

POTENCIAL DE SUBSTITUIÇÃO DO TITÂNIO PELO PEEK EM APLICAÇÕES ODONTOLÓGICAS

POTENTIAL OF REPLACING TITANIUM BY PEEK IN DENTAL APPLICATIONS

Hamilton Rodrigues Tabosa¹
Eduardo Fernando Soares Rocha²

RESUMO

O objetivo deste estudo é analisar e comparar, partindo de uma revisão bibliográfica integrativa (RBI), a literatura científica da área Odontológica nos últimos cinco anos visando melhor compreender a potencialidade do uso do PEEK em substituição ao titânio nas aplicações odontológicas. Para a consecução desse objetivo, realizamos um levantamento bibliográfico por meio do qual foram identificadas 25 publicações no Portal de Periódicos da Capes e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT, utilizando, como estratégia de busca, as palavras-chave “PEEK”, “Titânio” e “Implantes odontológicos” (e seus equivalentes em inglês, espanhol e italiano), com o operador booleano de adição. Como resultado, foi proposta a integração dos discursos dos autores do corpus documental da pesquisa, após agregarmos seus achados, aglutinando elementos complementares e excluindo duplicidades, fazendo o esforço de não generalizar afirmações feitas dentro de determinados contextos e especificidades.

Palavras-chave: PEEK. Poli-éter-éter-cetona. Materiais dentários.

ABSTRACT

The aim of this study is to analyze and compare, through an integrative literature review (ILR), the scientific literature in the field of Dentistry in the last five years, in order to better understand the potential of using PEEK to replace titanium in dental applications. To achieve this objective, we started from a bibliographic survey through which 25 publications were identified by consulting the Portal de Periódicos da Capes and the Digital Library of Theses and Dissertations (from IBICT), using, as a search strategy, the key words “PEEK”, “Titanium” and “Dental implants” (and their equivalents in English, Spanish and Italian), with the Boolean addition operator. As a result, the integration of the speeches of the authors of the research documental corpus was proposed, through which we compacted their findings, adding complementary elements and excluding duplications, making an effort not to generalize statements made within certain contexts and specificities.

Key words: PEEK. Poly-ether-ether-ketone. Dental materials.

¹ Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Graduando em Odontologia pela Faculdade Paulo Picanço (FACPP).

² Mestrando e bacharel em Odontologia pela Faculdade Paulo Picanço (FACPP).

INTRODUÇÃO

A reabilitação oral é uma área da Odontologia que se desenvolveu bastante devido, entre outros fatores, a inovações tecnológicas que acarretaram a adoção de novos materiais e técnicas. Essa área não é recente, conforme salienta Cruz (2020), o qual relata que o implante dentário mais antigo de que se tem registro data aproximadamente do ano 600 DC, quando os maias empregaram fragmentos de concha na substituição de dentes mandibulares. A partir desse marco cronológico, passaram a ser testados e utilizados diversos materiais, entre os quais figuram, por exemplo, peças dentárias de cadáver, ouro, prata e porcelana.

Na atualidade, materiais como titânio, zircônio, cerâmica, biovidro e polímeros têm sido utilizados em aplicações odontológicas, mais especificamente na confecção de próteses parciais e totais, fixas e móveis e implantes. No que concerne a esses últimos, Cruz (2020) assevera que em meados do século XX ocorreu a primeira descrição do conceito de osseointegração dos implantes de titânio, quando Branemark observou que estruturas feitas desse metal seriam capazes de permanecer indelevelmente incorporadas ao osso.

Embora hoje o titânio seja o material mais empregado, ele apresenta restrições estéticas e, sendo um metal, é oxidativo e pode ser alergênico para determinados pacientes. (SILVEIRA, 2015). Reforçando o discurso da autora, evocamos Costa (2020), que esclarece que, nos últimos anos, surgiu a filosofia *metalfree* motivada por uma maior estabilidade química e biocompatibilidade, o que teria solucionado certos inconvenientes característicos das ligas metálicas, como a corrosão e as supramencionadas limitações estéticas.

Nesse contexto, a partir dos anos 90, a Odontologia passou a estudar, tanto pela funcionalidade quanto pela estética, um dos polímeros de engenharia mais importantes, o poli-éter-éter-cetona (PEEK), que tem se mostrado bastante promissor quando consideramos suas características, conforme amplamente demonstrado na literatura da área.

Frente a tantas e tão documentadas características, das quais falaremos

mais adiante, não admira que o PEEK venha sendo cogitado como uma opção factível para aplicações odontológicas, não obstante seja ainda objeto de estudos e pesquisas.

Assim, o objetivo deste estudo é analisar e comparar, por meio de uma revisão bibliográfica integrativa (RBI), a literatura científica da área Odontológica nos últimos cinco anos visando melhor compreender a potencialidade do uso do PEEK em substituição ao titânio nas aplicações odontológicas.

