



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Araçatuba

**ANA CLARA CARVALHO DE OLIVEIRA**

**Avaliação dos efeitos do laser de baixa intensidade na  
osseointegração de implantes com diferentes superfícies:  
Análise por frequência de ressonância e biomecânica**

**Araçatuba – SP**

**2022**



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Araçatuba

**ANA CLARA CARVALHO DE OLIVEIRA**

**Avaliação dos efeitos do laser de baixa intensidade na  
osseointegração de implantes com diferentes superfícies:  
Análise por frequência de ressonância e biomecânica**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Faculdade de Odontologia  
de Araçatuba da Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" –  
UNESP, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Cirurgião-Dentista.

**Orientador:** Prof. Dr. Francisley Ávila  
Souza

**Araçatuba – SP**

**2022**

*Ingressar e concluir os estudos na Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, onde frequento desde a minha infância, sempre foi um sonho. E esse sonho não seria possível se tornar realidade sem o apoio da minha família, meus pais **Renato Gomes de Oliveira** e **Luciana Fátima Carvalho de Oliveira** e minha irmã **Maria Eduarda Carvalho de Oliveira**, que em todos os momentos me deram forças nas horas difíceis, incentivo, esperança e muito amor, com eles me sinto vencedora. Dedico este trabalho a vocês.*

*Dedico também a todos os amigos e familiares que sempre torceram, me apoiaram e ficaram felizes com as minhas conquistas.*

*E aos meus professores e servidores técnicos administrativos da FOA - UNESP, que ao longo desses anos, me ajudaram de várias formas.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Orientador, Professor **Francisley Ávila Souza**, por todos os ensinamentos e conhecimentos transmitidos durante todos esses anos. Obrigada por ter me dado a oportunidade de participar desse projeto de pesquisa tão importante. E por todas as outras oportunidades que me deu.

Agradeço também em especial o Professor **Juliano Melanezi de Almeida**, que contribuiu com a minha formação transmitindo conhecimentos e apoio. Obrigada por tudo e por ser minha banca.

Grata também a **Laís Kawamata de Jesus**, que me ajudou em várias etapas desse projeto e aceitou ser minha banca, muito obrigada.

Aos meus professores da FOA – UNESP que fizeram de alguma forma diferença na minha vida acadêmica durante a graduação e aos servidores técnicos administrativos por todo apoio e incentivo.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de iniciação científica e reserva técnica para a realização da pesquisa. Processo 370436/2018-0.

À minha família meus pais **Renato** e **Luciana**, minha irmã **Maria Eduarda**, meus Tios, Tias, primos e amigos e minha melhor amiga **Fernanda**. Obrigada por sempre acreditarem em mim e por passarem por todos os momentos comigo me desejando o melhor.

Agradeço também minha mentora e chefe **Weglis Dyanne Gomes Antunes** por toda oportunidade com esse estágio, cada conversa, cada ensinamento tanto para o profissional quanto para a vida. Obrigada também as minhas amigas de estágio **Lívia** e **Mylena**, a secretária **Danielle** e toda equipe da **Bandeirantes Odontologia**.

Em especial a minhas amigas de graduação **Amanda**, **Bruna**, **Caroline**, **Ana Caroline**, **Jéssica** e **Taina**, por terem sido minhas companheiras e terem me dado forças todos esses anos, sem vocês eu não conseguiria. Obrigada por tudo, nós vencemos juntas!

E sou imensamente grata a Deus, pois sei que Ele sempre esteve no controle de tudo. Obrigada Senhor, que seja feita sempre a sua vontade na minha vida!

*“Nada do que vivemos tem sentido, se não  
tocarmos o coração das pessoas.”*

***Cora Carolina***

OLIVEIRA, A. C. C. **Avaliação dos efeitos do laser de baixa intensidade na osseointegração de implantes com diferentes superfícies: Análise por frequência de ressonância e biomecânica.** 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

## RESUMO

O laser de baixa intensidade tem sido amplamente utilizado para modular o processo de reparação da interface formada entre osso e implante. A proposição deste trabalho foi avaliar os efeitos do laser de baixa intensidade no processo de osseointegração de implantes com superfície usinada (MS) e tratada (TS) instalados em tíbias de coelhos. Para tal, 20 coelhos Albinus, receberam 40 implantes de Ti-6Al-4V (4mmx10mm) em suas tíbias direita e esquerda, sendo um implante de cada superfície em cada tíbia. Os animais foram divididos em dois grupos experimentais: Grupo I – animais que não receberam laserterapia em osteotomia seguido da instalação de implantes com superfície usinada (MS1) ou tratada (TS1) e Grupo II – animais que receberam laserterapia em osteotomia seguido da instalação de implantes com superfície usinada (MS2) ou tratada (TS2) seguida da mesma aplicação após sutura. Após instalação de cada implante foi mensurado o coeficiente de estabilidade do implante (ISQ) por meio da análise de frequência por ressonância. Nos períodos de 21 e 42 dias pós-operatórios os animais foram anestesiados e *in vivo* foi mensurado novamente ISQ, seguido da análise biomecânica por meio do torque de remoção. Os valores obtidos foram tabuados e levados à análise estatística (análise de variância e teste *t* de Tukey), adotando o nível de significância de  $p < 0.05$ . Os valores médios do ISQ de MS2 foram estatisticamente superiores quando comparado com MS1 aos 42 dias ( $p=0.0004$ ). E quando comparado apenas os valores médios do torque de remoção dos implantes com superfície usinada, MS2 apresentou diferença estatística a MS1 nos períodos de 21 ( $p= 0.0155$ ) e 42 dias ( $p= 0.0155$ ). Diante dos resultados obtidos conclui-se que o laser de baixa intensidade modulou o processo de osseointegração e o efeito da laserterapia foi evidenciado principalmente na superfície usinada.

**Palavras-chave:** Implante dentário. Osseointegração. Terapia com Luz de Baixa Intensidade.

OLIVEIRA, A. C. C. **Evaluation of the effects of low intensity laser on osseointegration of implants with different surfaces: Resonance frequency and biomechanical analysis.** 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Odontologia de Araçatuba, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

## ABSTRACT

The low power laser has been widely used to modulate the healing process of the bone/implant interface. The purpose of this paper was to evaluate the effects of low power laser in the process of osseointegration of implants with machined (MS) and treated surfaces (TS) placed in tibiae of rabbits. For this, 20 Albinus rabbits, received 40 Ti-6Al-4V implants (4mmx10mm) in their right and left tibias, with one implant of each surface in each tibia. The animals were divided into two experimental groups: Group I - animals that did not receive laser therapy in osteotomy followed by installation of implants with machined (MS1) or treated (TS1) surfaces; and Group II - animals that received laser therapy in osteotomy followed by installation of implants with machined (MS2) or treated (TS2) surfaces followed by the same application after suturing. After installation of each implant, the implant stability coefficient (ISQ) was measured by resonance frequency analysis. At 21 and 42 days postoperatively, the animals were anesthetized and *in vivo* ISQ was measured again, followed by biomechanical analysis using removal torque. The values obtained were tabulated and statistically analyzed (analysis of variance and Tukey's *t* test), adopting a significance level of  $p < 0.05$ . The mean ISQ values of MS2 were statistically superior when compared to MS1 at 42 days ( $p=0.0004$ ). When only the mean removal torque values of the implants with machined surface were compared, MS2 showed a statistical difference to MS1 at 21 ( $p= 0.0155$ ) and 42 days ( $p= 0.0155$ ). It can be concluded from the results that the low power laser modulated the osseointegration process and that the effect of laser therapy was evident mainly on the machined surface.

