

UNIVERSIDADE DE UBERABA  
MESTRADO ACADÊMICO EM ODONTOLOGIA  
FERNANDA RODRIGUES BORGES AMARAL GUARATO

INFLUÊNCIA DOS *LASERS* Er,Cr:YSGG E DIODO-980nm NA PREVENÇÃO DA CÁRIE  
RADICULAR: ESTUDO *IN VITRO*

UBERABA – MG

2021



FERNANDA RODRIGUES BORGES AMARAL GUARATO

INFLUÊNCIA DOS *LASERS* Er,Cr:YSGG E DIODO-980nm NA PREVENÇÃO DA CÁRIE  
RADICULAR: ESTUDO *IN VITRO*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Mestrado Acadêmico da Universidade de Uberaba, como requisito para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na Área de Concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri.

UBERABA – MG

2021

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

G931i Guarato, Fernanda Rodrigues Borges Amaral.  
Influência dos *lasers* Er,Cr:YSGG e Diodo-980nm na prevenção da cárie radicular: estudo *in vitro* / Fernanda Rodrigues Borges Amaral Guarato. – Uberaba, 2021.  
47 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Odontologia. Área Clínica Odontológica Integrada.  
Orientador: Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri.

1. Lasers em odontologia. 2. Cáries dentárias. I. Lepri, Cesar Penazzo. II. Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Odontologia. Área Clínica Odontológica Integrada. III. Título.

CDD 617.063

FERNANDA RODRIGUES BORGES AMARAL GUARATO

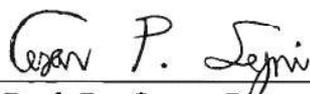
“INFLUÊNCIA DOS *LASERS* Er,Cr:YSGG e DIODO-980nm NA PREVENÇÃO DA CÁRIE RADICULAR: ESTUDO *IN VITRO*”

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Mestrado da Universidade de Uberaba.

Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada

Aprovado (a) em: 26/02/2021

BANCA EXAMINADORA:



---

Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri  
Orientador  
Universidade de Uberaba



---

Prof. Dr. Vinicius Rangel Geraldo Martins  
Universidade de Uberaba



---

Profª. Drª. Regina Guenka Palma Dibb  
Universidade de São Paulo – USP/RP



## DEDICATÓRIA

A Deus, por me permitir viver com saúde e por guiar meus passos durante todos os momentos da minha vida, me dando forças, serenidade, determinação e amparo.

A minha família, gratidão por todo amor e incentivo que depositam em mim. Em especial, agradeço minha amada mãe, Alcione Rodrigues, por não medir esforços em me proporcionar a melhor educação e me incentivar incondicionalmente. Meus maiores sonhos só foram possíveis de serem realizados, graças à senhora. Minha eterna gratidão. A senhora é a flor mais linda e perfumosa do meu jardim.

Ao meu amado esposo, Bruno Guarato Leite, obrigada por todo amor e companheirismo durante esses longos anos de relacionamento. Você é minha fortaleza nos momentos que preciso, é meu apoiador, e faz de tudo para me ver evoluir como pessoa e profissional, além de ser meu melhor amigo. Seu sorriso alegra meus dias e meu coração.

A minha avó materna Maria Terezinha e ao meu pai, Leonardo Borges Amaral, pelas constantes orações e palavras de incentivo. Vocês me acalmam e me deixam mais confiantes.

A todas as minhas amigas e pessoas que trago no coração que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta conquista. Sou extremamente abençoada por tê-los todos em minha vida.



## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri, obrigada por fazer desta jornada um aprendizado sem fim. Sua ética, competência, profissionalismo, inteligência e humildade o fazem ser um exemplo e referência de pessoa, professor, mestre e educador. Sinto-me imensamente grata por ter tido a oportunidade de ser sua aluna na graduação e sua orientada no mestrado.

Agradeço, também, pela confiança depositada em mim e por ter acreditado no meu potencial, sempre demonstrando atenção e respeito, e fazendo o possível para esclarecer todas as minhas dúvidas. Levarei seus ensinamentos sempre comigo. Mais uma vez, obrigada por tudo.



## AGRADECIMENTOS

À Universidade de Uberaba, através do Magnífico Reitor Dr. Marcelo Palmério.

À Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão da Universidade de Uberaba, na pessoa do Pró-Reitor Prof. Dr. André Luís Teixeira Fernandes.

À CAPES, pela concessão do auxílio financeiro sob a forma de PROSUP/Taxa de estudos.

Às agências de fomento CNPq (PIBIC) e FAPEMIG (PIBIC) e ao PAPE-UNIUBE pela concessão de auxílio financeiro para o desenvolvimento do projeto.

À profa. Dra. Denise Bertulucci Rocha Rodrigues por ser minha primeira fonte de inspiração no universo da pesquisa científica e por me incentivar a seguir por esse caminho.

Aos professores do Mestrado por todo conhecimento, aprendizado e orientações. A Universidade de Uberaba é grandiosa por tê-los como docentes.

Aos professores participantes do meu exame de Qualificação: Vinícius Rangel Geraldo Martins, Denise Tornavoi de Castro, João Paulo Silva Servato e a professora suplente Ana Paula Ayres Oliveira. Obrigada por todas as considerações, as quais foram prontamente acatadas.

Ao laboratório de Biomateriais da Universidade de Uberaba e ao técnico Marcelo Silveira Hermeto, que sempre se mostrava disposto em me auxiliar com o uso dos equipamentos.

À técnica Camilla Beatriz da Silva, que prontamente se comprometeu a manipular as soluções para os testes de ciclagem de pH.

À Flávia Michele da Silva, secretária do Curso de Pós-Graduação da Universidade de Uberaba, pela dedicação ao trabalho, competência e disponibilidade em esclarecer minhas dúvidas.

Aos meus colegas de mestrado, Paula Moreno Lima, Gabriela Tiago Ferreira, Caroline Gabriela Gonçalves, Taíssa Cássia de Souza Furtado e Ivan Keocheguerian Filho, por participar dessa jornada comigo. Nossas preocupações, dificuldades e momentos de tensão, com certeza, foram importantes para nosso amadurecimento. Vocês foram, além de colegas de turma, amigos e fonte de apoio.

Ao laboratório de *Laser* em Odontologia do Departamento de Odontologia Restauradora da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pela disponibilização do *laser* e do microscópio confocal de varredura a *laser* que foram utilizados neste estudo. Especialmente às professoras Regina Guenka Palma Dibb e Juliana Jendiroba Faraoni.



Agradeço ao meu amigo e Dr. Eduardo Andrade (médico veterinário) que foi extremamente atencioso e disposto em me ajudar a conseguir os dentes bovinos para a realização deste trabalho. Sem você, não teria conseguido providenciar minhas amostras tão rapidamente e com tamanha qualidade. Obrigada!

Gratidão, também, a todos que de alguma forma, contribuíram e me deram apoio para a realização deste trabalho.



## RESUMO

A cárie radicular tem alta prevalência na terceira idade. Por isso, há a necessidade de se desenvolver métodos alternativos para melhorar a prevenção dessa doença. O objetivo do presente estudo *in vitro* foi avaliar a influência do *laser* Er,Cr:YSGG e do *laser* diodo-980nm, associada ou não a fluoretos, na prevenção da cárie radicular, através da avaliação da rugosidade superficial (RS) e da perda de volume (PV). Cento e trinta espécimes padronizados de dentina bovina foram aleatoriamente divididos em 13 grupos: ST: Sem tratamento; FG: Flúor gel; VF: Verniz fluoretado; Di: Diodo-980nm; Di + FG: Diodo-980nm + flúor gel; Di + VF: Diodo-980nm + verniz fluoretado; FG + Di: Flúor gel + diodo-980nm; VF + Di: Verniz fluoretado + diodo-980nm; Er: Er,Cr:YSGG; Er + FG: Er,Cr:YSGG + flúor gel; Er + VF: Er,Cr:YSGG + verniz fluoretado; FG + Er: Flúor gel + Er,Cr:YSGG e VF + Er: Verniz fluoretado + Er,Cr:YSGG. O flúor gel (1,23%) e o verniz fluoretado (NaF a 5%) foram aplicados na superfície da dentina por 4 minutos. O *laser* Er,Cr:YSGG foi irradiado com potência de 0,25W; taxa de repetição de 5,0 Hz; densidade de energia de 4,46J/cm<sup>2</sup> por 10 segundos no modo escaneamento, sem água e com 55% de ar. O *laser* diodo-980nm foi irradiado com potência de 2,0W; 2,0Hz; 21,41J/cm<sup>2</sup>, no modo contato. As amostras de cada grupo foram submetidas à ciclagem de pH (DES/RE). Para as análises de RS (parâmetro Ra- $\mu\text{m}^2$ ) e de PV ( $\mu\text{m}^3$ ), os espécimes foram analisados em microscopia confocal de varredura a *laser*. A região central foi selecionada para estas análises, incluindo a área de referência e a área experimental. Os dados foram adquiridos pelo software OLS4100®. A distribuição dos dados foi normal (Kolmogorov-Smirnov) e homogênea (Levene). Os valores médios de RS dos diferentes grupos foram comparados com o teste de Análise de Variância. Para a diferenciação das médias, utilizou-se o pós-teste de Tukey. O teste de Kruskal-Wallis avaliou os valores percentuais de PV (%), seguido do pós-teste de Dunn. Para todos os testes o nível de significância foi 5% ( $\alpha = 0,05$ ). O maior valor de RS foi do grupo ST ( $7,940 \pm 0,682$ ) e os demais grupos apresentaram valores intermediários. Os grupos VF + Di ( $1,651 \pm 0,149$ ) e VF + Er ( $1,523 \pm 0,081$ ) foram os grupos com menor RS, após passarem pela ciclagem de pH. O grupo ST ( $58,9 \pm 3,7$ ) mostrou maiores valores de PV, seguido do FG ( $46,1 \pm 3,0$ ) e do VF ( $34,2 \pm 2,5$ ). Grupos VF + DI ( $13,5 \pm 1,1$ ) e VF + Er ( $11,6 \pm 1,4$ ) demonstraram diferenças estatisticamente significantes em relação aos demais grupos e não diferiram entre si. O presente estudo sugere que o melhor tratamento foi através da associação do verniz fluoretado



e a irradiação à *laser*, seja Er,Cr:YSGG ou diodo-980nm. Ainda, mostrou eficácia de ambos os *lasers* isoladamente e ressalta o efeito promissor do *laser* diodo-980nm.

Palavras-chave: verniz fluoretado; *lasers* de YSGG; cárie dentária; *lasers* de Diodo.



## ABSTRACT

Root caries has high prevalence in old age. Therefore, it is needed to develop alternative methods to improve the prevention of this disease. The objective of the present *in vitro* study is to evaluate the influence of the irradiation of the Er,Cr:YSGG *laser* and diode-980nm *laser*, associated or not to fluorides, in the prevention of root caries, through the evaluation of the surface roughness (SR) and the volume loss (VL). One hundred and thirty standardized specimens of bovine dentin were randomly divided into 13 groups: NT: No treatment; FG: Fluoride gel; VF: Fluoride varnish; Di: Diode-980nm; Di + FG: Diode -980nm + fluoride gel; Di + VF: Diode-980nm + fluoride varnish; FG + Di: Fluoride gel + diode-980nm; VF + DI: Fluoride varnish + diode-980nm; ER: Er,Cr:YSGG; Er + FG: Er,Cr:YSGG + fluoride gel; Er + FV: Er,Cr:YSGG + fluoride varnish; FG + Er: Fluoride gel + Er,Cr:YSGG and FV + Er: Fluoride varnish + Er,Cr:YSGG. Fluoride gel (1.23%) and fluoride varnish (5% NaF) were applied to the dentin surface for 4 minutes. The Er,Cr:YSGG *laser* was irradiated with power of 0.25W; repetition rate of 5.0 Hz; energy density of 4.46J/cm<sup>2</sup> for 10 seconds in scan mode, without water e with 55% air. The diode-980nm *laser* was irradiated in scan mode, with a power of 2.0W; 2.0Hz; 21.41J/cm<sup>2</sup>, without distance. The samples of each group were submitted to pH cycling (DES/RE). For the SR (parameter Ra- $\mu\text{m}^2$ ) and VL ( $\mu\text{m}^3$ ) analyzes the specimens were analyzed using *laser* scanning confocal microscopy. The central region was used for these analyzes, including the reference area and the experimental area. The data was acquired by the OLS4100® software. The data distribution was normal (Kolmogorov-Smirnov) and homogeneous (Levene). The mean SR values of the different groups were compared with the Analysis of Variance test. To differentiate the means, the Tukey post-test was used. The Kruskal-Wallis test evaluated the percentage values of VL (%), followed by the Dunn post-test. For all tests, the level of significance was 5% ( $\alpha = 0.05$ ). The highest SR value was NT ( $7.940 \pm 0.682$ ) and the other groups had intermediate values. FV + Di ( $1.651 \pm 0.149$ ) and FV + Er ( $1.523 \pm 0.081$ ) were the groups with the lowest SR, after undergoing pH cycling. The NT group ( $58.9 \pm 3.7$ ) showed higher PV values, followed by FG ( $46.1 \pm 3.0$ ) and VF ( $34.2 \pm 2.5$ ). Groups FV + Di ( $13.5 \pm 1.1$ ) and FV + Er ( $11.6 \pm 1.4$ ) showed statistically significant differences in relation to the other groups and did not differ from each other. The present study suggests that the best treatment was through the association of fluoride varnish and *laser* irradiation, be it Er,Cr:YSGG or diode-980nm. Still, it showed effectiveness of both *lasers* alone and highlights the promising effect of the diode-980nm *laser*.