A RBI visa revisar, analisar e combinar os resultados de estudos realizados por meio de diversas metodologias e integrá-los em um discurso que represente, tanto quanto possível, a totalidade ou a maioria deles. O método de revisão integrativa viabiliza a aglutinação de dados da literatura teórica e também empírica que podem conduzir à definição de conceitos, ao reconhecimento de lacunas, ao reexame de teorias, à análise metodológica, bem como às conclusões dos estudos desenvolvidos a respeito de um determinado tema ou assunto.

Com esse propósito, foram identificadas 25 publicações dos últimos 5 anos (2017 a 2021) por meio de consulta no Portal de Periódicos da Capes e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT, por meio das palavras-chave “PEEK”, “Titânio” e “Implantes odontológicos” (e seus equivalentes em inglês, espanhol e italiano), utilizando o operador booleano de adição. Esse corpus documental inclui resumos, resumos expandidos, relatórios de estágio (de mestrado), artigos, monografias, dissertações e teses, conforme Quadro 1 abaixo.

Quadro 1 - Córpus documental (todos referenciados)

Basal et al. (2017)	Gándara (2018)	Nobre (2019)	Pascoal (2020)	Fabris et al. (2021)
Buttler et al. (2017)	Kewalramani (2018)	Pereira (2019)	Ezequiel (2020)	Macêdo (2021)
	Buttler et al. (2018)	Santamaria (2019)	Caballero (2020)	
	Ortega Martínez (2018)	Rodríguez (2019)	Costa (2020)	
	Rozim (2018)	Spina (2019a)	Cruz (2020)	
	Spina et al. (2018)	Spina (2019b)	Galvão et al. (2020)	
	Tretto (2018)		Lazo (2020)	
			Adrián et al. (2020)	

Fonte: Dados da pesquisa

A realização de uma RBI pressupõe a execução de cinco fases, sendo elas: 1ª fase: elaboração da pergunta norteadora, 2ª fase: busca ou amostragem na literatura, 3ª fase: coleta de dados, 4ª fase: análise crítica dos estudos incluídos, 5ª fase: discussão dos resultados e 6ª fase: apresentação da revisão integrativa.

Para a efetivação das fases 3 a 5, após a análise de cada item do corpus documental, planilhamos os trabalhos de modo a favorecer uma melhor visualização dos dados, destacando, para cada um, seu(s) objetivo(s), aspectos relevantes da discussão, dos resultados e da(s) conclusão(ões).

A análise e correlação dos documentos possibilitou a condensação das informações mais pertinentes ao objetivo deste estudo, conforme descrito acima, favorecendo a consecução da 6ª e última fase da RBI aqui proposta.

PEEK: NATUREZA, CARACTERÍSTICAS E APLICAÇÕES NA ODONTOLOGIA

Iniciaremos nossa explanação mostrando alguns conceitos e descrições do PEEK encontrados no corpus documental para, em seguida, apresentar suas características e como esse polímero vem sendo utilizado na Odontologia e os resultados de sua aplicação.

Cabellero (2020, p. VIII) assim o apresenta: “o PEEK (poliéter-éter-cetona) é um material aromático sulfonado termoplástico de alta temperatura que pertence à família de poliarletercetona; seu uso em odontologia tem sido substancial após sua ampla aceitação no campo da medicina e alega-se que possui melhores propriedades em relação aos materiais existentes”.

Galvão et al. (2020, p. 63) afirmam que “o PEEK é um polímero aromático, linear, semicristalino, quimicamente inerte, pertencente a uma classe importante de termoplásticos de engenharia de alto desempenho, que atraiu a atenção de pesquisadores dentários devido às suas altas propriedades mecânicas e físicas, alto grau de estabilidade térmica e dimensional”.

Já Fabris et al. (2021) elucidam que o PEEK é um membro dominante da família de polímeros PAEK (poli-aril-éter-cetona) e foi desenvolvido como um substituto principal para os componentes metálicos e implantes de polímeros

termoplásticos de alto desempenho, principalmente em casos de ortopedia e trauma, sendo biocompatível, com módulo de elasticidade próximo ao tecido ósseo. Os autores destacam ainda que se trata de um material estético, com grau reduzido de descoloração e menos densidade do que o titânio, o que sugere que PEEK poderia substituir o titânio como material para implantes dentários endósseos.

Para melhor compreendermos os conceitos acima, procuramos entender certos termos utilizados pelos autores de modo isolado, de modo a favorecer uma assimilação mais globalizante.

Os **polímeros** são moléculas de cadeia longa de alto peso molecular, geralmente chamadas de "macromoléculas", cujo esqueleto é composto da sucessão de um grande número de ligações covalentes entre os átomos de carbono, sejam estas simples ou duplas". (CAROLINO, 2017, p. 18).