**Keywords:** Dental implant. Osseointegration. Low-Intensity Light Therapy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cirurgia experimental	20
Figura 2 -	Instalação dos implantes	20
Figura 3 -	Aparelho mensurador de frequência por ressonância (ISQ)	21
Figura 4 -	Posições padronizadas das leituras de ISQ e ilustração do transdutor SmartPeg™	21
Figura 5 -	Procedimentos realizados após a instalação dos implantes	22
Figura 6 -	Mensuração da análise biomecânica	22

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Gráfico com os valores médios e desvio padrão de análise de frequência por ressonância	23
Gráfico 2 -	Gráfico com os valores médios e desvio padrão de frequência por ressonância dos grupos I e II, independente da superfície	24
Gráfico 3 -	Gráfico com os valores médios e desvio padrão de torque de remoção	26
Gráfico 4 -	Gráfico com os valores médios e desvio padrão de torque de remoção dos grupos I e II, independente da superfície	27

## LISTA DE ABREVIATURAS

<i>ad libitum</i>	Expressão em Latin para “de acordo com a vontade de alguém ou sem restrições ou limites, a vontade”
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Óxido de alumínio
ARRIVE	“Animal research: reporting of <i>in vivo</i> experiments”; em português “Pesquisa em animais: relato de experimentos <i>in vivo</i> ”
AsGaAl	Arsênio-Gálio-Alumínio
ASTM F67	"Standard Specification for Unalloyed Titanium, for Surgical Implant Applications"
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
et al.	Expressão para “e colaboradores” ou “e outros”
EUA	Estados Unidos da América
FOA	Faculdade de Odontologia de Araçatuba
FOA/UNESP	Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Odontologia, Araçatuba, São Paulo, Brasil. Versão em inglês “São Paulo State University, School of Dentistry, Araçatuba, São Paulo, Brazil”. Norma de citação estabelecida pela Resolução Unesp-89, de 24-11-2016, publicado no Diário Oficial do Poder Executivo - Seção I São Paulo, 127 (2) – 51
He-Ne	Hélio-Neônio
<i>in vivo</i>	Refere-se à experimentação feita dentro ou no tecido vivo de um organismo vivo
ISQ	“ <i>Implant Quotient Stability</i> ”; versão em português “Quociente de estabilidade do implante”
J/cm <sup>2</sup>	Joules por centímetro quadrado
kg	Quilograma; versão em inglês “ <i>kilogram</i> ”
Laser	Acrônimo de “light amplification by stimulated emission of radiation”; em português “amplificação de luz por emissão estimulada de radiação”
mg/kg	Miligrama por quilo

mL/Kg	Mililitro por quilo
mm	Milímetro
MS	MS - Superfície usinada; versão em inglês “ <i>maquined surface</i> ”
MS1	Animais que não receberam a aplicação do laser de baixa intensidade na osteotomia dos implantes de superfície usinada
MS2	Animais que receberam a aplicação prévia do laser de baixa intensidade na loja cirúrgica osteotomizada para instalação dos implantes com superfície usinada, seguida da mesma aplicação após sutura
mW	Mili-Watt
N cm	Unidade de Newton por centímetro
nm	Nanômetro
PVP-I	Polivinil Pirrolidona Iodo
rpm	Rotações por minuto
Ti-6Al-4V	Liga de Titânio-Alumínio-Vanádio
TS	Superfície tratada por jateamento de Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> seguido do condicionamento ácido; versão em inglês “ <i>treated surface</i> ”
TS1	Animais que não receberam a aplicação do laser de baixa intensidade na osteotomia dos implantes de superfície tratada
TS2	Animais que receberam a aplicação prévia do laser de baixa intensidade na loja cirúrgica osteotomizada para instalação dos implantes com superfície tratada, seguida da mesma aplicação após sutura
UNESP	UNESP – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Versão em inglês “São Paulo State University”
USA	“ <i>United States of América</i> ”
±	Desvio padrão
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO	16
3	MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1	Cálculo do tamanho da amostra	17
3.2	Animais e grupos experimentais	17
3.3	Cirurgia experimental	18
3.4	Análise de frequência por ressonância	20
3.5	Análise biomecânica – medidas de torque de remoção	22
3.6	Análise estatística	22
4	RESULTADOS	23
4.1	Análise de frequência por ressonância	23
4.2	Análise biomecânica – remoção dos implantes por torque de remoção	24
5	DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	31
	ANEXO	34

## 1 INTRODUÇÃO

Laser é um acrônimo com origem na língua inglesa que significa “light amplification by stimulated emission of radiation” (MAIMAN, 1960). Esta radiação é do tipo eletromagnética não ionizante, ou seja, uma fonte luminosa com características bastante específicas (MAILLET, 1987). A ação do laser pode ser classificada de acordo com a interação do mesmo com o tecido alvo em questão. A célula tem um limiar de sobrevivência, baseado no tipo de tecido onde está localizada e em seu estado fisiológico. Quando se trabalha com o laser respeitando esse limiar, é oferecida à célula uma baixa intensidade de energia, e trabalha-se com o laser operando em baixa densidade de potência. Este fato explica a classificação em laser de baixa potência e laser de alta potência (OHSHIRO, 2011). Os lasers de baixa potência podem ser ativados por diferentes meios químicos, entre eles He-Ne (YAMADA, 1991) e AsGaAl (BLAY *et al.*, 2016).

O laser de baixa intensidade, também conhecido como terapêutico tem sido empregado na cicatrização de tecidos duros e moles, visto que modula o processo de reparo dos tecidos, promove um efeito antiinflamatório, analgésico, estimula o sistema imunológico e participa da regeneração celular (GUTKNECHT *et al.*, 2004). Seus efeitos terapêuticos para o tratamento de feridas foi primeiramente descrito por Mester *et al.*, 1971, seguido por um grande número de pesquisadores (KHADRA *et al.*, 2004; HODE; TUNÉR, 2006; GENOVESE, 2007; KIM *et al.*, 2007; TORRES; TEIXEIRA, 2008) que comprovaram seus efeitos de bioestimulação.

