruncle. Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. **J Int Med.**, v.4, n.1, p.23-27, 1979.
- ANIC, I.; SEGOVIC, S.; KATANEC. D.; PRSKALO, K.; FLEGER, D, N. Scanning electron microscopic study of dentin lased with Argon, CO₂, and Nd: YAG laser. **J Endod.**, v. 24, ., p. 77-81, feb, 1998.
- ARMENGOL, V.; JEAN, A.; MARION, A. Temperature rise during. Er:YAG and Nd:YAP laser ablation of dentin. **J Endod.**, v. 26, n 3, p. 138-141, mar. 2000.
- AUN, C. E.; BARBERINI, A. F.; CAMARCO, S. C. C.; KFOURI, L. S.; SIMIONATO, M. R. L. Bactericidal effects of Nd:Yag laser irradiation in endodontics. **SPIE Conference on Laser in Dentistry V, San Jose, Califórnia**, v. 3593, p. 22 – 26, 1999.
- AUN, C. E.; PAIVA, J. G. Viabilidade da velocidade de ação germicida do hipoclorito de sódio em função da concentração (Contribuição ao estudo). **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, v.36, n.5.p. 510-19, setembro-outubro, 1982.
- BARBAKOW, F.; PETERS, O.; HAVRANEK L. Effects of Nd: YAG lasers on root canal walls: A light and scanning electron microscopic study. **Quintessence Int.**, v. 30, n. 12, p. 837-845, dec. 1999.
- BERGMANS, L.; CLEUNENBREUGEL, J. V.; BEULLENS, M.; WEVERS, M.; MEERBEEK, B. V. LAMBRECHTS, P. Progressive versus constant tapered shaft design using NiTi rotary instruments. **Int Endod J.**, v. 36, f. 4, p. 288-295, abril, 2003.
- BLUM, J. Y.; ABADIE, J. M. Study of the ND: YAP laser effect on canal cleanliness. **J Endod.**, v. 23, n. 11, p. 669-675, nov., 1997.
- BLUM, J.Y.; MICHAILESCO, P.; ABADIE, M. J. M. An evaluation of the bactericidal effect of the Nd: YAP laser. **J Endod.**, v. 23, n. 9, p. 583-585, sept. 1997.
- BLUM, J.Y.; PELI, J. F.; ABADIE, M.J. M. Effects of the Nd: YAP on coronal restorative materials: implications for endodontic retreatment. **J Endod.**, v. 26, n . 10, p. 588-590, oct., 2000.
- BRAGUETO, C.A.; SOUSA, M. D. N.; CRUZ, A. M. F.; SILVA, R. G.; SAQUY, P.C.; PÉCOR, J. D. Ação da solução de EDTA e da solução de Dakin utilizadas isoladamente, misturadas ou alternadas na limpeza do canal radicular. **Rev. Odontol. Univ. São Paulo**, p. 67-70, jan.-mar. 1997.
- BYSTRÖM, A.; SUNDQVIST, G. The antibacterial action of sodium hypochlorite and EDTA in 60 cases of endodontic therapy. **Intern. End. J.**, v.. 18, p. 35-40, 1985.
- CALBERSON, F. L. G.; DEROOSE, C. A. J. G.; HOMMEZ, G. M. G.; MOOR, R. J. G. D. Shaping ability of Pro Taper nickel-titanium files in simulated resin root canals. **J Endod.**, v. 37, n. 9, p. 613-623, sept. 2004.
- CAMARGO, S. C.; AUN, C. E.; GAVINI, G. Avaliação e comparação radiográfica *in vitro* das curvaturas de raízes mesiais de molares inferiores. **Rev. Odontol. UNICID**, v. 8, n.1, p. 7-14, jan.-jun. 1996.
- CARVALHO, C. A. T.; VALERA, M. C.; SOARES, S. G.; EDUARDO, C.P. Effects o Nd:Yag and Er:Yag lasers on the sealing of root canal fillings **J Clin Laser Med Surg.**, v.20, n. 2, p. 215-219, 2002.

CERRUTI, B. **Estudo in vitro da profundidade e aspecto da cratera obtida pelo laser de CO₂ (800W) em tecido ósseo e da variação da temperatura durante a irradiação.** 2001. 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica, com ênfase em laser em Odontologia). Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento da Universidade do Vale do Paraíba. 2001.

DE DEUS, Q. D. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. **J Endod.**, v. 1, n. 11, p. 361-366, nov., 1975.

EINSTEIN, A.: Zur Quantentheorie der Strahlung. **Physiol. Z.**, v.18, p.121-128, 1917.

FARGE, P.; NAHAS, P.; BONIN, P. In vitro study of a ND: YAP laser in endodontic retreatment. **J Endod.**, v. 24, n. 5, p. 359-363, may, 1998.

FARINIUK, L. F.; CAVALI, A. E. C.; BARATTO, F. B. Preparo Mecanizado do canal radicular com instrumentos protaper. . **Medcenter.com Odontologia.** p. 1-5, agosto, 2002. Disponível em: <http://www.odontologia.com.br/artigos.asp?id=319_>. Acesso em: 06 abril 2005.

FORRER, M.; FRENZ, M.; ROMANO, V.; ALTERNATT, H.J.; WEBER, H.P.; SILENOK, A.; ISTOMYN, M.; KONOVA, V.I. Bone-ablation mechanism using CO₂ laser of different pulse duration and wavelength. **Appl. Phys. B.**, v.56, p.104-112, 1993.

FRÓIS, I. M. **Permeabilidade dentinária: um novo método de avaliação.** 1981. 26f. Monografia (Especialização) Escola de Aperfeiçoamento Profissional – Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas. 1981.

GAVINI, G., AUN, C. E., AKISUE, E. Influência da camada residual de magma no selamento apical de dentes oburados com cones de guta-percha e cimento de N-Rickert. **RPG**, v. 3, n. 3, Jul.Aug.Sept., 1996.

GAVINI, G.; AUN, C.E.; PESCE, H. F. Análise das condições de limpeza do terço apical do canal radicular após o preparo químico-mecânico. **Rev. Odontol. Univ. São Paulo**, v. 8. n. 3, p. 155-162, julho-setembro, 1994.

GORDON, J.P.; ZIEGLER, H.J.; TOWNES, C.H.: The MASER: New type of amplifier, frequency standard and spectrometer. **Physiol Rev.**, v.99, p.1264-1274, 1955.

GRAY, H. As bases da física do laser de dióxido de carbono e interação tecidual. In: BADDIN, A.Z.D., MORAES, L.M.; ROBERTS III, T.L. **Rejuvenescimento facial a laser.** Rio de Janeiro: Revinter, p.1-16, 1998.

GREEN, D. Stereomicroscopic study of 700 root apices of maxillary and mandibular posterior teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.**, v.13, n. 6, p. 728-739, junho, 1960.

IQBAL, M. K.; FIRIC, S.; TULCAN, J.; KARABUCAK, B.; KIM, S. Comparison of apical transportation between ProFile TM and ProTaper. **Int Endod J.**, v.37, n. 6, p. 359-364, junho, 2004.

JAVAN, A.; BENNETT, W.R.Sr; HERRIOTT, D.R.: Population inversion and continuous optical MASER oscillation in a gas discharge containing a He-Ne mixture (letter). **Physiol Rev.**, v.6, p.106-110, 1961.

KAPANY, N.S.; PEPPERS, N.A.; ZWENG, H.C.; FLOCKS, M. "Retinal photocoagulation by lasers," **Nature.** v.199, p.146-149, 1963.

KAZEMI, R. B.; SPÄNGBERG, L. S. W.; Effect of reduced air pressure on dye penetration in standardized voids. . **Oral Surg.**, v. 80, n. 6, p. 720-725, dec, 1995.