Termoplásticos, conforme Moraes, Oliveira e Paes (2010), são materiais plásticos cujo aquecimento causa o esmaecimento das forças intermoleculares, tornando-os flexíveis. Quando resfriado, o termoplástico endurece novamente. O material tem a vantagem de aceitar indefinidos ciclos de aquecimento, remodelação e resfriamento.

O conceito de **aromaticidade** é explanado por Caramori e Oliveira (2009), para quem essa característica representa uma propriedade química pela qual certos sistemas são mais estáveis do que deveriam e mais simétricos do que o esperado, além de possuir magnetismo distinto. Um composto aromático (chamado também de composto de arilo ou arila, ou ainda, de arilcomposto) é dotado de um conjunto de átomos ligados covalentemente com características particulares. Moléculas aromáticas geralmente exibem maior estabilidade química em comparação às moléculas não aromáticas.

Quanto ao conceito de cristalinidade, Carolino (2017, p. 17) explica que materiais **semicristalinos**, em sua estrutura molecular, "possuem regiões ordenadas e desordenadas que coexistem em sua estrutura, influenciando diretamente em suas propriedades mecânicas (elasticidade, dureza, resistência à tensão), solubilidade, propriedades óticas, condutividade elétrica etc."

Pode-se considerar que a **elasticidade** de um material, segundo Pacheco

et al. (2014), é a razão entre uma tensão aplicada sobre um corpo e a deformação específica imediata nele verificada, ou seja, uma grandeza proporcional à rigidez de um material quando é submetido a uma tensão externa de tração ou compressão.

Tendo compreendido os conceitos de PEEK supracitados, passamos a elencar suas características, com base nos documentos que elegemos para este estudo, dentre os quais destacamos os seguintes.

Hoskins et al. (2018) atestam que o PEEK tem excelentes características térmicas e mecânicas e ótima resistência à tração. Silveira (2015) sustenta que o material possui boa resistência à degradação química e mecânica e ótima rigidez e durabilidade. Santamaria (2019) afiança que esse polímero apresenta alta resistência ao desgaste, é de menor custo [em relação ao titânio], diminui a osteólise e possui elasticidade semelhante ao osso. Galvão et al. (2020) abonam a estabilidade dimensional do PEEK e sua capacidade de ser esterilizado por radiação e calor sem sofrer danos estruturais. Caballero (2020), por sua vez, testemunha que tal material é biologicamente inerte, não citotóxico, mutagênico, carcinogênico ou alergênico; resistente à hidrólise, a produtos químicos, a altas temperaturas, a abrasões e a degradações durante os processos de esterilização, além de permitir o polimento ideal; possui baixa propensão à formação de placa bacteriana; permite efetuar ressonância magnética; possui elasticidade semelhante ao osso; não é agressivo com os dentes existentes, protegendo o esmalte; por ser branco, oferece ótimas possibilidades de estética e personalização; é biocompatível, ideal para pacientes alérgicos a metais; não apresenta corrosão.

Para Silveira (2015), o PEEK despontou como o principal candidato termoplástico para uso no âmbito da filosofia *metal-free*. Em sua pesquisa, ela avaliou as propriedades do PEEK para aplicações odontológicas a partir das caracterizações morfológica, química e físicas, na perspectiva de uso como implante e destacou três importantes aspectos, dentre vários fatores que justificam sua aplicação em substituição ao titânio:

1) o primeiro deles, o já conhecido fator estético: o titânio, devido à sua baixa reflexão de luminosidade, pode ocasionar sombras escuras nos tecidos periimplantares;

2) interferência química no meio biológico: a pesquisadora enfatiza que o

titânio oxida, ou seja, torna-se passivo em contato com o ar e em temperatura ambiente e nos fluidos teciduais normais; e, por último,

3) propriedades mecânicas: Silveira endossa que o PEEK possui seu módulo elástico e resistência à tração mais próximo do osso que os implantes de titânio, o que favorece a redução da reabsorção óssea provocada por pressão e impactação.

Quanto à forma como o PEEK vem sendo aplicado na Odontologia, Lazo (2020) concluiu que ele é um material com grande potencial clínico, enquanto Rozim (2018), afirmou que especialidades que mais o utilizam são a prótese dentária e a cirurgia bucomaxilofacial. Uma classificação da literatura estudada neste artigo permite separá-la em dois blocos, mediante sua ênfase - implantes e próteses - dentre as quais destacamos alguns trabalhos, conforme segue.

Implantes:

Basal et al. (2017), Buttler et al. (2017), Buttler et al. (2018), Tretto (2018), Santamaria (2019), Nobre (2019), Spina (2019a), Spina (2019b), Caballero (2020), Cruz (2020), Lazo (2020), Adrián (2020) e Ezequiel (2020).

