

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 16/12/2027.



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

EDUARDO ANTONIO CHELIN SUÁREZ

**ESCOVA DENTAL ECOLÓGICA: caracterização, avaliação
microbiológica, desenvolvimento de protótipo.**

EDUARDO ANTONIO CHELIN SUÁREZ

**ESCOVA DENTAL ECOLÓGICA: Caracterização, avaliação microbiológica,
desenvolvimento de protótipo**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Periodontia Linha de pesquisa: Agentes antimicrobianos e métodos de controle de interesse médico-odontológico.

.

Orientadora: Profa. Assoc. Andrea Carvalho De Marco

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).

Suárez, Eduardo Antonio Chelin

Escova dental ecológica: caracterização, avaliação microbiológica, desenvolvimento de protótipo / Eduardo Antonio Chelin Suárez. - São José dos Campos : [s.n.], 2025.

68 f. : il.

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

Orientadora: Andréa Carvalho De Marco.

1. Escovação Dentária. 2. Higiene bucal. 3. Medicamento Fitoterápico. 4. Antimicrobianos. 5. Desenvolvimento Sustentável . I. De Marco, Andréa Carvalho, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Profa. Leila Novaes e Diretoria Técnica de Informática - ICT/UNESP.

Renata Aparecida Couto Martins CRB-8/8376

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa promove desenvolvimento sustentável ao propor cerdas biodegradáveis de sisal com funcionalização antimicrobiana natural, reduzindo resíduos plásticos e ampliando alternativas ecológicas. Contribui para inovação em saúde bucal, avanços científicos e inserção nacional e internacional. O impacto social também é significativo, pois oferece uma solução que combina saúde, sustentabilidade e acessibilidade, sendo relevante para comunidades e instituições que buscam alternativas mais responsáveis ambientalmente.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research promotes sustainable development by proposing biodegradable sisal bristles with natural antimicrobial functionalization, reducing plastic waste and expanding ecological alternatives. It contributes to innovation in oral health, scientific advancement, and national and international integration. The social impact is also significant, as it offers a solution that combines health, sustainability, and accessibility, making it relevant for communities and institutions seeking more environmentally responsible alternatives.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Assoc. Andréa Carvalho De Marco (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Fabio da Silva Matuda

Universidade do Vale do Paraíba São Paulo (UNIVAP)

Faculdade de Odontologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Tit. Maria Aparecida Neves Jardim

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof. Dr. Emanuel da Silva Rovai

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Dr^a. Camila Lopes Ferreira

Universidade de Taubaté (UNITAU)

Faculdade de Odontologia

São José dos Campos, 16 de dezembro de 2025.

DEDICATÓRIA

primeiramente a Deus por me ir criando o caminho para poder realizando meus sonhos no lugar correto e me apresentar as pessoas certas para conseguir minhas metas e sempre me abrir a mente para crescer e aprender mais do que eu tinha imaginado nunca. A Deus toda honra e glória sempre.

Aos meus pais, Maira e Tony que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões e nunca mediram esforços para que meus sonhos fossem realizados. Por estarem comigo em todos os momentos da minha vida e me mandarem boas energias mesmo de longe, sempre se fazendo presente.

À minha avó Sofia (Mama) que sempre estava rezando e pedindo a Deus por meu sucesso.

À professora, orientadora e mãe no Brasil Andrea Carvalho De Marco pela paciência e orientação que tornaram possível a conclusão deste trabalho e minha vida no Brasil.

Aos meus amigos da pós-graduação e as minhas irmãs de pesquisa Clarissa, Alessandra, Bruna (que me acompanhou no parque por muito tempo) e a Lara (que me ajudou tanto na parte dos extratos).

As minhas queridas alunas de Iniciação Científica, Ludmilla e a Quesia. Que durante esses anos muito aprendi o que é a docência, o que é ensinar e coorientar.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal.

