

REVISÃO DE LITERATURA SISTEMÁTICA

PRÓTESES DENTÁRIAS DE PMMA COMO FONTE POTENCIAL DE MICROPLÁSTICOS: MECANISMOS DE DEGRADAÇÃO E POSSÍVEIS IMPLICAÇÕES BIOLÓGICAS

PMMA DENTAL PROSTHESES AS A POTENTIAL SOURCE OF MICROPLASTICS: DEGRADATION MECHANISMS AND POSSIBLE BIOLOGICAL IMPLICATIONS

Caren Leite Spindola Vilela¹, Fabiano Luiz Heggendorn¹, Tássio Baêta Zillio Gontijo², João Paulo Bassin², Ewerlene Rocha de Carvalho³

UNIGRANRIO

¹ Docente, Afya Universidade UNIGRANRIO

² Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, UFRJ

³ Acadêmico do Programa de Pós-graduação em Odontologia, Afya Universidade

E-mail do autor principal: ewerlene.carvalho@hotmail.com

Eixo: Saúde-1

RESUMO

O uso crescente de polímeros sintéticos tem ampliado as discussões acerca da formação e da exposição humana a partículas poliméricas de dimensões micro e nanométricas, como os microplásticos. Na Odontologia, o polimetilmetacrilato (PMMA) é amplamente utilizado na fabricação de bases de próteses dentárias removíveis e permanece exposto às condições físico-químicas da cavidade oral durante seu uso clínico, que podem favorecer modificações superficiais e estruturais da prótese. Nesse contexto, partículas derivadas da matriz polimérica podem representar uma fonte potencial de micro e nanoplasticos no ambiente oral, com efeitos ainda desconhecidos para a saúde humana. O presente estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas disponíveis sobre os mecanismos de degradação do PMMA empregado em próteses dentárias, seu potencial para a liberação de microplásticos e as possíveis implicações biológicas associadas. Foi realizada revisão sistemática da literatura nas bases PubMed, Scopus e Web of Science, utilizando os descritores “PMMA”, “dental prosthesis”, “microplastics” e “polymer degradation”, combinados por operadores booleanos. Foram identificados inicialmente 50 estudos, dos quais 29 foram selecionados após aplicação dos critérios de elegibilidade. Os estudos analisados indicam que fatores como sorção hídrica, variações térmicas e desgaste mecânico podem promover alterações estruturais e superficiais no PMMA. Evidências experimentais também sugerem que partículas poliméricas podem estar associadas a respostas inflamatórias, estresse oxidativo e alterações celulares. Entretanto, a evidência específica sobre a liberação e caracterização de microplásticos diretamente provenientes de próteses dentárias de PMMA ainda é limitada e heterogênea. Conclui-se que as próteses de PMMA constituem uma fonte potencial de partículas poliméricas, sendo necessários estudos experimentais padronizados para confirmar sua formação, caracterizar suas propriedades e determinar sua relevância biológica.

Palavras-chave: Microplásticos. Polimetilmetacrilato. PMMA. Biomateriais odontológicos. Próteses dentárias.

ABSTRACT

The increasing use of synthetic polymers has expanded discussions regarding the formation of and human exposure to polymeric particles at micro- and nanoscale dimensions, such as microplastics. In dentistry, polymethyl

methacrylate (PMMA) is widely used to fabricate removable denture bases and remains exposed to the physicochemical conditions of the oral cavity during clinical use, which can promote surface and structural modifications of the prosthesis. In this context, particles derived from the polymer matrix may represent a potential source of micro- and nanoplastics in the oral environment, with effects on human health that remain unknown. This study aimed to analyze available scientific evidence regarding the degradation mechanisms of PMMA used in dental prostheses, its potential for microplastic release, and the associated biological implications. A systematic literature review was conducted using the PubMed, Scopus, and Web of Science databases, employing the keywords "PMMA," "dental prosthesis," "microplastics," and "polymer degradation," combined via Boolean operators. Fifty studies were initially identified, of which 29 were selected after applying eligibility criteria. The analyzed studies indicate that factors such as water sorption, thermal fluctuations, and mechanical wear can induce structural and surface changes in PMMA. Experimental evidence also suggests that polymeric particles may be associated with inflammatory responses, oxidative stress, and cellular alterations. However, specific evidence regarding the release and characterization of microplastics directly originating from PMMA dental prostheses remains limited and heterogeneous. It is concluded that PMMA prostheses constitute a potential source of polymeric particles; standardized experimental studies are required to confirm their formation, characterize their properties, and determine their biological relevance.