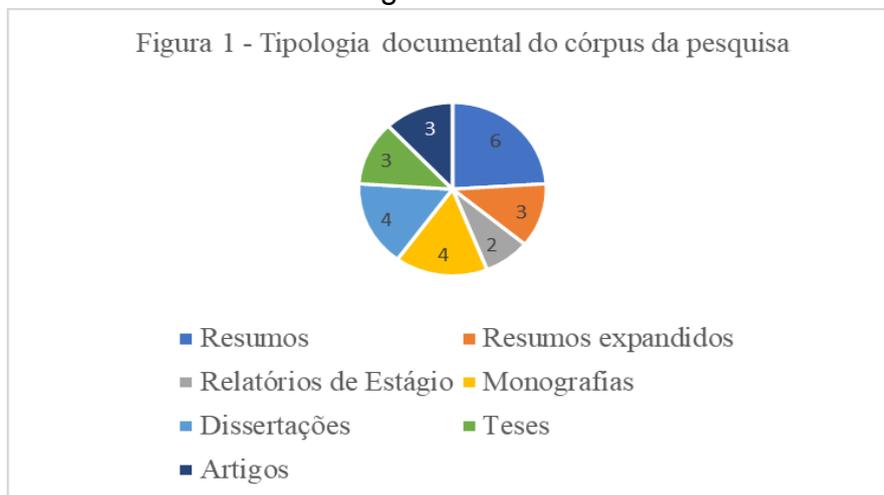
Próteses:

- Pilares protéticos: Ortega Martínez (2018) e Fabris et al. (2021);
- Prótese fixa: Gándara (2018), Rozim (2018), Spina (2018), Costa (2020) e Galvão et al. (2020);
- Prótese parcial removível: Galvão et al. (2020);
- Intermediário protético: Pascoal (2020);
- Reabilitação protética: Serrano Rodríguez (2019); ● Prótese total implantossuportada: Macêdo (2021); ● Barra implantossuportada: Costa (2020).

O estudo minucioso de cada uma dessas publicações favoreceu a visualização das potencialidades, características, vantagens e desvantagens do uso do PEEK nas diversas aplicações em que esse polímero foi aplicado e estudado. É o que veremos na próxima seção.

DISCUSSÃO

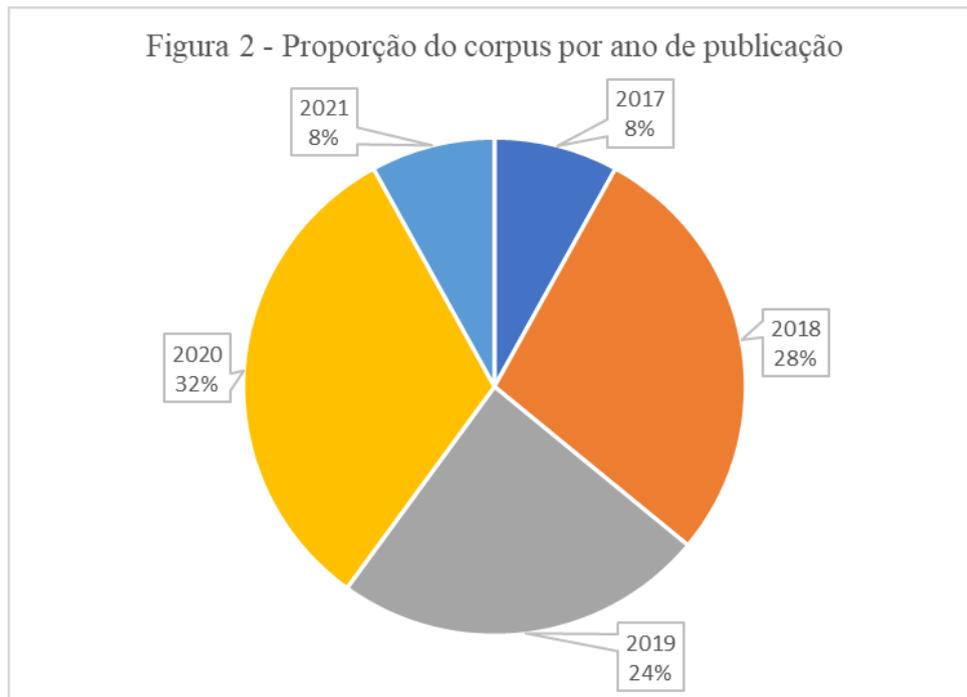
Quanto à natureza das publicações, a tipologia do corpus documental deste estudo encontra-se retratada na Figura 1 abaixo.



