

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 20/02/2027.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

PEDRO GOBATO PINTO

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA RESINA
ACRÍLICA TERMICAMENTE ATIVADA E DA RESINA PARA
IMPRESSÃO QUANDO ASSOCIADAS AO GRAFENO E AO ÓXIDO
DE GRAFENO**

PEDRO GOBATO PINTO

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA RESINA
ACRÍLICA TERMICAMENTE ATIVADA E DA RESINA PARA
IMPRESSÃO QUANDO ASSOCIADAS AO GRAFENO E AO ÓXIDO
DE GRAFENO**

Dissertação apresentado ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos da Defesa da Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Prótese Dentária. Linha de pesquisa: Desenvolvimento de Materiais e Novas Tecnologias.

Orientador: Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior.

Coorientador: Prof. Dr. Guilhermino José Macêdo Fachine.

São José dos Campos

2025

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2025]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Pinto, Pedro Gobato

Caracterização e análise microbiológica da resina acrílica termicamente ativada e da resina para impressão quando associadas ao grafeno e ao óxido de grafeno / Pedro Gobato Pinto. - São José dos Campos : [s.n.], 2025.
69 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2025.

Orientador: Tarcísio José de Arruda Paes Jr

Coorientador: Guilhermino José Macêdo Fachine

1. Grafeno. 2. Resina Acrílica. 3. Resina de Impressão. I. Paes Jr, Tarcísio José de Arruda, orient. II. Fachine, Guilhermino José Macêdo, coorient. III. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. IV. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. V. Universidade Estadual Paulista (UNESP). VI. Título.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Tarcísio José Arruda Paes Junior (Orientador)

Universidade Estadual Paulista
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

Prof. Tit. Rubens Nisie Tango

Universidade Estadual Paulista
Instituto de Ciência e Tecnologia
Campus de São José dos Campos

Prof. Assistente Ricardo Jorge Espanhol

Universidade Presbiteriana Mackenzie & MackGraphe
Instituto Mackenzie de Pesquisa em Grafeno e Nanotecnologia
Departamento de Engenharia de Materiais e Nanotecnologia

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, minha mãe, **Adriana**; meu pai, **Ricardo**; meu irmão, **Matheus**; aos meus avós, **João, Lourdes, Nayr e Paulo**, os quais me deram todo o suporte e oportunidade durante a vida. Tudo o que sou e que conquistei é por eles e para eles.

Dedico este trabalho também a **Deus**, a **Jesus** e a **Maria** (em seus diversos títulos: Nossa Senhora do Carmo, a Nossa Senhora Aparecida e Nossa Senhora da Medalha Milagrosa), por me ampararem em momentos de dificuldade, por me darem força em momentos que não tinha.

Dedico também aos mestres e professores que durante minha vida sempre se fizeram presente, mas principalmente aos que fizeram parte deste trabalho direta ou indiretamente. Em especial dedico este trabalho ao meu orientador, **Prof. Assoc. Tarcisio José de Arruda Paes Junior** e ao meu co-orientador, **Prof. Dr. Guilhermino José Macêdo Fechine** os quais me abriram portas e me incentivaram a buscar superar os desafios encontrados pelo caminho me proporcionando um crescimento profissional e pessoal imensurável.

Dedico a todos os professores, técnicos e funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese que não medem esforços para conseguirem dar o suporte necessário aos alunos.

Dedico ao Instituto Mackenzie de Pesquisas em Grafeno e Nanotecnologias, MackGraphe, por ter aberto as portas, me acolhido e dado todo o suporte possível para que este trabalho acontecesse. Foi uma experiência imensurável e inimaginável.

Dedico ao Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos da UNESP por me formar cirurgião-dentista e, agora, me dar todo o suporte para que eu conseguisse concluir a pós-graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado até aqui. Agradeço a Ele por ter aberto algumas portas, por ter fechado outras e também pelos desafios enfrentados, sem eles não existiria a evolução necessária.

Agradeço à minha família, minha mãe, **Adriana**; meu pai, **Ricardo**; meu irmão, **Matheus**; aos meus avós, **João, Lourdes, Nayr e Paulo**. Eles são a razão de tudo, eles são meus exemplos e meu alicerce.

Agradeço ao meu orientador, **Professor Tarcísio José de Arruda Paes Júnior** por abrir as portas para que eu realizasse meu mestrado, por ter dado o suporte necessário durante o processo e por ter me incentivado de forma constante a procurar soluções aos desafios que surgiram durante o caminho.

Agradeço ao Instituto Mackenzie de Pesquisas em Grafeno e Nanotecnologias, MackGraphe, principalmente ao meu co-orientador, **Professor Guilhermino** e seus orientados **Danilo, Natália e Patrícia**, por me apresentarem um mundo totalmente diferente ao meu, sempre me dando toda oportunidade e apoio possível.

Agradeço à **Rossana Pignataro** que me auxiliou no processo de escrita, nos testes iniciais e nos rumos da pesquisa.

Agradeço aos **Professor Eduardo Bresciani** e ao professor **Alexandre Borges** por terem me ensinado a realizar os testes estatísticos e a interpretá-los.

Agradeço à **Professora Maíra Terra** e à **mestranda Fabiana Alves** por me darem todo o suporte nos testes de microbiologia, sendo partes indispensáveis neste trabalho.

Agradeço aos professores que contribuíram imensamente à minha formação clínica durante essa trajetória: **Professor Tarcísio José de Arruda Paes Jr.**,

Professor Rubens Tango, Professor Alexandre Borges, Professor Lafayette Nogueira e Professor Eduardo Bresciani.

Agradeço ao Professor **Rubens Tango** e ao **Professor Ricardo Jorge** por aceitarem o convite para fazerem parte deste momento tão especial em minha vida.

Agradeço aos meus amigos de São José dos Campo e de Borda da Mata que sempre estiveram do meu lado, me apoiando, comemorando comigo nas horas de felicidade e me ajudando nas horas de dificuldade. Vocês são uma parte inestimável desta conquista,

Agradeço ao Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos da UNESP por me formar cirurgião dentista, profissão que escolhi para a vida e agora pela oportunidade de realizar uma pós-graduação de altíssimo nível.