Keywords: fluoride varnish; YSGG *lasers*; dental caries; Diode *lasers*.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. 43  
Preparo dos espécimes. A – Dente hígido. B – Separação da coroa e raiz a 1mm da junção amelo-cementária utilizando-se um disco diamantado sob refrigeração à água, acoplado em uma máquina de corte. C – Algumas raízes seccionadas. D – Fixação da raiz com cera a placa de acrílico para receber o segundo corte. E – Corte em máquina de corte de precisão (ISOMET 1000® cutting machine (Precision Saw Buehler, Illinois – USA), em que, as raízes foram cortadas no sentido cérvico-apical, obtendo espécimes de 4,5mm. F – Máquina de corte de precisão ISOMET 1000® (cutting machine (Precision Saw Buehler, Illinois – USA). G - Terceiro corte na máquina de precisão para se obter duas metades: uma mesial e uma distal.
- Figura 2. 44  
Padronização dos espécimes. A – Máquina Lixadeira e Politriz Metalográfica APL (Arotec). B – Dimensão padronizada dos espécimes (4,25mm x 4,25mm x 3,00mm) checada com paquímetro digital. C - Dimensão padronizada dos espécimes. D – Proteção da área experimental com fita isolante. E – Imagem com espécimes recebendo cobertura com esmalte cosmético vermelho. F – Espécime coberto com cera, excetuando a área experimental. G – remoção da fita isolante para expor a área experimental e espécimes prontos para receberem os tratamentos.
- Figura 3. 44  
Tratamento preventivo dos espécimes. A – Aplicação do gel fluoretado no espécime com microbrush. B - Aplicação do verniz fluoretado no espécime com microbrush. C – *Laser* Diodo-980nm. D – *Laser* Er,Cr:YSGG.
- Figura 4. 45  
Teste de ciclagem de pH. A - Recipientes devidamente identificados para receber a solução de desmineralização. B - Recipientes devidamente identificados para receber a solução de remineralização. C – Recipientes com os espécimes imersos na solução de remineralização em um volume de 50mL. D – Estufa a 37°C.
- Figura 5. 45  
Imagem representativa de um espécime com topografia plana, mostrando a efetividade do tratamento preventivo. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).
- Figura 6. 46



Espécime com topografia plana, mostrando uma perda de volume leve. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela). Figura 7. Imagem da microscopia confocal de varredura a *laser* (LEXT - Software OLS4000) que mostra claramente as diferenças entre as regiões controle e experimental. Observa-se maior rugosidade superficial na região experimental (seta vermelha), além de uma significativa perda de volume em relação à região controle (seta amarela).

Figura 7. 46

Imagem da microscopia confocal de varredura a *laser* (LEXT - Software OLS4000) que mostra claramente as diferenças entre as regiões controle e experimental. Observa-se maior rugosidade superficial na região experimental (seta vermelha), além de uma significativa perda de volume em relação à região controle (seta amarela).

Figura 8. 47

Imagem representativa de espécime com perda de volume moderada na região experimental, destacada em amarelo. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

Figura 9. 47

Imagem representativa de um espécime com perda de volume severa. Neste espécime, o tratamento realizado não foi capaz de evitar/minimizar a perda mineral dos ciclos DES/RE. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

Figura 10. 48

Quadro comparativo do volume do espécime (em amarelo) da região controle (foto acima) e da região experimental (foto abaixo), evidenciando perda de volume severa. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Grupos experimentais e tratamento dos espécimes.	25
Tabela 2. Especificações técnicas do <i>laser</i> Er,Cr:YSGG.	26
Tabela 3. Parâmetros de irradiação do <i>laser</i> Er,Cr:YSGG.	26
Tabela 4. Especificações técnicas do <i>laser</i> diodo-980nm	27
Tabela 5. Parâmetros de irradiação do <i>laser</i> diodo-980nm	27
Tabela 6.	30
Valores médios (desvio padrão) da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}^2$ ) dos grupos, considerando a área de referência e a área pré-tratada seguida dos ciclos de desmineralização/remineralização.	
Tabela 7. Perda de volume (%) nos grupos estudados.	31



## LISTA DE ABREVIACÕES

**µm** micrômetro

**Er,Cr:YSGG laser** de érbio-cromo dopado com ítrio, scandium, gálio, granada

**Er** grupos irradiados a *laser* de érbio-cromo dopado com ítrio, scandium, gálio, granada

**Er:YAG laser** de érbio dopado com ítrio, alumínio, granada

**Nd:YAG laser** de neodímio dopado com ítrio, alumínio, granada

**Di** Diodo-980nm

*et al.* e colaboradores

**DES/RE** desmineralização/remineralização

**APF** de fluoreto de sódio acidulado 1,23%

**NaF** fluoreto de sódio

**FG** flúor gel

**VF** verniz fluoretado

**G** grupo

**RS** rugosidade superficial

**PV** perda de volume

**Hz** hertz

**J/cm<sup>2</sup>** joule por centímetro quadrado

**kV** quilovolt(s)

**mL** mililitro(s)

**mm** milímetro(s)

**°C** grau Celsius

**pH** logaritmo negativo de concentração hidrogeniônica (-log[H<sup>+</sup>])

**W** watt



## SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT	
1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 <i>Delineamento experimental</i>	24
3.2 <i>Seleção dos dentes</i>	24
3.3 <i>Preparo dos espécimes</i>	24
3.4 <i>Grupos experimentais / Tratamento e irradiação dos espécimes</i>	25
3.5 <i>Parâmetros dos lasers</i>	26
3.6 <i>Desafio cariogênico (ciclagem de pH)</i>	27
3.7 <i>Análise de Rugosidade Superficial e Perda de Volume</i>	28
3.8 <i>Análise Estatística</i>	28
4 RESULTADOS	30
4.1 <i>Rugosidade Superficial</i>	30
4.2 <i>Perda de Volume</i>	31
5 DISCUSSÃO	32
6 CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS	38
APÊNDICES	43



## 1 INTRODUÇÃO

Dados recentes comprovam o aumento da expectativa de vida mundial, com idade média de 72 anos para ambos os sexos (WHO, 2019). Segundo o IBGE (2019), a longevidade esperada para mulheres é de 79,9 anos e de 72,8 anos para os homens. Com este aumento da longevidade e com as melhorias da qualidade de vida, principalmente da saúde bucal, espera-se um aumento de pessoas que atingirão a vida adulta e a terceira idade com a manutenção de vários dentes na boca. Com isso, também aumenta as chances de se desenvolver algumas doenças bucais, como a doença periodontal e a cárie radicular. (BATISTA *et al.*, 2014; HEASMAN *et al.*, 2017; HARIYANE *et al.*, 2018).

Com o aumento da idade, decorrente da perda fisiológica gradativa de suporte ósseo, além do consumo de alimentos mais ácidos e da própria escovação, além do aumento do estresse, ocorre o surgimento das recessões gengivais. Sabemos que as estruturas localizadas na região cervical (cimento, dentina e uma fina camada de esmalte dental) são mais susceptíveis à desmineralização e ao desafio cariogênico, favorecendo assim, a presença da cárie radicular. Molares e pré-molares inferiores são apontados como os dentes mais acometidos, seguidos de caninos e incisivos superiores. (BARBOSA 2011; BATISTA *et al.*, 2014; HEASMAN *et al.*, 2017). Além disso, sabemos que a perda de inserção gengival pode estar relacionada com a idade, mas que a idade não é um fator determinante da cárie radicular se existir um controle eficaz do biofilme (HEASMAN *et al.*, 2017).

Ainda assim, atualmente, estudos sugerem o aumento da prevalência e incidência desta condição, o que a torna um problema de saúde pública. Uma revisão sistemática e meta-análise sobre a incidência da cárie radicular demonstrou que a mesma aumentou com o tempo, mesmo entre os idosos saudáveis (HARIYANE *et al.*, 2018).

Os fatores de risco para o seu desenvolvimento são: recessão gengival e a consequente exposição dentinária, associada a uma higienização deficiente (que está relacionada, muitas vezes, com a dificuldade motora e doenças como Alzheimer e Parkinson), a presença de biofilme específico, a diminuição do fluxo salivar (condição comum com o aumento da idade e muitas vezes causada por medicações de uso contínuo), e a alterações na dieta, e tudo isso em função do tempo (LEPRI, PALMA-DIBB 2012; ARTHUR *et al.*, 2015; GRIPPO *et al.*, 2017; HEASMAN *et al.*, 2017).

Além desses, outros fatores, como a composição salivar e a sua capacidade tampão, o contato com fluoretos e a história passada de cárie, também influenciam indiretamente a

formação da cárie radicular e possibilitam determinar o maior ou menor risco de desenvolvimento da lesão (NYVAD *et al.*, 1997; FEJERSKOV, KIDD 2011; NÓBREGA *et al.*, 2016).

A literatura demonstra que entre o dente e o ambiente oral acontece um processo físico-químico de desmineralização *versus* remineralização (THEVADASS *et al.*, 1006; NYVAD *et al.*, 1997; JORGE *et al.*, 2014) Os íons flúor podem interferir no processo físico-químico da formação e progressão da lesão cariosa, inibindo a desmineralização e potencializando a remineralização. Este processo é benéfico, já que ocorre a formação de reservatórios de íons flúor na superfície do esmalte na forma de precipitados de fluoreto de cálcio (CaF<sub>2</sub>), que, por sua vez, liberam o íon flúor para inibir a desmineralização frente às quedas de pH (THEVADASS *et al.*, 1996; TEN CATE 1999; FEATHERSTONE 2000; LEME *et al.*, 2007; FERNÁNDEZ, TENUTA, CURY, 2016).

Porém, o processo de formação da cárie acontece mais rápido na dentina que no esmalte, uma vez que a dentina é composta de maior quantidade de matriz orgânica e possui maior permeabilidade. Além disso, a dentina apresenta um pH crítico menos resistente em relação ao esmalte, o que favorece o processo de desmineralização. Então, sobre as mesmas condições de desafio cariogênico, a dentina se torna mais suscetível à desmineralização do que o esmalte (VALE *et al.*, 2011; FALCÃO *et al.*, 2015; HEASMAN *et al.*, 2017; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019).

Contudo, o efeito do flúor é parcial, uma vez que não impede a instalação da doença frente a um alto desafio cariogênico. É notável a importância dos fluoretos na redução da desmineralização e favorecimento da remineralização, mas, desde que os fluoretos estejam em constante disponibilidade na saliva. Para alcançar os resultados benéficos dos fluoretos, deve-se aumentar a frequência (três vezes ao dia) das escovações com dentifrício fluoretado com 1.100 ppm de flúor. Além disso, maiores quantidades de ppm de flúor são necessárias quando o substrato é a dentina (NÓBREGA *et al.*, 2015).

Portanto, fica clara a necessidade de se desenvolver métodos alternativos que interfiram positivamente e otimizem o processo de DES/RE, a fim de se melhorar e potencializar a prevenção dos tecidos dentais. (HOSSAIN *et al.*, 2001., GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; DOS SANTOS FERREIRA., 2019).

Nesse sentido, uma alternativa que vem se mostrando eficaz é irradiação a *laser*. Desde a demonstração do aumento da resistência ácida do esmalte dental irradiado com o *laser* de rubi e de CO<sub>2</sub> na década de 70, muitos trabalhos têm sido realizados na área de prevenção de cárie

e têm demonstrado a capacidade dos *lasers* em reduzir a solubilidade dos tecidos dentais e reduzir sua perda mineral. (KANTOLA, 1972; FRIED *et al.*, 1996; FEATHERSTONE *et al.*, 1998; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; EL MANSY *et al.*, 2019).