MACRUZ, R.; CARVALHO, V.B. Perspectivas no tratamento não medicamentoso da insuficiência coronária obstrutiva. In: MACRUZ R, (ed.) **Cardiopatia isquêmica.** São Paulo: Sarvier, 1989. p.505-519.

- MAIMAN, T.H.: Stimulated optical radiation in ruby. **Nature** v.187, p.493-494, 1960.
- MELLO, J.B.; MELLO, G.P.S. **Laser em odontologia**. São Paulo: Santos, p.31, 2001.
- MILONNI, P.W.; EBERLY, J.H.: **Lasers**. New York: John Wley e Sons, 1988.
- MISERENDINO, L.J., NEIBURGER, E.J.; PICK, R.M.. Current status of lasers in dentistry. **III. Dent. J.**, v. 56, n. 4, p. 254-7, 1987.
- MJOR, I.A.; SMITH, M.R.; FERRARI, M.; MANNOCCHI, F. The structure of dentine in the apical region of human teeth. **Int Endod J.**, v.34, p.346-353, 2001.
- MORFIS, A.; SYLARAS, S. N. ; GEORGOPOULOU, M.; KERNANI, M.; PROUNTZOS, F. ; ATHENS, GREECE. Study of the ápices of human permanent teeth with the use of a scanning electron microscope. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.**, v. 77, f. 2, p. 172-176, Feb., 1994.
- MOSHONOV. J.; PERETZ, B.; BROWN, T.; ROTSTEIN, I. Cleaning of the root canal using ND: YAP laser and its effect on the mineral content of the dentin. . **J Clin Laser Med Surg.**, v. 21, n. 5, p. 279-282, 2003.
- ORR, C-S; EBERHART, RC. Overview of bioheat transfer. In: Welch, AJ; vanGEMERT, MJC. **Optical-Thermal Response of Laser-Irradiated Tissue**. New York: Plenum Press, 1995.
- PÉCORA, J. D; SOUSA, M.D. N.; SILVA, R. G. Revisão da anatomia interna dos dentes humanos. **Medcenter.com.Odontologia**, p. 1-16, novembro, 2002. Disponível em: <<http://www.odontologia.com.br/artigos.asp?id=54>>. Acesso em: 06 de abr de 2005.
- PROTAPER. **ProTaper: limas de níquel-titânio com conicidade progressiva**. 2002. Disponível em: <<http://www.dentsply.com.br> :> Acesso em 10 de abril de 2005.
- SANTOS, C.H.S.D; KOGA, E.; MOLINA, L.P.; ZAMPIERI, M.J.P.; GENOVESE, W.J.; ZÂNGARO, R.A. Effects of Nd:YAP laser on dentin permeability after endodontic preparation: a scanning electron microscopic study. **Braz Dent J.**, v.5. special issue si-01-si-136, p.93. 2004.
- SANTOS, J. P. **Anatomia Dental Interna**. 1985. 35f. Monografia (Especialização) Instituto de Odontologia Paulista – IOP. 1985.
- SCHÄFER, E.; VLASSIS, M. Comparative investigation of two rotary nickel-titanium instruments: ProTaper versus RaCe.Part 1. Shaping ability in simulated curved canals. . **Int Endod J.**, v. 37, f. 4, p. 229-248, Apr., 2004.
- SCHOOP, U.; MORITZ, A.; KLUGER, W.; PATRUTA, S.; GOHARKHAY, K.; SPERR, W.; WERNISCH, J.; GATTRINGER, R.; MRASS, P.; GEORGOPOULOS, A. The Er:YAG laser in endodontics: results of an in vitro study. **Lasers Surg Med.**, v. 30, p. 360-364, 2002.
- SIEGMAN, A.E.: **Lasers**. Mill Valley, CA: University Science Books, 1986.
- SILVA FILHO, O.L. Apresentação. In: Badin AZD, Moraes LM, Roberts III TL. **Rejuvenescimento Facial a Laser**. Rio de Janeiro: Revinter, 1988.
- TAMSE, A.; KATZ, A. T. A.; KABLAN, F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. **Int Endod J.**, v. 31, f. 5. p. 222-227, setembro, 1998.
- YOUNGSON, C. C.; JONES. G., J. C.; MANOGUE, M.; SMITH, I. S. *In vitro* dentinal penetration by tracers used in microleakage studies. **Int Endod J.**, v. 31,n.. 2, p. 90-99, Mar. 1998.
- YUN, H.; KIM, S. K. A comparison of the shaping abilities of 4 nickel-titanium rotary instruments in simulated root canals. **Int Endod J.**, v. 95, f. 2, p. 223-233, Feb., 2003.
- ZARET, M.M. Ocular lesions produced by an optical maser (Laser). **Science**. v.134, p.1525, 1961.

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVAP**CERTIFICADO**

Certificamos que o Protocolo n.º L012/2005/CEP, sobre "*Análise por microscopia eletrônica de varredura e infiltração de corante azul de metileno da redução da permeabilidade dentinária pelo laser Nd:YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema rotatório Pro Taper*", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Renato Amaro Zângaro, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos, conforme Resolução n.º 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi **aprovado** por esta Comissão de Ética em Pesquisa.

Informamos que o pesquisador responsável por este Protocolo de Pesquisa deverá apresentar a este Comitê de Ética um relatório das atividades desenvolvidas no período de 12 meses a contar da data de sua aprovação.

São José dos Campos, 18 de fevereiro de 2005



PROF. DR. LANDULFO SILVEIRA JUNIOR
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa da Univap

TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

Eu _____, RG _____

autorizo a utilização do elemento dental pré-molar superior, recém-extraído, para a pesquisa intitulada: **“Análise “*in vitro*” da redução da permeabilidade dentinária com aplicação do lasere Nd:YAP em dentes preparados endodonticamente com sistema automatizado ProTaper.”** realizada por Prof^o. Carlos Henrique de Sales Dias Santos RG 23761106-5, como Tese de Mestrado

Objetivos:

- avaliar o desgaste dentinário após preparo-químico cirúrgico com sistema automatizado
- avaliar a capacidade de redução de permeabilidade dentinária do laser Nd:YAP

Tenho consciência que o elemento dental foi extraído após diagnóstico de professores da clínica de Odontologia da UNIVAP ou profissional competente, como sendo a única alternativa clínica para o meu caso, e que será utilizado exclusivamente para a finalidade proposta na pesquisa, respeitando as normas de biossegurança da instituição, e sabendo que a confidencialidade e a privacidade serão respeitadas. A pesquisa não apresenta risco algum para o paciente e não implica em custo para o mesmo.

Se houver qualquer dúvida ou explicação adicional, poderei contatar Prof. Carlos Henrique de Sales Dias Santos tel: (12) 3917-5437.

Paciente

1.) _____

2.) _____

Testemunhas

Prof. Orientador

São José dos Campos, _____ de _____ de 200_____.

Anexo C – Estudo piloto

Para a aplicação do laser Nd:YAP (360 mJ, 5 Hz, 1,8 W), faz-se necessário a presença de água no interior do canal, fato evidenciado em estudo piloto. Esse estudo foi realizado por microscopia eletrônica de varredura e foram obtidas três imagens de 1000x de cada terço de uma hemiface da raiz utilizada. Além disso, a forma de aplicação do laser se mostra bastante controversa na literatura, sendo sugeridas aplicações em movimento de pistão em varredura, com movimento helicoidal e escalonando milímetro a milímetro. Dessa forma, cada grupo experimental piloto era composto de seis dentes (doze raízes) preenchidos com cada solução pretendida: água destilada, hipoclorito de sódio a 1% (solução de Milton), soro fisiológico e canal seco. Também se variava a forma de aplicação do laser: pistão em varredura, helicoidal e tipo escalonado milímetro a milímetro.