Fonte: Dados da pesquisa

O tipo documental mais numeroso foram os resumos, não tendo sido possível o acesso ao documento na íntegra, o que possibilitou a identificação dos elementos essenciais dos trabalhos, como objetivo(s), metodologia e conclusão(ões), porém, naturalmente, inviabilizou a riqueza da descoberta de aspectos outros que a leitura do texto completo proporcionaria. O tipo menos frequente foram os Relatórios de Estágio (2 documentos), no caso, estágios de mestrado, prática ainda pouco comum no Brasil, mas costumeira no exterior.

Foram analisados documentos publicados entre 2017 e novembro de 2021, sendo a proporção de publicações por ano a que consta indicada na Figura 2 abaixo:



Fonte: Dados da pesquisa

Apresentaremos os dados a serem analisados e discutidos tomando por base a classificação do corpus já indicada na seção anterior, ou seja, documentos onde o PEEK foi aplicado e estudado como implante e documentos onde foi avaliado como material protético, destacando os pontos positivos e negativos - se houver - conforme os argumentos dos respectivos autores. Salientamos que não abordamos aqui todos eles, por questão de espaço e objetividade, mas enfatizamos os que julgamos merecedores de destaque, considerando os objetivos deste estudo.

Buttler et al. (2017) ao estudarem a estrutura espacial do biofilme gerado sobre o titânio, o zircônio e o PEEK e a viabilidade da proliferação de microrganismos em cada um deles, chegaram à conclusão de que o PEEK seria o material mais adequado para evitar possíveis processos periimplantares, devido à má adesão de bactérias e suas propriedades físicas e biológicas, no entanto, os autores salientaram que havia pouca bibliografia sobre análises microbiológicas em implantes de PEEK.

Insatisfeitos com essa escassez bibliográfica, os autores continuaram investigando sobre esse polímero e, em 2018, em estudo que observou e mediu as nanopartículas de PEEK em pó mediante a técnica de Best visando estabelecer sua relação com a carga microbiana e a osseointegração, obtiveram como resultado que a associação do PEEK a outros elementos como hidroxiapatita, fibras de carbono e

dióxido de titânio, por exemplo, favorece a adesão microbiana, muito embora possa melhorar sua adaptação ao osso e a tecidos moles e complementam que o PEEK em estado puro seria mais indicado para a elaboração de implantes dentários.

Investigando a formação de biofilme sobre materiais de titânio e de PEEK, Spina (2018 e 2019b) depreendeu que o biofilme apresentou maior volume espacial nos implantes de titânio, com alta proliferação de UFC/ml, predominantemente do tipo estreptococo e afiança que o PEEK, em relação ao titânio, é o material dentário que menos induz ao desenvolvimento de biofilme oral.

Caballero (2020), em sua revisão narrativa sobre o uso do PEEK na medicina dentária, destacou, como aspectos negativos, que esse material apresenta menor resistência ao desgaste do que o titânio quando em contato com partículas de sílica hidratada e que possui limitadas propriedades osteocondutoras. No entanto, reafirma que devido ao seu módulo de elasticidade semelhante ao do osso, reduz as tensões transmitidas e o stress e destaca que a resistência à flexão do PEEK parece mais adequada do que a do titânio.

Sobre a superfície do PEEK, dois estudos merecem destaque. Cruz (2020) concluiu que sua superfície revelou melhor comportamento celular com aumento da adesão, viabilidade e proliferação dos osteoblastos e dos fibroblastos gengivais humanos, quando comparada com a do titânio, mas alerta para a importância de um implante de PEEK modificado a depender da zona de contato tecidual (já que puro não seria adequado em todos os casos), o que coaduna com o argumento de Lazo (2020), para quem o PEEK com superfície melhorada, sem nenhuma toxicidade observável, é um material com grande potencial clínico.

Nesse sentido, realçamos a pesquisa de Nobre (2019) que, ao caracterizar a microestrutura superficial dos compósitos de PEEK e NASF (fibras naturais de sílica amorfa), evidenciou a diferença entre o PEEK isolado e aquele que teve o reforço das fibras, inferindo que o uso do SPEEK (PEEK sulfonado)/DMSO (dimetil sulfóxido) como revestimento em implantodontia pode ser muito interessante do ponto de vista antibacteriano, mas também do ponto de vista biológico e topográfico. Nobre revela que as amostras de PEEK/NASF+SPEEK/DMSO obtiveram os resultados mais relevantes no que se refere ao ângulo de contato e rugosidade superficial. Ainda sobre a superfície poli-éter-éter-cetônica, Santamaria (2019) e Ezequiel (2020) endossam

que sua rugosidade pode favorecer a osseointegração dos implantes aos tecidos circundantes.

No que diz respeito ao uso do PEEK puro ou melhorado, é necessário considerar o estudo de Costa (2020), para quem muito embora o PEEK seja um material promissor e já esteja sendo empregado em várias áreas da medicina, na reabilitação oral fixa sobre implantes, em seu estado puro, não parece capaz da performance ideal. Segundo o autor, o CFR-PEEK (reforçado com fibra de carbono) apresentou melhores resultados estruturais quando comparado ao PEEK puro, contudo, para a confecção de barras implantossuportadas, embora apresente limitações estéticas, o titânio continua sendo material mais indicado.