Os *lasers* de alta intensidade de Érbio foram primeiramente introduzidos na Odontologia para a realização de preparos cavitários, remoção de tecido cariado e até em cirurgias, já que são bem absorvidos pela água e pelo radical hidroxila, na hidroxiapatita. Eles promovem a remoção de esmalte dental pelo processo de ablação (FRIED *et al.*, 1996; HOSSAIN *et al.*, 2001; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; JORGE *et al.*, 2015).

Contudo, esses *lasers* de alta intensidade estão sendo estudados para finalidades preventivas, quando usados com parâmetros seguros e baixa energia (padrões sub-ablativos). (HOSSAIN *et al.*, 2001; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ZAPLETALOVÁ *et al.*, 2007; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019). A irradiação com *lasers* de Érbio (Er:YAG, Er:YSGG e Er,Cr:YSGG), por exemplo, promove aumento da temperatura da superfície irradiada, de 300°C a 800°C, no limiar de ablação. Essas altas temperaturas geram alterações morfológicas e estruturais positivas dos tecidos dentais irradiados (FRIED *et al.*, 1996; ANA *et al.*, 2012).

Nenhum dano térmico à polpa ou aos tecidos periodontais foram observados, quando os *lasers* foram usados sob refrigeração, taxas de repetição e/ou duração de pulso apropriado. (JORGE *et al.*, 2015.) Sendo assim, efeitos térmicos negativos sobre os tecidos dentais podem ser diminuídos ao realizar irradiações de curta duração e baixas taxas de repetição, já que isso proporciona o resfriamento dos tecidos dentários entre os pulsos (GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; ZAPLETALOVÁ *et al.*, 2007).

Vários estudos *in vitro* têm sugerido que o uso de *lasers* de alta intensidade em baixas doses, como o *laser* Érbio e o *laser* CO<sub>2</sub> são uma alternativa viável na prevenção da cárie dental. Ainda, alguns estudos *in vitro* e *in situ*, foram capazes de demonstrar o potencial dos *lasers* Érbio em aumentar a resistência ácida do esmalte. (FRIED *et al.*, 1996; JORGE *et al.*, 2015; EL MANSY *et al.*, 2019).

O mecanismo de modificação e aumento da resistência ácida do esmalte pelos *lasers* parece ser devido ao aumento de temperatura em sua superfície, o que leva à formação de zonas de derretimento, fusão e recristalização. Estudos sugerem que a irradiação da dentina também pode aumentar a concentração mineral da mesma através da remoção preferencial da

água e proteínas (colágeno) inerentes a este tecido. (KANTOLA 1972; HOSSAIN *et al.*, 2001; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ANA *et al.*, 2012;)

Um trabalho relatou que os grupos irradiados à *laser* Er,Cr:YSGG apresentaram regiões de derretimento provocadas pelo aquecimento da irradiação, porém, sem danos aos tecidos dentários. Ainda, demonstraram que a irradiação à *laser* Er,Cr:YSGG reduz, significativamente, a perda de fluoreto de cálcio e aumenta a resistência ácida dos tecidos dentários (HOSSAIN *et al.*, 2001).

Estudos mais recentes demonstraram a capacidade do *laser* Er,Cr:YSGG em transformar quimicamente e morfológicamente a estrutura da dentina, tornando-a um tecido mais resistente e menos solúvel, corroborando, assim, com seu efeito positivo para inibição da desmineralização dos tecidos dentários da cavidade bucal. (GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019).

Corrêa Aranha *et al.* 2005, demonstrou a aplicabilidade dos *lasers* Er:YAG e Nd:YAG para controle da hipersensibilidade dentinária. O trabalho demonstrou que a irradiação a *laser* na dentina é capaz de promover um derretimento da estrutura de hidroxiapatita, e que, quando a mesma resfria e se solidifica, forma cristais maiores de hidroxiapatita do que a estrutura original. Então, há a formação de uma superfície vitrificada e menos porosa, resultando na obliteração dos orifícios dos túbulos dentinários expostos e, conseqüentemente, melhora da hipersensibilidade dentinária. Portanto, seu estudo preliminar *in vitro* concluiu que os *lasers* Er:YAG (60 mJ, 2 Hz) e Nd:YAG (1,5W, 15 Hz) são úteis para diminuir a permeabilidade dentinária. Sugere-se, então, a irradiação a *laser* Nd:YAG está associada com redução da permeabilidade dentinária, com o aumento da resistência ácida da dentina e a redução da hipersensibilidade.

Outros estudos mostram que o *laser* Er:YAG também tem a capacidade de aumentar a resistência ácida da dentina e seu conteúdo mineral (CHIGA *et al.*, 2015). Os efeitos da irradiação a *laser*, associados ou não com a presença de fluoretos, também vêm sendo estudados com *lasers* CO<sub>2</sub>, Nd:YAG, Er:YAG e Argônio e, demonstraram sinergismo na redução da desmineralização do esmalte e no aumento da retenção de fluoretos na sua superfície. (ANA *et al.*, 2012; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014).

Nesse contexto, um trabalho publicado em 2012 (Ana *et al.* 2012), mostra que os grupos que tiveram associação dos tratamentos de irradiação a *laser* Er,Cr:YSGG mais a aplicação de flúor gel, em qualquer parâmetro de densidade de energia, resultaram em maior

redução da perda da dureza e permeabilidade do esmalte, quando comparados aos grupos tratados apenas com laser.

Além disso, relatos mais recentes na literatura têm demonstrado que a associação dos *lasers* Er,Cr:YSGG com a aplicação de fluoretos parece ser bastante promissora e capaz de gerar efeitos benéficos na prevenção da cárie em dentina, devido ao aumento da resistência ácida dentinária e à retenção de fluoretos na sua superfície, quando comparados com esses tratamentos isoladamente (ANA *et al.*, 2012; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019).

Ainda em relação aos *lasers*, há relatos na literatura sobre a aplicação do *laser* diodo-980nm na Odontologia, sobretudo para finalidades cirúrgicas, em que se percebe redução do sangramento, aceleração da hemostasia, potencial antimicrobiano, redução do processo inflamatório, redução de edema e maior conforto pós-operatório. Ainda, seu uso pode ser aplicado para a descontaminação de bolsas periodontais e para a bioestimulação tecidual (regula e estimula os eventos da cicatrização de feridas, incluindo a proliferação celular, migração e síntese de matriz extracelular (ALDELAIMI, KHALIL 2015; DERIKVAND *et al.*, 2016; BOZKURT *et al.*, 2017; ORTEGA-CONCEPCIÓN *et al.*, 2017).

Contudo, poucos estudos relataram a utilização do *laser* diodo-980nm para finalidade preventiva em esmalte e dentina, devido a seu suposto potencial de induzir a redução da desmineralização dos tecidos dentais (VILLALBA-MORENO *et al.*, 2007; DE MELO *et al.*, 2010).

Alguns poucos trabalhos também sugeriram que a associação de fluoretos tópicos com a irradiação a *laser* diodo-980nm teve efeitos positivos na prevenção da cárie dentária em esmalte, uma vez que observaram um aumento significativo na absorção de flúor na superfície do esmalte (VILLALBA-MORENO *et al.*, 2007; VITALE *et al.*, 2011; GONZÁLES-RODRÍGUEZ *et al.*, 2011; MOHARAM *et al.*, 2020). Por isso, o *laser* diodo-980nm também parece ser promissor para este fim, além de ter a vantagem de apresentar baixo custo de aquisição e de manutenção, bem como uma maior versatilidade, devido a seu tamanho compacto (VIAPIANA *et al.*, 2012).

Ainda, outro trabalho que avaliou a permeabilidade dentinária, mostrou que a irradiação com *laser* diodo-980nm reduziu a permeabilidade da dentina e promoveu a oclusão dos túbulos dentinários. (ESTEVES-OLIVEIRA *et al.*, 2010). Contudo, devido à escassez de estudos que avaliam a influência do *laser* diodo-980nm na superfície dentinária, mais pesquisas necessitam ser conduzidas para avaliar esses benefícios com maior clareza,

sobretudo com a associação de fluoretos. Além disso, mais pesquisas sobre o sinergismo dos fluoretos e *laser* Er,Cr:YSGG também são necessários, a fim de sugerir um padrão seguro e eficaz dos parâmetros e protocolos de irradiação (GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014), justificando assim a realização do presente estudo.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da irradiação do *laser* Er,Cr:YSGG e do *laser* diodo-980nm, associada ou não a fluoretos, na prevenção da cárie radicular, utilizando os seguintes métodos de avaliação:

- Rugosidade superficial (parâmetro Ra em  $\mu\text{m}^2$ ), através de microscopia confocal de varredura a *laser*;
- Avaliação da perda de volume (percentual da perda de volume), através de microscopia confocal de varredura a *laser*.

A hipótese nula do presente trabalho foi que a irradiação com os *lasers*, associados ou não a fluoretos, não alteraria a rugosidade superficial e a perda de volume dos espécimes submetidos a ciclos de DES/RE.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 *Delineamento experimental*

As unidades experimentais do trabalho foram 65 raízes dentais bovinas que foram divididas, gerando 130 espécimes e, então, foram preparadas e alocadas aleatoriamente nos 13 grupos diferentes (n=10). As variáveis quantitativas foram: análise de rugosidade superficial (RS) e avaliação da perda de volume (PV).

Os fatores estudados no presente trabalho foram: o tratamento dos espécimes em 13 níveis: ST: sem tratamento (grupo controle), FG: Flúor gel, VF: Verniz fluoretado, Di: Diodo-980nm, Di + FG: Diodo-980nm + flúor gel, Di + VF: Diodo-980nm + verniz fluoretado, FG + Di: Flúor gel + diodo-980nm, VF + Di: Verniz fluoretado + diodo-980nm, ER: Er,Cr:YSGG, Er + FG: Er,Cr:YSGG + flúor gel, Er + VF: Er,Cr:YSGG + verniz fluoretado, FG + Er: Flúor gel + Er,Cr:YSGG, e VF + Er: Verniz fluoretado + Er,Cr:YSGG.

#### 3.2 *Seleção dos dentes*

Para este trabalho, 65 dentes incisivos centrais bovinos hígidos foram selecionados. Uma única pesquisadora devidamente calibrada fez a limpeza dos dentes bovinos com curetas periodontais e o refinamento da limpeza do restante dos debris foi realizada com equipamento Moto Esmeril Tramontina 6” Bivolt 368W, utilizando escova circular em aço fio 0,3mm, garantindo, assim, a remoção de toda a camada de cimento. Os dentes foram lavados abundantemente e então, armazenados em água destilada a 4°C, trocando a água semanalmente.

#### 3.3 *Preparo dos espécimes*

As raízes dentais foram separadas das coroas (por uma única pesquisadora devidamente calibrada), a 1 mm da junção amelo-cementária, utilizando-se um disco diamantado sob refrigeração à água, acoplado em uma máquina de corte. Foi realizado um segundo corte em máquina de corte de precisão (ISOMET 1000® cutting machine - Precision Saw Buehler, Illinois – USA), em que, as raízes foram cortadas no sentido cérvico-apical, obtendo espécimes de 4,5mm. Foi realizado um terceiro corte na máquina de precisão para se

obter duas metades: uma mesial e uma distal. Em seguida, cada espécime passou por desgaste em lixadeira e politriz metalográfica APL com lixa d'água #360 (Series 41042, Arotec S.A. industry and commerce), resultando em blocos padronizados de 4,25mm x 4,25mm x 3,00mm de espessura, com uma área superficial de aproximadamente 18,0mm<sup>2</sup> (9mm<sup>2</sup> de área experimental e 9mm<sup>2</sup> de área controle). Uma variação positiva e negativa de 5% nas dimensões foi permitida.

Para identificar as metades experimentais e controle, foi realizada uma perfuração com ponta diamantada esférica FG 1013 (KG Brush, KG Sorensen, Cotia, Sao Paulo, Brazil) na face lateral da área experimental de todos os espécimes. A face experimental recebeu uma cobertura de fita isolante, enquanto a área controle e as demais faces foram impermeabilizadas com dupla camada de esmalte cosmético de unha vermelho (Colorama Maybelline, São Paulo, SP, Brazil). Após a secagem do esmalte, foi acrescentada uma cobertura de cera pegajosa para escultura (Kota Indústria e Comércio Ltda, Cotia, São Paulo, Brasil) em todas as faces, excetuando a metade experimental. Em seguida, foi removida a fita isolante, resultando em uma face de dentina exposta para receber os tratamentos e irradiações. Os espécimes foram armazenados em água destilada a 4°C até o momento da realização dos tratamentos preventivos.

### 3.4 Grupos experimentais / Tratamento e irradiação dos espécimes

Tabela 1: Grupos experimentais e tratamento dos espécimes.

