



Ministério da Educação – Brasil
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Minas Gerais – Brasil
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas
ISSN: 2238-6424
QUALIS/CAPES – LATINDEX
Nº. 27 - Ano XIII - 05/2025
<https://doi.org/10.70597/vozes.v12i27.712>

NANOPARTÍCULAS DE FIBROÍNA DE SEDA: APLICAÇÕES ATUAIS E PERSPECTIVAS NA ODONTOLOGIA

Gabriela Leite Paulino
Graduada em Odontologia
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Mestranda em Odontologia pela UFVJM
Professora Voluntário do Departamento de Odontologia da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/6341797735516857>
E-mail: gabriela.paulino@ufvjm.edu.br

Adriana da Silva Torres
Mestra em Odontologia
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Discente do Programa de Doutorado da Pós-graduação em Odontologia da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/9333546331562995>
E-mail: adriana.torres@ufvjm.edu.br

Jefferson Aguiar Santos
Graduado em Odontologia
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Mestrando em Odontologia pela UFVJM
Professor Voluntário do Departamento de Odontologia da UFVJM
<http://lattes.cnpq.br/7035442396755051>
E-mail: jefferson.aguiar@ufvjm.edu.br

Prof. Dr. Marcus Henrique Canuto
Doutor em Química Analítica pela UFMG
Docente do Departamento de Ciências Básicas/FCBS- UFVJM

<http://lattes.cnpq.br/7621355940293798>
E-mail: marcus.canuto@ufvjm.edu.br

Profa. Dra. Cíntia Tereza Pimenta de Araújo
Doutora em Clínica Odontológica pela Unicamp -Brasil
Docente do Departamento de Odontologia da Universidade Federal dos Vales do
Jequitinhonha e Mucuri Minas Gerais – UFVJM - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6616674501832469>
E-mail: cintia.pimenta@ufvjm.edu.br

Resumo: As nanopartículas de fibroína de seda (FNPs) têm atraído cada vez mais a atenção por suas propriedades únicas, como biocompatibilidade, biodegradabilidade e flexibilidade de processamento. Extraída principalmente do bicho-da-seda *Bombyx mori*, a fibroína é um biomaterial explorado em muitas áreas, principalmente a medicina, indústria farmacêutica e cosmética. Esta revisão narrativa teve como objetivo explorar as aplicações atuais e as perspectivas futuras das nanopartículas de fibroína de seda, a fim de expandir as possibilidades de aplicação desse biomaterial na Odontologia. A metodologia utilizada para a seleção dos estudos envolveu a busca em bases de dados científicas, considerando artigos publicados entre 2014 e 2024. Através do portal de periódicos da CAPES, utilizando combinações de palavras-chave relacionadas ao tema: "*nanoparticles*", "*silk fibroin*", "*fibroin nanoparticles*", "*silk nanoparticles*", "*characteristics*", "*synthesis*" e "*dentistry*". Os termos foram associados por operadores booleanos AND e OR para refinar os resultados. Os critérios de inclusão abrangeram estudos que abordam a estrutura, propriedades, síntese e aplicações das FNPs. Foram selecionados 20 artigos. Os resultados indicam que as FNPs são amplamente estudadas para sistemas de liberação controlada de fármacos, tratamento do câncer, cicatrização de feridas e terapia anti-inflamatória. Em odontologia, estudos iniciais demonstram sua viabilidade na periodontia, na melhoria de materiais restauradores e na osteogênese de implantes dentários. No entanto, a escassez de ensaios clínicos limita a transição dessas tecnologias para a prática clínica. Entre os desafios enfrentados, destacam-se a padronização do processo de síntese, a remoção completa da sericina para evitar reações imunogênicas e a necessidade de estudos mais aprofundados, além de ensaios clínicos. Diante das evidências analisadas, conclui-se que as nanopartículas de fibroína de seda apresentam um grande potencial para avanços na área odontológica, sendo necessário um maior investimento em pesquisas para explorar e validar esses potenciais. Além disso, a aplicação de estudos clínicos com essas nanopartículas e a exploração de diferentes fontes de fibroína podem contribuir para consolidar esse biomaterial como uma opção viável para inovações tecnológicas na odontologia e em outras áreas.

Palavras-chave: Nanopartículas. Fibroína. Odontologia. Fibroína de seda.