A minha querida orientadora e mãe, Profa. Assoc. Andrea Carvalho De Marco, que faz a sua função com muita maestria e de forma tão maternal que todos seus orientados a chamamos de nossa mãe dentro desta universidade. Foi incrível acompanhar de perto sua dedicação e excelência em ensinar. Com toda certeza é fonte de inspiração, sempre estarei eternamente agradecido.

À todos da empresa Resix por todo o apoio, parceria e sintonia neste tempo de trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da Bolsa de Doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes)

Agradecimento à Bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora - DT - CNPq (307703/2025-8)

RESUMO

Suarez EAC. Escova dental ecológica: caracterização, avaliação microbiológica e desenvolvimento de protótipo [teses]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, 2025.

As escovas dentais são instrumentos essenciais para a higiene bucal, porém sua produção majoritariamente baseada em plástico e náilon representa um significativo impacto ambiental, considerando que bilhões de unidades são descartadas anualmente e apresentam baixa reciclabilidade devido ao tempo de decomposição e à dificuldade de separação dos materiais. A crescente consciência ambiental tem impulsionado a busca por alternativas biodegradáveis, sobretudo para as cerdas, que continuam sendo comumente produzidas em náilon mesmo nas chamadas escovas ecológicas, cujo avanço se limita ao uso de cabos compostáveis como bambu ou madeira. Diante da ausência de alternativas eficazes e totalmente biodegradáveis, o presente estudo propôs o desenvolvimento de cerdas a partir de fibras naturais de sisal funcionalizadas com extratos vegetais com potencial antimicrobiano, avaliando suas propriedades estruturais, microbiológicas e mecânicas, bem como sua aplicabilidade em um protótipo de escova dental ecológica. Os extratos de goiabeira (*Psidium guajava* L.) e alecrim (*Salvia rosmarinus* Spenn. (sin. *Rosmarinus officinalis* L.)) apresentaram os melhores resultados nos ensaios de concentração inibitória mínima frente a *Streptococcus mutans*, *Candida albicans* e *Enterococcus faecalis*, com destaque para o extrato de goiabeira (*Psidium guajava*), cuja eficácia foi semelhante à clorexidina 0,12% para *S. mutans* e *C. albicans*. A microscopia eletrônica de varredura revelou que o tratamento com álcool polivinílico (APV) promoveu superfície mais lisa, menor rugosidade e boa uniformidade das fibras, favorecendo sua integridade estrutural. Após vários testes de selamento e de extratos naturais, obteve-se a proporção de APV e a porcentagem eficaz do extrato de *Psidium guajava* para incorporação nas fibras de sisal. Não houve diferença de resistência à ruptura entre a fibra de sisal natural, ou as fibras seladas apenas com APV (3% e 4%), ou mesmo com as fibras seladas com APV e incorporadas com o extrato de *Psidium guajava* a 1,67%. Após a simulação da escovação referente a três meses de uso, a avaliação antimicrobiana demonstrou crescimento de *S. mutans* em todos os grupos, indicando ausência de atividade microbida residual. Os resultados indicam que as fibras seladas com APV a 3% e 4% associadas ao extrato de goiabeira - *Psidium guajava* (1,67%) apresentaram melhor integridade, uniformidade e desempenho mecânico, demonstrando viabilidade como alternativa biodegradável às cerdas de náilon. Contudo, a manutenção da atividade antimicrobiana após o período de escovação ainda requer otimização, e estudos clínicos futuros são necessários para validar sua eficácia em condições reais de utilização.

Palavras-chave: Escovação Dentária; Higiene bucal; Saúde bucal; Medicamento Fitoterápico; Antimicrobianos; Biodegradação Ambiental; Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

Suarez EAC. *Ecological toothbrush: characterization, microbiological evaluation and prototype development* [doctoral thesis]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2025.

