



## ***Interferência da solução de armazenamento na superfície do implante dentário***

Giovanna Nascimento Mendes<sup>1</sup>, Regina Santiago Campos Nascimento<sup>3</sup>, Yuri Lobo<sup>1</sup>, Wilton Mitsunari Takeshita<sup>2</sup>, Rafael Donizete Dutra Sandes<sup>3</sup>, Cleverson Luciano Trento<sup>1</sup>, Vinícius Tadeu Batistussi França<sup>5</sup>.

### ARTIGO ORIGINAL

#### RESUMO

Os implantes com superfícies hidrofílicas têm mantido melhor a integridade da superfície em comparação com superfícies hidrofóbicas. Isto sublinha a importância da hidrofiliabilidade da superfície no aumento da estabilidade do implante durante o período de osseointegração, especialmente em condições ósseas desafiadoras. Apesar dos benefícios associados às superfícies hidrofílicas, é essencial compreender as limitações e os métodos ideais para alcançar e manter a hidrofiliabilidade da superfície. Este estudo tem como objetivo diferenciar espectroscopicamente as substâncias aquosas utilizadas pela Straumann® e avaliar variações na molhabilidade superficial de implantes Singular® secos antes e após imersão na substância aquosa. Material e Métodos: As amostras de implantes dentários foram divididas em dois grupos: Grupo 1 (n=6) composto por implantes SLActive Straumann®, comercializados em meio aquoso, e Grupo 2 (n=4) composto por implantes Singular® secos. Avaliações de molhabilidade foram realizadas inicialmente, seguidas de imersão dos implantes secos na solução aquosa dos implantes SLActive Straumann®. Após 180 dias, as amostras foram reavaliadas para observar alterações na molhabilidade superficial, a análise foi empregada para analisar a substância aquosa. A análise de molhabilidade foi realizada pela técnica do ângulo de contato. A análise dos dados envolveu tabulação e aplicação do teste de Shapiro Wilk para verificação de normalidade, seguido de testes t pareados para análise de molhabilidade. A análise espectroscópica revelou semelhanças significativas entre as amostras, com picos característicos indicando a presença de moléculas de água. As medidas do ângulo de contato indicaram uma redução estatisticamente significativa após a imersão no meio aquoso, fazendo a transição da superfície de hidrofóbica para hidrofílica. A maioria das amostras analisadas apresentou altas concentrações de água, indicando a presença de água como componente primário. A solução salina mostrou potencial para melhorar a osseointegração, reduzindo os ângulos de contato, sugerindo maior molhabilidade. A classificação da molhabilidade da superfície indicou uma mudança de hidrofóbica para hidrofílica após imersão no meio aquoso, alinhando-se com estudos anteriores em superfícies SLActive. Nosso estudo demonstra que a imersão em meio aquoso altera a molhabilidade da superfície do implante, independentemente do tratamento de superfície.

**Palavras-chave:** Molhabilidade; Materiais Dentários; Titânio; Hidrofiliabilidade; Propriedades de Superfície; Odontologia.

# Interference of the storage solution on the surface of the dental implant

## ABSTRACT

Implants with hydrophilic surfaces have been to better maintain surface integrity compared to hydrophobic surfaces. This underscores the importance of surface hydrophilicity in enhancing implant stability during the osseointegration period, especially in challenging bone conditions. Despite the benefits associated with hydrophilic surfaces, it is essential to understand the limitations and optimal methods for achieving and maintaining surface hydrophilicity. This study aims to spectroscopically differentiate the aqueous substances used by Straumann® and assess variations in surface wettability of dry Singular® implants before and after immersion in the aqueous substance. Material and Methods: Dental implant samples were divided into two groups: Group 1 (n=6) comprised SLActive Straumann® implants, commercialized in an aqueous medium, and Group 2 (n=4) consisted of dry Singular® implants. Wettability evaluations were conducted initially, followed by immersion of dry implants in the aqueous solution of SLActive Straumann® implants. After 180 days, samples were reevaluated to observe changes in surface wettability, the analysis was employed to analyze the aqueous substance. Wettability analysis was performed using the contact angle technique. Data analysis involved tabulation and application of the Shapiro Wilk test for normality verification, followed by paired t-tests for wettability analysis. Spectroscopic analysis revealed significant similarities among the samples, with characteristic peaks indicating the presence of water molecules. Contact angle measurements indicated a statistically significant reduction after immersion in the aqueous medium, transitioning the surface from hydrophobic to hydrophilic. Most analyzed samples exhibited high water concentrations, indicating the presence of water as the primary component. The saline solution showed potential for improving osseointegration by reducing contact angles, suggesting enhanced wettability. Classification of surface wettability indicated a shift from hydrophobic to hydrophilic after immersion in the aqueous medium, aligning with previous studies on SLActive surfaces. Our study demonstrates that immersion in an aqueous medium alters implant surface wettability, regardless of surface treatment.