<b>Grupos</b>	<b>Tratamento</b>
<b>ST</b>	Sem tratamento (grupo controle)
<b>FG</b>	Flúor gel*
<b>VF</b>	Verniz fluoretado**
<b>Di</b>	<i>Laser</i> diodo-980nm
<b>Di + FG</b>	<i>Laser</i> diodo-980nm + flúor gel
<b>Di + VF</b>	<i>Laser</i> diodo-980nm + verniz fluoretado
<b>FG + Di</b>	Flúor gel + <i>laser</i> diodo-980nm
<b>VF + Di</b>	Verniz fluoretado + <i>laser</i> diodo-980nm
<b>Er</b>	<i>Laser</i> Er,Cr:YSGG
<b>Er + FG</b>	<i>Laser</i> Er,Cr:YSGG + flúor gel
<b>Er + VF</b>	<i>Laser</i> Er,Cr:YSGG + verniz fluoretado
<b>FG + Er</b>	Flúor gel + <i>laser</i> Er,Cr:YSGG
<b>VF + Er</b>	Verniz fluoretado + <i>laser</i> Er,Cr:YSGG

\*1,23%    \*\*5%

As formas de aplicação do tratamento foram:

Flúor em gel, na forma de fluoreto de sódio acidulado 1,23% (Nova DFL – Flúor Gel) aplicado na superfície da dentina de forma ativa com microbrush (KG Brush, KG Sorensen, Cotia, Sao Paulo, Brazil) por 4 minutos. Após esse tempo, o excesso do gel foi removido com gaze.

Verniz fluoretado (fluoreto de sódio a 5%) Duraphat® - 22600 ppm fluoride (Colgate Palmolive Ind. e Com. Ltda, São Paulo, SP, Brazil) aplicado na superfície da dentina de forma ativa com microbrush (KG Brush, KG Sorensen, Cotia, Sao Paulo, Brazil) por 4 minutos. Após esse tempo, o excesso do verniz foi removido com gaze.

### 3.5 Parâmetros dos lasers

Os seguintes fatores de variação foram levados em consideração: comprimento de onda, potência, modo de emissão, taxa de repetição, espessura da fibra óptica, distância entre a lente de saída do *laser* e o tecido alvo, tempo total de irradiação da superfície de cada espécime e presença ou ausência de refrigeração durante a irradiação.

Tabela 2: Especificações técnicas do *laser* Er,Cr:YSGG.

Especificações Técnicas	Er,Cr:YSGG
Marca comercial	Biolase Technologies Inc., San Clemente, USA
Modelo	Waterlase Millenium
Comprimento de onda	2780nm
Diâmetro da fibra	600µm
Modelo da ponta	ZipTip MZ6 3mm
Ar/Água	55% de ar/Sem refrigeração à água

Tabela 3: Parâmetros de irradiação do *laser* Er,Cr:YSGG.

Parâmetros de Irradiação	Er,Cr:YSGG
Potência	0,25W
Taxa de repetição	5,0Hz
Densidade de energia	4,46J/cm <sup>2</sup>
Tempo de irradiação	10 segundos
Modo	Escaneamento da superfície
Distância do alvo	1mm do tecido alvo
Ar/Água	Sem refrigeração à água e ar

Não houve refrigeração com água para evitar o comprometimento do tratamento preventivo, pois na presença de água pode ocorrer ablação. Quanto à presença ou ausência de

ar comprimido durante a irradiação, o grupo apenas irradiado e os grupos nos quais o *laser* Er,Cr:YSGG foi aplicado antes do gel ou verniz (Er; Er + FG e Er + VF) foram irradiados com 55% de ar, enquanto os grupos nos quais a irradiação ocorreu simultaneamente ao gel ou verniz colocado previamente na superfície (FG + Er e VF + Er), a irradiação ocorreu com o sistema de ar/água desligado para evitar a remoção do gel ou verniz.

Tabela 4: Especificações técnicas do *laser* diodo-980nm.

<b>Especificações técnicas</b>	<b>Diodo-980nm</b>
<b>Marca comercial</b>	DC International, Wellington, USA
<b>Modelo</b>	Einstein DL
<b>Comprimento de onda</b>	980nm
<b>Diâmetro da fibra</b>	400µm
<b>Modelo da ponta</b>	Irradiado com a própria fibra

Tabela 5: Parâmetros de irradiação do *laser* diodo-980nm.

<b>Parâmetros de Irradiação</b>	<b>Diodo-980nm</b>
<b>Potência</b>	2,0W
<b>Taxa de repetição</b>	2,0Hz
<b>Densidade de energia</b>	21,41J/cm <sup>2</sup>
<b>Tempo de irradiação</b>	10 segundos
<b>Modo</b>	Escaneamento da superfície
<b>Distância do alvo</b>	Contato direto com tecido alvo
<b>Ar/Água</b>	Sem refrigeração à água e sem ar

### 3.6 Desafio cariogênico (ciclagem de pH)

As amostras de cada grupo foram submetidas à ciclagem de pH para simular uma situação de altíssimo risco a cárie. Cada grupo contendo as amostras foi armazenado em seu respectivo recipiente plástico, nos quais foram adicionadas e trocadas as soluções desmineralizante (DES) e remineralizante (RE). Um volume de 50 mL de solução desmineralizante (2mmol/L de cálcio, 2mmol/L de fosfato e 75mmol/L de acetato em pH=4,6) foi colocado nos recipientes/espécimes correspondentes e permaneceu com as amostras imersas por 6 horas (FEATHERSTONE, 1996). Depois disso, as amostras foram removidas e lavadas abundantemente com água destilada por 10 segundos e levemente secas com gaze. Os recipientes também foram lavados e secos. Um volume de 50 mL da solução remineralizante (1,5mmol/L de cálcio, 0,9mmol/L de fosfato, 150mmol de cloreto de potássio e 20mmol/L de tampão cacodilato de pH=7,0) foi colocado nos recipientes/espécimes

correspondentes e permaneceu com as amostras imersas por 18 horas. A solução remineralizante apresenta um grau de saturação dos minerais semelhante à saliva, e semelhante ao proposto por ten Cate & Duijsters (1982). As soluções DES e RE foram substituídas diariamente (09:00h e 15:00h, respectivamente) e as ciclagens ocorreram por 2 semanas, sendo que após 5 dias as amostras ficaram individualmente imersas em solução remineralizante por 2 dias (final de semana), totalizando então, um período experimental de 14 dias. As amostras ficaram armazenadas em estufa a 37°C durante todo este período.

### *3.7 Análise de Rugosidade Superficial e Perda de Volume*

Para a realização das análises de rugosidade superficial e de perda de volume, os espécimes foram paralelamente posicionados à mesa do microscópio confocal de varredura a laser LEXT (Olympus, Corp; Japan) com o auxílio do paralelômetro, realizado por um único examinador calibrado.

A região central (área de 1mm x 1mm) foi selecionada e mensurada para estas análises, incluindo a área de referência e a área tratada + DES/RE. Então foram obtidas imagens com uma objetiva de 20x de magnificação, gerando um aumento final de 432x. Em seguida, estas imagens foram analisadas quanto à rugosidade superficial (parâmetro Ra- $\mu\text{m}^2$ ) e a perda de volume (PV). Os dados foram adquiridos por meio de um software específico (OLS4100®).

A perda de volume foi determinada pela diferença entre o volume da área referência e a área tratada + DES/RE entre a linha média do gráfico. Os dados de perda de volume foram obtidos em  $\mu\text{m}^3$  e, para os cálculos estatísticos, foram transformados em porcentagem de perda de volume.

### *3.8 Análise Estatística*

Inicialmente, verificou-se que a distribuição dos dados foi normal (Kolmogorov-Smirnov) e homogênea (Levene). Na sequência, os valores médios de rugosidade superficial dos diferentes grupos foram comparados com o teste estatístico paramétrico de Análise de Variância (ANOVA), considerando a área de referência e a área experimental (pré-tratada seguida de DES/RE). Após, para a diferenciação das médias, utilizou-se o pós-teste de Tukey.

Os valores percentuais de perda de volume (%) foram submetidos ao teste estatístico não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn.

Para todos os testes estatísticos o nível de significância adotado foi 5% ( $\alpha = 0,05$ ). O Software Estatístico usado foi o SPSS, versão 17.1.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Rugosidade Superficial:

Os resultados de rugosidade superficial estão descritos na tabela 6.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significantes na rugosidade superficial da área de referência na comparação de todos os grupos ( $p > 0,05$ ), ou seja, observa-se uma padronização inicial da superfície em todos os grupos.

O maior valor de rugosidade superficial foi encontrado no grupo controle (sem tratamento) e os demais grupos apresentaram valores intermediários.

Para a área experimental (pré-tratada seguida de DES/RE), os grupos com menores valores de rugosidade superficial foram FG, VF, Di, Di + FG, Di + VF, FG + Di, VF + Di, ER, Er + FG, Er + VF, FG + Er e VF + Er. Os valores dos grupos VF + Di e VF + Er não diferiram dos valores de rugosidade da área de referência, sendo que foram os grupos que apresentaram menor rugosidade superficial, após passarem pela ciclagem de pH.

Tabela 6: Valores médios (desvio padrão) da rugosidade superficial ( $\mu\text{m}^2$ ) dos grupos, considerando a área de referência e a área pré-tratada seguida dos ciclos de desmineralização/remineralização.

GRUPOS	ÁREA DE REFERÊNCIA	ÁREA PRÉ-TRATADA SEGUIDA DE DES/RE
<b>ST: Sem tratamento</b>	1,396 (0,109) <sup>a</sup>	7,940 (0,682) <sup>c</sup>
<b>FG: Flúor gel</b>	1,395 (0,090) <sup>a</sup>	4,586 (0,322) <sup>b</sup>
<b>VF: Verniz fluoretado</b>	1,417 (0,080) <sup>a</sup>	4,528 (0,325) <sup>b</sup>
<b>Di: Laser diodo-980nm</b>	1,340 (0,086) <sup>a</sup>	4,477 (0,360) <sup>b</sup>
<b>Di + FG: Laser diodo-980nm + flúor gel</b>	1,421 (0,130) <sup>a</sup>	4,206 (0,424) <sup>b</sup>
<b>Di + VF: Laser diodo-980nm + verniz fluoretado</b>	1,352 (0,118) <sup>a</sup>	4,328 (0,409) <sup>b</sup>
<b>FG + Di: Flúor gel + laser diodo-980nm</b>	1,456 (0,081) <sup>a</sup>	4,567 (0,340) <sup>b</sup>
<b>VF + Di: Verniz fluoretado + laser diodo-980nm</b>	1,439 (0,113) <sup>a</sup>	1,651 (0,149) <sup>a</sup>
<b>Er: Laser Er,Cr:YSGG</b>	1,371 (0,106) <sup>a</sup>	4,257 (0,368) <sup>b</sup>
<b>Er + FG: Laser Er,Cr:YSGG + flúor gel</b>	1,351 (0,127) <sup>a</sup>	4,467 (0,450) <sup>b</sup>
<b>Er + VF: Laser Er,Cr:YSGG + verniz fluoretado</b>	1,426 (0,073) <sup>a</sup>	4,411 (0,352) <sup>b</sup>
<b>FG + Er: Flúor gel + laser Er,Cr:YSGG</b>	1,350 (0,088) <sup>a</sup>	4,390 (0,391) <sup>b</sup>
<b>VF + Er: Verniz fluoretado + laser Er,Cr:YSGG</b>	1,344 (0,065) <sup>a</sup>	1,523 (0,081) <sup>a</sup>

\* Letras iguais representam similaridade estatística entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

#### 4.2 Perda de Volume

Os resultados de perda de volume estão descritos na tabela 7.

Em relação à perfilometria 3D, os resultados mostram que o grupo ST (sem tratamento), apresentou maiores valores de perda de volume, seguido do grupo FG e do grupo VF.

Os grupos Di, Di + FG, Di + VF, FG + Di, ER, Er + FG, Er + VF e FG + Er não apresentaram diferenças estatísticas significativas entre si, em relação à perda de volume mineral.

Os grupos VF + Di e VF + Er apresentaram as menores porcentagens de perda de volume, com diferenças estatisticamente significantes dos demais grupos ( $p < 0,05$ ) e sem diferenças entre si.

Tabela 7: Perda de volume (%) nos grupos estudados.