Melhores resultados de redução da permeabilidade dentinária foram observados nas imagens obtidas na condição de canal preenchido com água destilada e com a fibra parada no interior do canal no momento da aplicação do laser de forma escalonada milímetro a milímetro.

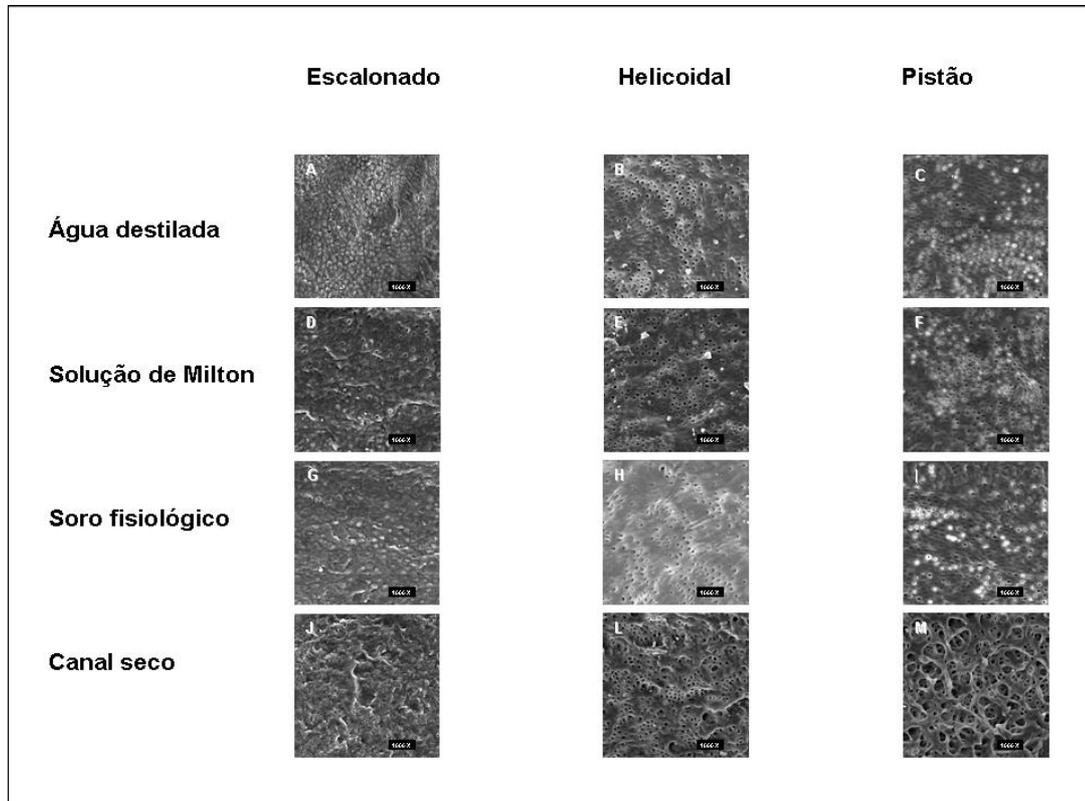


Figura 38 – Exemplos de imagens em MEV (1000X) do estudo piloto considerando movimento da fibra no interior do canal (escalonado, helicoidal e pistão) e preenchimento do canal no momento da aplicação (água destilada, solução de Milton, soro fisiológico, canal seco).

Apêndice A – Tabelas

Tabela 1- Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo I.

| GI | V | | P | |
|-----------|------------|------------|------------|------------|
| | CRD | CRT | CRD | CRT |
| 1 | 14 | 13 | 13,5 | 12,5 |
| 2 | 13 | 12 | 13,5 | 12,5 |
| 3 | 14 | 13 | 13,5 | 12,5 |
| 4 | 13,5 | 12,5 | 13 | 12 |
| 5 | 11,5 | 10,5 | 11,5 | 10,5 |
| 6 | 11 | 10 | 12,5 | 11,5 |
| 7 | 13 | 12 | 12,5 | 11,5 |
| 8 | 11,5 | 10,5 | 11 | 10 |

Tabela 2- Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo II

| GII | V | | P | |
|------------|------------|------------|------------|------------|
| | CRD | CRT | CRD | CRT |
| 1 | 12 | 11 | 12,5 | 11,5 |
| 2 | 13 | 12 | 13 | 12 |
| 3 | 10 | 9 | 12 | 11 |
| 4 | 11 | 10 | 11 | 10 |
| 5 | 12,5 | 11,5 | 12 | 11 |
| 6 | 14 | 13 | 14 | 13 |
| 7 | 13 | 12 | 12 | 11 |
| 8 | 14 | 13 | 14 | 13 |

Tabela 3- Comprimento Real de Trabalho dos espécimes do Grupo III

| GIII | V | | P | |
|-------------|------------|------------|------------|------------|
| | CRD | CRT | CRD | CRT |
| 1 | 13 | 12 | 13 | 12 |
| 2 | 13 | 12 | 12,5 | 11,5 |
| 3 | 15 | 14 | 14 | 13 |
| 4 | 16 | 15 | 15,5 | 14,5 |
| 5 | 13,5 | 12,5 | 12 | 11 |
| 6 | 10 | 9 | 9 | 8 |
| 7 | 14 | 13 | 12 | 11 |
| 8 | 12,5 | 11,5 | 13 | 12 |

Tabela 6 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 1.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,01085 | 0,78 | 71,89 |
| 1 | 0,01085 | 0,75 | 69,12 |
| 2 | 0,01085 | 0,6 | 55,30 |
| 3 | 0,01085 | 0,46 | 42,39 |
| 4 | 0,01085 | 0,38 | 35,02 |
| 5 | 0,01085 | 0,28 | 25,80 |
| 6 | 0,01085 | 0,19 | 17,51 |
| 7 | 0,01085 | 0,09 | 8,29 |
| 8 | 0,01085 | 0,04 | 3,69 |
| 9 | 0,01085 | 0,02 | 1,84 |
| 10 | 0,01085 | 0,02 | 1,84 |
| 11 | 0,01085 | 0,02 | 1,84 |
| 12 | 0,01085 | 0,02 | 1,84 |
| Somatória | | | 336,4 mJ |

Tabela 7 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 2.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,01368 | 0,81 | 59,21 |
| 1 | 0,01368 | 0,79 | 57,75 |
| 2 | 0,01368 | 0,7 | 51,17 |
| 3 | 0,01368 | 0,62 | 45,32 |
| 4 | 0,01368 | 0,5 | 36,55 |
| 5 | 0,01368 | 0,39 | 28,51 |
| 6 | 0,01368 | 0,08 | 5,85 |
| 7 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| 8 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| 9 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| 10 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| 11 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| 12 | 0,01368 | 0,02 | 1,46 |
| Somatória | | | 293,13 mJ |

Tabela 8 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 3.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,01651 | 0,84 | 50,88 |
| 1 | 0,01651 | 0,84 | 50,88 |
| 2 | 0,01651 | 0,79 | 47,85 |
| 3 | 0,01651 | 0,65 | 39,37 |
| 4 | 0,01651 | 0,46 | 27,86 |
| 5 | 0,01651 | 0,26 | 15,75 |
| 6 | 0,01651 | 0,09 | 5,45 |
| 7 | 0,01651 | 0,03 | 1,81 |
| 8 | 0,01651 | 0,02 | 1,21 |
| 9 | 0,01651 | 0,02 | 1,21 |
| 10 | 0,01651 | 0,02 | 1,21 |
| 11 | 0,01651 | 0,02 | 1,21 |
| 12 | 0,01651 | 0,02 | 1,21 |
| Somatória | | | 245,91mJ |