RESUMO

Pinto PG. Caracterização e análise microbiológica da resina acrílica termicamente ativada e da resina para impressão quando associadas ao grafeno e ao óxido de grafeno [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2025.

Próteses tipo protocolo apresentam dificuldades de higienização devido às áreas de difícil acesso e à colonização microbiana. As resinas utilizadas para essas próteses são a acrílica ativada termicamente, no fluxo analógico, e a de impressão 3D, no fluxo digital, ambas propensas ao acúmulo de biofilme por suas características de porosidade e energia de superfície. Para melhorar a ação antimicrobiana, partículas como de grafeno têm sido incorporadas a essas resinas. Este trabalho propõe a incorporação de grafeno e óxido de grafeno em duas concentrações (0,025% e 0,05%) em dois tipos de resinas: a Resina Acrílica Termoativada (RAAT) e a Resina de Impressão (RI) Prizma 3D Bio Denture. Os grupos experimentais foram definidos como: RAAT 0%; RAAT + GO 0,05%; RAAT + GO 0,025%; RAAT + G 0,05%; RAAT + G 0,025%; RI 0%; RI + GO 0,05%; RI + GO 0,025%; RI + G 0,05%; e RI + G 0,025%. 10 amostras de cada grupo foram submetidas ao teste de flexão de 3 pontos, análise de rugosidade RA e Rz e goniometria. Os grupos controle e G 0,05% de cada resina foram submetidos ao teste antibiofilme sob o fungo *Candida albicans* com 6 amostras de cada um desses grupos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o teste ANOVA a um fator e teste Post-Hoc de Tukey. No teste de flexão 3 pontos, na RAAT, houve diferença estatística entre os grupos 0% e GO 0,025% ($P < 0,001$) e entre os grupos 0% e GO 0,05% ($p < 0,001$), na RI houve diferença entre o grupo controle e todos os outros ($p < 0,001$). No teste de rugosidade tanto Ra quanto Rz, para RAAT, houve diferença estatística somente entre o grupo controle e o grupo G 0,025% ($p < 0,001$), para RI, o grupo controle apresentou diferença estatística quando comparado aos grupos GO 0,025% ($p < 0,001$) e G 0,025% ($p < 0,001$) tanto para Rz quanto para Ra. Na análise do ângulo de contato, para RAAT, houve diferença estatística entre o grupo controle e os grupos G 0,025% ($p = 0,016$) e G 0,05% ($p = 0,001$), os quais apresentaram um aumento do ângulo em relação ao grupo controle, para a RI, demonstrou diferença estatística entre os grupos 0% e GO 0,025% ($p = 0,016$) mas apresentando um desempenho pior que o grupo controle. Para o teste de atividade antimicrobiana sobre *C. albicans* foi utilizado o teste T de Student e não houve diferença estatística entre os grupos 0% e G 0,05% tanto da RAAT ($p = 0,659$) quanto para RI ($p = 1,0$). No teste de flexão de 3 pontos, na RAAT, os grupos com grafeno (G 0,025% e G 0,05%) apresentaram desempenho semelhante ao controle, enquanto os com óxido de grafeno (GO 0,025% e GO 0,05%) tiveram pior desempenho. Na RI, todos os grupos tiveram desempenho inferior ao controle. Quanto à rugosidade, na RAAT, o grupo G 0,025% apresentou superfície menos rugosa que o controle, enquanto na RI, o controle foi mais rugoso que os demais grupos. Na análise do ângulo de contato, na RAAT, os grupos com grafeno apresentaram aumento do ângulo em relação ao controle, enquanto na RI, o grupo GO 0,025% teve pior desempenho, com os demais sendo equivalentes ao controle. No teste de atividade antimicrobiana contra *Candida albicans*, não houve diferença significativa entre os grupos analisados.

Palavras-chave: Grafeno; Resina Acrílica; Resina de Impressão.

ABSTRACT

Pinto PG. Characterization and microbiological analysis of thermally activated acrylic resin and printing resin when associated with graphene and graphene oxide [dissertation]. São José dos Campos (SP): Paulista State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2025.

Prostheses of the protocol type present cleaning difficulties due to areas that are hard to access and microbial colonization. The resins used for these prostheses are thermally activated acrylic resin in the analog flow and 3D printing resin in the digital flow, both prone to biofilm accumulation due to their porosity and surface energy characteristics. To improve antimicrobial activity, particles such as graphene have been incorporated into these resins. This study proposes the incorporation of graphene and graphene oxide at two concentrations (0.025% and 0.05%) into two types of resins: Thermally Activated Acrylic Resin (RAAT) and Prizma 3D Bio Denture Printing Resin (RI). The experimental groups were defined as: RAAT 0%; RAAT + GO 0.05%; RAAT + GO 0.025%; RAAT + G 0.05%; RAAT + G 0.025%; RI 0%; RI + GO 0.05%; RI + GO 0.025%; RI + G 0.05%; and RI + G 0.025%. Ten samples from each group were subjected to a three-point bending test, roughness analysis (Ra and Rz), and goniometry. The control groups and G 0.05% of each resin were subjected to an antibiofilm test against the fungus *Candida albicans**, with 6 samples from each group. Statistical analyses were performed using one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test. In the three-point bending test for RAAT, there was a statistical difference between the 0% and GO 0.025% groups ($p < 0.001$) and between the 0% and G 0.05% groups ($p < 0.001$). For RI, there was a difference between the control group and all the others ($p < 0.001$). In the roughness test (both Ra and Rz), for RAAT, there was a statistical difference only between the control group and the G 0.025% group ($p < 0.001$). For RI, the control group showed a statistical difference when compared to the GO 0.025% ($p < 0.001$) and G 0.025% ($p < 0.001$) groups for both Rz and Ra. In the contact angle analysis, for RAAT, there was a statistical difference between the control group and the G 0.025% ($p = 0.016$) and G 0.05% ($p = 0.001$) groups, which showed an increase in the contact angle compared to the control group. For RI, a statistical difference was observed between the 0% and GO 0.025% ($p = 0.016$) groups, but with worse performance compared to the control group. For the antimicrobial activity test against *C. albicans**, the Student's T test was used, and no statistical difference was observed between the 0% and G 0.05% groups for both RAAT ($p = 0.659$) and RI ($p = 1.0$). In the three-point bending test, for RAAT, the graphene groups (G 0.025% and G 0.05%) performed similarly to the control, while the graphene oxide groups (GO 0.025% and GO 0.05%) showed worse performance. For RI, all groups performed worse than the control. Regarding roughness, for RAAT, the G 0.025% group showed a less rough surface compared to the control, while for RI, the control was rougher than the other groups. In the contact angle analysis, for RAAT, the graphene groups showed an increase in the angle compared to the control, while for RI, the GO 0.025% group showed the worst performance, with the other groups being equivalent to the control. In the antimicrobial activity test against **Candida albicans**, no significant difference was found between the groups analyzed.