GRUPOS	PERDA DE VOLUME (%)
ST: Sem tratamento	58,9 (3,7) <sup>e</sup>
FG: Flúor gel	46,1 (3,0) <sup>d</sup>
VF: Verniz fluoretado	34,2 (2,5) <sup>c</sup>
Di: Laser diodo-980nm	20,7 (1,6) <sup>b</sup>
Di + FG: Laser diodo-980nm + flúor gel	20,8 (1,7) <sup>b</sup>
Di + VF: Laser diodo-980nm + verniz fluoretado	19,7 (1,4) <sup>b</sup>
FG + Di: Flúor gel + laser diodo-980nm	21,2 (2,1) <sup>b</sup>
VF + Di: Verniz fluoretado + laser diodo-980nm	13,5 (1,1) <sup>a</sup>
Er: Laser Er,Cr:YSGG	18,5 (2,2) <sup>b</sup>
Er + FG: Laser Er,Cr:YSGG + flúor gel	18,8 (2,0) <sup>b</sup>
Er + VF: Laser Er,Cr:YSGG + verniz fluoretado	17,8 (2,3) <sup>b</sup>
FG + Er: Flúor gel + laser Er,Cr:YSGG	21,1 (1,9) <sup>b</sup>
VF + Er: Verniz fluoretado + laser Er,Cr:YSGG	11,6 (1,4) <sup>a</sup>

\* Letras iguais representam similaridade estatística entre os grupos ( $p > 0,05$ ).

## 5 DISCUSSÃO

O uso da irradiação *laser* para fins preventivos, sobretudo para a prevenção da lesão cariosa já vem sendo amplamente estudado na literatura (HOSSAIN *et al.*, 2001; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ZAPLETALOVÁ *et al.* 2007; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; JORGE *et al.*, 2015; EL MANSY *et al.*, 2019). Um estudo demonstrou que a combinação do verniz fluoretado com a irradiação com os *lasers* Nd:YAG e Er:YAG parece promover uma superfície dentinária menos permeável em comparação com os grupos que receberam apenas a aplicação de verniz fluoretado (CHIGA *et al.*, 2015). Considerando que no presente estudo houve diferenças na rugosidade superficial e na perda de volume dos diferentes grupos estudados, a hipótese nula foi rejeitada.

Outros trabalhos mostram que o *laser* Er,Cr:YSGG parece reduzir a dissolução ácida e a perda mineral, por meio das alterações químicas e morfológicas que provoca na superfície dos tecidos dentais, tornando-o positivo para inibição da desmineralização. Além disso, o *laser* Er,Cr:YSGG também promove o selamento dos túbulos dentinários através do derretimento e solidificação da dentina, o que reduz a permeabilidade desse tecido, sendo assim, pode ser clinicamente útil como uma forma de prevenção da cárie dental radicular. (HOSSAIN *et al.*, 2001; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; ANA *et al.*, 2012; EL MANSY *et al.*, 2019).

Os resultados presentes nesse estudo, mostraram que a irradiação com os *lasers* Er,Cr:YSGG e diodo-980nm, promoveu alterações morfológicas na estrutura da dentina, tornando-a um tecido mais parecido com o esmalte, menos solúvel e mais resistente aos desafios ácidos e vai ao encontro com outros relatos da literatura. (HOSSAIN *et al.*, 2001; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ZAPLETALOVÁ *et al.*, 2007; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; JORGE *et al.*, 2015).

Primeiramente, o trabalho demonstrou homogeneização dos espécimes nas áreas de referência (diminuindo as chances de viés), notada pelo baixo valor de desvio padrão. O grupo ST mostrou os maiores valores de rugosidade superficial, demonstrando que quando não tratada, a cárie promove maior prejuízo à superfície da dentina. Os grupos FG, VF, Di, Di + FG, Di + VF, FG + Di, ER, Er + FG, Er + VF e FG + Er apresentaram valores de rugosidade superficial maiores, quando comparados às suas respectivas áreas de referência, entretanto, esses valores foram menores que grupo o controle, evidenciando que qualquer tratamento teve melhores resultados do que o “não tratamento” (ANA *et al.*, 2012;

GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; CHIGA *et al.*, 2015). Grupos VF + Di e VF + Er apresentaram os menores valores de rugosidade superficial e não tiveram diferenças estatisticamente diferentes em relação à área de referência, demonstrando o potencial da associação dos tratamentos desses grupos.

Esse aumento da rugosidade superficial das áreas irradiadas também foi observado no trabalho de Ana *et al.* em 2012, no qual evidenciou superfícies ligeiramente ásperas, dependendo da densidade de energia aplicada. Para densidades de energia 5,6 e 8,5 J/cm<sup>2</sup>, o estudo em questão mostrou superfícies com cavidades rasas, com áreas típicas de microablação, fissuras cônicas e projeções de esmalte afiadas, entretanto, foi possível notar a presença de glóbulos de material semelhante a CaF<sub>2</sub>, altamente aglomerados, após a irradiação, o que mostra o efeito positivo do *laser*. A análise de microscopia eletrônica também mostrou que os glóbulos de CaF<sub>2</sub> formados após a irradiação a *laser* Er,Cr:YSGG (5,6 e 8,5 J/cm<sup>2</sup>) foram maiores, quando comparados com os glóbulos formados no grupo que recebeu apenas a aplicação de flúor gel.

Um trabalho anterior (NOGUEIRA *et al.*, 2017) já demonstrou que a rugosidade superficial dos tecidos dentais é um dos fatores que influencia no acúmulo de biofilme e adesão bacteriana. Uma superfície irregular, áspera e rugosa aumenta a aderência e a formação mais acelerada do biofilme dental, quando comparada a uma superfície lisa. Então, os tecidos dentais com rugosidade superficial aumentada se tornam mais susceptíveis à desmineralização e à formação da cárie radicular.

Nesse sentido, o presente estudo mostra que os grupos VF + Di e VF + Er, apresentaram os menores valores de rugosidade superficial e sem diferenças em relação à área de referência, o que sugere a eficiência da aplicação prévia de verniz fluoretado seguida da irradiação com *laser* Er,Cr:YSGG e diodo-980nm.

Em relação à perfilometria 3D, os grupos que apresentaram resultados intermediários, (Di, Di + FG, Di + VF, FG + Di, ER, Er + FG, Er + VF e FG + Er) tiveram perda de volume menor em relação aos grupos ST, FG e VF, demonstrando que a ausência de tratamento, ou o tratamento apenas com flúor e o tratamento apenas com verniz fluoretado são inferiores em relação aos grupos que foram irradiados e que tiveram a associação de *laser* e fluoreto. O flúor, independente da forma empregada, consegue minimizar o processo cariioso superficialmente.

Podemos observar que os grupos que receberam tratamento isolado com *laser* Er,Cr:YSGG e *laser* diodo-980nm (Di e Er) não tiveram diferenças estatísticas em relação aos

grupos que receberam tratamento com *laser* Er,Cr:YSGG e *laser* diodo-980nm previamente à aplicação dos fluoretos (Di + FG, Di + VF, Er + FG e Er + VF) e nem dos grupos que receberam aplicação prévia de flúor gel (FG + Di e FG + Er) e posterior irradiação com *laser*, demonstrando que a irradiação isolada ou quando associada com flúor gel não teve diferença significativa. Os resultados mais promissores foram encontrados nos grupos VF + Di e VF + Er.

Estudos prévios já demonstraram que a irradiação com *laser* gera um aumento da temperatura na superfície da dentina, gerando um derretimento das estruturas de hidroxiapatita e que, após o seu resfriamento, a dentina se torna um tecido com superfície vitrificada, não porosa e com os túbulos dentinários mais ocluídos (CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ZAPLETALOVÁ *et al.* 2007). De forma geral, o presente estudo demonstrou que os grupos que receberam tratamento prévio com fluoretos tiveram melhores resultados que os demais. Isso pode ser explicado, pois, possivelmente, houve a incorporação de íons flúor na superfície da dentina, durante o seu derretimento e recristalização (GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; JORGE *et al.*, 2015; CHIGA *et al.*, 2015).

Sendo assim, podemos presumir que durante o resfriamento do tecido dentinário, os fluoretos podem ter sido incorporados em sua estrutura morfológica, corroborando com estudos que relacionam o sinergismo entre irradiação a *laser* com a aplicação prévia de fluoretos (HOSSAIN *et al.*, 2001; CORRÊA ARANHA *et al.*, 2005; ZAPLETALOVÁ *et al.*, 2007; GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; JORGE *et al.*, 2015; CHIGA *et al.*, 2015; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019).

Em outro estudo realizado em 2014, Geraldo-Martins e colaboradores relataram que a associação entre o *laser* Er,Cr,:YSGG com tratamento fluoroterápico promoveu uma superfície dentinária mais resistente aos ácidos quando comparados com a simples aplicação de flúor. O trabalho mostrou uma redução da desmineralização da dentina de cerca de 35% (associação *laser* e fluoreto) quando comparados com o grupo controle, concluindo então, que esse sinergismo entre o *laser* e fluoreto conseguem aumentar a resistência ácida da dentina humana, caso a irradiação aconteça sem refrigeração a água.

Isso mostra que o uso do *laser* potencializa os efeitos da aplicação de fluoretos, sobretudo quando a irradiação *laser* é realizada após a aplicação dos fluoretos. Essa sequência de tratamento parece ser a técnica mais promissora para a prevenção da cárie dental, uma vez que parece haver uma incorporação os íons flúor na estrutura de dentina, tornando-o um

tecido com mais conteúdo mineral e mais resistente. (GERALDO-MARTINS *et al.*, 2014; DOS SANTOS FERREIRA *et al.*, 2019).

Essa teoria vai ao encontro do estudo recente de Dos Santos Ferreira *et al.* 2019, que demonstraram que o tratamento com o APF previamente à irradiação com *laser* promoveu alterações químicas e morfológicas da dentina, por meio de redução significativa na proporção da superposição do modo de vibração e alongamento  $V_3$  e flexão  $V_4$  do carbonato, sugerindo a destruição do colágeno da dentina, decorrente da elevação da temperatura. E ainda, os resultados morfológicos e as análises de composição da dentina demonstraram um melhor efeito térmico da irradiação a *laser* após a aplicação de APF gel. Porém, o estudo em questão não avaliou o efeito do verniz fluoretado.

Os melhores resultados deste presente estudo foram encontrados no VF + Di e VF + Er, demonstrando que a aplicação prévia de verniz fluoretado e a subsequente irradiação com *laser* Er,Cr:YSGG e *laser* diodo-980nm ocasionaram em menor perda volumétrica da dentina e menor rugosidade superficial, tornando-os superiores em relação aos demais grupos.

Acredita-se que essa superioridade de tratamento esteja relacionada à quantidade de flúor disponível no verniz fluoretado (22.600 ppm de flúor), uma vez que quanto maiores as quantidades de fluoretos disponíveis melhores são os resultados de incorporação à superfície da dentina (VALE *et al.*, 2001). Essa teoria vai ao encontro do trabalho de Nóbrega *et al.*, 2016, no qual relatou que maiores quantidades de ppm de flúor (para alcançar os resultados benéficos) são necessárias quando o substrato é a dentina. Além disso, acredita-se que os melhores resultados obtidos com o verniz fluoretado se deem em razão da fotoabsorção do *laser* pelo pigmento presente no verniz o que aumenta as reações fotoquímicas e absorção do *laser* na superfície irradiada (AHRARI *et al.*, 2018).

Sendo assim, o presente estudo sugere que um protocolo de tratamento promissor parece ser: associação de fluoretos mais a irradiação com *laser* Er,Cr:YSGG ou diodo980nm nos parâmetros pré-estabelecidos e aplicados, sendo o verniz fluoretado a melhor escolha de fluoroterapia. Quanto aos *lasers*, o estudo evidenciou a eficácia de ambos, sem diferenças estatisticamente significantes.

Isso demonstra o efeito extremamente promissor do *laser* diodo-980nm e sua inegável aplicabilidade clínica, já que é um *laser* com baixo custo de aquisição e manutenção, bem como possui uma maior versatilidade (equipamento compacto) em relação ao *laser* Er,Cr:YSGG. Por isso, os resultados demonstrados no presente estudo a cerca da sua capacidade de gerar modificações benéficas na estrutura dentinária, tornando-a um tecido com

menor permeabilidade e mais resistente, somado ao seu potencial de otimizar os efeitos preventivos do verniz fluoretado, fazem do *laser* diodo-980nm um método mais acessível para a prevenção da cárie radicular e que pode ser empregado clinicamente tanto nos consultórios particulares, quanto nas instituições de ensino, e ainda na assistência pública de saúde em nível mundial (quando comparado ao *laser* Er,Cr:YSGG).

## 6 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos no presente estudo e as limitações de um estudo *in vitro* este trabalho demonstrou a eficácia da irradiação a *laser* Er,Cr:YSGG e *laser* diodo-980nm, associadas à aplicação prévia dos fluoretos, sendo o verniz fluoretado o mais efetivo na prevenção da cárie radicular. A associação de VF + Di e VF + Er,Cr:YSGG apresentaram os menores valores de rugosidade superficial e de perda de volume, em relação aos demais grupos.