Tabela 9 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 4.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,01902 | 0,85 | 44,69 |
| 1 | 0,01902 | 0,8 | 42,06 |
| 2 | 0,01902 | 0,73 | 38,38 |
| 3 | 0,01902 | 0,43 | 22,60 |
| 4 | 0,01902 | 0,39 | 20,50 |
| 5 | 0,01902 | 0,21 | 11,04 |
| 6 | 0,01902 | 0,13 | 6,83 |
| 7 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| 8 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| 9 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| 10 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| 11 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| 12 | 0,01902 | 0,02 | 1,05 |
| Somatória | | | 192,42 mJ |

Tabela 10 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 5.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,02122 | 0,88 | 41,47 |
| 1 | 0,02122 | 0,86 | 40,52 |
| 2 | 0,02122 | 0,78 | 36,75 |
| 3 | 0,02122 | 0,58 | 27,33 |
| 4 | 0,02122 | 0,49 | 23,09 |
| 5 | 0,02122 | 0,22 | 10,36 |
| 6 | 0,02122 | 0,14 | 6,59 |
| 7 | 0,02122 | 0,13 | 6,12 |
| 8 | 0,02122 | 0,02 | 0,94 |
| 9 | 0,02122 | 0,02 | 0,94 |
| 10 | 0,02122 | 0,02 | 0,94 |
| 11 | 0,02122 | 0,02 | 0,94 |
| 12 | 0,02122 | 0,02 | 0,94 |
| Somatória | | | 196,98 mJ |

Tabela 11 – Energia total depositada pelo laser HeNe no milímetro 6.

| irradiação (mm) | área SL(cm²) | Potência (mW) | Energia (mJ) |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|
| 0 | 0,0231 | 0,84 | 36,36 |
| 1 | 0,0231 | 0,82 | 35,49 |
| 2 | 0,0231 | 0,73 | 31,60 |
| 3 | 0,0231 | 0,6 | 25,97 |
| 4 | 0,0231 | 0,05 | 2,16 |
| 5 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 6 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 7 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 8 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 9 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 10 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 11 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| 12 | 0,0231 | 0,02 | 0,86 |
| Somatória | | | 138,52 mJ |

Tabela 12 – Comparação de potência de saída do laser HeNe e do laser Nd:YAP.

| Laser | potência (média) |
|---------------|------------------|
| HeNe | 0,84 mW |
| Nd:YAP (GII) | 1,8W |
| Nd:YAP (GIII) | 10W |

Tabela 13 - Equivalência dos valores de densidade de energia total depositada por milímetro para o laser Nd:YAP (GII: 360mJ; 1,8W; 5Hz).

| mm | energia total (HeNe) | energia total Nd:YAP (GII) |
|----|----------------------|----------------------------|
| 1 | 336,4 mJ | 720,9 J x 3s |
| 2 | 293,1 mJ | 628,1 J x 3s |
| 3 | 245,9 mJ | 526,9 J x 3s |
| 4 | 192,4 mJ | 412,3 J x 3s |
| 5 | 196,9 mJ | 422,1 J x 3s |
| 6 | 138,5 mJ | 296,8 J x 3s |

Tabela 14 - Equivalência dos valores de densidade de energia total depositada por milímetro para o laser Nd:YAP (GIII: 330mJ; 10W; 30Hz).

| mm | energia total (HeNe) | energia total Nd:YAP (GIII) |
|----|----------------------|-----------------------------|
| 1 | 336,4 mJ | 4004,8 J x 5s |
| 2 | 293,1 mJ | 3489,6 J x 5s |
| 3 | 245,9 mJ | 2927,5 J x 5s |
| 4 | 192,4 mJ | 2290,8 J x 5s |
| 5 | 196,9 mJ | 2345,0 J x 5s |
| 6 | 138,5 mJ | 1649,1 J x 5s |

Tabela 15 – Cálculo final: ($D_E = P \times t / A$), para os grupos irradiados GII e GIII, considerando o burst do laser para GII = 3s e para GIII= 5s.

| mm | GII (360mJ, 5Hz, 1,8W) | GIII (330mJ, 30Hz, 10W) |
|----|---------------------------|----------------------------|
| | D_E | D_E |
| 1 | 2162,7 J /cm ² | 20024,1 J /cm ² |
| 2 | 1884,4 J /cm ² | 17448,1 J /cm ² |
| 3 | 1580,8 J /cm ² | 14637,6 J /cm ² |
| 4 | 1237,0 J /cm ² | 11454,1 J /cm ² |
| 5 | 1266,3 J /cm ² | 11725,2 J /cm ² |
| 6 | 890,5 J /cm ² | 8245,7 J /cm ² |

Tabela 16 - Porcentagem de infiltração de corante Grupo I.