Introdução

A fibroína de seda, frequentemente extraída do bicho-da-seda *Bombyx mori*, é reconhecida como um biomaterial natural de destaque por suas diversas características, incluindo sua química anfifílica, biocompatibilidade, biodegradabilidade, excelentes propriedades mecânicas e grande versatilidade de processamento (Qi *et al.*, 2017). Essas características tornam a fibroína um componente de destaque em diversas áreas de pesquisa e aplicação (Belda Marín *et al.*, 2020).

A seda é composta principalmente por duas proteínas, a fibroína e a sericina. A fibroína é o principal responsável por suas propriedades como biomaterial, é um polímero constituído por 18 aminoácidos, com destaque para glicina (43%), alanina (29%) e serina (12%) em sua composição (Álvarez; Baema; Giraldo, 2022; Qi *et al.*, 2017). Já a sericina é uma proteína de natureza amorfa que funciona como um adesivo, desempenhando o papel de aglutinante para preservar a estrutura das fibras. Essa substância é solúvel e pode ser eliminada por meio de um processo termoquímico conhecido como degomagem (Poza *et al.*, 2002).

A fibroína é uma proteína fibrosa com uma estrutura semicristalina que proporciona rigidez e resistência ao material (Pham; Tiyafoonchai, 2020). Sua capacidade de ser moldada em diversas formas permite uma adaptação a diferentes necessidades, possibilitando sua utilização em estruturas como espumas, filmes, hidrogéis, aerogéis, materiais impressos em 3D, micropartículas (Belda Marín *et al.*, 2020) e nanopartículas (Pham; Tiyafoonchai, 2020).

De modo geral, nanopartículas poliméricas, são partículas nanométricas derivadas de polímeros. Elas apresentam propriedades únicas devido à sua dimensão reduzida e à alta relação superfície-volume. Essas nanopartículas podem ser obtidas por meio de vários processos, e consequentemente, as condições específicas de cada técnica influenciam diretamente o tamanho, a morfologia e as propriedades finais das partículas (Nasir; Kausar; Younus, 2015).

Nesse contexto, as nanopartículas de fibroína de seda (FNPs) têm ganhado destaque como uma forma avançada de processamento desse polímero, com crescente interesse na ciência. Entre suas principais utilizações, destaca-se o uso como sistemas para o encapsulamento e liberação controlada de fármacos, uma estratégia que pode aumentar a biodisponibilidade e eficácia terapêutica de muitos

compostos bioativos (Giannelli *et al.*, 2022). Além disso, essas nanopartículas apresentam diversas outras aplicações, algumas já bem estabelecidas e outras ainda em fase de estudos (Guo *et al.*, 2024).

Diante disso, esta revisão narrativa pretende explorar de forma ampla e detalhada o que a literatura científica tem a dizer sobre as diferentes aplicações das nanopartículas de fibroína de seda, investigando as pesquisas existentes e os possíveis usos desse composto. Busca-se entender como esse material tem sido utilizado em diversas áreas e avaliar seu potencial de uso na odontologia. A partir disso, espera-se identificar as lacunas do conhecimento atual e apontar caminhos para pesquisas futuras a fim de expandir as possibilidades de aplicação desse biomaterial na prática odontológica.

Metodologia

Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, na qual a busca pelos artigos foi realizada através do portal de periódicos da CAPES, utilizando combinações de palavras-chave relacionadas ao tema: "*nanoparticles*", "*silk fibroin*", "*fibroin nanoparticles*", "*silk nanoparticles*", "*characteristics*", "*synthesis*" e "*dentistry*". Os termos foram associados por operadores booleanos AND e OR para refinar os resultados. Para aumentar a precisão da pesquisa, foram aplicados os seguintes critérios: artigos revisados por pares e compreendendo o período entre 2014 e 2024.

Foram incluídos artigos que abordavam a aplicabilidade das nanopartículas de fibroína, sua estrutura, métodos de síntese, propriedades e sua utilização em odontologia ou outras áreas relevantes. Além de estudos que apresentaram resultados experimentais. Os critérios de exclusão envolveram artigos que apresentavam dados insuficientes ou foco em nanopartículas que não incluíam fibroína.

Desse modo, a busca inicial resultou em 25 artigos, selecionados com base na leitura dos títulos e dos resumos, mas após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão e leitura completa dos artigos, o número de artigos foi reduzido para 20.

Resultados

Os artigos analisados nesta revisão exploraram diferentes aspectos das FNPs, abordando desde sua síntese e caracterização até suas aplicações em áreas diversas.