Keywords: Microplastics. Polymethyl methacrylate. PMMA. Dental biomaterials. Dental prostheses.

INTRODUÇÃO

A poluição por plásticos tornou-se uma das principais preocupações ambientais e de saúde pública nas últimas décadas devido à ampla produção e persistência desses materiais no ambiente^{1,2}. A fragmentação de polímeros sintéticos origina partículas microscópicas conhecidas como microplásticos, com tamanhos inferiores a 5 mm³. Esses contaminantes têm sido amplamente detectados em ambientes aquáticos, terrestres e atmosféricos, favorecendo sua dispersão global e potencial exposição humana⁴.

Estudos recentes demonstram que microplásticos podem ser ingeridos ou inalados pelos seres humanos, sendo posteriormente detectados em diversos tecidos e fluidos biológicos, incluindo fezes, sangue e órgãos internos^{5,6,7}. A presença dessas partículas no organismo humano gera preocupações relacionadas a possíveis efeitos adversos à saúde, incluindo processos inflamatórios, estresse oxidativo e alterações celulares^{8,9}. Embora a maior parte das pesquisas esteja concentrada em fontes ambientais e alimentares, dispositivos médicos e odontológicos também têm sido investigados como potenciais emissores de microplásticos^{10,11}. Diversos biomateriais utilizados na odontologia são compostos por polímeros sintéticos susceptíveis à degradação quando expostos às condições físico-químicas da cavidade oral^{12,13}.

Entre esses biomateriais, destaca-se o polimetilmetacrilato (PMMA), amplamente utilizado na fabricação de próteses dentárias removíveis devido às suas propriedades mecânicas favoráveis, estabilidade estética e relativa biocompatibilidade^{14,15}. Entretanto, durante o uso

clínico, próteses acrílicas são submetidas a variações térmicas, absorção de água, atividade enzimática da saliva e forças mastigatórias repetitivas^{16,17}. Esses fatores podem promover o envelhecimento progressivo do material, resultando em microfissuras estruturais, desgaste superficial e fragmentação da matriz polimérica^{18,19}. Como consequência, partículas microscópicas podem se desprender da superfície das próteses, originando fragmentos de micro ou nanoplásticos^{20,21}. Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática com uma análise da literatura científica, sobre os mecanismos de degradação do PMMA em próteses dentárias, bem como avaliar seu potencial como fonte de microplásticos no ambiente oral e suas possíveis implicações biológicas.

MÉTODO

Este estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura, conduzida de acordo com algumas recomendações do checklist PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). A estratégia de busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus e Web of Science, utilizando os descritores “PMMA”, “dental prosthesis”, “microplastics” e “polymer degradation”, combinados por operadores booleanos (AND/OR). Foram incluídos estudos publicados entre 2000 e 2025, em inglês, que investigassem a degradação do PMMA, liberação de partículas ou alterações físico-químicas em ambiente oral ou simulado. Foram excluídos artigos duplicados, revisões narrativas, estudos sem acesso ao texto completo e aqueles sem relação direta com o tema. O processo de seleção foi realizado em três etapas: leitura de títulos, resumos e textos completos, conforme critérios de elegibilidade previamente definidos.

RESULTADOS

A busca nas bases PubMed, Scopus e Web of Science identificou 50 estudos, sendo 20, 17 e 13, respectivamente. Após a remoção de 6 duplicados, restaram 44 estudos para triagem. Destes, 10 foram excluídos após análise de títulos e resumos, e 5 após avaliação dos textos completos. Ao final, 29 estudos foram incluídos na revisão e submetidos à análise dos dados.

Os estudos analisados demonstram que o PMMA utilizado em próteses dentárias apresenta alterações quando exposto às condições físico-químicas do ambiente oral. Entre os principais fatores relacionados ao envelhecimento do material destacam-se a sorção de água, as variações térmicas, o desgaste mecânico e as alterações químicas^{22, 23}.

Em relação à sorção de água, estudos demonstraram absorção, solubilidade e alterações dimensionais em polímeros utilizados em bases de próteses após exposição a meios aquosos.

As variações térmicas também foram associadas a alterações do material decorrentes dos ciclos de expansão e contração. Quanto ao desgaste mecânico, estudos experimentais demonstraram remoção progressiva de material e formação de partículas durante processos de desgaste^{24, 25, 26}.