Considerando que os efeitos terapêuticos da laserterapia incluem aceleração do processo de reparação óssea, estudos prévios publicados (KIM *et al.*, 2007; JAKSE *et al.*, 2007; TORRES; TEIXEIRA, 2008; BLAY *et al.*, 2016) aplicaram esta metodologia com diferentes comprimentos de onda e tempo de exposição para modular e permitir a aceleração do processo de osseointegração. A aplicação do laser de baixa intensidade no leito cirúrgico durante a instalação de implantes osseointegráveis proporcionou um maior contato osso implante (GUZZARDELLA *et al.*, 2003), maiores valores de torque de remoção (BLAY *et al.*, 2016) quando comparados a implantes instalados sem a aplicação do laser.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar o processo de reparo do tecido ósseo ao redor de implantes com superfície usinada e tratada instalados em tíbias de coelhos submetidos ou não ao tratamento com laser de baixa intensidade.

## **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Cálculo do tamanho da amostra**

Para o experimento, foi realizado o cálculo do tamanho da amostra baseado no coeficiente de estabilidade do implante (ISQ) e nos valores de torque de remoção dos estudos prévios publicados (QUEIROZ *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014; QUEIROZ *et al.*, 2017). Para determinação do poder da amostra foi considerado um nível de significância de 5% (com desvio padrão de 2%), e com um poder de teste de 80%, sendo definindo alpha como 0.05 e cinco coelhos por grupo foram necessários para comparar os diferentes grupos.

### **3.2 Animais e grupos experimentais**

Este estudo foi realizado de acordo com os Princípios Éticos para a Experimentação Animal, adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA), e foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP recebendo o número de processo 00950-2013. O projeto foi delineado de acordo com as diretrizes da ARRIVE guidelines (NC3Rs 2010). Para tal, foram utilizados 20 coelhos machos brancos (Albinus), com idade de aproximadamente 5 meses, com peso corporal de 3 a 4 Kg. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais com dieta padrão, ração sólida (Procoelho, Primor) e água “ad libitum” no Biotério da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – FOA/UNESP.

Os animais receberam aleatoriamente em suas tibias direita e esquerda um implante manufaturados em liga de Ti-6Al-4V (ASTM 67) de superfície usinada (MS) e tratada por jateamento de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> seguido do condicionamento ácido (TS) com conexão de hexágono externo e dimensões de 4 mm de diâmetro de 10 mm de comprimento (Novo Colosso, Emfils Ind Com Produtos Odontológicos, São Paulo, Brasil) em osteotomia na região medial da face lateral da tíbia após fresagem escalonada padronizada para implantodontia com 3.5/3.8 mm de diâmetro e 10 mm de profundidade. Em seguida os animais foram divididos aleatoriamente em 2 grupos:

- **Grupo I** – Animais que não receberam a aplicação do laser de baixa intensidade na osteotomia dos implantes de superfície usinada (MS1) ou tratada (TS1);
- **Grupo II** – Animais que receberam a aplicação prévia do laser de baixa intensidade na loja cirúrgica osteotomizada para instalação dos implantes com superfície usinada (MS2) ou tratada (TS2), seguida da mesma após sutura.

### 3.3 Cirurgia experimental

Após jejum de 8 horas, os animais foram submetidos à anestesia geral por administração via intramuscular de 50mg/kg de cloridrato de ketamina (Vetaset – Fort Dodge Saúde Animal Ltda, São Paulo, Brasil), e 5mg/Kg de cloridrato de xilazina (Dopaser – Laboratório Calier do Brasil Ltda, São Paulo, Brasil). Posteriormente foi realizada a tricotomia e a antisepsia com PVPI degermante e tópico (PVPI 10%, Riodeine, Rioquímica, São José do Rio Preto, Brasil). Como complementação anestésica os animais receberam anestesia local de cloridrato de mepivacaína (0.3 mL/Kg, Scandicaine 2% com adrenalina 1:100.000, Septodont, França) (Figura 1a).

Em seguida foi realizada uma incisão dermo-periosteal de aproximadamente 2 cm de comprimento na metáfise tibial, por meio de lâmina de bisturi número 15 (Feather Industries Ltda, Tokyo, Japão), montada em cabo de bisturi número 3 (Figura 1b). Na sequência o tecido mole foi divulsionado, expondo o tecido ósseo para instalação dos implantes.

Para a preparação do leito cirúrgico foi utilizado um motor elétrico (Driller BLM 350, São Paulo, Brasil) com velocidade de 1200 rpm e contra-ângulo redutor de 20:1 (W&H, Berlim, Alemanha). As osteotomias seguiram o protocolo padrão do sistema de implante empregado. A osteotomia inicial foi realizada com a freza lança a fim de romper a cortical óssea, seguida pela utilização de frezas escalonadas de 2.0/2.5 mm, 2.5/2.8 mm, 2.8/3.2 mm, 3.2/3.5 mm, and 3.5/3.8 mm (Figura 1c). Todas as osteotomias foram realizadas sob irrigação externa abundante, com a utilização de solução fisiológica a 0,9% (Darrow, Rio de Janeiro, Brasil), para evitar aquecimento prejudicial na região. Após fresagem, nos animais pertencentes ao

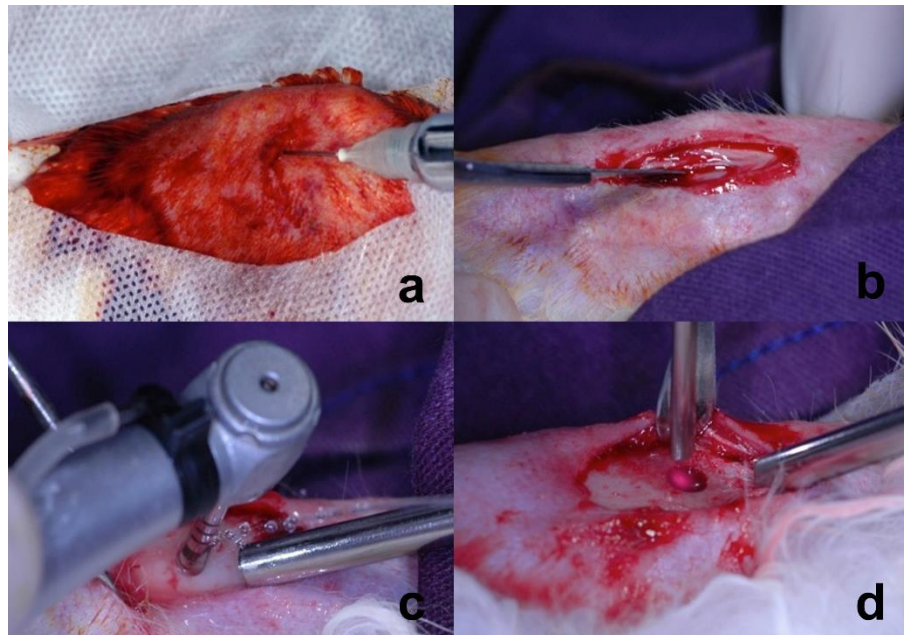
Grupo II foi realizada uma aplicação do laser GaAIIAs em baixa intensidade (DMC Equipamentos, Whitening Lase II, São Carlos, Brasil), perpendicularmente a loja cirúrgica (Figura 1d), com comprimento de onda de 880nm, potência de 100mW, com dose pré-determinada de 8,7J/cm<sup>2</sup> e duração de 25 segundos para uma área de 1cm<sup>2</sup> (dosimetria pré-programada para Implantodontia do Whitening Lase II, São Carlos, Brasil).