**Keywords:** Wettability; Dental Materials; Titanium; Hydrophilicity; Surface Properties; Dentistry.

**Instituição afiliada** – 1. Mestrando em Odontologia pela Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil. 2. Professor Titular do Departamento de Diagnóstico e Cirurgia da Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Araçatuba, SP, Brasil. 3. Programa de Pós-Graduação da Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil. 4. Professor Titular da Divisão de Cirurgia Bucomaxilofacial da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, SE, Brasil. 5. Programa de Pós-Graduação em Clínica Integrada, Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, PR, Brasil

**Dados da publicação:** Artigo recebido em 09 de Março e publicado em 29 de Abril de 2024.

**DOI:** <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n4p2591-2602>

**Autor correspondente:** Giovanna Nascimento Mendes [giokassia@gmail.com](mailto:giokassia@gmail.com)

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



## INTRODUÇÃO

A hidrofiliabilidade é uma característica intrínseca de uma variedade de materiais e pode ser alterada pelos métodos de melhoria de superfície (Ruup et al., 2005). A interação entre a superfície sólida e o líquido é afetada pela tensão superficial, pela hidrofiliabilidade do material e pelos aspectos de sua superfície, que por sua vez evolui os princípios de molhabilidade (Makowiecki et al., 2019).

Os implantes com superfícies hidrofílicas podem melhorar a manutenção da integridade da superfície em comparação com as superfícies hidrofóbicas em cenários com osso artificial e baixa densidade (Boyan et al., 2017). Isso por si só enfatiza a importância potencial da hidrofiliabilidade das superfícies na improbabilidade da estabilidade do implante durante o período de osseointegração, especialmente em condições ósseas desafiadoras.

Visando a manutenção da propriedade hidrofílica, algumas empresas comercializam seus implantes em meio aquoso. Porém, é necessário entender qual é o limite de modificação da superfície por meio do armazenamento do meio aquoso. A literatura apresenta benefícios dos implantes comercializados em meio aquoso (Makowiecki et al., 2019; Sadrkhah et al., 2023). Porém, as indústrias possuem diferentes metodologias de tratamento de superfície e podem corroborar para o benefício de hidrofiliabilidade independente do armazenamento (Mendes et al. 2024; Rupp et al. 2006). Portanto, torna-se necessário avaliar a modificação na superfície apenas pelo método de armazenamento para identificar se há melhora significativa ou não na hidrofiliabilidade e quais alterações superficiais são formadas.

A caracterização da substância aquosa armazenadora do implante dentário é importante para replicabilidade e confiabilidade dos processos químicos de interação do implante no meio armazenador. Para tanto, a espectroscopia infravermelha pela Técnica de Fourier alterada (ATR-FTIR) tornou-se uma alternativa altamente empregada em odontologia por sua eficácia na caracterização de amostras de forma rápida e não destrutiva (Gładysz e Koscielniak, 2017; Cucos et al 2018)

O principal objetivo deste estudo é distinguir por espectroscopia a substância aquosa utilizada pelo (Straumann®) e identificar a variação da molhabilidade superficial dos implantes secos (Singular®) e após imersão em substância aquosa.

## **METODOLOGIA**

As amostras de implantes dentários foram subdivididas em dois grupos. O grupo 1 (N=6), de implantes dentários de liga de titânio tipo IV, comercializados em meio aquoso, SLActive Straumann® e o grupo 2 (N=4), implantes dentários de liga de titânio tipo IV, comercializados a seco, SINGULAR® (Implantes SINGULAR®, Paramirim, Rio Grande do Norte, Brasil). As amostras passaram pela primeira avaliação de molhabilidade. Posteriormente, o grupo de implantes secos foi embebido na solução aquosa dos implantes SLActive Straumann®. Após 180 dias, as amostras foram reavaliadas para observar as alterações na molhabilidade superficial.