| nome espécime | grupo | espécime | raiz | terço | face do terço | dentina total | dentina corada | % |
|-------------------|-------|----------|------|-------|---------------|---------------|----------------|---------|
| g1-1-p-a-apical | g1 | 1 | p | a | apical | 15459 | 2106 | 13,62 |
| g1-1-p-a-cervical | g1 | 1 | p | a | cervical | 45196 | 6417 | 14,20 |
| g1-1-p-c-apical | g1 | 1 | p | c | apical | 94237 | 25444 | 27,00 |
| g1-1-p-c-cervical | g1 | 1 | p | c | cervical | 146083 | 52831 | 36,17 |
| g1-1-p-m-apical | g1 | 1 | p | m | apical | 48590 | 14752 | 30,36 |
| g1-1-p-m-cervical | g1 | 1 | p | m | cervical | 85660 | 21674 | 25,30 |
| g1-1-v-a-apical | g1 | 1 | v | a | apical | 17847 | 3317 | 18,59 |
| g1-1-v-a-cervical | g1 | 1 | v | a | cervical | 50644 | 13033 | 25,73 |
| g1-1-v-c-apical | g1 | 1 | v | c | apical | 83801 | 21328 | 25,45 |
| g1-1-v-c-cervical | g1 | 1 | v | c | cervical | 107694 | 38289 | 35,55 |
| g1-1-v-m-apical | g1 | 1 | v | m | apical | 53990 | 14065 | 26,05 |
| g1-1-v-m-cervical | g1 | 1 | v | m | cervical | 73300 | 20976 | 28,62 |
| g1-2-p-a-apical | g1 | 2 | p | a | apical | 50730 | 8064 | 15,90 |
| g1-2-p-a-cervical | g1 | 2 | p | a | cervical | 62446 | 6290 | 10,07 |
| g1-2-p-c-apical | g1 | 2 | p | c | apical | 81870 | 17780 | 21,72 |
| g1-2-p-c-cervical | g1 | 2 | p | c | cervical | 90740 | 47083 | 51,89 |
| g1-2-p-m-apical | g1 | 2 | p | m | apical | 65390 | 8888 | 13,59 |
| g1-2-p-m-cervical | g1 | 2 | p | m | cervical | 81419 | 13370 | 16,42 |
| g1-2-v-a-apical | g1 | 2 | v | a | apical | 37358 | 7077 | 18,94 |
| g1-2-v-a-cervical | g1 | 2 | v | a | cervical | 58297 | 12758 | 21,88 |
| g1-2-v-c-apical | g1 | 2 | v | c | apical | 79081 | 22143 | 28,00 |
| g1-2-v-c-cervical | g1 | 2 | v | c | cervical | 85813 | 46292 | 53,95 |
| g1-2-v-m-apical | g1 | 2 | v | m | apical | 58087 | 14346 | 24,70 |
| g1-2-v-m-cervical | g1 | 2 | v | m | cervical | 65557 | 19555 | 29,83 |
| g1-3-p-a-apical | g1 | 3 | p | a | apical | 17558 | 1254 | 7,14 |
| g1-3-p-a-cervical | g1 | 3 | p | a | cervical | 38640 | 9719 | 25,15 |
| g1-3-p-c-apical | g1 | 3 | p | c | apical | 60660 | 23618 | 38,94 |
| g1-3-p-c-cervical | g1 | 3 | p | c | cervical | 85046 | 41540 | 48,84 |
| g1-3-p-m-apical | g1 | 3 | p | m | apical | 43357 | 13566 | 31,29 |
| g1-3-p-m-cervical | g1 | 3 | p | m | cervical | 54454 | 24930 | 45,78 |
| g1-3-v * | g1 | 3 | v | | | bifurcada | | #VALOR! |
| g1-4-p-a-apical | g1 | 4 | p | a | apical | 25735 | 8253 | 32,07 |
| g1-4-p-a-cervical | g1 | 4 | p | a | cervical | 42163 | 16779 | 39,80 |
| g1-4-p-c-apical | g1 | 4 | p | c | apical | 87602 | 26264 | 29,98 |
| g1-4-p-c-cervical | g1 | 4 | p | c | cervical | 111556 | 65884 | 59,06 |
| g1-4-p-m-apical | g1 | 4 | p | m | apical | 44852 | 13428 | 29,94 |
| g1-4-p-m-cervical | g1 | 4 | p | m | cervical | 66580 | 22047 | 33,11 |
| g1-4-v-a-apical | g1 | 4 | v | a | apical | 12551 | 2482 | 19,78 |
| g1-4-v-a-cervical | g1 | 4 | v | a | cervical | 28472 | 7733 | 27,16 |
| g1-4-v-c-apical | g1 | 4 | v | c | apical | 58331 | 20201 | 34,63 |
| g1-4-v-c-cervical | g1 | 4 | v | c | cervical | 84096 | 29364 | 34,92 |
| g1-4-v-m-apical | g1 | 4 | v | m | apical | 34000 | 10725 | 31,54 |
| g1-4-v-m-cervical | g1 | 4 | v | m | cervical | 58064 | 19698 | 33,92 |
| g1-5-p-a-apical | g1 | 5 | p | a | apical | 22839 | 19261 | 84,33 |
| g1-5-p-a-cervical | g1 | 5 | p | a | cervical | 40086 | 24722 | 61,67 |
| g1-5-p-c-apical | g1 | 5 | p | c | apical | 54102 | 17330 | 32,03 |
| g1-5-p-c-cervical | g1 | 5 | p | c | cervical | 65103 | 39446 | 60,59 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|----|---|---|---|----------|--------|-------|-------|
| g1-5-p-m-apical | g1 | 5 | p | m | apical | 53674 | 17627 | 32,84 |
| g1-5-p-m-cervical | g1 | 5 | p | m | cervical | 49288 | 11288 | 22,90 |
| g1-5-v-a-apical | g1 | 5 | v | a | apical | 40345 | 6597 | 16,35 |
| g1-5-v-a-cervical | g1 | 5 | v | a | cervical | 55598 | 9018 | 16,22 |
| g1-5-v-c-apical | g1 | 5 | v | c | apical | 65601 | 23285 | 35,49 |
| g1-5-v-c-cervical | g1 | 5 | v | c | cervical | 67185 | 21846 | 32,52 |
| g1-5-v-m-apical | g1 | 5 | v | m | apical | 59186 | 26525 | 44,82 |
| g1-5-v-m-cervical | g1 | 5 | v | m | cervical | 63644 | 19039 | 29,91 |
| g1-6-p-a-apical | g1 | 6 | p | a | apical | 17141 | 2630 | 15,34 |
| g1-6-p-a-cervical | g1 | 6 | p | a | cervical | 48828 | 14393 | 29,48 |
| g1-6-p-c-apical | g1 | 6 | p | c | apical | 89463 | 32576 | 36,41 |
| g1-6-p-c-cervical | g1 | 6 | p | c | cervical | 130636 | 60558 | 46,36 |
| g1-6-p-m-apical | g1 | 6 | p | m | apical | 53261 | 19137 | 35,93 |
| g1-6-p-m-cervical | g1 | 6 | p | m | cervical | 83357 | 35278 | 42,32 |
| g1-6-v-a-apical | g1 | 6 | v | a | apical | 39009 | 11400 | 29,22 |
| g1-6-v-a-cervical | g1 | 6 | v | a | cervical | 69921 | 16755 | 23,96 |
| g1-6-v-c-apical | g1 | 6 | v | c | apical | 126263 | 39941 | 31,63 |
| g1-6-v-c-cervical | g1 | 6 | v | c | cervical | 105668 | 64597 | 61,13 |
| g1-6-v-m-apical | g1 | 6 | v | m | apical | 83697 | 29347 | 35,06 |
| g1-6-v-m-cervical | g1 | 6 | v | m | cervical | 117025 | 36974 | 31,59 |
| g1-7-p-a-apical | g1 | 7 | p | a | apical | 24172 | 1135 | 4,70 |
| g1-7-p-a-cervical | g1 | 7 | p | a | cervical | 33291 | 5859 | 17,60 |
| g1-7-p-c-apical | g1 | 7 | p | c | apical | 63405 | 18239 | 28,77 |
| g1-7-p-c-cervical | g1 | 7 | p | c | cervical | 65516 | 31239 | 47,68 |
| g1-7-p-m-apical | g1 | 7 | p | m | apical | 38874 | 9894 | 25,45 |
| g1-7-p-m-cervical | g1 | 7 | p | m | cervical | 59675 | 15521 | 26,01 |
| g1-7-v-a-apical | g1 | 7 | v | a | apical | 24942 | 4108 | 16,47 |
| g1-7-v-a-cervical | g1 | 7 | v | a | cervical | 41961 | 8611 | 20,52 |
| g1-7-v-c-apical | g1 | 7 | v | c | apical | 61841 | 15533 | 25,12 |
| g1-7-v-c-cervical | g1 | 7 | v | c | cervical | 81666 | 27865 | 34,12 |
| g1-7-v-m-apical | g1 | 7 | v | m | apical | 40480 | 8361 | 20,65 |
| g1-7-v-m-cervical | g1 | 7 | v | m | cervical | 63374 | 15546 | 24,53 |
| g1-8-p-a-apical | g1 | 8 | p | a | apical | 21679 | 1977 | 9,12 |
| g1-8-p-a-cervical | g1 | 8 | p | a | cervical | 31749 | 3462 | 10,90 |
| g1-8-p-c-apical | g1 | 8 | p | c | apical | 48869 | 11858 | 24,26 |
| g1-8-p-c-cervical | g1 | 8 | p | c | cervical | 77889 | 25435 | 32,66 |
| g1-8-p-m-apical | g1 | 8 | p | m | apical | 34865 | 8514 | 24,42 |
| g1-8-p-m-cervical | g1 | 8 | p | m | cervical | 52321 | 16839 | 32,18 |
| g1-8-v-a-apical | g1 | 8 | v | a | apical | 26638 | 2522 | 9,47 |
| g1-8-v-a-cervical | g1 | 8 | v | a | cervical | 38844 | 4728 | 12,17 |
| g1-8-v-c-apical | g1 | 8 | v | c | apical | 61926 | 18124 | 29,27 |
| g1-8-v-c-cervical | g1 | 8 | v | c | cervical | 65555 | 27611 | 42,12 |
| g1-8-v-m-apical | g1 | 8 | v | m | apical | 44651 | 15323 | 34,32 |
| g1-8-v-m-cervical | g1 | 8 | v | m | cervical | 58713 | 20614 | 35,11 |

* -por apresentar bifurcação, que alteraria as áreas medidas, essa raiz foi desprezada

Tabela 17 - Porcentagem de infiltração de corante Grupo II.