Os implantes de superfície usinada (Figura 2a) e superfície tratada (Figura 2b) foram instalados na velocidade de 20 rpm e torque fixo de 20 N cm até atingir o nível ósseo (Figura 2c). Imediatamente após a instalação dos implantes a estabilidade primária foi mensurada por meio do aparelho analisador de frequência por ressonância (Ostell® Instrument, Integration Diagnostics AB, Gotemburgo, Suécia) (Figura 3). As aferições foram realizadas em quatro posições distintas do implante (Figura 4a), utilizando-se um transdutor compatível (SmartPegs™ Instrument, Integration Diagnostics AB, Gotemburgo, Suécia) (Figura 4b) que foi aparafusado no implante. Desta forma foram obtidas quatro leituras para cada implante (Figura 5a).

A sutura foi realizada em planos, empregando-se fio absorvível de Poliglactina 910 (Vycril 4.0, Ethicon, Johnson Prod., São José dos Campos, Brasil) com pontos contínuos no plano muscular e fio não-absorvível de Nylon (Ethicon 4.0, Johnson, São José dos Campos, Brasil) com pontos interrompidos no plano da derme (Figura 5b). Posteriormente a sutura, os animais pertencentes ao Grupo II receberam novamente a mesma aplicação do laser GaAIIAs em baixa intensidade (DMC Equipamentos, Whitening Lase II, São Carlos, Brasil) perpendicularmente a derme em 4 pontos diferentes, percorrendo a linha de sutura (Figura 5c).

No pós-operatório os animais receberam administração via intramuscular de Pentabiótico (0,1mL/Kg, Fort Dodge Saúde Animal Ltda, São Paulo, Brasil) e de Dipirona Sódica (1mg/Kg/dia, Ariston Indústrias Químicas e Farmacêuticas Ltda, São Paulo, Brasil) em dose única.

**Figura 1 - Cirurgia experimental. a: Anestesia local, b: Incisão dermo-periosteal na metáfise tibial, c: Osteotomia com irrigação externa, d: Aplicação de laser na loja cirúrgica (Grupo II)**



Fonte: Autor, 2022

**Figura 2 - Instalação dos implantes. a: Instalação do implante de superfície usinada – MS1 e MS2, b: Instalação do implante de superfície tratada – TS1 e TS2, c: Implante instalado – nível ósseo**



Fonte: Autor, 2022

### **3.4 Análise de frequência por ressonância**

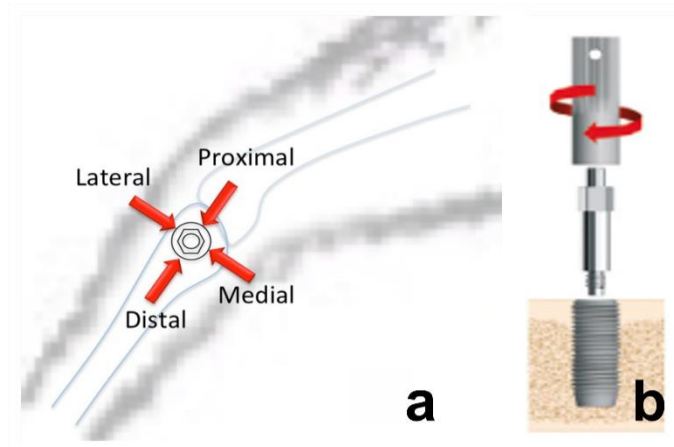
Após os períodos de 21 e 42 dias os animais foram submetidos aos mesmos protocolos pré-operatórios e operatórios. Os implantes foram reabertos para uma nova mensuração de medidas de frequência por ressonância por meio do aparelho Ostell® (Figura 3). Os valores em ISQ foram anotados e tabulados.

Figura 3 - Aparelho mensurador de frequência por ressonância em ISQ - Osstell®



Fonte: Autor, 2022

Figura 4 - a: Posições padronizadas para leituras por meio de frequência por ressonância (Fonte: Autoria própria), b: Ilustração do transdutor para leitura – SmartPeg™



Fonte: Manual Osstell®

**Figura 5 - a: Leitura por meio do transdutor de medição da frequência por ressonância, b: Sutura com Nylon 4.0 nos Grupos I e II , c: Aplicação do Laser com quatro pontos – somente Grupo II**

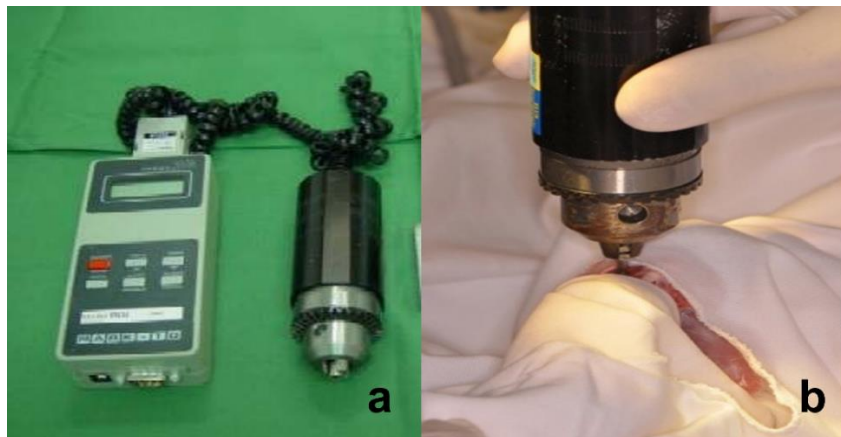


Fonte: Autor, 2022

### 3.5 Análise biomecânica – medidas de torque de remoção

Logo após a realização da análise de frequência por ressonância, foi realizada a análise biomecânica por meio do torque de remoção, empregando-se um torquímetro digital (Torque gauge BGI, Mark 10 Corporation, New York, EUA) (Figura 6). Os valores obtidos foram anotados e tabulados.

**Figura 6 - Mensuração da análise biomecânica. a: Torquímetro modelo BGI da marca Mark 10 Corporation, b: Mensuração do torque de remoção por meio do torquímetro digital**



Fonte: Autor, 2022

### 3.6 Análise estatística

As análises foram realizadas no programa GraphPad Prism 7.00 (GraphPad Software Inc, San Diego, CA, USA). Todos os dados quantitativos obtidos e tabulados foram submetidos à análise estatística de variância (ANOVA)

seguida do teste post hoc de Tukey para comparações múltiplas entre os grupos ( $p < 0.05$ ).