Toothbrushes are essential instruments for oral hygiene; however, their production—primarily based on plastic and nylon—poses a significant environmental impact, considering that billions of units are discarded annually and exhibit low recyclability due to their long decomposition time and the difficulty of separating their components. The growing environmental awareness has driven the search for biodegradable alternatives, especially for bristles, which continue to be commonly made of nylon even in so-called ecological toothbrushes, whose advances are usually limited to compostable handles such as bamboo or wood. In light of the lack of effective and fully biodegradable alternatives, the present study proposed the development of bristles made from natural sisal fibers functionalized with plant extracts with antimicrobial potential, evaluating their structural, microbiological, and mechanical properties, as well as their applicability in a prototype of an ecological toothbrush. Extracts of guava (*Psidium guajava* L.) and rosemary (*Salvia rosmarinus* Spenn. [syn. *Rosmarinus officinalis* L.]) showed the best results in minimum inhibitory concentration assays against *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, and *Enterococcus faecalis*, with emphasis on the guava extract, whose efficacy was comparable to 0.12% chlorhexidine against *S. mutans* and *C. albicans*. Scanning electron microscopy revealed that treatment with polyvinyl alcohol (PVA) promoted a smoother surface, reduced roughness, and good fiber uniformity, favoring their structural integrity. After several sealing and natural extract tests, the optimal ratio of PVA and effective percentage of *Psidium guajava* extract for incorporation into the sisal fibers were established. There was no difference in tensile strength between natural sisal fibers, fibers sealed only with PVA (3% and 4%), or fibers sealed with PVA and incorporated with 1.67% *Psidium guajava* extract. After simulated brushing equivalent to three months of use, antimicrobial evaluation showed growth of *S. mutans* in all groups, indicating the absence of residual microbicidal activity. The results indicate that sisal fibers sealed with 3% and 4% PVA associated with *Psidium guajava* extract (1.67%) demonstrated better integrity, uniformity, and mechanical performance, supporting their feasibility as a biodegradable alternative to nylon bristles. However, maintaining antimicrobial activity after the brushing period still requires optimization, and future clinical studies are necessary to validate their effectiveness under real-use conditions.

Keywords: Toothbrushing; Oral hygiene; Oral health; Phytotherapeutic agents; Antimicrobials; Environmental biodegradation; Sustainable development.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	15
2.1 Surgimento, evolução das escovas dentais e a Odontologia	15
2.2 Escovas biodegradáveis: alternativa bio sustentável.....	16
2.3 Fibras naturais.....	19
2.3.1 Fibras de sisal.....	20
2.4 Modificações estruturais das fibras por tratamentos químicos.....	22
2.5 - Revestimento das fibras	24
2.6 - Adição de extratos vegetais como antimicrobianos nas cerdas de escovas dentais.....	25
3 PROPOSIÇÃO	30
3.1 Objetivo Geral	30
3.1.1 Objetivos específicos.....	30
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4.1 Fase A - Desenvolvimento das Fibras Biodegradáveis para Utilização em Protótipo de Escova Dental	31
4.1.1 Preparação das Fibras	31
4.1.2 Análise da estrutura de superfície	31
4.1.3 Produção dos extratos naturais	32
4.1.4 Primeira avaliação da concentração inibitória mínima (CIM) dos extratos de goiabeira, alecrim, canela, própolis, orégano e jaboticaba a serem incorporados nas fibras vegetais	32
4.1.5 Segunda avaliação da concentração inibitória mínima (microdiluição) dos extratos de goiabeira, alecrim e capim limão a serem incorporados nas fibras vegetais	33
4.1.6 Avaliação da atividade antimicrobiana e antibiofilme	34
4.1.7 Incorporação do extrato <i>Psidium guajava</i> nas fibras.....	35
4.1.8 Análise do potencial antimicrobiano após incorporação do extrato nas fibras de sisal.....	36
4.1.9 Caracterização das fibras por MEV.....	37