| Nome espécime | grupo | espécime | raiz | terço | face do terço | dentina total | dentina corada | % |
|-------------------|-------|----------|------|-------|---------------|---------------|----------------|-------|
| g2-1-p-a-apical | g2 | 1 | p | a | apical | 15932 | 1879 | 11,79 |
| g2-1-p-a-cervical | g2 | 1 | p | a | cervical | 28975 | 4344 | 14,99 |
| g2-1-p-c-apical | g2 | 1 | p | c | apical | 53395 | 12202 | 22,85 |
| g2-1-p-c-cervical | g2 | 1 | p | c | cervical | 65433 | 16004 | 24,46 |
| g2-1-p-m-apical | g2 | 1 | p | m | apical | 35535 | 8066 | 22,70 |
| g2-1-p-m-cervical | g2 | 1 | p | m | cervical | 45099 | 9538 | 21,15 |
| g2-1-v-a-apical | g2 | 1 | v | a | apical | 14103 | 1951 | 13,83 |
| g2-1-v-a-cervical | g2 | 1 | v | a | cervical | 29307 | 3537 | 12,07 |
| g2-1-v-c-apical | g2 | 1 | v | c | apical | 53423 | 14390 | 26,94 |
| g2-1-v-c-cervical | g2 | 1 | v | c | cervical | 79719 | 24981 | 31,34 |
| g2-1-v-m-apical | g2 | 1 | v | m | apical | 33896 | 7783 | 22,96 |
| g2-1-v-m-cervical | g2 | 1 | v | m | cervical | 52234 | 12811 | 24,53 |
| g2-2-p-a-apical | g2 | 2 | p | a | apical | 44358 | 3469 | 7,82 |
| g2-2-p-a-cervical | g2 | 2 | p | a | cervical | 51018 | 14664 | 28,74 |
| g2-2-p-c-apical | g2 | 2 | p | c | apical | 68525 | 14724 | 21,49 |
| g2-2-p-c-cervical | g2 | 2 | p | c | cervical | 76558 | 18914 | 24,71 |
| g2-2-p-m-apical | g2 | 2 | p | m | apical | 51134 | 11597 | 22,68 |
| g2-2-p-m-cervical | g2 | 2 | p | m | cervical | 62950 | 15780 | 25,07 |
| g2-2-v-a-apical | g2 | 2 | v | a | apical | 32672 | 3684 | 11,28 |
| g2-2-v-a-cervical | g2 | 2 | v | a | cervical | 38541 | 11072 | 28,73 |
| g2-2-v-c-apical | g2 | 2 | v | c | apical | 62082 | 17064 | 27,49 |
| g2-2-v-c-cervical | g2 | 2 | v | c | cervical | 70788 | 23258 | 32,86 |
| g2-2-v-m-apical | g2 | 2 | v | m | apical | 41632 | 12506 | 30,04 |
| g2-2-v-m-cervical | g2 | 2 | v | m | cervical | 54140 | 14442 | 26,68 |
| g2-3-p-a-apical | g2 | 3 | p | a | apical | 35788 | 1966 | 5,49 |
| g2-3-p-a-cervical | g2 | 3 | p | a | cervical | 45485 | 4909 | 10,79 |
| g2-3-p-c-apical | g2 | 3 | p | c | apical | 77819 | 11309 | 14,53 |
| g2-3-p-c-cervical | g2 | 3 | p | c | cervical | 87694 | 21068 | 24,02 |
| g2-3-p-m-apical | g2 | 3 | p | m | apical | 48984 | 9079 | 18,53 |
| g2-3-p-m-cervical | g2 | 3 | p | m | cervical | 67861 | 18555 | 27,34 |
| g2-3-v-a-apical | g2 | 3 | v | a | apical | 34750 | 2561 | 7,37 |
| g2-3-v-a-cervical | g2 | 3 | v | a | cervical | 58952 | 12734 | 21,60 |
| g2-3-v-c-apical | g2 | 3 | v | c | apical | 83020 | 15218 | 18,33 |
| g2-3-v-c-cervical | g2 | 3 | v | c | cervical | 104016 | 35911 | 34,52 |
| g2-3-v-m-apical | g2 | 3 | v | m | apical | 56330 | 15989 | 28,38 |
| g2-3-v-m-cervical | g2 | 3 | v | m | cervical | 71561 | 13157 | 18,39 |
| g2-4-p-a-apical | g2 | 4 | p | a | apical | 30460 | 2327 | 7,64 |
| g2-4-p-a-cervical | g2 | 4 | p | a | cervical | 47880 | 6626 | 13,84 |
| g2-4-p-c-apical | g2 | 4 | p | c | apical | 66984 | 10545 | 15,74 |
| g2-4-p-c-cervical | g2 | 4 | p | c | cervical | 74469 | 31875 | 42,80 |
| g2-4-p-m-apical | g2 | 4 | p | m | apical | 51165 | 6169 | 12,06 |
| g2-4-p-m-cervical | g2 | 4 | p | m | cervical | 66351 | 9359 | 14,11 |
| g2-4-v-a-apical | g2 | 4 | v | a | apical | 29707 | 2867 | 9,65 |
| g2-4-v-a-cervical | g2 | 4 | v | a | cervical | 53483 | 9146 | 17,10 |
| g2-4-v-c-apical | g2 | 4 | v | c | apical | 67729 | 10800 | 15,95 |
| g2-4-v-c-cervical | g2 | 4 | v | c | cervical | 80462 | 18753 | 23,31 |
| g2-4-v-m-apical | g2 | 4 | v | m | apical | 66807 | 6268 | 9,38 |
| g2-4-v-m-cervical | g2 | 4 | v | m | cervical | 68138 | 7246 | 10,63 |
| g2-5-p-a-apical | g2 | 5 | p | a | apical | 26426 | 819 | 3,10 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|----|---|---|---|----------|-------|-------|-------|
| g2-5-p-a-cervical | g2 | 5 | p | a | cervical | 37553 | 2736 | 7,29 |
| g2-5-p-c-apical | g2 | 5 | p | c | apical | 63282 | 5987 | 9,46 |
| g2-5-p-c-cervical | g2 | 5 | p | c | cervical | 71485 | 14214 | 19,88 |
| g2-5-p-m-apical | g2 | 5 | p | m | apical | 43158 | 1658 | 3,84 |
| g2-5-p-m-cervical | g2 | 5 | p | m | cervical | 62488 | 3159 | 5,06 |
| g2-5-v-a-apical | g2 | 5 | v | a | apical | 24016 | 1235 | 5,14 |
| g2-5-v-a-cervical | g2 | 5 | v | a | cervical | 39320 | 2531 | 6,44 |
| g2-5-v-c-apical | g2 | 5 | v | c | apical | 66811 | 8258 | 12,36 |
| g2-5-v-c-cervical | g2 | 5 | v | c | cervical | 81409 | 11304 | 13,89 |
| g2-5-v-m-apical | g2 | 5 | v | m | apical | 41333 | 4365 | 10,56 |
| g2-5-v-m-cervical | g2 | 5 | v | m | cervical | 59608 | 6732 | 11,29 |
| g2-6-p-a-apical | g2 | 6 | p | a | apical | 16863 | 1985 | 11,77 |
| g2-6-p-a-cervical | g2 | 6 | p | a | cervical | 28564 | 9698 | 33,95 |
| g2-6-p-c-apical | g2 | 6 | p | c | apical | 51941 | 10155 | 19,55 |
| g2-6-p-c-cervical | g2 | 6 | p | c | cervical | 63494 | 16210 | 25,53 |
| g2-6-p-m-apical | g2 | 6 | p | m | apical | 35761 | 8442 | 23,61 |
| g2-6-p-m-cervical | g2 | 6 | p | m | cervical | 44380 | 12767 | 28,77 |
| g2-6-v-a-apical | g2 | 6 | v | a | apical | 13896 | 1858 | 13,37 |
| g2-6-v-a-cervical | g2 | 6 | v | a | cervical | 33088 | 8682 | 26,24 |
| g2-6-v-c-apical | g2 | 6 | v | c | apical | 61131 | 15430 | 25,24 |
| g2-6-v-c-cervical | g2 | 6 | v | c | cervical | 88361 | 22006 | 24,90 |
| g2-6-v-m-apical | g2 | 6 | v | m | apical | 41204 | 8116 | 19,70 |
| g2-6-v-m-cervical | g2 | 6 | v | m | cervical | 59486 | 12366 | 20,79 |
| g2-7-p-a-apical | g2 | 7 | p | a | apical | 22318 | 2386 | 10,69 |
| g2-7-p-a-cervical | g2 | 7 | p | a | cervical | 25335 | 6185 | 24,41 |
| g2-7-p-c-apical | g2 | 7 | p | c | apical | 77383 | 26203 | 33,86 |
| g2-7-p-c-cervical | g2 | 7 | p | c | cervical | 92154 | 28788 | 31,24 |
| g2-7-p-m-apical | g2 | 7 | p | m | apical | 33241 | 11194 | 33,68 |
| g2-7-p-m-cervical | g2 | 7 | p | m | cervical | 71524 | 19941 | 27,88 |
| g2-7-v-a-apical | g2 | 7 | v | a | apical | 8363 | 487 | 5,82 |
| g2-7-v-a-cervical | g2 | 7 | v | a | cervical | 26098 | 3054 | 11,70 |
| g2-7-v-c-apical | g2 | 7 | v | c | apical | 63127 | 15452 | 24,48 |
| g2-7-v-c-cervical | g2 | 7 | v | c | cervical | 81244 | 22340 | 27,50 |
| g2-7-v-m-apical | g2 | 7 | v | m | apical | 28535 | 5881 | 20,61 |
| g2-7-v-m-cervical | g2 | 7 | v | m | cervical | 59403 | 14616 | 24,60 |
| g2-8-p-a-apical | g2 | 8 | p | a | apical | 9591 | 476 | 4,96 |
| g2-8-p-a-cervical | g2 | 8 | p | a | cervical | 29234 | 5467 | 18,70 |
| g2-8-p-c-apical | g2 | 8 | p | c | apical | 46220 | 9532 | 20,62 |
| g2-8-p-c-cervical | g2 | 8 | p | c | cervical | 57218 | 29169 | 50,98 |
| g2-8-p-m-apical | g2 | 8 | p | m | apical | 33489 | 6253 | 18,67 |
| g2-8-p-m-cervical | g2 | 8 | p | m | cervical | 44908 | 16804 | 37,42 |
| g2-8-v-a-apical | g2 | 8 | v | a | apical | 10994 | 162 | 1,47 |
| g2-8-v-a-cervical | g2 | 8 | v | a | cervical | 31331 | 4342 | 13,86 |
| g2-8-v-c-apical | g2 | 8 | v | c | apical | 61327 | 8684 | 14,16 |
| g2-8-v-c-cervical | g2 | 8 | v | c | cervical | 80433 | 22715 | 28,24 |
| g2-8-v-m-apical | g2 | 8 | v | m | apical | 36943 | 4240 | 11,48 |
| g2-8-v-m-cervical | g2 | 8 | v | m | cervical | 60544 | 15948 | 26,34 |