## 4 RESULTADOS

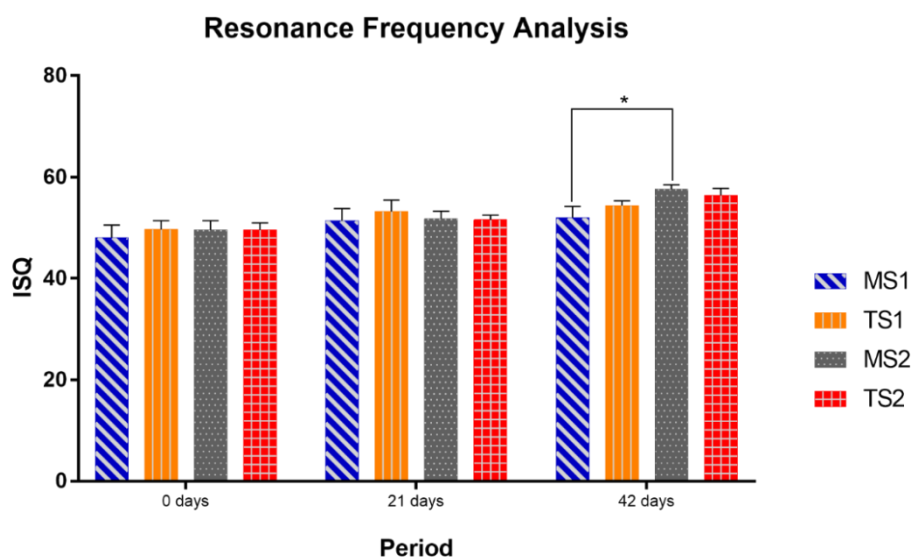
### 4.1 Análise de frequência por ressonância

No grupo I os valores médios de frequência por ressonância para superfície usinada (MS1) foram de  $48.1 \pm 3.04$ ,  $51.4 \pm 2.41$  e  $52 \pm 2.24$  para os períodos de 0, 21 e 42 dias respectivamente, enquanto para superfície tratada (TS1) os valores médios de frequência por ressonância foram de  $49.7 \pm 2.26$ ,  $53.2 \pm 2.28$  e  $54.4 \pm 0.89$  respectivamente para os períodos de 0, 21 e 42 dias. No grupo II os valores médios de frequência por ressonância para superfície usinada (MS2) foram de  $49.6 \pm 2.37$ ,  $51.8 \pm 1.48$  e  $57.6 \pm 0.89$  para os períodos de 0, 21 e 42 dias respectivamente, enquanto para superfície tratada (TS2) os valores médios de frequência por ressonância do grupo II foram de  $49.6 \pm 1.96$ ,  $51.6 \pm 0.89$  e  $56.4 \pm 1.34$  respectivamente para os períodos de 0, 21 e 42 dias.

Ao avaliar os efeitos da laserterapia na superfície usinada, os valores médios de frequência por ressonância dos implantes submetidos a aplicação do laser de baixa intensidade (MS2) foram estatisticamente superiores ( $p=0.0004$ ) quando comparados aos implantes de superfície usinada sem a aplicação do laser (MS1) somente aos 42 dias. Os valores médios e desvio padrão de frequência por ressonância para cada superfície, grupo e período estão ilustrados no gráfico 1.

**Gráfico 1 - Gráfico com os valores médios e desvio padrão de análise de frequência por ressonância nos períodos de 0, 21 e 42 dias**

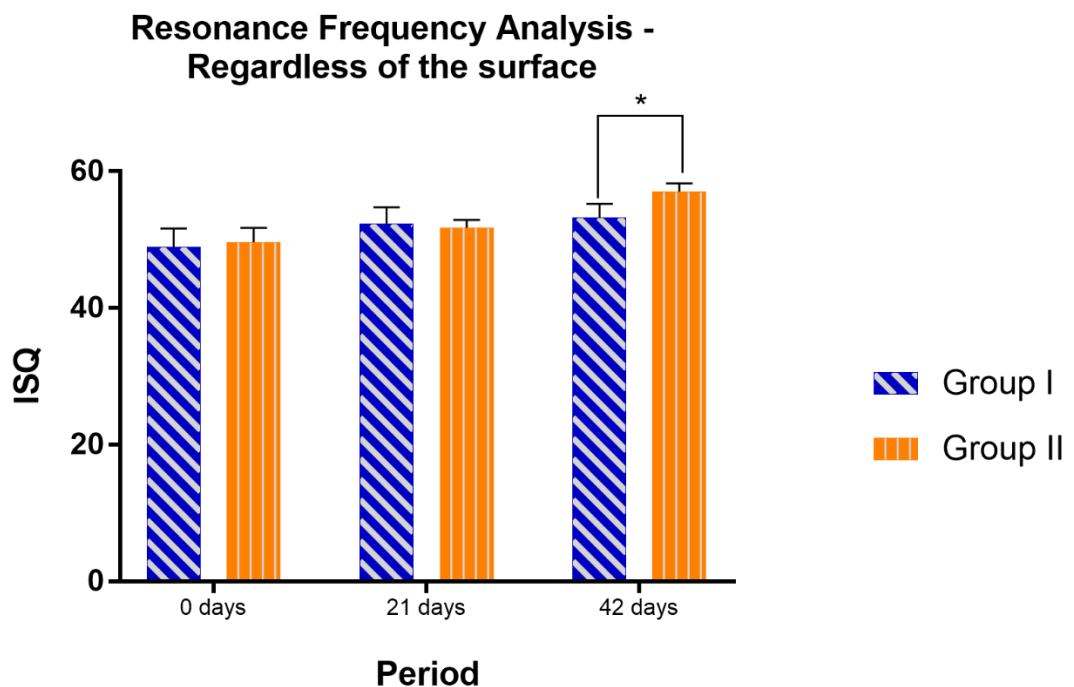
\* indica diferença estatisticamente entre as mesmas superfícies sem e com laserterapia no mesmo período.



Quando avaliado o efeito da laserterapia, independente da superfície, os valores médios de frequência por ressonância do grupo I foram de  $48.90 \pm 2.73$ ,  $52.30 \pm 2.41$  e  $53.20 \pm 2.04$  para os períodos 0, 21, e 42 dias respectivamente, enquanto para o grupo II os valores médios foram  $49.60 \pm 2.11$ ,  $51.70 \pm 1.16$  e  $57 \pm 1.25$  para os mesmos períodos. Os valores de frequência por ressonância dos implantes que receberam à aplicação do laser de baixa intensidade (Grupo II) foram estatisticamente superiores ( $p= 0.0024$ ) quando comparados aos implantes que não receberam a aplicação do laser (Grupo I) no período de 42 dias. Os valores médios e desvio padrão de frequência por ressonância dos grupos I e II, independente da superfície estão ilustrados no gráfico 2.