Keywords: Graphene; Acrylic Resin; Printing Resin.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Resina acrílica termicamente ativada	14
2.2 Resina de impressão.....	15
2.3 <i>Candida albicans</i>	16
2.3.1 Peri-implantite.....	17
2.4 Grafeno.....	19
3 PROPOSIÇÃO	21
3.1 Objetivo geral.....	21
3.2 Objetivo específico.....	21
3.3 Hipóteses do trabalho	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Confeção das amostras	22
4.2 Grafeno.....	24
4.2.1 Óxido de grafeno	25
4.3 Confeção dos corpos de prova em resina acrílica termicamente ativada com grafeno e óxido de grafeno	25
4.4 Confeção dos corpos de prova de resina de impressão com grafeno e óxido de grafeno.....	28
5 RESULTADOS.....	36
5.1 Resistência à flexão – Teste de flexão de 3 pontos - RAAT	36
5.1.1 Resistência à flexão – Teste de Flexão de 3 pontos - RI.....	38
5.2 Análise de rugosidade - RAAT	40
5.2.1 Análise de rugosidade – R.I.....	44
5.3 Análise do ângulo de contato médio – RAAT	47
5.3.1 Análise do ângulo de contato médio – RI.....	49
5.4 Análise da atividade antimicrobiana sob <i>C. albicans</i> – RAAT.....	51

5.4.1 Análise da atividade antimicrobiana sob <i>C. albicans</i> – R.I.	52
6. DISCUSSÃO	53
6.1 Testes mecânicos.....	53
6.2 Teste microbiológico.....	56
6.3 Dificuldades encontradas	58
7. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

Segundo a pesquisa nacional de saúde bucal realizada pelo Ministério da Saúde em 2019, cerca de 10,1 milhões dos idosos com 60 anos ou mais não possuem nenhum dente em boca (Pesquisa Nacional de Saúde Bucal, 2019, P. 79). Para essa população, a reabilitação protética se faz necessário uma vez que o edentulismo total influencia negativamente na qualidade de vida do paciente, trazendo como consequência déficit nutricional, autopercepção individual alterada, prejuízos funcionais e sociais e se torna um fator de risco para o envelhecimento cognitivo acelerado (Barreto et al., 2019; Dintica et al., 2018; Lamaison, 2021; Lima et al., 2018; Tyrovolas et al., 2016).

Como tratamento para essa população, existem três principais tipos de prótese: a prótese total mucossuportada; a prótese total implantorretida, conhecida como overdenture; e a prótese implantossuportada, conhecida como prótese tipo protocolo.

A prótese protocolo, embora traga um conforto e segurança maior ao paciente por estar fixada, traz consigo a dificuldade de higienização, acúmulo maior de bactérias e com isso a possibilidade de desenvolvimento de doenças como Candidíase e estomatite protética, ambas causadas pelo fungo *Candida albicans*, o patógeno mais comum (Arai et al., 2009; Fujinami et al., 2021).

Existem 2 tipos de fluxo para a confecção desse tipo de prótese: o fluxo analógico e o fluxo digital.

Para o fluxo analógico, o material utilizado é a resina acrílica termicamente ativada devido à sua versatilidade, estética e função aceitáveis, baixo preço e fácil manipulação por parte dos técnicos de laboratório (Fujinami et al., 2021; Gad et al., 2022; Moreira-Da-Silva et al., 2006). Já no fluxo digital, o material de eleição é a resina de impressão 3D que, após todas as etapas de processamento e pós processamento de forma correta, apresentam biocompatibilidade e propriedades mecânicas comparáveis às resinas tradicionais (Al-Qarni & Gad, 2022; Chander & Mahajan, 2024; de Paula Lopez et al., 2023; Lourinho et al., 2022; Prakash et al., 2024).

Tanto a resina termoativada quanto a resina de impressão apresentam

características benéficas, porém como são porosas, favorecem a adesão de patógenos, principalmente da *Candida albicans*, o patógeno mais comum em próteses de ambas as resinas (Pereira-Cenci et al., 2008; Radford et al., 1999; Skupien et al., 2013; Yildirim et al., 2005; Yoshijima et al., 2010).

A dificuldade de higienização e as desvantagens das resinas podem gerar prejuízo não somente para a saúde sistêmica do paciente, como também complicações relacionadas aos implantes, como a peri-implantite, doença que acomete 20% dos indivíduos com implantes (Lafuente-Ibáñez de Mendoza et al., 2021; Lee et al., 2017; Mombelli et al., 2012) e é resultante de uma relação disbiótica de microrganismos patogênicos no biofilme acumulado na superfície dos implantes (Agarwalla et al., 2019), sendo a *Candida albicans* um importante patógeno fúngico encontrado nas áreas peri-implantares de indivíduos com a doença instalada (Bürgers et al., 2010).