4.1.10 Ensaio de Tração	38
4.1.11 Análise estatística (FASE A)	39
4.2 Fase B – Desenvolvimento do corpo de prova de Escova Dental	39
4.2.1 Confeção dos corpos de prova	39
4.2.2 Simulação da escovação	40
4.2.3 Análise do potencial antimicrobiano após a simulação da escovação	41
4.2.4 Desenvolvimento de protótipo	42
5 - RESULTADOS.....	44
5.1 Preparação das Fibras	44
5.2 - Caracterização das fibras por Câmera Digital.	44
5.3 – Preparação dos extratos.....	45
5.4 Primeira avaliação da concentração inibitória mínima (CIM) e concentração microbicida mínima (CMM) dos extratos de goiabeira, alecrim, canela, própolis, orégano, jaboticaba e romã.....	47
5.5 Segunda avaliação da concentração inibitória mínima (microdiluição) dos extratos de goiabeira, alecrim e capim limão a serem incorporados nas fibras vegetais	48
5.6 Análise antibiofilme dos extratos de goiabeira e alecrim	48
5.7 Análise do potencial antimicrobiano do extrato de goiabeira (<i>Psidium guajava</i>) incorporado na fibra de sisal (<i>Agave sisalana</i>).....	51
5.8 Microscópio eletrônico de varredura (MEV).....	52
5.9 Ensaio de tração	54
5.10 Análise do potencial antimicrobiano após-simulação de escovação (Fase B)	55
5.11 Desenvolvimento do protótipo (Fase B).....	56
6 – DISCUSSÃO	57
7 – CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS.....	62
ANEXO A	66
APÊNDICE	67

1 INTRODUÇÃO

As escovas dentais são instrumentos utilizados na higiene bucal, destinados à limpeza dos dentes, gengiva e língua. Esses dispositivos consistem em uma cabeça contendo múltiplas cerdas, que serve como suporte para a aplicação do creme dental, e um cabo que permite a empunhadura durante a realização dos procedimentos de higiene bucal (McCauley, 1946).

Os primeiros registros de artefatos semelhantes a escovas dentais datam de aproximadamente 5 mil anos atrás, no Egito. No século XV, os chineses desenvolveram uma forma primitiva de escova dental, semelhante àquelas utilizadas atualmente, porém confeccionada com cerdas provenientes de pêlos de porco e de crina ou cauda de cavalo, fixadas em uma estrutura composta por osso bovino ou marfim (Barros et al., 2001).

Em 1938, nos Estados Unidos, foi concebida a primeira escova dental contemporânea, caracterizada por cerdas fabricadas em náilon (Borghi et al., 2005). A escova dental, em conjunto com o creme dental e o fio dental, constituem um conjunto de utensílios responsáveis pela remoção mecânica e desorganização do biofilme dental, sendo considerado o método profilático mais eficaz na promoção da saúde bucal e na prevenção de doenças periodontais e cárie dentária (Barros et al., 2001; Pinheiro; Tuma, 2015).

Atualmente, observa-se uma ampla variedade de materiais, tamanhos e formatos empregados nas cerdas e cabos das escovas dentais. Dentre as opções disponíveis, destaca-se a preferência por escovas com cerdas de náilon macias e arredondadas, juntamente com cabos de plástico. Essa recomendação é amplamente respaldada pelos profissionais de odontologia devido à capacidade dessas escovas não comprometerem o esmalte dentário nem causar irritação na gengiva (Leite et al., 2012).

O predomínio do plástico como matéria-prima na produção de escovas dentais, associado ao seu amplo uso como material descartável, representa um importante fator de poluição ambiental. Nos Estados Unidos, estima-se que aproximadamente 1 bilhão de escovas dentais sejam descartadas anualmente. No contexto brasileiro, o descarte dessas escovas resulta em uma quantidade

significativa de resíduos, totalizando 1.920 toneladas, que se acumulam tanto em aterros sanitários como nos oceanos. Infelizmente, apenas uma porcentagem ínfima desse material é devidamente reciclada, agravando ainda mais os impactos ambientais. Como resultado, o oceano e a terra do mundo estão saturados de poluição plástica, afetando os ecossistemas costeiros e terrestres (Walia et al., 2016; Filho et al., 2019).