**Gráfico 2 - Gráfico com os valores médios e desvio padrão de frequência por ressonância dos grupos I e II, independente da superfície.**

**\* indica diferença estatisticamente entre os grupos sem e com laserterapia no mesmo período**



Fonte: Autor, 2022

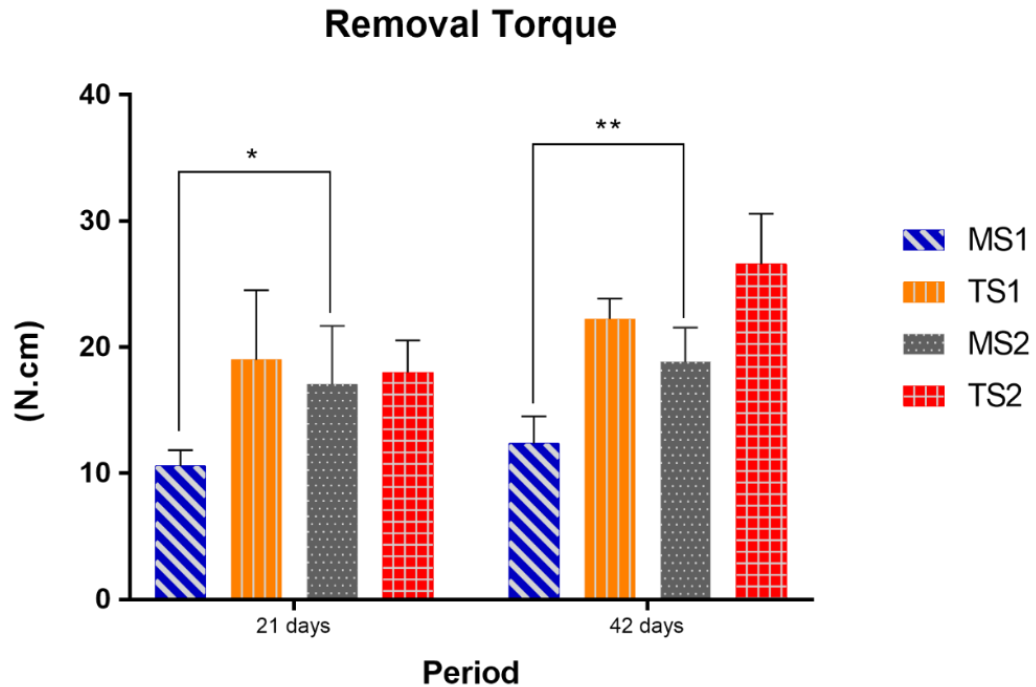
## 4.2 Análise biomecânica – remoção dos implantes por torque de remoção

Os valores médios de torque de remoção do grupo I para superfície usinada (MS1) foram de  $10.6 \pm 1.23$  e  $12.38 \pm 2.14$  N cm, para os períodos de 21 e

42 dias respectivamente, enquanto para superfície tratada (TS1) foram de  $19 \pm 5.52$  e  $22.26 \pm 1.61$  N cm respectivamente nos mesmos períodos. No grupo II, os valores médios de torque de remoção para superfície usinada (MS2) foram de  $17.06 \pm 4.64$  e  $18.84 \pm 2.72$  para os períodos de 21 e 42 dias respectivamente, enquanto para superfície tratada (TS2) foram de  $18 \pm 2.56$  e  $26.6 \pm 3.97$  respectivamente nos mesmos períodos.

Ao comparar o efeito da laserterapia apenas na superfície usinada os valores médios de torque de remoção de MS2 foram estatisticamente superiores quando comparados aos valores médios de torque de remoção de MS1 nos períodos de 21 ( $p= 0.0155$ ) e 42 dias ( $p= 0.0155$ ). No entanto, o efeito da laserterapia não foi observado na superfície tratada, uma vez que não houve diferença estatisticamente significativa entre TS2 e TS1 nos períodos de 21 ( $p= 0.9997$ ) ou 42 dias ( $p= 0.4716$ ). De uma forma geral a modificação da superfície aumentou os valores médios de torque de remoção uma vez que TS1 foi estatisticamente superior quando comparado a MS1 nos períodos de 21 ( $p= 0.0085$ ) e 42 dias ( $p= 0.0013$ ) e TS2 estatisticamente superior quando comparado a MS2 no período de 42 dias ( $p=0.0184$ ). Os valores médios e desvio padrão de torque de remoção para cada superfície, grupo e períodos estão ilustrados no gráfico 3.

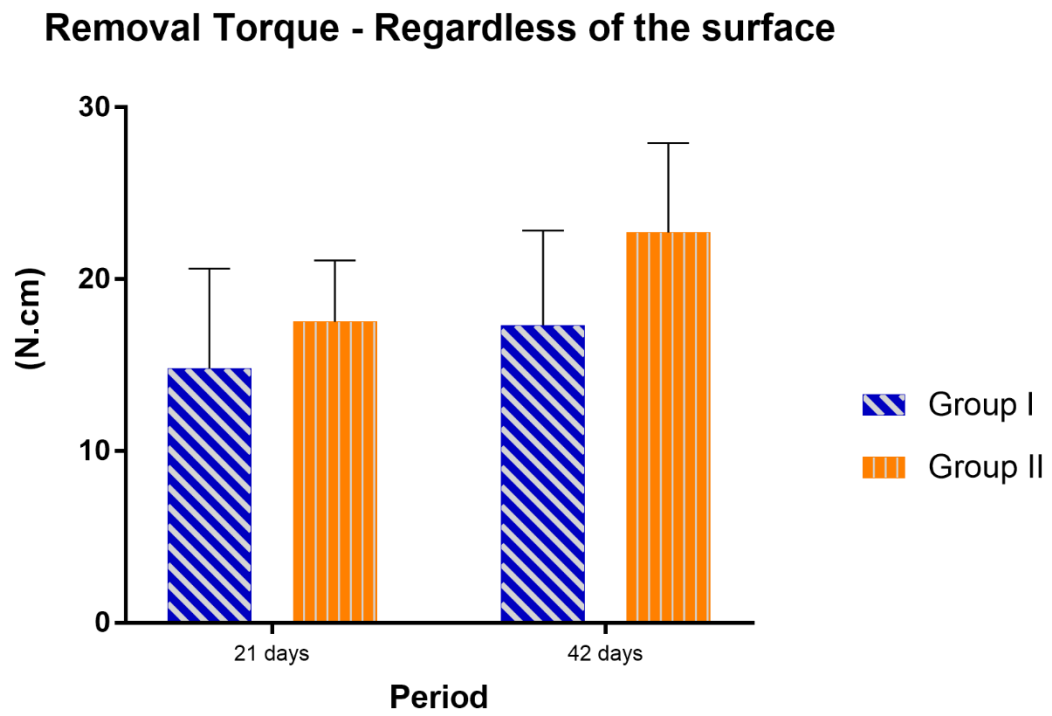
**Gráfico 3 - Gráfico com os valores médios e desvio padrão de torque de remoção nos períodos de 21 e 42 dias**  
 \*, \*\* indica diferença estatisticamente entre as mesmas superfícies sem e com laserterapia no mesmo período



Fonte: Autor, 2022

Quando avaliado o efeito da laserterapia, independente da superfície, os valores médios de torque de remoção do grupo I foram de  $14.8 \pm 5.82$  e  $17.32 \pm 5.50$  para os períodos de 21 e 42 dias respectivamente, enquanto para o grupo II os valores médios foram  $17.53 \pm 3.56$  e  $22.72 \pm 5.20$  para os mesmos períodos. Não houve diferenças estatisticamente entre grupo I e II nos períodos de 21 e 42 dias. Os valores médios e desvio padrão de torque de remoção dos grupos I e II, independente da superfície estão ilustrados no gráfico 4.