O PEEK também não levou a melhor na avaliação realizada por Fabris et al. (2021), ao compararem, por meio do método de elementos finitos (MEF), a distribuição de tensões em três tipos diferentes de pilares protéticos (PEEK, titânio e zircônio) em um incisivo central superior. O resultado foi que o pilar de poli-éterétercetona não apresentou uma melhor distribuição de tensões nas coroas, implantes e parafusos, resultado comprovado também por Serrano Rodríguez (2019). Já na revisão de literatura executada por Galvão et al. (2020) enfatizando as propriedades físicas e mecânicas e as aplicações do PEEK na Odontologia, os autores constataram que esse material pode ser utilizado em prótese parcial removível e prótese parcial fixa mesmo que ainda possua características clínicas inferiores quando em comparação com implantes de titânio.

Ora, se observarmos os casos em que o PEEK obteve um desempenho inferior em relação ao titânio como supracitado - “quando em contato com partículas de sílica hidratada”, “em um incisivo central superior” e “em prótese parcial removível e prótese parcial fixa” - parece-nos que esse resultado ocorre em situações bastante específicas, sobretudo quando consideramos todas as outras pesquisas onde o PEEK foi superior, fato com o qual Spina (2019a) parece concordar ao afirmar que o PEEK é o material de escolha para a fabricação de implantes dentários, uma vez que tem melhores propriedades físico-químicas, estéticas e microbiológicas em relação ao titânio. Gándara (2018), por sua vez, ao examinar as vantagens e desvantagens do PEEK em comparação com os materiais utilizados até hoje em prótese fixa,

assegurou que ele parece ser uma superestrutura consentânea para aplicações em Odontologia.

Outros autores dos trabalhos que compuseram nosso corpus também destacaram outras qualidades do PEEK em relação ao titânio, além das que já discutimos até agora, senão vejamos:

Rozim (2018) enumera que o material apresenta como maior vantagem a sua capacidade de ser fresado mecanicamente resultando em uma peça de alta precisão; o reestabelecimento de estruturas ósseas complexas com perfeitos contornos anatômicos é uma de suas principais indicações; mostra-se como material biocompatível por ser autoclavável e não liberar substâncias citotóxicas; quando comparado ao titânio, o PEEK destaca-se por não ser condutor de temperatura e não gerar artefatos de imagem em exames pós-operatórios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos, na seção anterior, uma breve discussão de alguns dos trabalhos que compuseram nosso corpus. A RBI pretendida exige que se tente integrar os resultados dos trabalhos analisados de modo a contemplar a maioria deles em um discurso globalizante.

Assim, após planilhados os documentos sobre os quais nos debruçamos, procuramos compactar seus resultados, agregando discursos complementares e excluindo duplicidades, fazendo o esforço de não generalizar afirmações feitas dentro de determinados contextos e especificidades. O resultado é o que trazemos a seguir, abrangendo características do PEEK, suas aplicações e as vantagens de seu emprego em relação ao titânio no contexto da Odontologia:

O PEEK (poli-éter-éter-cetona) é um polímero termoplástico aromático, semicristalino, utilizado em várias áreas médicas e adequado para aplicações odontológicas. É o material de escolha para a fabricação de implantes dentários, uma vez que tem melhores propriedades físico-químicas, estéticas e microbiológicas em relação ao titânio, por exemplo. As especialidades odontológicas que mais utilizam o PEEK são a prótese dentária e a cirurgia bucomaxilofacial.

Apresenta excelentes propriedades mecânicas e resistência química, além de sua biocompatibilidade com os tecidos orais, permitindo sua aplicação em implantes osseointegrados. Considerando as propriedades físicas e mecânicas desse material, ele também pode ser utilizado, por exemplo, na confecção de próteses parciais removíveis e próteses parciais fixas, bem como na fabricação de infraestrutura para resoluções protéticas implantossuportadas, sendo que o reestabelecimento de estruturas ósseas complexas com perfeitos contornos anatômicos é uma de suas principais indicações. Devido ao seu módulo de elasticidade semelhante ao do osso e sua resistência à flexão mais adequada do que a do titânio, o PEEK minimiza as tensões transmitidas ao osso e reduz o estresse, além de não conduzir temperatura e não gerar artefatos de imagem em exames pós-operatórios como o titânio.