A partir disso, estudos têm sido realizados com a incorporação de partículas de outros materiais como o dióxido de titânio, devido à sua propriedade e efeito antimicrobiano (Arai et al., 2009; Kado et al., 2005); o óxido de zinco, material empregado em indústrias químicas, farmacêuticas e alimentícias como agente antimicrobiano e antifúngico, tendo em vista que apresenta uma boa biocompatibilidade (Król et al., 2017) e, mais recentemente, os diversos tipos de grafeno para tentar minimizar essas dificuldades enfrentadas com ambas as resinas (Azevedo et al., 2019; Bacali et al., 2019; Punset et al., 2022; Sahm et al., 2023).

O grafeno é composto por átomos de carbono dispostos em uma estrutura 2D semelhante a favos de mel, sendo reportado a primeira vez em 2004 (Novoselov et al., 2004). A descoberta desse material proporcionou uma inovação muito grande na indústria, uma vez que foram encontradas características que excediam àquelas encontradas em qualquer outro material como impermeabilidade completa a quaisquer gases (Radhi et al., 2021); capacidade de sustentar correntes elétricas um milhão de vezes superior ao cobre (Priante et al., 2018) e propriedade antibacteriana e antifúngica, dada pela diminuição da adesão desses microrganismos devido à hidrofobicidade do material (Agarwalla et al., 2019; et al., 2018; Yahya Rahnamaee et al., 2022). Esse material foi classificado de acordo com a norma ABNT ISSO/TS d21456-1:2023 (Figura 1).

Figura 1 - Grupos Experimentais utilizando Resina Acrílica Ativada Termicamente

Tipo de Grafeno	Número de Camadas	Características Estruturais Típicas
Grafeno Monocamada	1 camada	Estrutura bidimensional de átomos de carbono organizados em uma rede hexagonal.
Grafeno de Poucas Camadas (FLG)	2–10 camadas	Camadas de grafeno empilhadas com interações fracas entre elas.
Grafeno Multicamadas (MLG)	Mais de 10 camadas	Estrutura com múltiplas camadas de grafeno, com propriedades que dependem da interação entre as camadas.
Óxido de Grafeno (GO)	Varia	Grafeno funcionalizado com grupos oxigenados, apresentando propriedades modificadas.
Óxido de Grafeno Reduzido (rGO)	Varia	GO parcialmente reduzido, com propriedades elétricas melhoradas em relação ao GO.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Derivado do grafite, o Grafeno pode ser obtido de diversas formas e muda de nome de acordo com a sua obtenção. O oxido de grafeno (GO) é obtido através da oxidação do grafite (Li et al., 2016), inserido entre os átomos de carbono grupos oxílicos, dando características um pouco mais hidrofílicas (Agarwalla et al., 2019; Li et al., 2016; Rosa et al., 2016) a essa variação do material, fazendo com que ele fique solúvel em água e facilitando sua associação química a outros compostos (Kumar et al., 2019; Radhi et al., 2021).

Já o Grafeno em sua forma mais pura é obtido através da esfoliação do grafite, processo de quebra de quebra e separação das folhas de grafeno que empilhadas formam o grafite, sendo apresentado como uma fina camada contendo apenas ligações entre os carbonos (Alvaredo et al., 2019). Essa característica faz com que esse tipo de material não seja solúvel em água, mas confere uma alta condutividade elétrica (Ding et al., 2015; Jiang et al., 2021).

Estudos realizados têm encontrado que o grafeno gera benefícios às resinas, mas isso é diretamente dependente da forma de dispersão das partículas e da concentração em relação ao peso total da resina (Al-Qarni, Gad, 2022; Bacali et al., 2019; Çakmak et al., 2023; Di Carlo et al., 2020; Lee et al., 2018c; Punset et al., 2022; Salgado et al., 2022; Silva et al., 2023).

Embora tais estudos tenham chegado a essas conclusões, o grafeno é um

material descoberto muito recentemente e sua utilização na odontologia ainda requer novos estudos.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar possíveis alterações no comportamento mecânico e antimicrobiano geradas a partir da incorporação de duas concentrações de Óxido de Grafeno e de Grafeno (0.025% e 0.05%) na resina acrílica ativada termicamente e na resina de impressão.

7. CONCLUSÃO

Ao término do estudo, pode-se concluir que:

1. O teste de flexão 3 pontos na RAAT, os grupos G 0,025% e G 0,05% apresentaram desempenho iguais ao grupo 0%, já os grupos GO 0,025% e GO 0,025% se mostraram piores quando comparados ao grupo 0%. Quanto à RI, todos os grupos tiveram um desempenho pior ao grupo 0%. Confirmando a hipótese de nulidade em todos os grupos;

2. Quanto à rugosidade para RAAT houve diferença somente entre o grupo controle e o grupo G 0,025%, o qual apresentou superfície menos rugosa. Para RI o grupo 0% apresentou uma superfície mais rugosa quando comparado a todos os outros grupos. Confirmando a hipótese de nulidade em todos os grupos exceto no grupo grupo G 0,025% da RRAT;

3. Na análise do ângulo de contato para RAAT, os grupos com grafeno demonstraram aumento significativo no ângulo de contato comparado ao grupo 0%, rejeitando a hipótese nula. Para RI o grupo GO 0,025% obteve a diminuição desse ângulo, já os demais obtiveram o desempenho igual ao grupo 0% confirmando parcialmente a hipótese nula.

4. Para análise dos dados obtidos pelo teste de atividade antimicrobiana sobre *C. albicans* não houve diferença nos grupos analisados, confirmando a hipótese nula.