Tabela 18 - Porcentagem de infiltração de corante Grupo III.

| nome espécime | grupo | espécime | raiz | terço | face do terço | dentina total | dentina corada | % |
|-------------------|-------|----------|------|-------|---------------|---------------|----------------|-------|
| g3-1-p-a-apical | g3 | 1 | p | a | apical | 28733 | 260 | 0,90 |
| g3-1-p-a-cervical | g3 | 1 | p | a | cervical | 43130 | 788 | 1,83 |
| g3-1-p-c-apical | g3 | 1 | p | c | apical | 64725 | 3027 | 4,68 |
| g3-1-p-c-cervical | g3 | 1 | p | c | cervical | 83297 | 728 | 0,87 |
| g3-1-p-m-apical | g3 | 1 | p | m | apical | 47201 | 976 | 2,07 |
| g3-1-p-m-cervical | g3 | 1 | p | m | cervical | 57241 | 3481 | 6,08 |
| g3-1-v-a-apical | g3 | 1 | v | a | apical | 28776 | 1219 | 4,24 |
| g3-1-v-a-cervical | g3 | 1 | v | a | cervical | 55599 | 4140 | 7,45 |
| g3-1-v-c-apical | g3 | 1 | v | c | apical | 71306 | 6779 | 9,51 |
| g3-1-v-c-cervical | g3 | 1 | v | c | cervical | 87455 | 508 | 0,58 |
| g3-1-v-m-apical | g3 | 1 | v | m | apical | 62415 | 2151 | 3,45 |
| g3-1-v-m-cervical | g3 | 1 | v | m | cervical | 72184 | 3335 | 4,62 |
| g3-2-p-a-apical | g3 | 2 | p | a | apical | 29083 | 1561 | 5,37 |
| g3-2-p-a-cervical | g3 | 2 | p | a | cervical | 47750 | 16783 | 35,15 |
| g3-2-p-c-apical | g3 | 2 | p | c | apical | 69553 | 7176 | 10,32 |
| g3-2-p-c-cervical | g3 | 2 | p | c | cervical | 67980 | 11062 | 16,27 |
| g3-2-p-m-apical | g3 | 2 | p | m | apical | 49992 | 6951 | 13,90 |
| g3-2-p-m-cervical | g3 | 2 | p | m | cervical | 62140 | 30386 | 48,90 |
| g3-2-v-a-apical | g3 | 2 | v | a | apical | 7837 | 436 | 5,56 |
| g3-2-v-a-cervical | g3 | 2 | v | a | cervical | 25562 | 2940 | 11,50 |
| g3-2-v-c-apical | g3 | 2 | v | c | apical | 54333 | 12215 | 22,48 |
| g3-2-v-c-cervical | g3 | 2 | v | c | cervical | 69049 | 20598 | 29,83 |
| g3-2-v-m-apical | g3 | 2 | v | m | apical | 33749 | 4962 | 14,70 |
| g3-2-v-m-cervical | g3 | 2 | v | m | cervical | 47987 | 6401 | 13,34 |
| g3-3-p-a-apical | g3 | 3 | p | a | apical | 24733 | 1489 | 6,02 |
| g3-3-p-a-cervical | g3 | 3 | p | a | cervical | 32832 | 675 | 2,06 |
| g3-3-p-c-apical | g3 | 3 | p | c | apical | 66439 | 14150 | 21,30 |
| g3-3-p-c-cervical | g3 | 3 | p | c | cervical | 75704 | 22100 | 29,19 |
| g3-3-p-m-apical | g3 | 3 | p | m | apical | 41023 | 2355 | 5,74 |
| g3-3-p-m-cervical | g3 | 3 | p | m | cervical | 60438 | 12025 | 19,90 |
| g3-3-v-a-apical | g3 | 3 | v | a | apical | 21576 | 581 | 2,69 |
| g3-3-v-a-cervical | g3 | 3 | v | a | cervical | 38323 | 3311 | 8,64 |
| g3-3-v-c-apical | g3 | 3 | v | c | apical | 77891 | 15975 | 20,51 |
| g3-3-v-c-cervical | g3 | 3 | v | c | cervical | 94638 | 20508 | 21,67 |
| g3-3-v-m-apical | g3 | 3 | v | m | apical | 49072 | 7449 | 15,18 |
| g3-3-v-m-cervical | g3 | 3 | v | m | cervical | 69125 | 22238 | 32,17 |
| g3-4-p-a-apical | g3 | 4 | p | a | apical | 13998 | 2052 | 14,66 |
| g3-4-p-a-cervical | g3 | 4 | p | a | cervical | 26812 | 5827 | 21,73 |
| g3-4-p-c-apical | g3 | 4 | p | c | apical | 59613 | 11350 | 19,04 |
| g3-4-p-c-cervical | g3 | 4 | p | c | cervical | 84707 | 16495 | 19,47 |
| g3-4-p-m-apical | g3 | 4 | p | m | apical | 36398 | 5528 | 15,19 |
| g3-4-p-m-cervical | g3 | 4 | p | m | cervical | 54531 | 13782 | 25,27 |
| g3-4-v-a-apical | g3 | 4 | v | a | apical | 31613 | 1540 | 4,87 |
| g3-4-v-a-cervical | g3 | 4 | v | a | cervical | 37090 | 9308 | 25,10 |
| g3-4-v-c-apical | g3 | 4 | v | c | apical | 68586 | 14456 | 21,08 |
| g3-4-v-c-cervical | g3 | 4 | v | c | cervical | 72811 | 22887 | 31,43 |
| g3-4-v-m-apical | g3 | 4 | v | m | apical | 45320 | 8419 | 18,58 |
| g3-4-v-m-cervical | g3 | 4 | v | m | cervical | 58407 | 16218 | 27,77 |
| g3-5-p-a-apical | g3 | 5 | p | a | apical | 24999 | 475 | 1,90 |