Entre os artigos analisados, a maioria corresponde a estudos experimentais realizados *in vitro* ou *in vivo*. Esses estudos exploraram as aplicações das nanopartículas de fibroína, com destaque para as áreas farmacêutica e médica, principalmente no desenvolvimento de sistemas otimizados de entrega de fármacos e no tratamento de diversas doenças. O quadro a seguir apresenta uma síntese desses dados, organizados conforme as diferentes aplicabilidades das nanopartículas de fibroína de seda, oferecendo uma visão clara das contribuições relatadas na literatura.

Quadro 1 - Síntese dos estudos contendo autor/ano, título e áreas de aplicabilidade.

Autor - ano	Título	Tipo de estudo	Área de aplicabilidade
Dadras Chomachayi <i>et al</i> (2020)	Nanocompósitos biodegradáveis desenvolvidos a partir de misturas de PLA/PCL e nanopartículas de fibroína de seda: estudo sobre microestrutura, comportamento térmico, cristalinidade e desempenho.	Estudo experimental	Indústria de Alimentos
Pham <i>et al</i> (2023)	Nanopartículas de seda para proteção e distribuição de extrato de folhas de goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.) para a indústria cosmética, uma nova abordagem para uma erva antiga.	Estudo in vitro	Indústria Cosmética
Pirota <i>et al</i> (2023)	Nanopartículas de Fibroína de Seda Funcionalizadas com cRGD: Uma Estratégia para Tratamento do Câncer com um Potente Derivado Não-seletivo de Naftaleno Diimida.	Estudo in vitro	Oncologia
Bian <i>et al</i> (2016)	Nanopartículas de fibroína de	Experimental in	Oncologia

	seda conjugadas com proteína recombinante anti-EGFR-iRGD para melhor direcionamento de tumores e eficiência antitumoral.	vivo	
Montalbán <i>et al</i> (2018)	Produção de nanopartículas de fibroína de seda carregadas com curcumina para terapia do câncer.	Estudo in vitro	Oncologia
Fuster <i>et al</i> (2021)	Atividade antitumoral de nanopartículas de fibroína de seda carregadas com ácido rosmarínico em células HeLa e MCF-7.	Estudo in vitro	Oncologia
Saqr <i>et al</i> (2021)	Atividade citotóxica aprimorada de nanopartículas de fibroína de seda carregadas com docetaxel contra células de câncer de mama.	Estudo in vitro	Oncologia
Giménez-Siurana <i>et al</i> (2020)	Quimioprevenção de periodontite experimental em ratos diabéticos com nanopartículas de fibroína de seda carregadas com resveratrol.	Experimental in vivo	Odontologia (Periodontia)
Sharma <i>et al</i> (2016)	Nanopartículas de fibroína de seda auxiliam na liberação sustentada de antibióticos e osteogênese in vitro na superfície de titânio.	Estudo in vitro	Odontologia e Ortopedia
Torres <i>et al</i> (2023)	Resina composta reforçada com nanopartículas de seda de Bombyx mori cocoon para aplicações odontológicas.	Estudo in vitro	Odontologia (biomateriais)
Hcini <i>et al</i> (2021)	Extração e encapsulamento de compostos fenólicos de extratos de alecrim tunisiano (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) em nanopartículas de fibroína de seda.	Estudo in vitro	Indústria de Alimentos e Farmacêutica
Ruiz-Alcaraz <i>et al</i> (2023)	Otimizando a preparação de nanopartículas de fibroína de seda e sua carga com polifenóis: em direção a um efeito antiinflamatório mais eficiente em macrófagos.	Estudo in vitro	Biomedicina e Farmacêutica
Lee <i>et al</i> (2016)	Fabricação e Caracterização de Hidrocolóide Curativo com Nanopartículas de Fibroína de	Estudo experimental in	Medicina regenerativa

	Seda para Cura de Feridas.	vivo	
Kaewchuchuen <i>et al</i> (2024)	Funcionalização de hidrogéis de seda com nanopartículas hetero e homotípicas.	Estudo in vitro	Biomateriais e Medicina regenerativa
Lozano-Pérez <i>et al</i> (2014)	Nanopartículas de fibroína de seda constituem um vetor para liberação controlada de resveratrol em um modelo experimental de doença inflamatória intestinal em ratos.	Experimental in vivo	Biomedicina e Farmacêutica

A maioria dos estudos traz bons resultados, destacando o potencial de aplicação em diversas áreas da saúde (Giannelli *et al.*, 2022). Essa tendência é confirmada pelos artigos selecionados para esta revisão, que, em sua maioria, abordam aplicações biomédicas. Ainda assim, foram identificados alguns poucos estudos voltados para outras áreas, como as indústrias de alimentos, cosméticos, odontologia e até mesmo a pecuária.