REFERÊNCIAS

- ABNT ISO/TS 21356-1:2023. Nanotecnologias — Caracterização estrutural de materiais à base de grafeno — Parte 1: Determinação do número de camadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
- Agarwalla SV, Ellepola K, Costa MCF da, Fechine GJM, Morin JLP, Castro Neto AH, et al. Hydrophobicity of graphene as a driving force for inhibiting biofilm formation of pathogenic bacteria and fungi. *Dent Mater*. 2019a;35(3):403–13. doi: 10.1016/J.DENTAL.2018.09.016.
- Agarwalla SV, Ellepola K, Costa MCF da, Fechine GJM, Morin JLP, Castro Neto AH, et al. Hydrophobicity of graphene as a driving force for inhibiting biofilm formation of pathogenic bacteria and fungi. *Dental Materials*. 2019b;35(3):403–13. doi: 10.1016/J.DENTAL.2018.09.016.
- Al-Qarni FD, Gad MM. Printing Accuracy and Flexural Properties of Different 3D-Printed Denture Base Resins. *Materials (Basel)*. 2022;15(7). doi: 10.3390/MA15072410.
- Alvaredo A, Fernández-Blázquez J, Castell P, Villoria RG de. Graphene filled polyetheretherketone (PEEK) composites made by melt-compounding. *Revista de Materiales Compuestos*. 2019;(Núm. 1-Materiales (2)). doi: 10.23967/R.MATCOMP.2019.01.015.
- Anusavice K, Shen C. *Philips Materiais Dentários*, 12th ed.; Elsevier: Rio de Janeiro 2013; <https://pt.scribd.com/document/423667100/Materiais-Dentarios-Phillips-12%C2%AA-Ed-completo-pdf> (accessed September 8, 2024).
- Arai T, Ueda T, Sugiyama T, Sakurai K. Inhibiting microbial adhesion to denture base acrylic resin by titanium dioxide coating. *J Oral Rehabil*. 2009;36(12):902–8. doi: 10.1111/J.1365-2842.2009.02012.X.
- de Armentia SL, Fernández-Villamarín S, Ballesteros Y, Real JC del, Dunne N, Paz E. 3D Printing of a Graphene-Modified Photopolymer Using Stereolithography for Biomedical Applications: A Study of the Polymerization Reaction. *Int J Bioprint*. 2022;8(1):182–97. doi: 10.18063/IJB.V8I1.503.
- ASTM. ISO/ASTM 52900:2015 - Additive manufacturing — General principles — Terminology 2009; <https://www.iso.org/standard/69669.html> (accessed October 21, 2024).
- Azevedo L, Antonaya-Martin JL, Molinero-Mourelle P, del Río-Highsmith J. Improving PMMA resin using graphene oxide for a definitive prosthodontic rehabilitation - A clinical report. *J Clin Exp Dent*. 2019;11(7):e670–4. doi: 10.4317/JCED.55883.
- Bacali C, Badea M, Moldovan M, Sarosi C, Nastase V, Baldea I, et al. The Influence of Graphene in Improvement of Physico-Mechanical Properties in PMMA Denture Base Resins. *Materials* 2019, Vol 12, Page 2335. 2019;12(14):2335. doi: 10.3390/MA12142335.
- Barreto JO, Sousa ML de A, Silva-Júnior SE da, Freire JCP, Araújo TN de, Freitas GB de, et al. Impactos psicossociais da estética dentária na qualidade de vida de pacientes submetidos

a próteses: revisão de literatura. ARCHIVES OF HEALTH INVESTIGATION. 2019;8(1). doi: 10.21270/ARCHI.V8I1.3162.

Bergamo VZ, Donato RK, Nemitz MC, Acasigua GAX, Selukar BS, Lopes W, et al. Assessing an imidazolium salt's performance as antifungal agent on a mouthwash formulation. J Appl Microbiol. 2016;121(6):1558–67. doi: 10.1111/JAM.13283.

Borghi E, Morace G, Borgo F, Rajendran R, Sherry L, Nile C, et al. New strategic insights into managing fungal biofilms. Front Microbiol. 2015;6(OCT). doi: 10.3389/FMICB.2015.01077.

Bürgers R, Hahnel S, Reichert TE, Rosentritt M, Behr M, Gerlach T, et al. Adhesion of *Candida albicans* to various dental implant surfaces and the influence of salivary pellicle proteins. Acta Biomater. 2010;6(6):2307–13. doi: 10.1016/J.ACTBIO.2009.11.003.

Çakmak G, Donmez MB, Akay C, Abou-Ayash S, Schimmel M, Yilmaz B. Effect of thermal cycling on the flexural strength and hardness of new-generation denture base materials. J Prosthodont. 2022. doi:10.1111/jopr.13615.

Çakmak G, Donmez MB, Akay C, Abou-Ayash S, Schimmel M, Yilmaz B. Effect of Thermal Cycling on the Flexural Strength and Hardness of New-Generation Denture Base Materials. J Prosthodont. 2023;32(S1). doi: 10.1111/JOPR.13615.

Di Carlo S, De Angelis F, Brauner E, Pranno N, Tassi G, Senatore M, et al. Flexural strength and elastic modulus evaluation of structures made by conventional PMMA and PMMA reinforced with graphene. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2020;24(10):5201–8. doi: 10.26355/EURREV_202005_21301.

Carvalho M. Propriedades mecânicas de resinas de impressão para restaurações provisórias: estudo in vitro 2023;

Chander NG, Mahajan A. Comparison of cytotoxicity between 3D printable resins and heat-cure PMMA. J Oral Biol Craniofac Res. 2024;14(1):107–10. doi: 10.1016/J.JOBCR.2024.01.006.

Dellieu L, Lawarée E, Reckinger N, Didembourg C, Letesson JJ, Sarrazin M, et al. Do CVD grown graphene films have antibacterial activity on metallic substrates? Carbon N Y. 2015;84(1):310–6. doi: 10.1016/J.CARBON.2014.12.025.

Ding X, Liu H, Fan Y. Graphene-Based Materials in Regenerative Medicine. Adv Healthc Mater. 2015;4(10):1451–68. doi: 10.1002/ADHM.201500203.

Dintica CS, Rizzuto D, Marseglia A, Kalpouzou G, Welmer AK, Wårdh I, et al. Tooth loss is associated with accelerated cognitive decline and volumetric brain differences: a population-based study. Neurobiol Aging. 2018;67:23–30. doi: 10.1016/J.NEUROBIOLAGING.2018.03.003.

Doğan A, Bek B, Çevik NN, Usanmaz A. The effect of preparation conditions of acrylic denture base materials on the level of residual monomer, mechanical properties and water absorption. J Dent. 1995;23(5):313–8. doi: 10.1016/0300-5712(94)00002-W.