### **Análise de substâncias aquosas**

A análise foi realizada utilizando espectroscopia infravermelha pela Técnica de Fourier modificada (FTIR) com equipamento Agilent Technologies Cary 630, possuindo acessório para medições por ATR com cristal. Os espectros de absorção na região infravermelha (na faixa de 4.000 a 500  $\text{cm}^{-1}$ ), com resolução de 4 $\text{cm}^{-1}$  e 32 varreduras, foram obtidos aplicando-se a Técnica de Refletância Total Atenuada (ATR), utilizando apenas 10 $\mu\text{L}$  das amostras em triplicado. Tornou-se útil para identificar os grupos funcionais representativos da composição das amostras. Quanto ao aspecto amostral em questão, foram selecionadas três amostras, água destilada, soro fisiológico e a substância desconhecida a ser qualificada (SLActive Straumann). O software OriginPro 2022 v.9.9.0.225 (SR1) x64 foi aplicado para traçar o gráfico dos espectros.

### **Análise de molhabilidade**

A análise de molhabilidade foi realizada pela técnica do ângulo de contato seguindo a metodologia da gota sésil. Foi utilizada uma câmera fotográfica (Nikon/lente 100mm) com distância focal de 12 cm e sistema de iluminação composto por um negatoscópio ao fundo para captura das imagens. O software GeoGebra 3.0 (GeoGebra, Salzburgo, Áustria) foi utilizado para análise das propriedades do ângulo de contato entre a gota e a base do implante. Por esta abordagem é possível medir o ângulo de contato entre o fluido e a superfície sólida, que seria o implante.

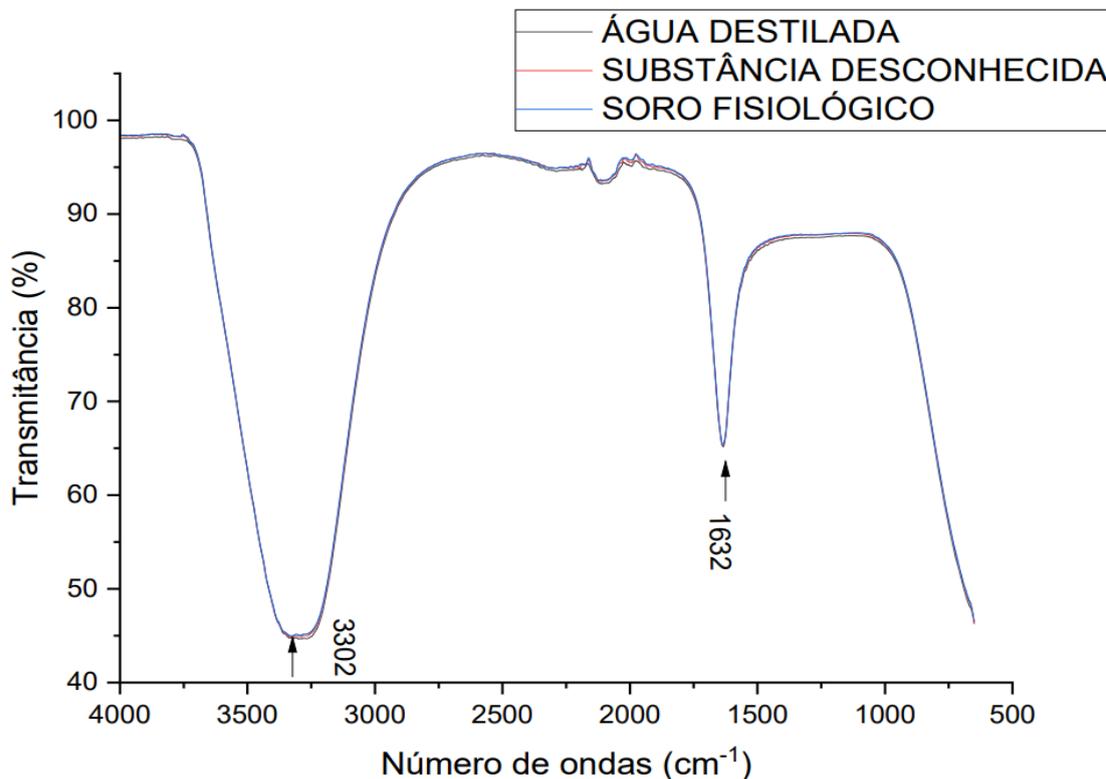
O implante foi fixado em uma plataforma sólida sobre a qual recebeu a gota sésil para avaliação de controle micrométrico de injeção líquida (pipeta 10 $\mu\text{l}$ , LABMATE Soft), utilizando água destilada, 2 microlitros, para medição do ângulo de contato ( $\theta$ ).