Sendo assim, este protocolo de tratamento parece ser uma terapia inovadora na prevenção da cárie radicular, utilizando um método promissor como alternativa aos tratamentos convencionais. Contudo, em virtude das limitações deste estudo, mais pesquisas comparativas (*in vitro*, *in situ*, *in vivo*) sobre o *laser* Er,Cr:YSGG e o *laser* diodo-980nm, em sinergia com fluoretos, são necessários, além de estudos clínicos longitudinais.

## REFERÊNCIAS

- ANA, P.A.; TABCHOURY, C.O.M.; CURY, J.A.; ZECELL, D.M. Effect of Er, Cr: YSGG *laser* and professional fluoride application on enamel demineralization and on fluoride retention. **Caries Research**, v. 46, n. 5, p. 441-451, 2012.
- AHRARI, F.; MOHAMMADIPOUR, H.S.; HAJIMOMENIAN, L.; FALLAH-KASLEGAR, A. The effect of diode *laser* irradiation associated with photoabsorbing agents containing remineralizing materials on microhardness, morphology and chemical structure of early enamel caries. **Journal of clinical and experimental dentistry**, v. 10, n. 10, p. e955, 2018.
- ALDELAIMI, T.N.; KHALIL, A.A. Clinical application of diode *laser* (980 nm) in maxillofacial surgical procedures. **Journal of Craniofacial Surgery**, v. 26, n. 4, p. 1220-1223, 2015.
- ARANTES, B.F.; DE OLIVEIRA MENDONÇA, L.; PALMA-DIBB, R.G.; FARAONI, J.J.; DE CASTRO, D.T.; GERALDO-MARTINS, V.R.; LEPRI, C.P. Influence of Er, Cr: YSGG *laser*, associated or not to desensitizing agents, in the prevention of acid erosion in bovine root dentin. **Lasers in Medical Science**, v. 34, n. 5, p. 893-900, 2019.
- ARTHUR, R.A.; MARTINS, V.B.; DE OLIVEIRA, C.L.; LEITUNE, V.C.B.; COLLARES, F.M., MAGALHÃES, A.C.; MALTZ, M. Effect of over-the-counter fluoridated products regimens on root caries inhibition. **Archives of Oral Biology**, v. 60, n. 10, p. 1588-1594, 2015.
- BARBOSA, K.G.N. Condições de saúde bucal em idosos: uma revisão da realidade brasileira. **Odontologia Clínico-Científica (Online)**, v. 10, n. 3, p. 221-225, 2011.
- BATISTA, M.J.; RANDO-MEIRELLES, M.P.; SOUSA, M.D.L.R.D. Prevalência da cárie radicular na população adulta e idosa da região Sudeste do Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 35, p. 23-29, 2014.
- BOZKURT, S.B.; HAKKI, E.E.; KAYIS, S.A.; DUNDAR, N.; HAKKI, S.S. Biostimulation with diode *laser* positively regulates cementoblast functions, in vitro. **Lasers in Medical Science**, v. 32, n. 4, p. 911-919, 2017.
- CORRÊA CORRÊA ARANHA, A. C.; DOMINGUES, F. B.; FRANCO, V. O.; GUTKNECHT, N. DE PAULA EDUARDO, C. Effects of Er:YAG and Nd:YAG *lasers* on dentin permeability in root surfaces: a preliminary in vitro study. **Photomedicine and Laser Surgery** 2005.

- CHIGA, S.; TORO, C.V.T.; LEPRI, T.P.; TURSSI, C.P.; COLUCCI, V.; CORONA, S.A.M. Combined effect of fluoride varnish to Er:YAG or Nd:YAG *laser* on permeability of eroded root dentin. **Archives of Oral Biology**, v.64, p.24-27, 2015.
- DERIKVAND, N.; CHINIPARDAZ, Z.; GHASEMI, S.; CHINIFORUSH, N. The versatility of 980 nm diode *laser* in dentistry: a case series. **Journal of Lasers in Medical Sciences**, v. 7, n. 3, p. 205, 2016.
- DOS SANTOS FERREIRA, E.; PRATES, I.T.K.; DOS SANTOS, S.L.M.; DEL VALLE, M.; ZECELL, D.M.; ANA, P.A. In Vitro Study of Er, Cr: YSGG *Laser* Effects When Used for the Prevention of Dentin Demineralization. In: **XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering**. Springer, Singapore, p. 825-829, 2019.
- EL MANSY, M.M.; GHEITH, M.; EL YAZEED, A.M.; FARAG, D.B. Influence of Er, Cr: YSGG (2780 nm) and Nanosecond Nd: YAG *Laser* (1064 nm) Irradiation on Enamel Acid Resistance: Morphological and Elemental Analysis. **Open access Macedonian journal of medical sciences**, v. 7, n. 11, p. 1828, 2019.
- ESTEVES-OLIVEIRA, M.; DE GUGLIELMI, C.A.; RAMALHO, K.M.; ARANA-CHAVEZ, V.E.; DE EDUARDO, C.P. Comparison of dentin root canal permeability and morphology after irradiation with Nd: YAG, Er: YAG, and diode *lasers*. **Lasers in Medical Science**, v.25, n. 5, p. 755-760, 2010.
- FALCAO, A.; MASSON, N.; LEITAO, T.J.; BOTELHO, J.N.; FERREIRA-NOBILO, N.D.P.; TABCHOURY, C.P.M.; CURY, J.A. Fluoride rinse effect on retention of CaF<sub>2</sub> formed on enamel/dentine by fluoride application. **Brazilian Oral Research**, v. 30, n. 1, 2016.
- FEATHERSTONE, J.D.; BARRET-VEPONE, N.A.; FRIED, D.; KANTOROWITZ, Z.; SEKA, W. CO<sub>2</sub> *laser* inhibitor of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. **Journal of Dental Research**, v.77, n.6, p.1397-403,1998.
- FEATHERSTONE JD. The science and practice of caries prevention. **Journal of American Dental Association**, v.131, p.887-889, 2000.
- FEJERSKOV, O.; KIDD, E. **Cárie Dentária. A doença e seu tratamento clínico**. 2ed. São Paulo: Santos, 2011.
- FERNÁNDEZ, C.E.; TENUTA, L.M.; CURY, J.A. Validation of a cariogenic biofilm model to evaluate the effect of fluoride on enamel and root dentine demineralization. **PLoS One**, v. 11, n. 1, p. e0146478, 2016.

- FRIED, D.; FEATHERSTONE, J.D.B.; VISURI, S.R.; SEKA, W.; WALSH JR, J.T. Caries inhibition potential of Er: YAG and Er: YSGG *laser* radiation. In: ***Lasers in Dentistry II***. International Society for Optics and Photonics, p. 73-78, 1996.
- GERALDO-MARTINS, V. R.; LEPRI, C. P.; FARAONI-ROMANO, J. J.; PALMA-DIBB, R. G. The combined use of Er,Cr:YSGG *laser* and fluoride to prevent root dentin demineralization. ***Journal of Applied Oral Science***, v. 22, n. 5, p. 459-464, 2014.
- GRIPPO, J.O.; COLEMAN, T.A.; MESSINA, A.M.; OH, D.S. A literature review and hypothesis for the etiologies of cervical and root caries. ***Journal of Esthetic and Restorative Dentistry***, v. 30, n. 3, p. 187-192, 2018.
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; LÓPEZ-GONZÁLES J.D.; DEL CASTILHO, J.D.L.; VILALBA-MORENO, J. Comparison of effects of diode *laser* and CO2 *laser* on human teeth and their usefulness in topical fluoridation. ***Lasers in Medical Science***, v. 26, n. 3, p. 317-324, 2011.
- HARIYANI, N.; SETYOWATI, D.; SPENCER, A.J.; LUZZI, L.; DO, L.G. Root caries incidence and increment in the population—A systematic review, meta-analysis and meta-regression of longitudinal studies. ***Journal of Dentistry***, v. 77, p. 1-7, 2018.
- HEASMAN, P.A.; RITCHIE, M.; ASUNI, A.; GAVILLET, E.; SIMONSEN, J.L.; NYVAD, B. Gingival recession and root caries in the ageing population: a critical evaluation of treatments. ***Journal of Clinical Periodontology***, v. 44, p. S178-S193, 2017.
- HOSSAIN, M.; KIMURA, Y.; NAKAMURA, Y.; YAMADA, Y.; KINOSHITA, J.I.; MATSUMOTO, K. A Study on acquired acid resistance of enamel and dentin irradiated by Er,Cr:YSGG *laser*. ***Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery***, v. 4, n.2, p159-163, 2001.
- HOSSEINIPOUR, Z.S.; PIRMORADIAN-NAJAFABADI, M.; SHAHABI, S. Relationship between Er,Cr:YSGG *laser* power and surface roughness of lased radicular dentin. ***Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects***, v. 12, n. 2, p. 83, 2018.
- JORGE, A. C. T.; CASSONI, A.; DE FREITAS, P. M.; REIS, A. F.; JUNIOR, A. B.; RODRIGUES, J. A. Influence of Cavity Preparation with Er,Cr:YSGG *Laser* and Restorative Materials on In Situ Secondary Caries Development. ***Photomedicine and Laser Surgery***, v.33, n.2, p98-103,2015.
- KANTOLA, S. Laser-Induced Effects on Tooth Structure IV: A Study of Changes in the Calcium and Phosphorus Contents in Dentine by Electron Probe Microanalysis. ***Acta Odontologica Scandinavica***, v. 30, n. 4, p. 463-474, 1972.

- LEME, A.F.P.; TENUTA, L.M.A.; DEL BEL CURY, A.A.; TABCHOURY, C.P.M.; CURY, J.A. Efeito da associação da aplicação de fluoreto profissional e uso de dentifrício no esmalte dental. **Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 55, n. 1, p. 35-40, 2007.
- LEPRI, C.P.; PALMA-DIBB, R.G. Surface roughness and color change of a composite: Influence of beverages and brushing. **Dental materials journal**, v. 31, n. 4, p. 689-696, 2012.
- MOHARAM, L.M.; SADONY, D.M.; NAGI, S.M. Evaluation of diode *laser* application on chemical analysis and surface microhardness of white spots enamel lesions with two remineralizing agents. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 12, n. 3, p. e271, 2020.
- NOBREGA, D.F.; FERNANDEZ, C.E.; CURY, A.A.D.B.; TENUTA, L.M.A.; CURY, J.A. Frequency of fluoride dentifrice use and caries lesions inhibition and repair. **Caries Research**, v. 50, n. 2, p. 133-140, 2016.
- NOGUEIRA, R.D.; SILVA, C.B.; LEPRI, C.P.; PALMA-DIBB, R.G.; GERALDO-MARTINS, V. R. Evaluation of surface roughness and bacterial adhesion on tooth enamel irradiated with high intensity *lasers*. **Brazilian Dental Journal**, v. 28, n. 1, p. 24-29, 2017.
- NYVAD, B.; TEN CATE, J.M.; JEJERSKOV, O. Arrest of root surface caries in situ. **Journal of Dental Research**, v.76, n.12, p.1845-53, 1997.
- ORTEGA-CONCEPCIÓN, D.; CANO-DURÁN, J.A.; PEÑA-CARDELLES, J.F.; PAREDES-RODRÍGUEZ, V.M.; GONZÁLEZ-SERRANO, J.; LÓPEZ-QUILES, J. The application of diode *laser* in the treatment of oral soft tissues lesions. A literature review. **Journal of Clinical and Experimental Dentistry**, v. 9, n. 7, p. e925, 2017.
- THEVADASS, K.P.; PEARSON, G.J.; ANSTICE, H.M.; DAVIES, E.H. Method for enhancing the fluoride release of a glass-ionomer cement. **Biomaterials**, v.17, n.4, p.425-9, 1996.
- TEN CATE, JM. Current concepts on the theories of the mechanism of action of fluoride. **Acta Odontologica Scandinavica**, v.57, n.6, p.325-9, 1999.
- VALE, G.C.; TABCHOURY, C.P.M.; DEL BEL CURY, A.A.; TENUTA, L.M.A.; TEN CATE, J.M.; CURY, J.A. APF and dentifrice effect on root dentin demineralization and biofilm. **Journal of Dental Research**, v. 90, n. 1, p. 77-81, 2011.
- VIAPIANA, R.; SOUSA-NETO, M.D.; SOUZA-GABRIEL, A.E.; ALFREDO, E.; SILVA-SOUSA, Y.T. Microhardness of radicular dentin treated with 980-nm diode *laser* and different irrigant solutions. **Photomedicine and Laser Surgery**, v.30, n.2, p.102-106, 2012.