Dubey N, Ellepola K, Decroix FED, Morin JLP, Castro Neto AH, Seneviratne CJ, et al. Graphene onto medical grade titanium: an atom-thick multimodal coating that promotes osteoblast maturation and inhibits biofilm formation from distinct species. *Nanotoxicology*. 2018;12(4):274–89. doi: 10.1080/17435390.2018.1434911.

Faveri M, Figueiredo LC, Shibli JA, Pérez-Chaparro PJ, Feres M. Microbiological diversity of peri-implantitis biofilms. *Adv Exp Med Biol*. 2015;830:85–96. doi: 10.1007/978-3-319-11038-7_5.

Fujinami W, Nishikawa K, Ozawa S, Hasegawa Y, Takebe J. Correlation between the relative abundance of oral bacteria and *Candida albicans* in denture and dental plaques. *J Oral Biosci*. 2021;63(2):175–83. doi: 10.1016/J.JOB.2021.02.003.

Gad MM, Abualsaud R, Khan SQ. Hydrophobicity of Denture Base Resins: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2022;12(2):139–59. doi: 10.4103/JISPCD.JISPCD_213_21.

Gendreau L, Loewy ZG. Epidemiology and etiology of denture stomatitis. *J Prosthodont*. 2011;20(4):251–60. doi: 10.1111/J.1532-849X.2011.00698.X.

Harrison JJ, Ceri H, Yerly J, Rabiei M, Hu Y, Martinuzzi R, et al. Metal Ions May Suppress or Enhance Cellular Differentiation in *Candida albicans* and *Candida tropicalis* Biofilms. *Appl Environ Microbiol*. 2007;73(15):4940. doi: 10.1128/AEM.02711-06.

Hou J, Shao Y, Ellis MW, Moore RB, Yi B. Graphene-based electrochemical energy conversion and storage: fuel cells, supercapacitors and lithium ion batteries. *Phys Chem Chem Phys*. 2011;13(34):15384–402. doi: 10.1039/C1CP21915D.

Hultin M, Gustafsson A, Hallström H, Johansson LÅ, Ekfeldt A, Klinge B. Microbiological findings and host response in patients with peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res*. 2002;13(4):349–58. doi: 10.1034/J.1600-0501.2002.130402.X.

Hupka L, Nalaskowski J, Miller JD. Interaction forces for symmetric hydrophilic and hydrophobic systems in aqueous isopropanol solutions. *Langmuir*. 2010 Feb 16;26(4):2200-8. doi: 10.1021/la903906b. PMID: 20063871.

International Standardization Organization. Dentistry - denture base polymer – ISO 20795-1. 2nded. Genève: ISO; 2013. 15-16p.

Jiang N, Tan P, He M, Zhang J, Sun D, Zhu S. Graphene reinforced polyether ether ketone nanocomposites for bone repair applications. *Polym Test*. 2021;100. doi: 10.1016/J.POLYMERTESTING.2021.107276.

Junior T.W. Peri-implantite. *Perionews*. 2011;

Kado D, Sakurai K, Sugiyama T, Ueda T. Evaluation of Cleanability of a Titanium Dioxide(TiO₂) -coated Acrylic Resin Denture Base. *Prosthodontic Research & Practice*. 2005;4(1):69–76. doi: 10.2186/PRP.4.69.

Król A, Pomastowski P, Rafińska K, Railean-Plugaru V, Buszewski B. Zinc oxide nanoparticles: Synthesis, antiseptic activity and toxicity mechanism. *Adv Colloid Interface Sci.* 2017;249:37–52. doi: 10.1016/J.CIS.2017.07.033.

Kumar P, Huo P, Zhang R, Liu B. Antibacterial Properties of Graphene-Based Nanomaterials. *Nanomaterials (Basel).* 2019;9(5). doi: 10.3390/NANO9050737.

Kumar V, Kumar A, Lee DJ, Park SS. Estimation of Number of Graphene Layers Using Different Methods: A Focused Review. *Materials (Basel).* 2021 Aug 16;14(16):4590. doi: 10.3390/ma14164590. PMID: 34443113; PMCID: PMC8399741.

Lafuente-Ibáñez de Mendoza I, Cayero-Garay A, Quindós-Andrés G, Aguirre-Urizar JM. A systematic review on the implication of Candida in peri-implantitis. *Int J Implant Dent.* 2021;7(1). doi: 10.1186/S40729-021-00338-7.

Lamaison CL. Associação entre multimorbidade e perda dentária/edentulismo em uma coorte de idosos no sul do Brasil 2021;

Lee CT, Huang YW, Zhu L, Weltman R. Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2017;62:1–12. doi: 10.1016/j.jdent.2017.04.011.

Lee JH, Jo JK, Kim DA, Patel KD, Kim HW, Lee HH. Nano-graphene oxide incorporated into PMMA resin to prevent microbial adhesion. *Dent Mater.* 2018a;34(4):e63–72. doi: 10.1016/J.DENTAL.2018.01.019.

Leonhardt Å, Renvert S, Dahlén G. Microbial findings at failing implants. *Clin Oral Implants Res.* 1999;10(5):339–45. doi: 10.1034/J.1600-0501.1999.100501.X.

Li H, Luo C, Luo B, Wen W, Wang X, Ding S, et al. Enhancement of growth and osteogenic differentiation of MC3T3-E1 cells via facile surface functionalization of polylactide membrane with chitooligosaccharide based on polydopamine adhesive coating. *Appl Surf Sci.* 2016;360:858–65. doi: 10.1016/J.APSUSC.2015.11.077.

Lima CV, Souza JGS, Oliveira BEC, Noronha M dos S, Pereira AC, Probst LF. Falta de dentição funcional influencia na autopercepção da necessidade de tratamento em adultos: estudo de base populacional no Brasil. *Cad Saude Colet.* 2018;26(1):63–9. doi: 10.1590/1414-462X201800010217.