O grande potencial de aplicação das nanopartículas de fibroína como sistemas de entrega de medicamentos deve-se principalmente às suas propriedades, como biocompatibilidade e capacidade de encapsular compostos terapêuticos (Pham; Tiyaboonchai, 2020). Além disso, essas nanopartículas demonstram um papel significativo na redução da liberação de citocinas pró-inflamatórias e na atuação como antioxidantes. Essas características as tornam especialmente valiosas para a indústria farmacêutica, permitindo que sejam utilizadas para potencializar os efeitos de fármacos na regulação da saúde humana (Hcini *et al.*, 2021; Ruiz-Alcaraz *et al.*, 2023).

Por influências dessas aplicabilidades, Hcini *et al.* (2021) buscaram investigar a associação das nanopartículas de fibroína de seda carregadas com compostos fenólicos de extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) como forma de favorecer seu mecanismo de ação e contribuir para suas atividades antioxidantes. Em outra abordagem, Ruiz-Alcaraz *et al.* (2023) descreveram um novo método de produção fácil, reprodutível e escalável para a preparação de nanopartículas de seda, visando seu incremento em fármacos e a potencialização da atividade anti-inflamatória de determinados medicamentos.

Entre as aplicabilidades das FNPs na área da saúde, destacam-se os estudos voltados para seu uso no tratamento de câncer. Devido à sua capacidade de direcionar

seletivamente medicamentos às células tumorais, essas nanopartículas diminuem os danos aos tecidos saudáveis, tornando o tratamento mais seguro, com vários estudos demonstrando resultados positivos nesse contexto (Bian *et al.*, 2016; Fuster *et al.*, 2021; Pirota *et al.*, 2023; Saqr *et al.*, 2021).

A exemplo disso, no estudo de Montalbán *et al.* (2018), foi investigado sobre a síntese de nanopartículas de fibroína de seda, carregadas com curcumina, visando melhorar a biodisponibilidade deste composto bioativo, que possui propriedades anti-inflamatórias e anticancerígenas. A conclusão principal foi que as nanopartículas de fibroína de seda são promissoras como veículos para a entrega de curcumina, aumentando sua eficiência terapêutica. Além disso, as nanopartículas carregadas com curcumina demonstraram eficácia citotóxica contra células cancerígenas, enquanto preservavam a viabilidade das células saudáveis.

Ademais, outro estudo realizado por Lozano-Pérez *et al.* (2014) demonstrou o potencial das nanopartículas de fibroína de seda como veículo para liberação controlada de resveratrol em um modelo de colite em ratos. As FNP's carregadas com resveratrol demonstraram maior eficácia anti-inflamatória quando comparadas ao resveratrol puro. Esses achados reforçam o seu potencial no manejo de doenças inflamatórias intestinais.

Sua aplicabilidade como ferramenta de promoção de melhores resultados também é implementada na prática clínica odontológica (Giménez-Siurana *et al.*, 2020), todavia, com poucos estudos presentes na literatura até o momento.

Na periodontia, Giménez-Siurana *et al.* (2020) investigaram a eficácia do tratamento com nanopartículas de fibroína de seda no tratamento da periodontite. Neste estudo, os autores avaliaram de forma experimental a eficácia das FNP's carregadas com resveratrol como resposta anti-inflamatória e curativa na doença periodontal em relação à diabetes. Os resultados indicaram que o tratamento apresentou bons desfechos, podendo ser considerado um tratamento preventivo promissor para a periodontite.

Além disso, dois estudos iniciais sobre aplicações odontológicas foram identificados. Um deles avaliou o uso dessas nanopartículas carregadas com gentamicina, aplicadas em superfícies de titânio, como estratégia para aprimorar a funcionalidade de implantes dentários e ortopédicos, apresentando resultados promissores, aumento da osteoindução e osteogênese, sendo essas características

importantíssimas, principalmente no favorecimento de bons resultados na implantodontia (Sharma *et al.*, 2016).