VITALE, M.C.; ZAFFE, D.; BOTTICELL, A.R.; CAPRIOGLIO, C. Diode *laser* irradiation and fluoride uptake in human teeth. **European Archives of Paediatric Dentistry**, v. 12, n. 2, p. 90-92, 2011.

VILLALBA-MORENO, J.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A.; DE DIOS LÓPEZ-GONZÁLEZ, J.; BOLAÑOS-CARMONA, M.V.; & PEDRAZA-MURIEL, V. Increased fluoride uptake in human dental specimens treated with diode laser. **Lasers in Medical Science**, v. 22, n. 3, p. 137-142, 2007.

ZAPLETALOVÁ, Z.; PEŘINA JR, J.; NOVOTNÝ, R.; CHMELÍČKOVÁ, H. Suitable conditions for sealing of open dentinal tubules using a pulsed Nd:YAG laser. **Photomedicine and Lasersurgery**, v.25, n.6, p495-499, 2007.

WORLD HEALTH STATISTICS OVERVIEW 2019: monitoring health for the SDGs, sustainable development goals. Geneva: **World Health Organization**; 2019 (WHO/DAD/2019.1). Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

## APÊNDICES

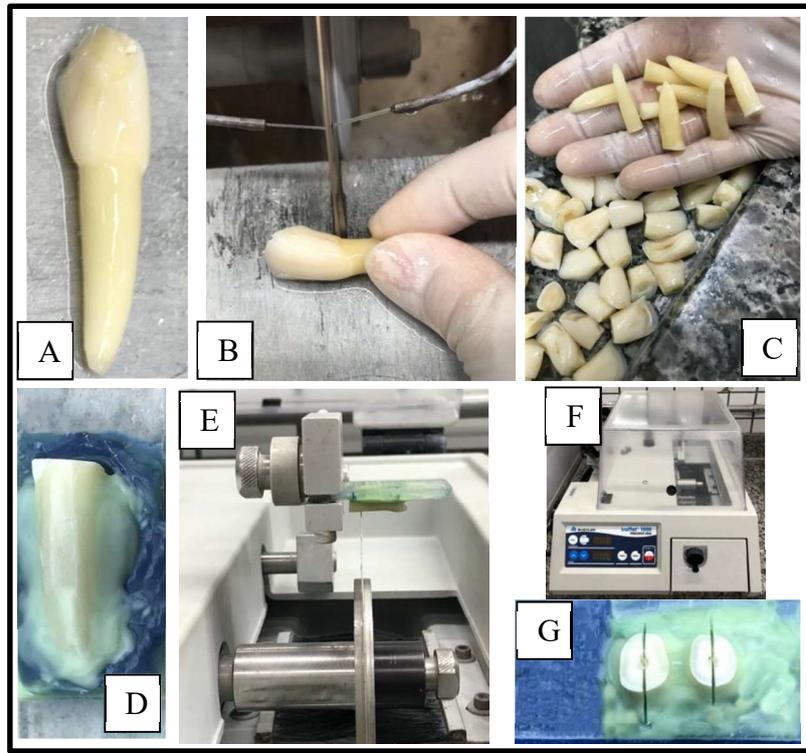


Figura 1. Preparo dos espécimes. A – Dente hígido. B – Separação da coroa e raiz a 1mm da junção amelo-cementária utilizando-se um disco diamantado sob refrigeração à água, acoplado em uma máquina de corte. C – Algumas raízes seccionadas. D – Fixação da raiz com cera a placa de acrílico para receber o segundo corte. E – Corte em máquina de corte de precisão (ISOMET 1000® cutting machine (Precision Saw Buehler, Illinois – USA), em que, as raízes foram cortadas no sentido cérvico-apical, obtendo espécimes de 4,5mm. F – Máquina de corte de precisão ISOMET 1000® (cutting machine (Precision Saw Buehler, Illinois – USA). G - Terceiro corte na máquina de precisão para se obter duas metades: uma mesial e uma distal.

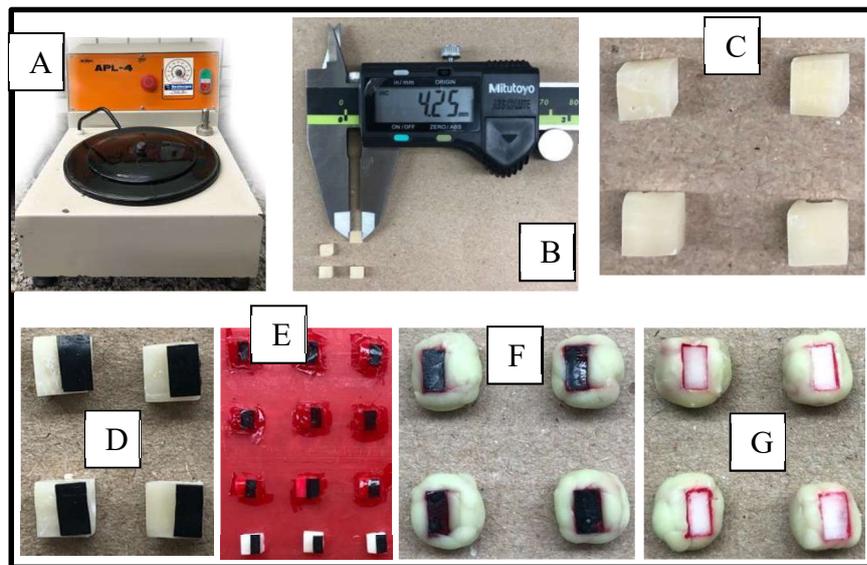


Figura 2: Padronização dos espécimes. A – Máquina Lixadeira e Politriz Metalográfica APL (Arotec). B – Dimensão padronizada dos espécimes (4,25 x 4,25mm x 3,00mm) checada com paquímetro digital. C - Dimensão padronizada dos espécimes. D – Proteção da área experimental com fita isolante. E – Imagem com espécimes recebendo cobertura com esmalte cosmético vermelho. F – Espécime coberto com cera, excetuando a área experimental. G – remoção da fita isolante para expor a área experimental e espécimes prontos para receberem os tratamentos.



Figura 3: Tratamento preventivo dos espécimes. A – Aplicação do gel fluoretado no espécime com microbrush. B - Aplicação do verniz fluoretado no espécime com microbrush. C – Laser diodo-980nm. D – Laser Er,Cr:YSGG.

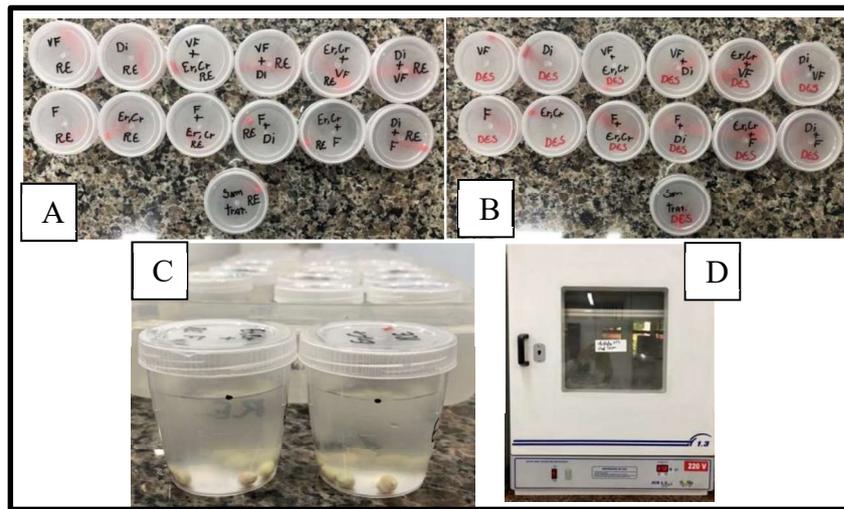


Figura 4: Teste de ciclagem de pH. A - Recipientes devidamente identificados para receber a solução de desmineralização. B - Recipientes devidamente identificados para receber a solução de remineralização. C – Recipientes com os espécimes imersos na solução de remineralização em um volume de 50mL. D – Estufa a 37°C.

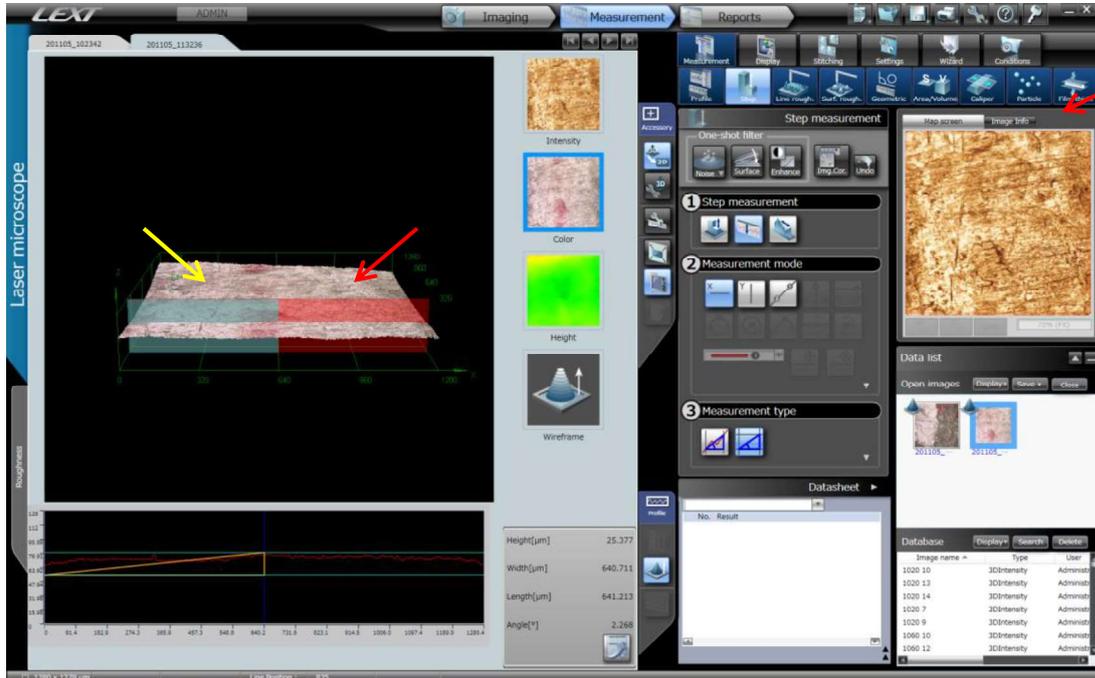


Figura 5. Imagem representativa de um espécime com topografia plana, mostrando a efetividade do tratamento preventivo. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

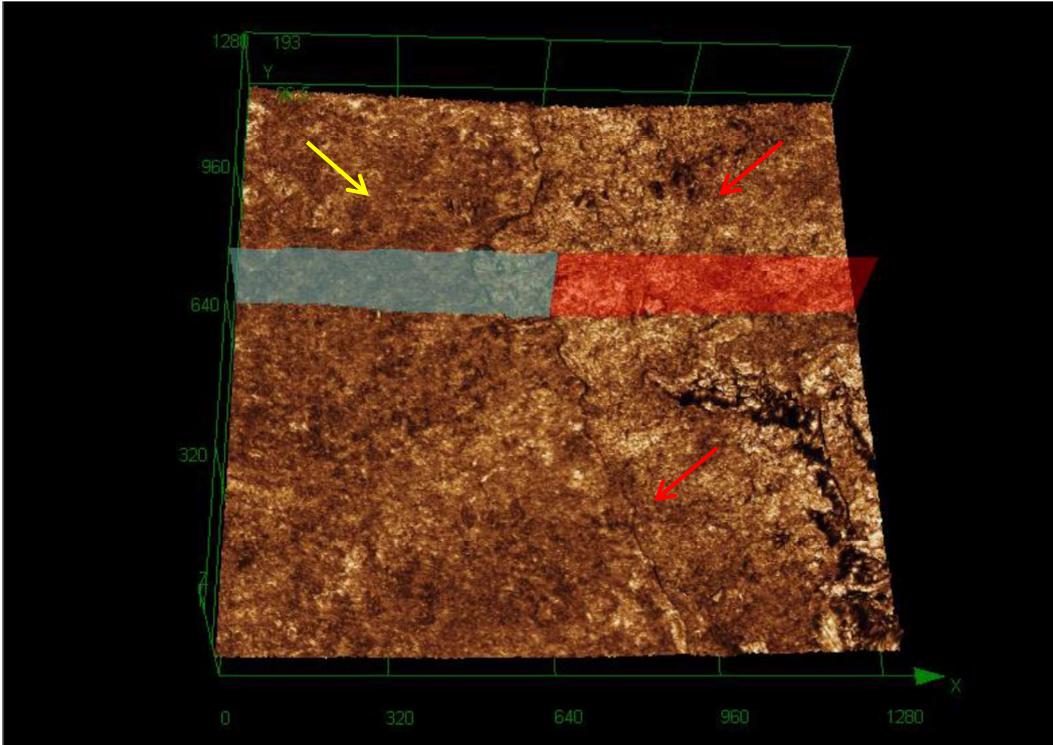


Figura 6. Espécime com topografia plana, mostrando uma perda de volume leve. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