O plástico, quando descartado de forma irregular, devido à exposição a condições ambientais variáveis, leva a processos químicos, biológicos e físicos; transforma-se com facilidade em poluentes emergentes, conhecidos como microplásticos, partículas com menos de 5 mm de diâmetro (Luo et al., 2025). A alta persistência dos microplásticos no ambiente torna-os particularmente prejudiciais, agravando a poluição dos ecossistemas e dificultando sua remoção completa e seus efeitos cumulativos e duradouros (Mao et al., 2022). Os microplásticos estão presentes no ambiente, sendo detectados no ar, água, sedimentos marinhos e alimentos, sendo a água e os alimentos uma fonte relevante de ingestão (Eerkes-Medrano et al., 2015; Mandalho et al., 2024). Pesquisadores têm alertado para os impactos negativos que os microplásticos pode ocasionar na saúde humana, apesar das pesquisas estarem em fase inicial, acredita-se que eles podem causar danos físicos, químicos e biológicos, como inflamações na pele, obstrução do trato gastrointestinal e diminuição da nutrição devido a ingestão, trazer prejuízos ao sistema respiratório e até mesmo afetar o sistema reprodutor (Mandalho et al., 2024; Chartres et al., 2024).

Devido à crescente preocupação com a poluição decorrente do descarte de resíduos plásticos, a sociedade tem buscado, ao longo das últimas décadas, alternativas para mitigar a alta produção desses resíduos provenientes das escovas dentais (Barros et al., 2001; Pinheiro; Tuma, 2015).

Uma alternativa ambientalmente mais amigável são as denominadas escovas dentais ecológicas. No que diz respeito ao cabo de plástico, este pode ser substituído por materiais não poluentes e bio-sustentáveis, como bambu ou madeira prensada. No entanto, ainda há uma falta de solução adequada para as cerdas. As opções atualmente disponíveis são dispositivos fabricados com bucha vegetal e cabo de bambu, fibra de coco e palito de madeira, que possuem baixo custo (Barros et al., 2001; Leite et al., 2012; Pinheiro; Tuma, 2015).

Outras escovas disponíveis no mercado se autodenominam "ecológicas" devido ao uso de cabos de bambu, que são biodegradáveis; no entanto, suas cerdas ainda são compostas de náilon, algumas delas com adição de carvão ativado como agente antimicrobiano. O náilon é um material que apenas pode ser reciclado e possui uma decomposição extremamente lenta no meio ambiente. É importante ressaltar que a utilização de carvão ativado não compensa completamente o impacto ambiental causado pelo náilon. Portanto, embora essas escovas sejam promovidas como ecológicas, é importante reconhecer suas limitações em termos de sustentabilidade (Soares, 2020).

As fibras naturais são caracterizadas por suas vantagens ecológicas intrínsecas, pois possuem propriedades biodegradáveis, são provenientes de fontes renováveis, apresentam baixo custo de produção e contribuem para a geração de empregos. Além disso, é importante ressaltar que essas fibras são consideradas como carbono neutro ou "*free*", ou seja, liberam a mesma quantidade de dióxido de carbono que foi consumida durante seu ciclo de desenvolvimento, seja por meio da incineração ou compostagem (Pires, 2009).

Embora as escovas com fibras naturais apresentem efetividade no controle do biofilme dental semelhante às escovas tradicionais compostas de náilon e plástico, elas também mostram fragilidade estrutural e alta capacidade de absorção de água, o que possibilita a proliferação microbiana de origem bacteriana e fúngica (Borghi et al., 2005).