As alterações superficiais e estruturais observadas no PMMA indicam a possibilidade de formação e desprendimento de partículas provenientes da matriz polimérica. Entretanto, a classificação dessas partículas como microplásticos requer a confirmação de sua natureza polimérica, permitindo estabelecer sua origem e diferenciá-las de resíduos ou partículas provenientes de outras fontes²⁷.

Para a caracterização dessas partículas, técnicas de microscopia e espectroscopia podem ser utilizadas de forma complementar. A análise morfológica permite avaliar características como forma e superfície, enquanto técnicas espectroscópicas, como Raman e FTIR, possibilitam investigar a composição química e a natureza polimérica do material²⁸.

A literatura também apresenta evidências experimentais sobre possíveis efeitos biológicos associados a partículas poliméricas. Foram descritas respostas relacionadas à inflamação, ao estresse oxidativo e à remodelação óssea. No caso específico do PMMA, partículas desse polímero foram associadas à estimulação da reabsorção óssea por osteoclastos em condições experimentais²⁹.

Contudo, os estudos apresentam heterogeneidade quanto aos materiais avaliados, condições experimentais e métodos empregados, dificultando a comparação dos resultados e a obtenção de uma quantificação consistente das partículas potencialmente liberadas. Além disso, os efeitos observados em modelos experimentais não permitem estabelecer, isoladamente, se próteses dentárias de PMMA liberam partículas em quantidade clinicamente relevante ou quais seriam suas possíveis repercussões biológicas.

CONCLUSÃO

As evidências analisadas indicam que o polimetilmetacrilato (PMMA), amplamente empregado em próteses dentárias, está sujeito a processos de envelhecimento decorrentes da exposição a condições térmicas, aquosas e mecânicas do ambiente oral, capazes de promover alterações superficiais e estruturais e favorecer a formação e o desprendimento de partículas poliméricas. Embora esses achados sustentem a possibilidade de que próteses de PMMA constituam uma fonte potencial de micro e nanoplasticos, a caracterização dessas partículas e a determinação de sua magnitude de liberação ainda permanecem insuficientemente estabelecidas.

Diante dessa lacuna, torna-se fundamental o desenvolvimento de investigações experimentais padronizadas que permitam reproduzir condições de envelhecimento do material, identificar e caracterizar as partículas potencialmente liberadas e estabelecer sua natureza, dimensão e características morfológicas e químicas. A compreensão desses fenômenos poderá ampliar o conhecimento sobre o comportamento dos biomateriais poliméricos utilizados na Odontologia e fornecer subsídios para a avaliação de sua possível relevância biológica e segurança durante o uso clínico.

REFERÊNCIAS

1. Adriano M. Efeitos citotóxicos de diferentes materiais dentários sobre células de linhagem odontoblástica [dissertação]. São Paulo: Universidade Estadual Paulista; 2026. Available from: <http://hdl.handle.net/11449/89633>
2. Geyer R, Jambeck JR, Law KL. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci Adv.* 2017;3(7): e1700782. doi:10.1126/sciadv.1700782
3. Andrady AL. Microplastics in the marine environment. *Mar Pollut Bull.* 2011;62(8):1596-1605. doi: 10.1016/j.marpolbul.2011.05.030
4. Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environ Sci Technol.* 2012;46(6):3060-3075. doi:10.1021/es2031505
5. Schwabl P, Köppel S, Königshofer P, Bucsics T, Trauner M, Reiberger T, et al. Detection of various microplastics in human stool. *Ann Intern Med.* 2019;171(7):453-457. doi:10.7326/M19-0618
6. Leslie HA, van Velzen MJM, Brandsma SH, Vethaak AD, Garcia-Vallejo JJ, Lamoree MH. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environ Int.* 2022; 163:107199. doi: 10.1016/j.envint.2022.107199
7. Horvatits T, Tamminga M, Liu B, Sebode M, Carambia A, Fischer L, et al. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. *EBioMedicine.* 2022; 82:104147. doi: 10.1016/j.ebiom.2022.104147
8. Arango Duque G, Descoteaux A. Macrophage cytokines: involvement in immunity and infectious diseases. *Front Immunol.* 2014; 5:491. doi:10.3389/fimmu.2014.00491
9. Araujo CF, Nolasco MM, Ribeiro AM, Ribeiro-Claro PJA. Identification of microplastics using Raman spectroscopy: latest developments and future prospects. *Water Res.* 2018; 142:426-440. doi:10.1016/j.watres.2018.05.060
10. Akhtar N, Tahir A, Qadir A, Masood R, Gulzar Z, Arshad M. Abundance of microplastics in dental healthcare units: morphological, polymeric and seasonal trends with hazardous consequences for humans. *J Hazard Mater.* 2024; 479:135563. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.135563
11. Saha U, Jena S, Simnani FZ, Singh D, Choudhury A, Naser SS, et al. The unseen perils of oral-care products generated micro/nanoplastics on human health. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2024; 290:117526. doi: 10.1016/j.ecoenv.2024.117526
12. Rokaya D, Srimaneepong V, Sapkota J, Qin J, Siraleartmukul K, Siri Wongrungron V. Polymeric materials and films in dentistry: an overview. *J Adv Res.* 2018; 14:25-34. doi: 10.1016/j.jare.2018.05.001
13. Rizo-Gorrita M, Herráez-Galindo C, Torres-Lagares D, Serrera-Figallo MA, Gutiérrez-Pérez JL. Biocompatibility of polymer and ceramic CAD/CAM materials with human gingival fibroblasts. *Polymers (Basel).* 2019;11(9):1446. doi:10.3390/polym11091446