Gráfico 4 - Gráfico com os valores médios e desvio padrão de torque de remoção dos grupos I e II nos períodos de 21 e 42 dias, independente da superfície



Fonte: Autor, 2022

## 5 DISCUSSÃO

No presente estudo, os valores obtidos pela análise de frequência por ressonância mostraram diferença estatística quando comparado MS2 com MS1 aos 42 dias ( $p=0.0004$ ). E para a análise do torque de remoção dos implantes, os valores obtidos para MS2 foram significativamente diferentes quando comparado com MS1 aos 21 ( $p= 0.0155$ ) e 42 dias ( $p= 0.0155$ ). Esses resultados foram encontrados em estudos anteriores publicados *in vivo*, que avaliaram o torque de remoção de implantes com ou sem aplicação da laserterapia de baixa intensidade, concluindo que a laserterapia foi vantajosa, melhorando a resistência da interface osso-implante e contribuindo para o processo de osseointegração (CAMPANHA *et al.*, 2010; BOLDRINI *et al.*, 2013; BLAY *et al.*, 2016).

A capacidade de otimização do reparo ósseo ao redor do implante é possível devido a diversas propriedades que o laser de baixa intensidade apresenta como a aceleração do processo de reparo dos tecidos, o efeito anti-inflamatório, analgésico, a estimulação do sistema imunológico e a participação na regeneração celular (GUTKNECHT *et al.*, 2004; TORRES; TEIXEIRA, 2008). O Laser de baixa intensidade apresenta vários efeitos terapêuticos, entre eles a bioestimulação tecidual, permitindo aceleração dos processos de cicatrização, reparo ósseo, bem como atenuação de processos dolorosos, entre outros efeitos benéficos (TRELLES; MAYAYO, 1987; TORRES; TEIXEIRA, 2008). O primeiro estudo empregando o laser de baixa intensidade para bioestimulação tecidual foi descrito no ano de 1971 (MESTER *et al.*, 1971). A partir deste estudo, vários autores (GENOVESE, 2007; KIM, 2007; TORRES; TEIXEIRA, 2008; BLAY *et al.*, 2016) descreveram os efeitos benéficos do laser de baixa intensidade.

Os resultados encontrados no presente estudo, tanto na análise de frequência por ressonância, bem como na análise biomecânica, não foram observadas diferenças estatísticas entre os grupos TS1 e TS2, quando comparado apenas os implantes de superfície tratada, ou seja, os efeitos benéficos da laserterapia no presente estudo foram evidenciados principalmente nos implantes de superfície usinada. Esses achados revelam que os efeitos da laserterapia de baixa intensidade não foram evidentes na superfície tratada, uma vez que as modificações topográficas da superfície do implante são consideradas um avanço no campo da

implantodontia, pois proporcionam valores superiores de frequência por ressonância (SOUZA *et al.*, 2019), torque de remoção (QUEIROZ *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2019) e contato entre tecido ósseo e superfície do implante (SOUZA *et al.*, 2014; QUEIROZ *et al.*, 2017). Assim, a modificação da superfície do implante modificou o processo de osseointegração e a laserterapia não aumentou a eficiência biológica neste processo de reparo periimplantar das superfícies tratadas.

Além dos seus vários efeitos bioestimulantes no processo de osseointegração em áreas de tecido ósseo saudável, estudos publicados anteriormente demonstraram a eficácia da laserterapia em animais sistematicamente comprometidos e podem ter um efeito mais evidente em condições de reparo desfavoráveis (GARCIA *et al.*, 2013; NASCIMENTO *et al.*, 2015; DE VASCONCELLOS *et al.*, 2016; ALMEIDA *et al.*, 2017; TORRES *et al.*, 2020). Neste estudo, de uma forma geral os valores de torque de remoção dos implantes de superfície usinada do grupo II (MS2) foram estatisticamente superiores ( $p=0.0004$ ) quando comparados aos implantes de superfície usinada do grupo I (MS1) tanto aos 21 dias quanto aos 42 dias. Tais resultados sugerem que a laserterapia de baixa intensidade pode ser considerada uma boa opção de terapia coadjuvante para obtenção de um melhor reparo ósseo periimplantar e seus efeitos benéficos foram identificados principalmente em implantes de superfície usinada, que é uma superfície que depende do tempo de cicatrização e requer maiores cuidados durante o processo de osseointegração.

Assim, resultados obtidos no presente estudo confirmam a hipótese de que a laserterapia de baixa intensidade possui efeito bioestimulante sobre o tecido ósseo ao redor de implantes. Dessa forma, esta terapia pode ser considerada um importante coadjuvante na clínica de implantodontia. No entanto, estudos histométricos, tomográficos são necessários para ratificar ou não os resultados obtidos neste trabalho.

## **6 CONCLUSÃO**

Diante dos resultados obtidos conclui-se que o laser de baixa intensidade modulou o processo de osseointegração, proporcionando a bioestimulação do tecido ósseo ao redor do implante e o efeito da laserterapia de baixa intensidade foi evidenciado principalmente nos implantes de superfície usinada.