| | | | | | | | | |
|-------------------|----|---|---|---|----------|-------|-------|-------|
| g3-5-p-a-cervical | g3 | 5 | p | a | cervical | 34782 | 281 | 0,81 |
| g3-5-p-c-apical | g3 | 5 | p | c | apical | 69565 | 3466 | 4,98 |
| g3-5-p-c-cervical | g3 | 5 | p | c | cervical | 67666 | 4559 | 6,74 |
| g3-5-p-m-apical | g3 | 5 | p | m | apical | 45005 | 1630 | 3,62 |
| g3-5-p-m-cervical | g3 | 5 | p | m | cervical | 61744 | 3211 | 5,20 |
| g3-5-v-a-apical | g3 | 5 | v | a | apical | 23887 | 221 | 0,93 |
| g3-5-v-a-cervical | g3 | 5 | v | a | cervical | 37455 | 200 | 0,53 |
| g3-5-v-c-apical | g3 | 5 | v | c | apical | 53515 | 5213 | 9,74 |
| g3-5-v-c-cervical | g3 | 5 | v | c | cervical | 68482 | 7468 | 10,91 |
| g3-5-v-m-apical | g3 | 5 | v | m | apical | 42969 | 572 | 1,33 |
| g3-5-v-m-cervical | g3 | 5 | v | m | cervical | 65263 | 5597 | 8,58 |
| g3-6-p-a-apical | g3 | 6 | p | a | apical | 34159 | 1077 | 3,15 |
| g3-6-p-a-cervical | g3 | 6 | p | a | cervical | 48118 | 2316 | 4,81 |
| g3-6-p-c-apical | g3 | 6 | p | c | apical | 96811 | 10305 | 10,64 |
| g3-6-p-c-cervical | g3 | 6 | p | c | cervical | 95877 | 10734 | 11,20 |
| g3-6-p-m-apical | g3 | 6 | p | m | apical | 55441 | 4011 | 7,23 |
| g3-6-p-m-cervical | g3 | 6 | p | m | cervical | 74896 | 6075 | 8,11 |
| g3-6-v-a-apical | g3 | 6 | v | a | apical | 22503 | 1887 | 8,39 |
| g3-6-v-a-cervical | g3 | 6 | v | a | cervical | 38964 | 3601 | 9,24 |
| g3-6-v-c-apical | g3 | 6 | v | c | apical | 72650 | 11515 | 15,85 |
| g3-6-v-c-cervical | g3 | 6 | v | c | cervical | 89997 | 17009 | 18,90 |
| g3-6-v-m-apical | g3 | 6 | v | m | apical | 57758 | 5264 | 9,11 |
| g3-6-v-m-cervical | g3 | 6 | v | m | cervical | 72452 | 8753 | 12,08 |

Apêndice B- Quadros

Quadro 2 – Conicidade dos instrumentos rotatórios ProTaper

| diâmetro | SX | | S1 | | S2 | | F1 | | F2 | | F3 | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Taper | Ø |
| 0 | | 0,19 | | 0,185 | | 0,200 | | 0,200 | | 0,250 | | 0,300 |
| 1 | 3,5% | 0,225 | 2,0% | 0,205 | 4,0% | 0,240 | 7,0% | 0,270 | 8,0% | 0,330 | 9,0% | 0,390 |
| 2 | 4,5% | 0,27 | 3,0% | 0,235 | 4,5% | 0,285 | 7,0% | 0,340 | 8,0% | 0,410 | 9,0% | 0,480 |
| 3 | 5,5% | 0,325 | 4,0% | 0,275 | 5,0% | 0,335 | 7,0% | 0,410 | 8,0% | 0,490 | 9,0% | 0,570 |
| 4 | 6,5% | 0,39 | 4,5% | 0,320 | 5,5% | 0,390 | 5,5% | 0,465 | 6,0% | 0,550 | 7,0% | 0,640 |
| 5 | 8,5% | 0,475 | 5,0% | 0,370 | 6,0% | 0,450 | 5,5% | 0,520 | 6,0% | 0,610 | 7,0% | 0,710 |
| 6 | 11,0% | 0,585 | 6,0% | 0,430 | 6,0% | 0,510 | 5,5% | 0,575 | 5,5% | 0,665 | 5,0% | 0,760 |
| 7 | 14,5% | 0,73 | 7,0% | 0,500 | 6,0% | 0,570 | 5,5% | 0,630 | 5,5% | 0,720 | 5,0% | 0,810 |
| 8 | 17,0% | 0,9 | 8,0% | 0,580 | 6,0% | 0,630 | 5,5% | 0,685 | 5,5% | 0,775 | 5,0% | 0,860 |
| 9 | 19,0% | 1,09 | 9,0% | 0,670 | 6,0% | 0,690 | 5,5% | 0,740 | 5,5% | 0,830 | 5,0% | 0,910 |
| 10 | 2,0% | 1,11 | 10,0% | 0,770 | 7,0% | 0,760 | 5,5% | 0,795 | 5,5% | 0,885 | 5,0% | 0,960 |
| 11 | 2,0% | 1,13 | 10,0% | 0,870 | 9,0% | 0,850 | 5,5% | 0,850 | 5,5% | 0,940 | 5,0% | 1,010 |
| 12 | 2,0% | 1,15 | 10,5% | 0,975 | 10,5% | 0,955 | 5,5% | 0,905 | 5,5% | 0,995 | 5,0% | 1,060 |
| 13 | 2,0% | 1,17 | 10,5% | 1,080 | 11,5% | 1,070 | 5,5% | 0,960 | 5,5% | 1,050 | 5,0% | 1,110 |
| 14 | 2,0% | 1,19 | 11,0% | 1,190 | 11,5% | 1,185 | 5,5% | 1,015 | 5,5% | 1,105 | 5,0% | 1,160 |
| 15 | 0,0% | 1,19 | 11,0% | 1,200 | 11,5% | 1,200 | 5,5% | 1,070 | 5,5% | 1,160 | 5,0% | 1,200 |
| 16 | 0,0% | 1,19 | 0,0% | 1,200 | 0,0% | 1,200 | 5,5% | 1,125 | 5,5% | 1,200 | 0,0% | 1,200 |

Quadro 3 – Diâmetro do canal cirúrgico obtido após o preparo

| diâmetro | Tronco do canal cirúrgico |
|----------|---------------------------|
| 0 | 0,300 |
| 1 | 0,390 |
| 2 | 0,480 |
| 3 | 0,570 |
| 4 | 0,640 |
| 5 | 0,710 |
| 6 | 0,760 |
| 7 | 0,810 |
| 8 | 0,9 |
| 9 | 1,09 |
| 10 | 1,11 |
| 11 | 1,13 |
| 12 | 1,15 |
| 13 | 1,17 |
| 14 | 1,19 |
| 15 | 1,200 |
| 16 | 1,200 |

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)