14. Zafar MS. Prosthodontic applications of polymethyl methacrylate (PMMA): an update. *Polymers (Basel)*. 2020;12(10):2299. doi:10.3390/polym12102299
15. Kaur H, Thakur A. Applications of poly (methyl methacrylate) polymer in dentistry: a review. *Mater Today Proc*. 2022; 50:1619-1625. doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.125
16. Chen Y, Chen J, Guo J, Yao M, Liu Y, Qian J, et al. Release of microplastics during dental procedures and denture wear: impact on dental personnel and patients. *J Hazard Mater*. 2025; 494:138463. doi: 10.1016/j.jhazmat.2025.138463
17. Ferracane JL. Resin composite—state of the art. *Dent Mater*. 2011;27(1):29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020
18. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999;27(2):89-99.
19. Gewert B, Plassmann MM, MacLeod M. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environ Sci Process Impacts*. 2015;17(9):1513-1521. doi:10.1039/c5em00207a
20. Lambert S, Wagner M. Formation of microscopic particles during the degradation of different polymers. *Chemosphere*. 2016; 161:510-517. doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.07.042
21. Hijazi Z, Qutieshat A, Nlemorisa C, Salem A. Recycled PMMA particles from milled discs in denture base materials for improved sustainability. *BMC Oral Health*. 2025; 25:43. doi:10.1186/s12903-025-05943-1
22. Alqutaibi AY, Baik AA, Almuzaini SA, Alnazzawi A, Borzangy S, Aboalrejal A, et al. Polymeric denture base materials: a review. *Polymers (Basel)*. 2023;15(15):3258. doi:10.3390/polym15153258
23. Polat TN, Karacaer O, Tezvergil A, Lassila LVJ, Vallittu PK. Water sorption, solubility and dimensional changes of denture base polymers reinforced with short glass fibers. *J Biomater Appl*. 2003;17(4):321-335.
24. Saadi AS, El-Damanhoury HM, Khalifa N. 2D and 3D wear analysis of 3D-printed and prefabricated artificial teeth. *Int Dent J*. 2023;73(1):87-92. doi: 10.1016/j.identj.2022.06.004
25. Soriano-Valero S, Román-Rodríguez JL, Agustín-Panadero R, Bellot-Arcís C, Fons-Font A. Systematic review of chewing simulators: reality and reproducibility of in vitro studies. *J Clin Exp Dent*. 2020;12(12): e1189-e1195.
26. Barreto A. A genotoxicidade dos biomateriais em medicina dentária [dissertação]. Porto: Universidade do Porto; 2012.
27. João C. Avaliação da genotoxicidade de resinas acrílicas de uso odontológico por meio do teste de micronúcleo em células esfoliadas da mucosa bucal [dissertação]. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana; 2019.
28. Shim WJ, Hong SH, Eo SE. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Anal Methods*. 2017; 9:1384-1391. doi:10.1039/C6AY02558G
29. Zhang H, Ricciardi BF, Yang X, Shi Y, Camacho NP, Bostrom MPG. Polymethylmethacrylate particles stimulate bone resorption of mature osteoclasts in vitro. *Acta Orthop*. 2008;79(2):281-288. doi:10.1080/17453670710015166