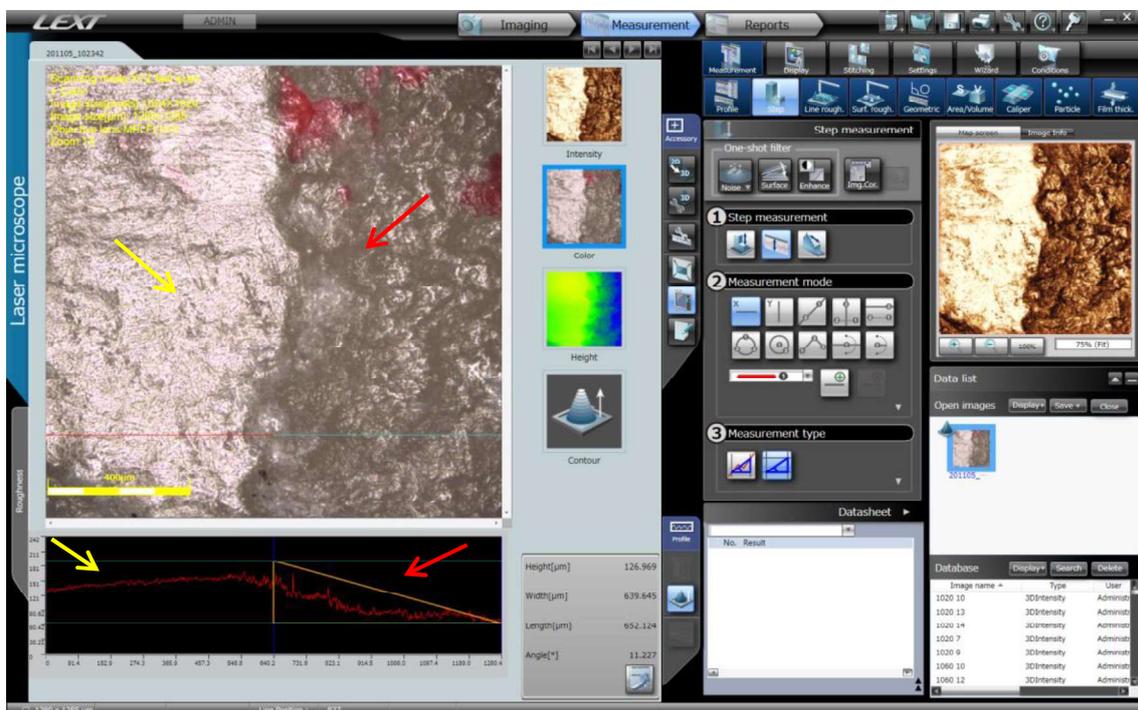


Figura 7. Imagem da microscopia confocal de varredura a *laser* (LEXT - Software OLS4000) que mostra claramente as diferenças entre as regiões controle e experimental. Observa-se maior rugosidade superficial na região experimental (seta vermelha), além de uma significativa perda de volume em relação à região controle (seta amarela).

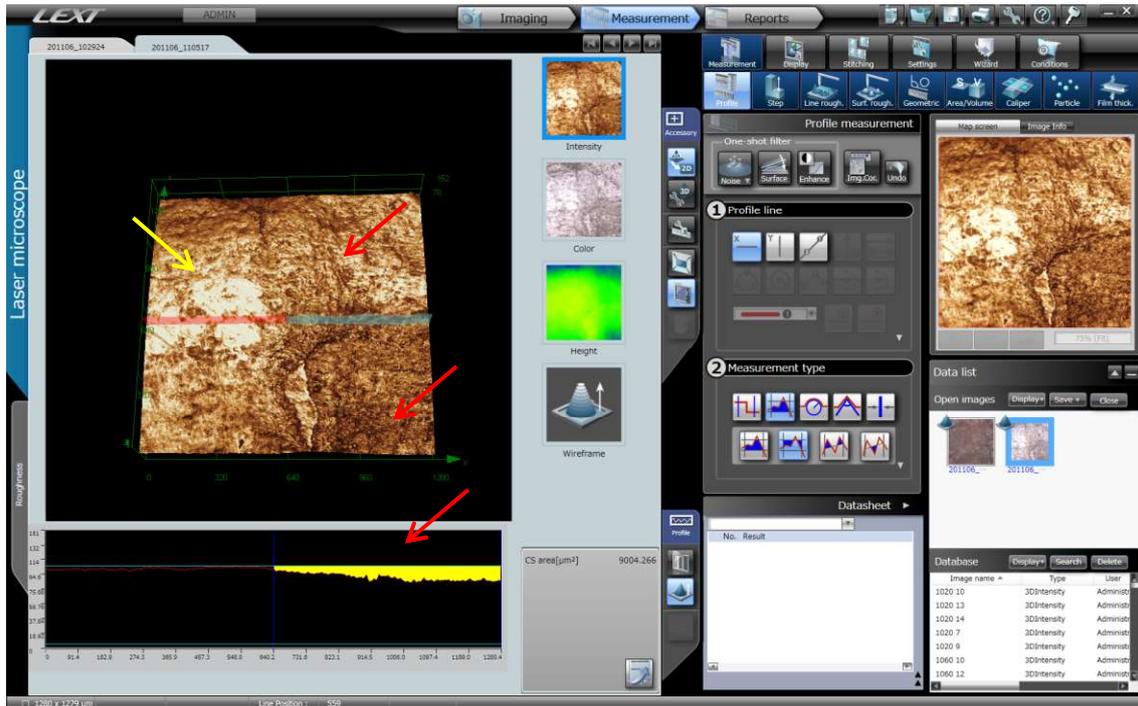


Figura 8. Imagem representativa de espécime com perda de volume moderada na região experimental, destacada em amarelo. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

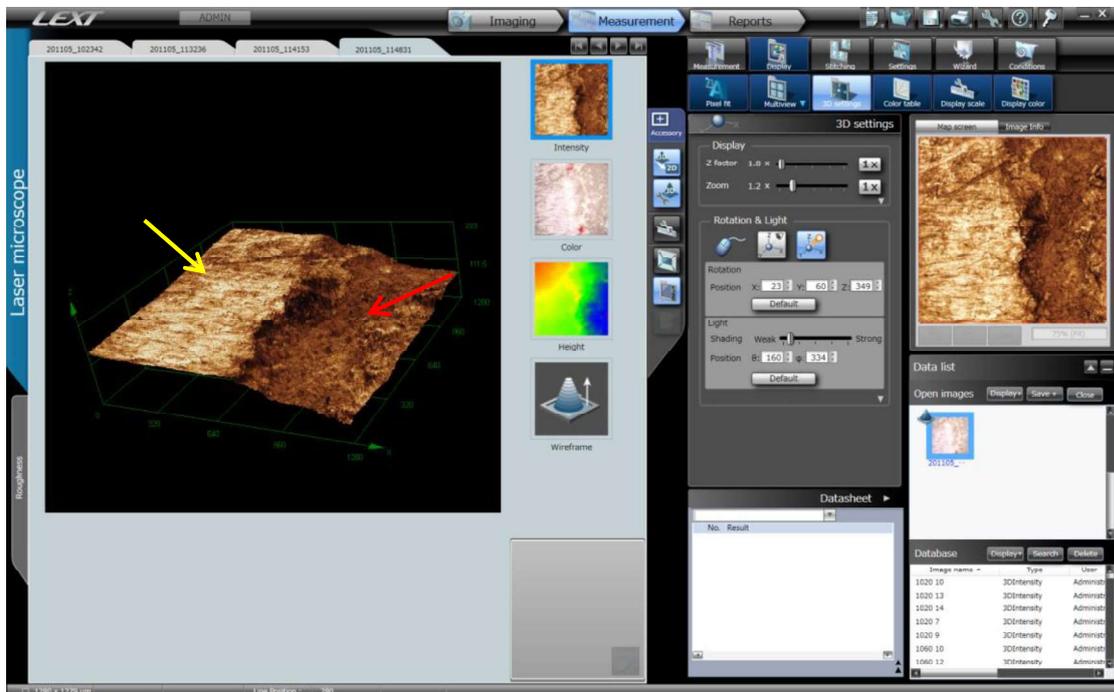


Figura 9. Imagem representativa de um espécime com perda de volume severa. Neste espécime, o tratamento realizado não foi capaz de evitar/minimizar a perda mineral dos ciclos DES/RE. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).

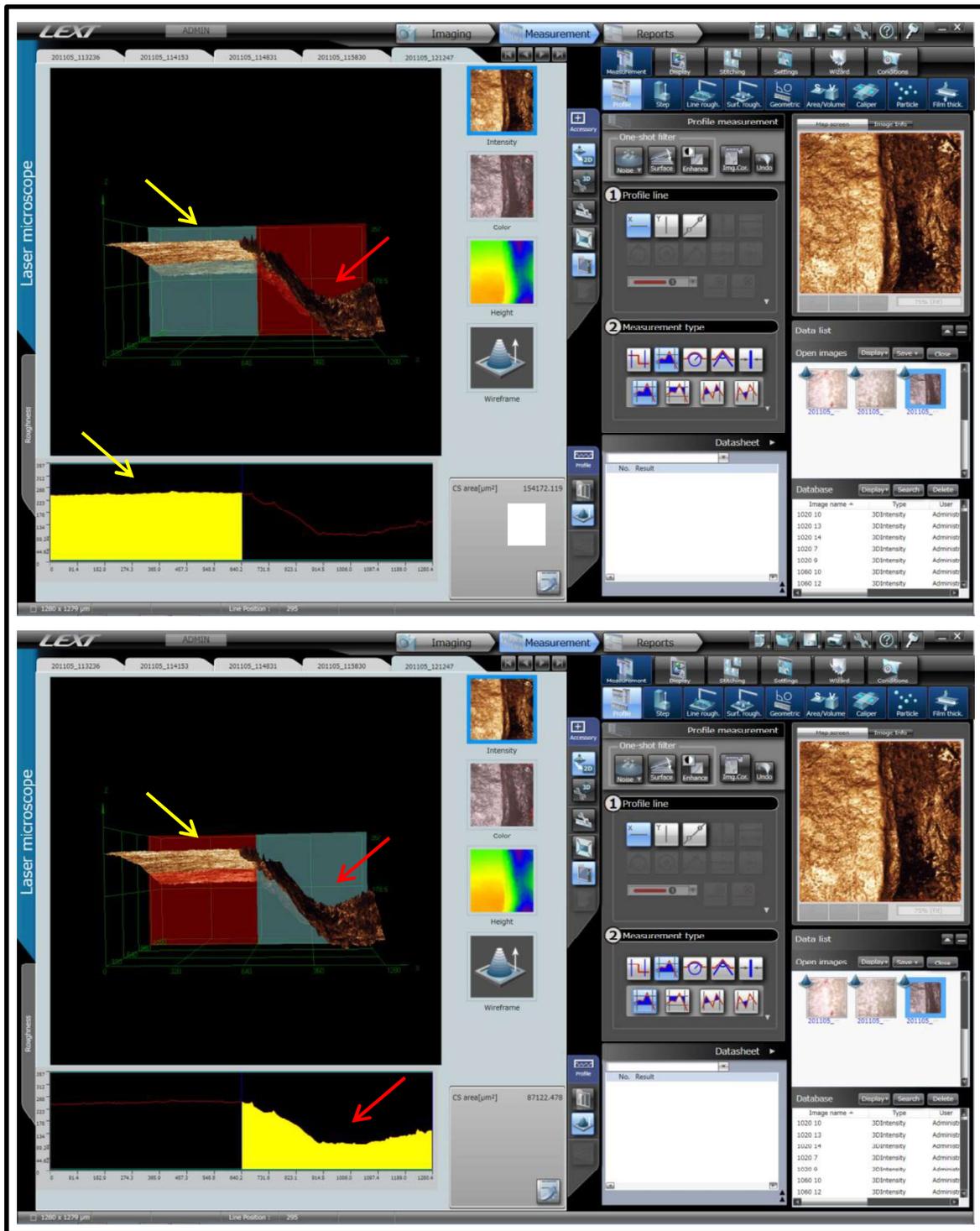


Figura 10. Quadro comparativo do volume do espécime (em amarelo) da região controle (foto acima) e da região experimental (foto abaixo), evidenciando perda de volume severa. Região experimental (seta vermelha) e região controle (seta amarela).