### Análise de dados

Todas as informações obtidas foram tabuladas e inseridas em banco de dados Excel (Microsoft, Redmond, Washington, Estados Unidos). O teste de Shapiro Wilk foi aplicado para verificar a normalidade na distribuição dos dados. Para a análise de molhabilidade, os métodos consistem em comparar o ângulo de contato antes e depois do armazenamento aquoso. Para tanto, foi empregado o teste t de Student para amostras pareadas no software BioEstat 5.0 (Manuel Ayres et al., 2007, Universidade Federal do Pará-Brasil).

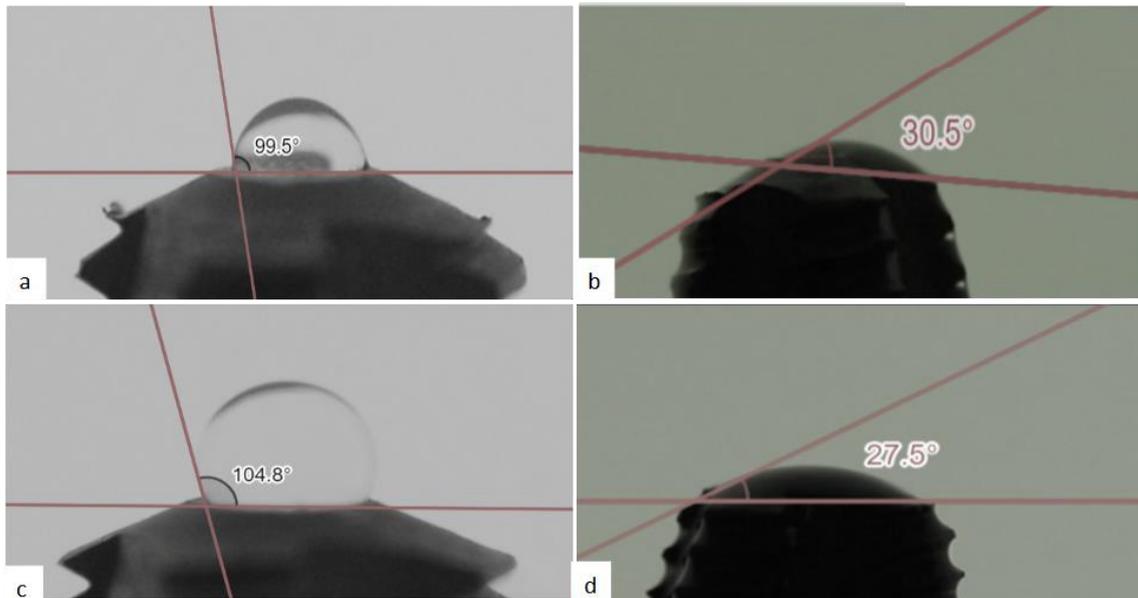
## RESULTADOS

Mostra no espectro da Figura número 1, que todas as três amostras do mesmo gráfico (água destilada, solução salina comercial e solução desconhecida de Straumann) podem ser encontradas praticamente sobrepostas, apresentando os mesmos picos (bandas) característicos.