O outro estudo investigou a incorporação das nanopartículas ao compósito resinoso Z350, um material odontológico amplamente utilizado em restaurações dentárias. A pesquisa analisou o impacto dessa modificação nas propriedades mecânicas do material. Embora os resultados sejam controversos, foi observado um aumento no módulo de flexão, acompanhado por uma redução na resistência à flexão, indicando maior rigidez do compósito, o que pode comprometer sua durabilidade sob cargas mastigatória. Além disso, que a adição das nanopartículas não alterou significativamente a rugosidade da superfície nem a microdureza do material (Torres *et al.*, 2023).

A indústria de cosméticos também busca aproveitar as propriedades das FNP. Um estudo realizado por Pham e colaboradores (2023) demonstrou que encapsular os compostos fenólicos do extrato etanólico das folhas de goiaba (*Psidium guajava* L.) não protege apenas os antioxidantes contra altas temperaturas como também prolonga sua atividade por mais tempo. Assim, essas nanopartículas apresentam uma solução criativa para manter a efetividade de compostos naturais às condições ambientais adversas, podendo ampliar as aplicações em produtos de beleza.

Paralelamente, destaca-se seu uso na indústria de plásticos, que busca desenvolver embalagens de alimentos com melhores capacidades estruturais e características ecologicamente sustentáveis (Dadras Chomachayi *et al.*, 2020; Pham; Tiyafoonchai, 2020).

Um exemplo desse propósito é exemplificado por Dadras Chomachayi *et al.* (2020) em seu estudo que investiga o desenvolvimento de nanocompósitos biodegradáveis de PLA/PCL (ácido polilático/policaprolactona), reforçado por nanopartículas de fibroína da seda. Os resultados obtidos nesta pesquisa indicaram que as FNPs contribuíram para aperfeiçoar a dispersão na matriz de PLA, estabilizaram as propriedades termográficas da matriz do compósito, bem como ajudaram a reduzir a termomecânica da degradação de materiais reciclados. Além disso, As FNPs também otimizaram as propriedades de barreiras e diminuíram a absorção de água e perda de massa dos compósitos PLA/PCL, e aperfeiçoaram o desempenho mecânico. Sendo este método uma maneira econômica e ecologicamente correta de melhorar as propriedades dos plásticos à base de PLA.

Diferentes nanomateriais estão sendo estudados para aplicação em gado, e entre eles, a fibroína da seda. Esses nanomateriais são usados em aplicações nutricionais, reprodutivas e de bem-estar animal. No caso da alimentação, esses nanomateriais são implementados como aditivos à ração para um aumento no ganho nutricional, na vida útil do produto e com benefícios potenciais à saúde animal. Além disso, as nanotecnologias prometem dar grandes resultados no combate a doenças, bem como métodos de criação que proporcionam maior eficiência na produção animal. Até o momento, ainda existem poucos estudos a esse respeito (Guo *et al.*, 2024).

Lee *et al.* (2016) realizaram um estudo para determinar os efeitos de cicatrização de feridas com um curativo hidrocóide de nanopartículas de fibroína de seda (SFNHD) em modelos animais. Neste estudo, um curativo hidrocóide contendo essas nanopartículas foi considerado adequado e biocompatível, revelando seu potencial de uso como curativo para feridas. Nessa pesquisa, além de proporcionar maior integridade estrutural às feridas, esse novo material sugeriu uma cicatrização rápida de feridas de queimadura.

Portanto, o crescente número de produtos biomédicos relacionados à fibroína reforça sua biocompatibilidade e segurança em várias aplicações (Giménez-Siurana *et al.*, 2020; Pham; Tiyaaboonchai, 2020).

Nos estudos analisados, a fibroína da seda extraída dos casulos da espécie *Bombyx mori* destaca-se como a proteína mais promissora e relatada na literatura. Essa espécie, conhecida como mariposa doméstica da seda, cresce e produz seda de maneira padronizada e adaptada ao clima em todo o mundo (Álvarez; Baena; Giraldo, 2022). Entretanto, no estudo de Sharma *et al.* (2016), foram investigadas nanopartículas de fibroína de seda da espécie *Antheraea mylitta*, diferindo dos achados literários anteriores. Neste estudo, as FNP's carregadas com antibiótico aminoglicosídeo foram utilizadas para modificar a nano-rugosidade da superfície, melhorando a adesão, proliferação e diferenciação dos osteoblastos em implantes de titânio.