Li X, Liang X, Wang Y, Wang D, Teng M, Xu H, et al. Graphene-based nanomaterials for dental applications: principles, current advances, and future outlook. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10:804201. doi:10.3389/fbioe.2022.804201.

Lourinho C, Salgado H, Correia A, Fonseca P. Mechanical Properties of Polymethyl Methacrylate as Denture Base Material: Heat-Polymerized vs. 3D-Printed-Systematic Review and Meta-Analysis of In Vitro Studies. *Biomedicines.* 2022;10(10). doi: 10.3390/BIMEDICINES10102565.

Lu X, Feng X, Werber JR, Chu C, Zucker I, Kim JH, et al. Enhanced antibacterial activity through the controlled alignment of graphene oxide nanosheets. *Proc Natl Acad Sci U S A.*

2017;114(46):E9793–801.doi:

10.1073/PNAS.1710996114/SUPPL_FILE/PNAS.1710996114.SAPP.PDF.

Ma Y, Bai D, Hu X, Ren N, Gao W, Chen S, et al. Robust and Antibacterial Polymer/Mechanically Exfoliated Graphene Nanocomposite Fibers for Biomedical Applications. ACS Appl Mater Interfaces. 2018;10(3):3002–10. doi: 10.1021/ACSAMI.7B17835.

Marra J, Perez LEC, Henriques TE, Pinheiro MT, Castro FLA. Avaliação da correlação entre o grau de instruções e qualidade de higiene de usuários de próteses totais com a presença de estomatite protética. RevistaOdontologiaBrasilCentral. 2017;15–20. <https://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1115/890> (accessed September 16, 2024).

Mathé L, Van Dijck P. Recent insights into *Candida albicans* biofilm resistance mechanisms. Curr Genet. 2013;59(4):251–64. doi: 10.1007/S00294-013-0400-3.

Melchels FPW, Feijen J, Grijpma DW. A review on stereolithography and its applications in biomedical engineering. Biomaterials. 2010;31(24):6121–30. doi: 10.1016/J.BIOMATERIALS.2010.04.050.

Mombelli A, Müller N, Cionca N. The epidemiology of peri-implantitis. Clin Oral Implants Res. 2012;23 Suppl 6(SUPPL.6):67–76. doi: 10.1111/J.1600-0501.2012.02541.X.

MOREIRA-DA-SILVA SML, BINDO MJF, LEÃO MP. O USO DE ENERGIA DE MICROONDAS PARA POLIMERIZAÇÃO DE RESINAS ACRÍLICAS. Dens (Curitiba). 2006;14(1). doi: 10.5380/RD.V14I1.5646.

Novoselov KS, Fal'Ko VI, Colombo L, Gellert PR, Schwab MG, Kim K. A roadmap for graphene. Nature. 2012;490(7419):192–200. doi: 10.1038/NATURE11458.

Novoselov KS, Geim AK, Morozov S V., Jiang D, Zhang Y, Dubonos S V., et al. Electric field effect in atomically thin carbon films. Science. 2004;306(5696):666–9. doi: 10.1126/SCIENCE.1102896.

de Paula Lopez V, Dias Corpa Tardelli J, Botelho AL, Marcondes Agnelli JA, Cândido dos Reis A. Mechanical performance of 3-dimensionally printed resins compared with conventional and milled resins for the manufacture of occlusal devices: A systematic review. J Prosthet Dent. 2023; doi: 10.1016/J.PROSDENT.2022.12.006.

Paes JuniorTJA.; Kiausinis V ; Kimpara ET; Luchini LC. Estudo das resinas acrílicas para bases de próteses totais com relação à resistência flexural e à quantidade de monômero residual superficial. RPG. Revista de pos-graduacao (USP),13, 229-235, 2006.

Pereira Camacho D, Inez Estivalet Svidzinski T, Cristina Furlaneto M, Baena Lopes M, Oliveira Corrêa G DE. RESINAS ACRÍLICAS DE USO ODONTOLÓGICO À BASE DE POLIMETILMETACRILATO ACRYLIC RESINS FOR DENTAL USE BASED POLYMETHYLMETHACRYLATE. Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research-BJSCR. 2014;6(3):63–72.

Pereira-Cenci T, Del Bel Cury AA, Crielaard W, Ten Cate JM. Development of Candida-associated denture stomatitis: New insights. *Journal of Applied Oral Science*. 2008;16(2):86–94. doi: 10.1590/S1678-77572008000200002.

Peyton FA. History of resins in dentistry. *Dent Clin North Am, Philadelphia*. 1975;211–22.

Potera C. Biofilms invade microbiology. *Science*. 1996;273(5283):1795–7. doi: 10.1126/SCIENCE.273.5283.1795.

Prakash J, Shenoy M, Alhasmi A, Al Saleh AA, C SG, Shivakumar S. Biocompatibility of 3D-Printed Dental Resins: A Systematic Review. *Cureus*. 2024;16(1). doi: 10.7759/CUREUS.51721.

Priante F, Salim M, Ottaviano L, Perrozzi F. XPS study of graphene oxide reduction induced by (100) and (111)-oriented Si substrates. *Nanotechnology*. 2018;29(7). doi: 10.1088/1361-6528/AAA320.

Punset M, Brizuela A, Pérez-Pevida E, Herrero-Climent M, Manero JM, Gil J. Mechanical Characterization of Dental Prostheses Manufactured with PMMA-Graphene Composites. *Materials (Basel)*. 2022;15(15). doi: 10.3390/MA15155391.

Radford DR, Challacombe SJ, Walter JD. Denture plaque and adherence of *Candida albicans* to denture-base materials in vivo and in vitro. *Crit Rev Oral Biol Med*. 1999;10(1):99–116. doi: 10.1177/10454411990100010501.

Radhi A, Mohamad D, Abdul Rahman FS, Abdullah AM, Hasan H. Mechanism and factors influence of graphene-based nanomaterials antimicrobial activities and application in dentistry. *Journal of Materials Research and Technology*. 2021;11:1290–307. doi: 10.1016/J.JMRT.2021.01.093.