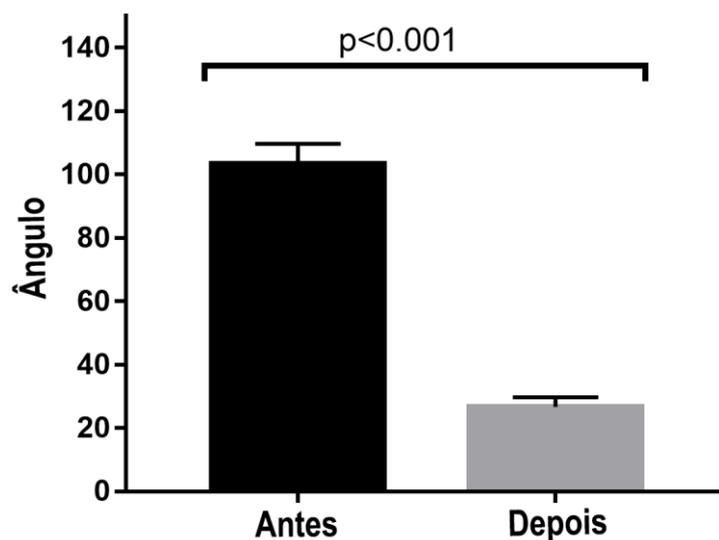


**Figura 1:** Espectros de absorção de reflexão total atenuada por transformada de Fourier (ATR-FTIR) das amostras de água e da UnknownSample (SLActive Straumann) e Soro Fisiológico comercial (NaCl 0,9%). Sobreposição de todos os espectros analisados.

As bandas apresentam similaridade espectral significativa entre as amostras analisadas. A vibração de flexão OH das moléculas de água encontradas em  $1,633\text{ cm}^{-1}$  e a forte absorção em  $3,321\text{ cm}^{-1}$  são atribuídas a OH, a vibração de estiramento. Esta banda de absorção é composta por duas vibrações localizadas em  $3,237\text{ cm}^{-1}$  (atribuída às ligações de hidrogênio intermoleculares) e  $3,360\text{ cm}^{-1}$  (atribuída às ligações de hidrogênio intramoleculares) que corresponde à molécula de água (Abidi et al, 2010).



**Figura 2:** Amostra 1 implante seco singular; b. Amostra 1 após 180 dias armazenado em meio aquoso SLActive Straumann; c. Amostra 5 implante seco singular; d. Amostra 5 após 180 dias armazenado em meio aquoso SLActive Straumann.



**Figura 3:** Análise descritiva das Amostras dos implantes secos singular e amostras após 180 dias armazenadas em meio aquoso SLActive Straumann.

Para o teste de normalidade das amostras, o valor de  $p \geq 0,05$  indica homogeneidade das amostras. A análise entre os ângulos antes e após o armazenamento em meio aquoso apresentou diferença estatisticamente significativa, obtendo valor de  $p < 0,0001$  no teste t para amostras pareadas (Figura 2).

## DISCUSSÃO

Ao avaliar o principal percentual das amostras líquidas analisadas em comparação com os valores de referência descritos na literatura, é notório que a maioria das amostras possui elevadas concentrações de H<sub>2</sub>O (Figura 1). As bandas de amostras sobrepostas da Figura 1 obtiveram dois picos principais nas regiões 3302 e 1632, e separadamente as amostras variaram entre 3309, 3316 e 1639. Sabendo que as bandas características de água estão, certamente, presentes na faixa de 3000 a 3500 cm<sup>-1</sup> (estiramento O-H) e perto de 1600 cm<sup>-1</sup> (ligação O-H) leva à conclusão de que a maior parte da substância desconhecida é água (Gładysz e Koscielniak, 2017; Sharma et al, 2019; Sócrates, 2001).

O NaCl, composto de solução salina, não apresentou significância no teste aplicado, destacando-se o H<sub>2</sub>O. A concentração de NaCl na solução salina comercial é semelhante à solução aquosa de Straumann na análise espectroscópica (Vlachos et al. 2006; Smith 2011). Porém, para identificar especificamente a concentração de NaCl, outro tipo de teste deve ser realizado além da espectroscopia, embora a concentração fisiológica mais utilizada seja 0,9% (Menin DB, Loss EMS. 2023).

Segundo Silva GAF et al., 2021 em sua pesquisa, o armazenamento dos implantes em solução isotônica de NaCl é fundamental para aumentar a molhabilidade da camada de óxido extensamente hidroxilada e hidratada de superfícies hidrofílicas. A camada interfacial hidratada pode contribuir para uma maior espessura do filme lubrificante, o que pode reduzir o coeficiente de atrito e a abrasão da superfície de contato durante o procedimento de inserção.