Mostra-se como material biocompatível por ser autoclavável e não liberar substâncias citotóxicas, sendo o material mais adequado para evitar possíveis processos periimplantares, devido à má adesão de bactérias e suas propriedades físicas e biológicas. Apresenta menor formação de biofilme do que o titânio, baixo nível de desbotamento e alta resistência a cargas (nos subtipos reforçados - o CFR-PEEK (reforçado com fibra de carbono) apresenta melhores resultados estruturais quando comparado ao PEEK puro), pois com superfície melhorada, sem nenhuma toxicidade observável, o PEEK é um material com grande potencial clínico.

Quando comparada com a do titânio, a superfície de implantes de PEEK revelou melhor comportamento celular com aumento da adesão, viabilidade e proliferação dos osteoblastos e dos fibroblastos gengivais humanos.

Terminamos este estudo tendo experienciado a mesma dificuldade vivenciada por Buttler et al. (2017) no que diz respeito ao limitado número de material bibliográfico existente sobre o uso, características, aplicações e impactos do PEEK na área odontológica. O recorte cronológico para a execução deste trabalho foi de cinco anos (2017 a 2021) e, mesmo tendo realizado nossa busca em português, inglês, espanhol e italiano, localizamos apenas três artigos e igual número de teses (ver Figura 1, p. 7).

Isso significa que embora o PEEK tenha tantas qualidades e amplo potencial de aplicação, a Odontologia parece ainda conhecê-lo pouco, o que indica a necessidade de aprofundar e intensificar pesquisas nessa área. Estudos como este que acabamos de apresentar seriam mais ricos se pudéssemos comparar diferentes

pesquisas com objetivos e metodologias similares ou mesmo idênticos, ao invés de tentarmos fazer inferências com base no estudo de casos particulares.

Por fim, vislumbramos o dia em que o próprio cirurgião-dentista poderá, em poucos minutos, modelar, confeccionar e aplicar/implantar em seus pacientes artefatos confeccionados em PEEK, resistentes e osseointegráveis, na própria clínica, com auxílio de soluções tecnológicas como software, hardware e manufatura aditiva.

REFERÊNCIAS

Basal R, Butler T, Lazo S, Lazo G, Escudero E, Friso E, et al. Validación estructural de implantes de peek en relación a los de titanio. International Association for Dental Research. Repositorio Institucional de la UNLP. 2017. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79727>.

Butler T; Lazo S; Lazo G; Basal R; Friso E; Escudero E. Estructura del biofilm sobre tres sustratos diferentes. Revista de la Facultad de Odontología. Edición especial. Repositorio Institucional da UNLP. 2017. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77077>.

Butler T, Lazo S, Lazo G, Basal R, Escudero E, Friso E et al. Medición de las nanopartículas y de la porosidad de poli-éter-éter-cetona (PEEK) em polvo para implantes dentarios: su relación con la oseointegración y adhesión bacteriana.

Revista de la Facultad de Odontología. Edición especial. Repositorio Institucional da UNLP. 2018. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77653>.

Caballero JAR. PEEK em medicina dentária. Gandra; 2020. [Relatório de Estágio - Instituto Universitário de Ciências da Saúde]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://1library.org/document/zlj09joy-peek-em-medicina-dentaria.html>.

Caramori GF, Oliveira KT. Aromaticidade: evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. 2009. Quim. Nova, 32(7):1871-1884. [Acesso em 06 Dez. 2021]. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Q5msxtL66xLr5jPN8Qjs53S/?lang=pt>.

Carolino, AS. Estimativa do percentual de cristalinidade de polímeros semicristalinos derivados da anilina através dos padrões de difração de raios X. Manaus, 2017. [Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Amazonas]. [Acesso em 06 Dez 2021]. Disponível em: encurtador.com.br/lmuAK.

Costa RCN. Distribuição de tensões numa barra sobre implantes em peek e em titânio: análise comparativa através do método meshless. Porto, 2020. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Medicina Dentária, Universidade do Porto]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/131702>.

Cruz MFB. Estudo do comportamento celular em novas superfícies implantares. Lisboa, 2020. [Tese de doutorado – Universidade de Lisboa]. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/45607>.

Ezequiel PF, Lazo SD, Butler T. Estructura superficial de los implantes de peek (poliéter-éter-cetona). IV Jornadas de Actualización en Prácticas Odontológicas Integradas SEPOI. Repositorio Institucional de la UNLP. 2020. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/109033>.

Fabris RR, Caldas RA, Miranda ME, Borba P, Olivieri KAN, Brandt WC et al. Comparative stress evaluation of different types of prosthetic abutment and crown with an internal connection implant. Research, Society and Development, v. 10, n. 4, 2021. [Acesso em 05 Dez. 2021]. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13933>.

Galvão IAG, Carvalho PC, Feitosa RS, Sousa EI, Grangeiro MTV, Figueiredo V. Propriedades biomecânicas do poli-éter-éter-cetona (PEEK) e sua aplicação na clínica odontológica: uma revisão de literatura. 2020. J. Dent. Public. Health, Salvador, 11(1):62-72. [Acesso em 05 Dez 2021]. Doi: <https://doi.org/10.17267/25963368dentistry.v11i1.2896>.