Como limitação, as fibras naturais requerem a associação com outros materiais para a modificação da estrutura, por meio de tratamentos químicos, a fim de melhorar a adesão entre as fibras e a matriz, alterando a hidrofiliabilidade das fibras para reduzir a umidade e aumentar a resistência (Nery et al., 2018).

Uma exceção que aborda a questão da biosustentabilidade de forma mais abrangente é a escova dental feita de pêlo de porco. No entanto, o uso desse material é controverso, pois mesmo sendo um subproduto da indústria de frigoríficos, ainda levanta questões éticas em relação ao tratamento dos animais e às emissões de metano associadas à criação de porcos e diversos cirurgiões dentistas referem que são demasiado duras e abrasivas. É fundamental considerar esses aspectos ao avaliar a sustentabilidade das opções disponíveis no mercado (Soares, 2020).

Portanto, são necessários estudos adicionais com o propósito de desenvolver uma escova dental completamente biodegradável, que seja eficaz, de baixo custo e apresente propriedades físicas e químicas comparáveis às da escova tradicional (Soares, 2020).

Observa-se, portanto, que apesar da existência de diversas iniciativas para o desenvolvimento de cerdas biodegradáveis, esta é ainda uma área de pesquisa incipiente, na qual as limitações, como baixa resistência estrutural e alta capacidade de absorção de umidade, demandam estudos adicionais no sentido de aumentar a resistência biomecânica e a capacidade antimicrobiana. Neste contexto, os extratos naturais de origem vegetal destacam-se como alternativas promissoras, por apresentarem atividade antimicrobiana e potencial de incorporação a materiais biodegradáveis. Sua aplicação pode contribuir para o controle microbiológico e para a melhoria das propriedades funcionais das cerdas, favorecendo o desenvolvimento de escovas dentais mais sustentáveis (Oliveira et al., 2017; Oliveira et al., 2019). Isso é necessário para que essas cerdas possuam eficácia semelhante aos produtos convencionais, não apenas na remoção do biofilme dental, mas também em termos de durabilidade.

Dessa forma, a necessidade e a busca por alternativas ecológicas e biosustentáveis no que se refere às escovas dentais e suas cerdas são urgentes. Por conseguinte, o objetivo deste estudo foi realizar a avaliação microbiológica das fibras de sisal, avaliar as propriedades estruturais e de resistência das fibras naturais e desenvolver o protótipo de escova dental totalmente biodegradável.

7 – CONCLUSÃO

Foi possível concluir que as fibras de sisal (*Agave sisalana*), apresentam propriedades adequadas para desempenharem papel de cerdas naturais para escova dental ecológica, as quais incorporadas com extrato de *Psidium guajava* a 1,67% e seladas com APV 3 % e 4 % demonstraram os resultados mais satisfatórios quanto à maior integridade, uniformidade, selamento da superfície e ação antimicrobiana.

REFERÊNCIAS

Albinante SR, Pacheco EBAV, Visconte LLY. Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas. *Quim Nova*. 2013;36(1):114-122. doi:10.1590/S0100-40422013000100021.

Alcântara JAC. Remoção de lignina e hemiceluloses do sisal utilizando pré-tratamentos ácidos e alcalinos [trabalho de conclusão de curso]. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; 2016.

Aleluia CDM, Procópio VDC, Oliveira MTG, Furtado PGS, Giovannini JFG, Mendonça SMS. Fitoterápicos na Odontologia. *Rev Odontol Univ Cid São Paulo*. 2017;27(2):126.

Aranha IB, Lucas EF. Poli(álcool vinílico) modificado com cadeias hidrocarbônicas: avaliação do balanço hidrófilo/lipófilo. *Polímeros*. 2001;11(4):174-181.

Badrinath R, Senthilvelan T. Comparative investigation on mechanical properties of banana and sisal reinforced polymer based composites. *Procedia Mater Sci*. 2014;5:2263-2272. doi:10.1016/j.mspro.2014.07.444.