Ramage G, Rajendran R, Sherry L, Williams C. Fungal biofilm resistance. *Int J Microbiol*. 2012;2012. doi: 10.1155/2012/528521.

Renvert S, Lessem J, Dahlén G, Renvert H, Lindahl C. Mechanical and repeated antimicrobial therapy using a local drug delivery system in the treatment of peri-implantitis: a randomized clinical trial. *J Periodontol*. 2008;79(5):836–44. doi: 10.1902/JOP.2008.070347.

Roberto Nunes Guedes Secretário Especial de Fazenda Waldery Rodrigues Junior P, Susana Cordeiro Guerra Diretora-Executiva Marise Maria Ferreira P, Luiz Rios Neto EG, Renato Pereira Cotovio C, Danielle Lins Mendes Macedo C, Lucia França Pontes Vieira Presidente da República Jair Messias Bolsonaro M, et al. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE n.d.;

Roma M, Hegde S. Implications of graphene-based materials in dentistry: present and future. *Front Chem*. 2024;11:1308948. doi:10.3389/fchem.2023.1308948.

Rosa V, Xie H, Dubey N, Madanagopal TT, Rajan SS, Morin JLP, et al. Graphene oxide-based substrate: physical and surface characterization, cytocompatibility and differentiation potential of dental pulp stem cells. *Dent Mater*. 2016;32(8):1019–25. doi: 10.1016/J.DENTAL.2016.05.008.

Rossi NR, de Menezes BRC, Sampaio A da G, da Silva DM, Koga-Ito CY, Thim GP, et al. Silver-Coated Silica Nanoparticles Modified with MPS: Potential Antimicrobial Biomaterials Applied in Glaze and Soft Reliner. *Polymers (Basel)*. 2022;14(20). doi: 10.3390/POLYM14204306.

Sahm BD, Teixeira ABV, dos Reis AC. Graphene loaded into dental polymers as reinforcement of mechanical properties: A systematic review. *Japanese Dental Science Review*. 2023;59:160–6. doi: 10.1016/J.JDSR.2023.06.003.

Salgado H, Fonseca P, Vaz M, Figueiral MH, Mesquita P. The use of graphene for dental polymethylmethacrylate reinforcement - A systematic review. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*. 2022;63(4):179–88. doi: 10.24873/J.RPEMD.2022.12.1046.

Salgado H, Fialho J, Fonseca P, Vaz M, Figueiral MH, Mesquita P. Mechanical and surface properties of a 3D-printed dental resin reinforced with graphene. *Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentaria e Cirurgia Maxilofacial*. 2023;64(1):12-19. doi: 10.24873/J.RPEMD.2023.03.1050.

Santos LM. O Biofilme Microbiano e Doença Periimplantar. *RevistaABORegional*. 2010;15–8.

Silva MDD da, Nunes TSBS, Viotto HE do C, Coelho SRG, Souza RF de, Pero AC. Microbial adhesion and biofilm formation by *Candida albicans* on 3D-printed denture base resins. *PLoS One*. 2023;18(10). doi: 10.1371/JOURNAL.PONE.0292430.

Simond HR, Ellis C. *Handbook of Plastics*. New York 1943; <https://www.abebooks.com/Handbook-Plastics-Simonds-H-R-Ellis/30130734847/bd> (accessed September 16, 2024).

Sindi AM. Applications of graphene oxide and reduced graphene oxide in advanced dental materials and therapies. *J Taibah Univ Med Sci*. 2024;19(2):403-21. doi:10.1016/j.jtumed.2024.02.002.

Skupien JA, Valentini F, Boscato N, Pereira-Cenci T. Prevention and treatment of *Candida* colonization on denture liners: A systematic review. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2013;110(5):356–62. doi: 10.1016/j.prosdent.2013.07.003.

Song C, Yang CM, Sun XF, Xia PF, Qin J, Guo BB, et al. Influences of graphene oxide on biofilm formation of gram-negative and gram-positive bacteria. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(3):2853–60. doi: 10.1007/S11356-017-0616-8.

Tahriri M, Del Monico M, Moghanian A, Tavakkoli Yarakhi M, Torres R, Yadegari A, Tayebi L. Graphene and its derivatives: Opportunities and challenges in dentistry. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 2019 Sep;102:171-185. doi: 10.1016/j.msec.2019.04.051. Epub 2019 Apr 16. PMID: 31146988.

Tyrovolas S, Koyanagi A, Panagiotakos DB, Haro JM, Kassebaum NJ, Chrepa V, et al. Population prevalence of edentulism and its association with depression and self-rated health. *Sci Rep*. 2016;6. doi: 10.1038/SREP37083.

Valenti C, Federici MI, Coniglio M, Betti P, Pancrazi GP, Tulli O, et al. Mechanical and biological properties of polymer materials for oral appliances produced with additive 3D printing and subtractive CAD-CAM techniques compared to conventional methods: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2024;28(7). doi: 10.1007/S00784-024-05772-6.

Wei D, Kivioja J. Graphene for energy solutions and its industrialization. *Nanoscale*. 2013;5(21):10108–26. doi: 10.1039/C3NR03312K.

Yahya Rahnamaee S, Bagheri R, Vossoughi M, khafaji M, Asadian E, Ahmadi Seyedkhani S, et al. A new approach for simultaneously improved osseointegration and antibacterial activity by electrochemical deposition of graphene nanolayers over titania nanotubes. *Appl Surf Sci*. 2022;580:152263. doi: 10.1016/J.APSUSC.2021.152263.

Yildirim MS, Hasanreisoglu U, Hasirci N, Sultan N. Adherence of *Candida albicans* to glow-discharge modified acrylic denture base polymers. *J Oral Rehabil*. 2005;32(7):518–25. doi: 10.1111/j.1365-2842.2005.01454.x.

Yoshijima Y, Murakami K, Kayama S, Liu D, Hirota K, Ichikawa T, et al. Effect of substrate surface hydrophobicity on the adherence of yeast and hyphal *Candida*. *Mycoses*. 2010;53(3):221–6. doi: 10.1111/J.1439-0507.2009.01694.X.