Visando a melhoria da osseointegração, a solução salina apresentou-se como uma opção viável para a indústria de implantes dentários. A redução do ângulo de contato pareceu possível, pois além da solução salina escolhida, o tempo de armazenamento teve sua relevância, uma vez que um período menor de 180 dias não

poderia ser suficiente para modificar a molhabilidade à temperatura ambiente. Diante do exposto, fica evidente que o tempo de contato com a solução salina e seu tipo são duas questões fundamentais para a reprodução deste estudo.

A variação da molhabilidade de uma superfície é comumente classificada em 4 tipos, de acordo com o valor do ângulo de contato. Primeiro, para comprimentos menores que  $10^\circ$  ( $\theta \leq 10^\circ$ ) a superfície é classificada como superhidrofílica. No segundo tipo, o ângulo está entre  $10^\circ < \theta < 90^\circ$ , portanto a superfície é apontada como hidrofílica, para a terceira categoria, o ângulo está entre  $90^\circ < \theta < 150^\circ$  e a superfície é hidrofóbica e já para o quarto nível, quando o ângulo for igual a  $150^\circ$  ou maior, a superfície é denominada superhidrofóbica (Guimarães Neto UG; Bacelar SMA, 2019). As amostras hidratadas neste estudo, após a análise estatística, apresentaram redução do ângulo de contato, passando a ser não mais uma superfície hidrofóbica, mas sim hidrofílica (Figura 2).

Sadrkhah et al. (2023) estudaram as propriedades mecânicas, molhabilidade e resposta biológica de superfícies de implantes dentários de titânio modificadas por SLActive. Seus resultados demonstraram excelente desempenho em todos os três, sugerindo o potencial da modificação com SLActive na melhoria da qualidade e desempenho geral dos implantes dentários, os achados deste estudo corroboram com os obtidos por Sadrkhah, embora não sendo uma superfície SLActive, verificamos que a propriedade de molhabilidade foi significativamente melhor nos implantes SINGULAR (Figura 3).

A pesquisa de Masrouri et al. (2020) consistiu em uma investigação in vivo com implantes dentários modificados por SLActive que apresentavam excelente molhabilidade. Seus resultados apontam para propriedades mecânicas, molhabilidade e resposta biológica favoráveis dos implantes com superfície modificada. Isso sugere que a modificação SLActive pode ser eficaz na melhoria do desempenho dos implantes dentários analisados.

O benefício da superfície SLActive é um fato bem conhecido na literatura, especialmente no que diz respeito ao método de tratamento de superfície e além do armazenamento da solução salina (Sadrkhah M., 2023; Masrouri M et al., 2020). Além disso, o presente estudo trouxe a modificação da superfície apenas pelo



armazenamento da solução salina. O ângulo de contato medido nos implantes Singular secos e naqueles embebidos por 180 dias em meio aquoso obteve diferença estatística significativa, corroborando com a hipótese de que independente do tratamento superficial, o armazenamento da solução aquosa em solução salina, modifica a hidrofilicidade do implante.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nossa pesquisa demonstrou que após imersão em meio aquoso, a superfície do implante apresenta alterações favoráveis à molhabilidade independentemente dos tratamentos superficiais. Porém, é imperioso que novos estudos sejam realizados para analisar as alterações químicas na superfície do implante e no meio aquoso utilizado para armazenamento, para garantir que não interfiram nas demais propriedades da superfície ou na osseointegração.

## **DECLARAÇÃO DE CONFLITO DE INTERESSES**

Os autores declararam não ter interesses conflitantes com relação à pesquisa, autoria e/ou publicação deste artigo.

### **Agradecimentos**

Esta pesquisa utilizou instalações do Departamento de Odontologia do Hospital Universitário da UFS (DOD-HU-UFS). A disponibilização das amostras de implantes foi concedida pela indústria SINGULAR Implantes®. Análise de espectroscopia no infravermelho pela técnica da transformada de Fourier (FTIR) realizada em parceria com o Laboratório de Análises de Aromas e Cromatográficas da Universidade Federal de Sergipe (UFS). A análise de molhabilidade foi possível através da disponibilização da pipeta microlitro (0-10 µl), da professora Dra. Fabrícia Alvisi Oliveira de Mendonça, e da câmera, do professor Doutor Adriano Augusto de Melo Mendonça. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **REFERÊNCIAS**

Abidi N, Cabrales L, Hequet E. Fourier transform infrared spectroscopic approach to the



study of the secondary cell wall development in cotton fiber. **Cellulose**.2010, v.17, n.2, p. 309-320.