Gándara JB. Vantagens do PEEK na Prótese fixa. Gándara, 2018. [Relatório de Estágio - Instituto Universitário de Ciências de Saúde]. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://repositorio.cespu.pt/handle/20.500.11816/3089?localeattribute=es>.

Kewalramani N. Análisis in vitro de la elasticidad y la flexión del PEEK. Madrid, 2018. [Dissertação de mestrado - Universidad Complutense de Madrid]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/50264/>.

Lazo S, Basal R, Butler T, Escudero E, Bentivegna N, Merlo D, et al. Tratamiento superficial en implantes de PEEK. 2020. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://shortest.link/1-Ef>.

Macêdo SN. Utilização do PEEK (poli-éter-éter-cetona) como material de infraestrutura, para prótese sobre implante: relato de caso. Natal, 2021. [Monografia de graduação - Universidade do Rio Grande do Norte]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/41745>.

Merlo AD, Belloni FB, Delandabaru AF, Dalessandro JA, Lazo SD. Aplicación de materiales alternativos para implantes dentários. IV Jornada de Actualización en Prácticas Odontológicas Integradas SEPOI. Repositorio Institucional de la UNLP. 2020. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/117777>.

Moraes SRP, Oliveira ALR, Alves JD. Avaliação de polímeros termoplásticos recicláveis como materiais componentes de telhas e tijolos. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, 6(11). [Acesso em 6 Dez 2021]. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/avaliacao%20de%20polimeros.pdf>.

Nobre PPC. Avaliação do grau de rugosidade e ângulo de contato de compósitos PEEK/NASF revestidos por SPEEK/DMSO. Florianópolis, 2019. [Monografia de graduação - Universidade Federal de Santa Catarina]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/201638>.

Ortega Martínez J. Características mecánicas y microfiltración de estructuras de PEEK para la confección de prótesis CAD-CAM implanto-suportadas unitarias: estudio in-vitro comparativo. Barcelona, 2018. [Tese de doutorado - Universitat Internacional de Catalunya]. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/599760?locale-attribute=es>.

Pacheco J, Bilesky P, Morais T, Grando F, Helene P. Considerações sobre o módulo de elasticidade do concreto. Anais do 56º Congresso Brasileiro do Concreto. 2014. [Acesso em 06 Dez 2021]. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wpcontent/uploads/2014/06/269.pdf>.

Pascoal ALB. Influência do intermediário protético sobre a estética e a satisfação de pacientes reabilitados com próteses unitárias provisórias sobre implantes: um ensaio clínico. Natal, 2020. [Tese de doutorado - Universidade Federal do Rio Grande do Norte]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/31993>.

Pedreira A, Collazo A, Rodriguez E. Fabricación y caracterización de componentes multimaterial de titanio y composites de PEEK-fibra de carbono. Revista de la Asociación Española de Materiales Compuestos. 2019; 3(3):95-101. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://revista.aemac.org/materialescompuestos/article/view/438>.

Rodríguez, MS. Utilidades del PEEK en prótesis estomatológica: revisión bibliográfica. Sevilla, 2019. [Monografia de graduação – Universidad de Sevilla]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://idus.us.es/handle/11441/104213>.

Rozim ZV. Aplicação do peek em odontologia. Santa Cruz do Sul, 2018. [Monografia de Graduação - Universidade de Santa Cruz do Sul]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio.unisc.br/jspui/handle/11624/2362>.

Santamaria A. Os polímeros PEEK e BioHPP: o que são e como usar essas novas tecnologias em Medicina dentária. Gandra, 2019. [Relatório de estágio – Instituto Universitário de Ciências da Saúde]. [Acesso em 05 Dez. 2021]. Disponível em: <https://repositorio.cespu.pt/handle/20.500.11816/3281?locale-attribute=en>.

Spina M. Resultados finales de la de la comparación de las características físicas, químicas y microbiológicas de implantes dentales de Titanio, Zirconio y Peek. 2019a. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97585>.

Spina M. Biofilm oral in vitro sobre tres sustratos diferentes: titanio, zirconio y polieter-etercetona (PEEK). Investigación Joven, 2019b; 6 (especial). [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/7124>.

Spina M, Lazo S, Lazo G. Estudio comparativo de las propiedades químicas, físicas y adhesivas del Titanio, Zirconio y PEEK, utilizados para la confección de implantes dentales. 2018. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/11439>.

Tretto PHW. Avaliação das tensões e deformações geradas com o uso de implantes e pilares de materiais alternativos ao titânio. Passo Fundo, 2018. [Dissertação de mestrado – Faculdade IMED]. [Acesso em 05 Dez 2021]. Disponível em: <https://shortest.link/1-Go>.