## REFERÊNCIAS

- Blay A, Blay CC, Tunchel S, Gehrke SA, Shibli JA, Groth EB, et al. Effects of a Low-Intensity Laser on Dental Implant Osseointegration: Removal Torque and Resonance Frequency Analysis in Rabbits. *J Oral Implantol*. 2016;42(4):316-20.
- Boldrini C, De Almeida JM, Fernandes LA, Ribeiro FS, Garcia VG, Theodoro LH, Pontes AE. Biomechanical effect of one session of low-level laser on the bone-titanium implant interface. *Lasers Med Sci*. 2013;28(1):349-52.
- Campanha BP, Gallina C, Geremia T, Loro RC, Valiati R, Huble R, et al. Low-Level Laser Therapy for Implants without Initial Stability. *Photomed Laser Surg*. 2010;28(3):365-9.
- De Almeida JM, De Moraes RO, Gusman DJ, Faleiros PL, Nagata MJ, Garcia VG, et al. Influence of low-level laser therapy on the healing process of autogenous bone block grafts in the jaws of systemically nicotine-modified rats: A histomorphometric study. *Arch Oral Biol*. 2017;75:21-30.
- De Almeida JM, Theodoro LH, Bosco AF, Nagata MJ, Oshiiwa M, Garcia VG. Influence of photodynamic therapy on the development of ligature-induced periodontitis in rats. *J Periodontol*. 2007; 78(3):566-75.
- De Vasconcellos LM, Barbara MA, Rovai ES, De Oliveira FM, Ebrahim ZF, De Vasconcellos LG, et al. Titanium scaffold osteogenesis in healthy and osteoporotic rats is improved by the use of low-level laser therapy (GaAIs). *Lasers Med Sci*. 2016;31:899-905.
- Garcia VG, Da Conceição JM, Fernandes LA, De Almeida JM, Nagata MJ, Bosco AF, et al. Effects of LLLT in combination with bisphosphonate on bone healing in critical size defects: a histological and histometric study in rat calvaria. *Lasers Med Sci*. 2013;28(2):407-14.
- Garcia VG, Fernandes LA, Macarini VC, De Almeida JM, Martins TM, Bosco AF, Nagata MJ, Cireli JA, Theodoro LH. Treatment of experimental periodontal disease with antimicrobial photodynamic therapy in nicotine-modified rats. *J Clin Periodontol*. 2011;38(12):1106-14.

Genovese WJ. Laser de Baixa Intensidade. Aplicações Terapêuticas em Odontologia. São Paulo: Livraria e Editora Santos; 2007.

Gutknecht N, Eduardo CP. A Odontologia e o laser: atuação do laser na especialidade odontológica. São Paulo: Quintessence; 2004.

Guzzardella GA, Torricelli P, Nicoli AN, Giardino R. Osseointegration of endosseous ceramic implants after postoperative low-power laser stimulation: an in vivo comparative study. Clin Oral Implants Res. 2003;14(2):226-32.

Hode L, Tunér J. Wrong parameters can give just any results. Lasers Surg Med. 2006;38(4):343.

Jakse N, Payer M, Tangl S, Berghold A, Kirmeier R, Lorenzoni M. Influence of low-level laser treatment on bone regeneration and osseointegration of dental implants following sinus augmentation. An experimental study on sheep. Clin Oral Implants Res. 2007;18(4):517-24.

Khadra M, Ronald HJ, Lyngstadaas SP, Ellingsen JE, Haanaes HR. Low-level laser therapy stimulates bone-implant interaction: an experimental study in rabbits. Clin Oral Implants Res. 2004;15(3):325-32.

Kim YD, Kim SS, Hwang DS, Kim SG, Kwon YH, Shin SH, et al. Effect of low-level laser treatment after installation of dental titanium implant-immunohistochemical study of RANKL, RANK, OPG: an experimental study in rats. Lasers Surg Med. 2007;39(5):441-50.

Maillet H. O laser: princípios e técnicas de aplicação. São Paulo: Manole; 1987.

Maiman TH. Stimulated Optical Radiation in Ruby. Nature. 1960;187:493-4.

Nascimento MF, Almeida BM, Cunha JL, Valois RB, Pinheiro JC, Ribeiro MA, et al. Improvement of bone repair in diabetic rats subjected to 780 nm low-level laser therapy. Acta Cir Bras. 2015;30:660-7.

NC3Rs Reporting Guidelines Working Group. Animal research: reporting in vivo experiments: the ARRIVE guidelines. J Physiol. 2010;14:2519–21.

Ohshiro T. New classification for single-system light treatment. *Laser Ther.* 2011;20(1):11-5.

Queiroz TP, De Molon RS, Souza FÁ, Margonar R, Thomazini AHA, Guastaldi AC, et al. *In vivo* evaluation of cp Ti implants with modified surfaces by laser beam with and without hydroxyapatite chemical deposition and without and with thermal treatment: topographic characterization and histomorphometric analysis in rabbits. *Clin Oral Investig.* 2017;21(2):685-99.

Souza FÁ, Queiroz TP, Guastaldi AC, Garcia IR Jr, Magro Filho O, Nishioka RS, et al. Comparative *in vivo* study of commercially pure Ti implants with surfaces modified by laser with and without silicate deposition: biomechanical and scanning electron microscopy analysis. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2013;101(1):76-84.

Souza FÁ, Queiroz TP, Guastaldi AC, Margonar R, Garcia IR JR, Hochuli VE. Commercially pure titanium implants with surfaces modified by laser beam with and without chemical deposition of apatite. Biomechanical and topographical analysis in rabbits. *Clin Oral Implants Res.* 2013;24(8):896-903.

Souza FÁ, Queiroz TP, Sonoda CK, Okamoto R, Margonar R, Guastaldi AC, et al. Histometric analysis and topographic characterization of cp Ti implants with surfaces modified by laser with and without silica deposition. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2014;102(8):1677-88.

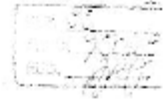
Torres AA, De Freitas BL, Carneiro PP, De Sousa ALA, Ferraz MÁ, De Pinho et al. Medication-Related Osteonecrosis of the Jaw and Low-Level Laser Therapy as Adjuvant Treatment: A Case Report. *J Lasers Med Sci.* 2020;11:497-9.

Torres MRO, Teixeira E. Influência do laser de baixa potência (GaAIIAs –  $\lambda$ 830nm) na formação óssea em relação à estabilidade primária em osso tipo IV. *J Dent Sci.* 2008;22:2636-3055.

Trelles MA, Mayayo E. Bone fracture consolidates faster with low power laser. *Lasers Surg Med.* 1987;7(1):36-45.

Yamada K. Biological effects of low power laser irradiation on clonal osteoblastic cells. *Nihon Seikeigeka Gakkai Zasshi.* 1991; 65(9):787-99.

## ANEXO – Comitê de Ética



Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA)  
Committee for Ethical Use of Animals (CEUA)

### CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto "Avaliação do processo de reparo ao redor de implantes com superfícies modificadas experimental e comercialmente disponíveis. Estudo biomecânico e histométrico em coelhos" sob responsabilidade do Pesquisador FRANCISLEY ÁVILA SOUZA e colaboração de Idelmo Rangel Garcia Júnior, Paulo Sérgio Perri de Carvalho e Sabrina Ferreira está de acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pelo CEUA, de acordo com o processo FOA-00950-2013.

### CERTIFICATE

We certify that the research "Evaluation of repair process around of modified implant surfaces experimental and commercially available. Biomechanical and hystometric study rabbits", process number FOA-00950-2013, under responsibility of FRANCISLEY ÁVILA SOUZA and with collaboration of Idelmo Range Garcia Júnior, Paulo Sérgio Perri de Carvalho and Sabrina Ferreira agree with Ethical Principles in Animal Research (COBEA) and was approved by CEUA.

  
Prof. Adj. MARY MARCONDES  
Vice-Coordenadora da CEUA  
CEUA Vice-Coordinator