Barros OB, Pernambuco RDA, Tomit NE, Salgado MAC. Escovas dentais. *Braz Dent Sci*. 2001;4(1):32-37. doi:10.14295/bds.2001.v4i1.104.

Beltrami LVR, Scienza LC, Zattera AJ. Efeito do tratamento alcalino de fibras de curauá sobre as propriedades de compósitos de matriz biodegradável. *Polímeros*. 2014;24(3):388-394. doi:10.4322/polimeros.2014.024.

Borghi WMMC, Moimaz SAS, Saliba NA. Métodos alternativos para higienização bucal e terapêutica odontológica. *J Health Sci Inst*. 2005;23(4):309-314.

Camargo RA, Schimim SC, Alves FBT, Chibinski ACR. Avaliação microbiológica da efetividade de uma escova antibacteriana: estudo in vivo. *Rev Odontol UNESP*. 2013;42(1):54-58.

Carvalhais JAR. Hábitos de higiene oral numa população de crianças dos 6 aos 36 meses em Salvador da Bahia, Brasil [dissertação]. Porto: Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto; 2019.

Chartres N, Cooper CB, Bland G, Pelch KE, Gandhi SA, BakenRa A, et al. Effects of microplastic exposure on human digestive, reproductive, and respiratory health: a rapid systematic review. *Environ Sci Technol*. 2024;58(52):22843-22864. doi:10.1021/acs.est.3c09524.

Chaurasia A, Patil R, Nagar A. Miswak in oral cavity: an update. J Oral Biol Craniofac Res. 2013;3(2):98-101. doi:10.1016/j.jobcr.2012.09.004.

Costa JEG. Estudo da degradação de geotêxteis em fibra natural [dissertação]. Braga: Escola de Engenharia, Universidade do Minho; 2013.

Costa MFL. Estudo comparativo da efetividade de dispositivos alternativos naturais – bucha do coco e bambu – com a escova dentária convencional [dissertação]. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte; 1992.

de Carvalho LS, Meccatti-Domiciano VM, Dorta da Silva LR, Marcucci MC, Talge Carvalho CA, Hasna AA, et al. Psidium guajava L. hydroethanolic extract as endodontic irrigant: phytochemical analysis, antioxidant activity, antimicrobial action and biocompatibility. PeerJ. 2025;13:e19301. doi:10.7717/peerj.19301.

de Oliveira JR, Jesus D, Oliveira LD. Rosmarinus officinalis L. (rosemary) extract decreases the biofilms viability of oral health interest. Braz Dent Sci. 2017;20(1):64-69.

de Oliveira JR, Santana-Melo GF, Camargo SEA, Vasconcellos LMR, Oliveira LD. Total protein level reduction of odontopathogens biofilms by Rosmarinus officinalis L. extract. Braz Dent Sci. 2019;22(2):260-266.

Duarte MR, Paula FM. Morfodiagnose de Psidium guajava L., Myrtaceae. Vis Acad. 2005;6(2). doi:10.5380/acd.v6i2.6112.

Eerkes-Medrano D, Thompson RC, Aldridge DC. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs. Water Res. 2015;75:63-82. doi:10.1016/j.watres.2015.02.012.

Emmi D, et al. Análise da eficácia de métodos alternativos de higiene bucal. Rev ABO Nac. 2012;20:345-349.

Filho RDT. Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: caracterização experimental [tese]. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro; 2001.

Filho WL, Havea PH, Balogun AL, Boenecke J, Maharaj AA, Ha'apio M, et al. Plastic debris on Pacific Islands: ecological and health implications. Sci Total Environ. 2019;670:181-187. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.181.

Freire F, Pereira CA, Oliveira LD, Junqueira JC, Jorge AOC. Antibiofilm activity in vitro of Rosmarinus officinalis and Syzygium cumini glycolic extracts on Staphylococcus spp. Braz Dent Sci. 2017;20(2).