Boyan BD, Lotz EM, Schwartz Z. Roughness and Hydrophilicity as Osteogenic Biomimetic Surface Properties. **Tissue Eng Part A**. 2017, v.23, n.23-24, p.1479-1489. doi: 10.1089/ten.TEA.2017.0048.

Cucos A, Budrugaec P, Lingvay I, Bors MA, Voina A. Comparative TG/DTG/DTA+FTIR studies concerning the stability of some mineral and vegetable electro- insulating fluids. **Revista de Chimie**. 2018, v. 69, n. 9, p. 2366–2371. Doi: <https://doi.org/10.37358/RC.18.9.6535>.

Gładysz M, Król M, Koscielniak P. Differentiation of red lipsticks using the attenuated total reflection technique supported by two chemometric methods. **Forensic Science International**. 2018. v.280, novembro de 2017, p.130-138.

Guimarães Neto UG, Bacelar SMA. Implantes dentários com superfície tratada: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**. 2019, v.1, n.4, p.69-83.

Makowiecki A, Hadzik J, Błaszczyszyn A, Gedrange T, Dominiak M. An evaluation of superhydrophilic surfaces of dental implants - a systematic review and meta-analysis. **BMC Oral Health**. 2019, v.10, n. 19, p.1-79. doi: 10.1186/s12903-019-0767-8.

Masrouri M, Faraji G, Pedram MS, Sadrkhah M. In-vivo study of ultrafine-grained CP-Ti dental implants surface modified by SLActive with excellent wettability. **Int. J. Adhes. Adhes**. 2019, n.102, p.102684.

Mendes GN, Takeshita WM, Brasileiro BF, Trento CL. Comparative effect of the extended use of acids for surface treatment of osseointegrated implants. A laboratory study. **J Osseointegr**. 2024, v.16, n.1, p.65-71. DOI 10.23805/JO.2024.621

Menin DB, Loss EMS. 2023. Determinação de cloreto de sódio em amostras de soro fisiológico. **OWL**.2023, v.1, n.3, p.25-9.

Rupp F, Scheideler L, Olshanska N, et al. Enhancing surface free energy and hydrophilicity through chemical modification of microstructured titanium implant surfaces. **J Biomed Mater Res A**. 2005, n.76, v.Suppl.2, p.323–34. <http://dx.doi.org/10.1002/jbm.a.30518>.

Sadrkhah M, Faraji G, Esmaili V. An In-Vivo Study on Nanostructured Ti Dental Implant Produced by Caliber Rolling and Surface Modification by SLActive. **JOM**. 2023, v.75,



p.5628–5642.

Sadrkhah M, Faraji G, Khorasani S, Mohsen M. Excellent Mechanical Properties, Wettability and Biological Response of Ultrafine-Grained Pure Ti Dental Implant Surface Modified by SLActive. **J. of Materi Eng and Perform.** 2023, v.32, p.11408–11421.

Sharma V, Bharti A, Kumar R. On the spectroscopic investigation of lipstick stains: Forensic trace evidence. **Spectrochimica Acta Parte A: Espectroscopia Molecular e Biomolecular.** 2023, v15, p48-57.

Silva GAF, Faot F, da Silva WJ, Del Bel Cury AA. Does implant surface hydrophilicity influence the maintenance of surface integrity after insertion into low-density artificial bone? **Dent Mater.** 2021, v.37, n.2, p.e69-e84.

Smith, B.C. 2011. **Fundamentals of Fourier transform infrared spectroscopy.** 2 ed. Boca Raton: CRC Press.198 p.

SOCRATES, George. **Infrared and Raman characteristic group frequencies: tables and charts.** John Wiley & Sons, 2004.

Vlachos N, Skopelitis Y, Psaroudaki M, et al. Applications of Fourier transform-infrared spectroscopy to edible oils. **Analytica Chimica Acta.** 2006, v. 573–574, p. 459–465. [doi:10.1016/j.aca.2006.05.034](https://doi.org/10.1016/j.aca.2006.05.034).