Gebremichael G, Mekonone ST, Baye TM, Ejigu AA. Mechanical and microstructural characterization of sisal fiber-reinforced polyester laminate composites. *J Mater Sci Compos*. 2025;6(1):1-14. doi:10.1186/s42252-024-00064-4.

Gonçalves FAC, Amaral ELS, Lopes Junior JL, Lopes BLS, Ribeiro Junior LS, Brabo DR, et al. Fibras vegetais: aspectos gerais, aproveitamento, inovação tecnológica e uso em compósitos. *Espacios*. 2018;39(6).

Harpaz D, Axelrod T, Yitian AL, Eltzov E, Marks RS, Tok AIY. Dissolvable polyvinyl-alcohol film as time-barrier to modulate sample flow in diagnostics. *Materials*. 2019;12:343. doi:10.3390/ma12030343.

Haque MM, Alsareii SA. A review of the therapeutic effects of using miswak (*Salvadora persica*) on oral health. *Saudi Med J*. 2015;36(5):530-543. doi:10.15537/smj.2015.5.10785.

Jia E, Wang C, Su L, Liu P, Xu J. Influence of water on polyvinyl alcohol sol–gel transition and gel spinning. *J Polym Res*. 2015;22:69. doi:10.1007/s10965-015-0717-3.

Karibasappa GN, Nagesh L, Sujatha BK. Assessment of microbial contamination of toothbrush head: an in vitro study. *Indian J Dent Res*. 2011;22(1):2-5. doi:10.4103/0970-9290.79965.

Lee J, Kim C, Kim JK, Lee KH. Antibacterial activity of oregano essential oils against *Streptococcus mutans* in vitro. *BMC Complement Med Ther*. 2023;23(1):61.

Luo H, Li Z, Zeng Y, He D, Sun J, Zhang A, et al. Degradation of microplastics in the natural environment: a comprehensive review. *J Environ Manage*. 2025;391:126429. doi:10.1016/j.jenvman.2025.126429.

Mao X, Xu Y, Cheng Z, Yang Y, Guan Z, Jiang L, et al. The impact of microplastic pollution on ecological environment: a review. *Front Biosci (Landmark Ed)*. 2022;27(2):46. doi:10.31083/j.fbl2702046.

McCauley HB. Toothbrushes, toothbrush materials and design. *J Am Dent Assoc*. 1946;33(5):283-293. doi:10.14219/jada.archive.1946.0263.

Mouta LFGL, Marques RS, Koga-Ito CY, Salvador MJ, Giro EMA, Brighenti FL. *Cymbopogon citratus* essential oil increases the effect of digluconate chlorhexidine on microcosm biofilms. *Pathogens*. 2022;11(10):1067. doi:10.3390/pathogens11101067.

Nelson-Filho P, Isper AR, Assed S, Faria G, Ito IY. Effect of triclosan dentifrice on toothbrush contamination. *Pediatr Dent*. 2004;26(1):11-16.

Rao PV, Gan SH. Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum*. Food Chem. 2021;338:127773. doi:10.1016/j.foodchem.2020.127773.

Schmidt JC, Bux M, Filipuzzi-Jenny E, Kulik EM, Waltimo T, Weiger R, et al. Influence of time, toothpaste and saliva in the retention of *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* on different toothbrushes. J Appl Oral Sci. 2014;22(3):152-158.

Taji SS, Rogers AH. The microbial contamination of toothbrushes: a pilot study. Aust Dent J. 1998;43(2):128-130.

Wetzel WE, Schaumburg C, Ansari F, Kroeger T, Sziegoleit A. Microbial contamination of toothbrushes with different principles of filament anchoring. J Am Dent Assoc. 2005;136(6):758-765. doi:10.14219/jada.archive.2005.0259.