Essa predominância da *Bombyx mori* na literatura levanta questões sobre os fatores que limitam o uso de outras espécies, como a *Antheraea mylitta*, em pesquisas científicas. Nesse sentido, explorar essas lacunas pode revelar potenciais ainda não totalmente compreendidos da fibroína de outras espécies, ampliando as perspectivas de aplicações futuras.

Como demonstrado pelos estudos mencionados, a fibroína possui características notáveis que a tornam extremamente promissora. É uma proteína altamente biocompatível com o organismo humano, e dessa forma representa um componente ideal para integrar produtos biomédicos e de aplicabilidade clínica. Em razão dessa sua capacidade de interagir com os tecidos biológicos, a utilização das FNP apresenta resultados satisfatórios (Giménez-Siurana et al., 2020; Pham; Tiyaaboonchai, 2020).

Apesar de oferecer diversas vantagens, a fibroína ainda enfrenta alguns desafios que precisam ser superados para alcançar seu pleno potencial máximo (Pham; Tiyaaboonchai, 2020). Entre esses desafios destaca-se o processo de degomagem, sendo esse um passo crucial que deve ser ajustado com base nas propriedades desejadas das nanopartículas e na aplicação pretendida. Esse processo de purificação é fundamental no protocolo de preparação de nanopartículas de fibroína de seda, pois a qualidade da proteína influencia aspectos como o tamanho médio, a distribuição das partículas e a densidade de carga superficial (Carissimi et al., 2019). Além disso, o processo de remoção de sericina das fibras de seda tem que ser completo e adequado porque a sericina pode causar ações imunogênicas (Pham; Tiyaaboonchai, 2020).

Os principais métodos de síntese para obtenção das nanopartículas de fibroína incluem a dessolvatação, a automontagem e a microemulsão. Destes, o método de dessolvatação destaca-se como o mais amplamente utilizado, devido à sua simplicidade operacional, condições brandas e capacidade de produção de partículas com tamanhos reduzidos. Ele envolve a adição de agentes dessolvantes para induzir a agregação de proteínas, resultando na formação de nanopartículas (Giannelli et al., 2022).

A fibroína, assim como outros produtos naturais, pode ser obtida de diferentes fontes. Isso faz com que as propriedades de cada lote variem, devido às diferenças nos processos biológicos entre espécies. Por isso, é muito importante ter um método de extração padronizado e definir as características da amostra, como o peso molecular. Uma solução para reduzir essas variações é usar fibroína produzida por métodos de engenharia genética (Pham; Tiyaaboonchai, 2020).

Além dos avanços relacionados à produção de fibroína por engenharia genética, Álvarez, Baena e Giraldo (2022) destacaram o potencial do híbrido *Bombyx mori*

"Pilamo I", obtido por cruzamentos seletivos, como uma alternativa promissora para reduzir variações nas propriedades da fibroína. O estudo revelou que o Pilamo I, adaptado a condições ambientais adversas, apresenta consistência na produção de fibroína de alta qualidade, característica fundamental para aplicações como a fabricação de nanopartículas. Além disso, os autores reforçaram a importância de métodos de caracterização, para assegurar a pureza do material e confirmar a ausência de sericina, fator essencial para garantir a biocompatibilidade das partículas obtidas.

Conforme considerado por Pham, Tiyaboonchai (2020) e reforçado pelos resultados desta revisão, grande parte dos estudos envolvendo nanopartículas de fibroína de seda ainda são voltados para experimentos *in vitro* e *in vivo*. Embora esses trabalhos sejam fundamentais para entender as propriedades e aplicações iniciais das nanopartículas, a ausência de ensaios clínicos limita a aplicação efetiva dessas tecnologias na prática clínica e no mercado. Assim, torna-se essencial investir em pesquisas clínicas robustas para que seja possível validar a segurança e eficácia das FNP em humanos, possibilitando sólidas aplicações biomédicas e comerciais.

Os poucos estudos disponíveis na literatura sobre a aplicação das nanopartículas de fibroína de seda (FNP) na odontologia revelam uma lacuna importante de pesquisas nessa área. Suas propriedades, como biocompatibilidade, biodegradabilidade e capacidade de liberação controlada de fármacos (Pham; Tiyaboonchai, 2020), indicam que as FNP possuem aplicações promissoras que ainda não foram completamente exploradas. Além de usos já relatados, como regeneração óssea (Sharma et al., 2016) e tratamentos para periodontite (Giménez-Siurana et al., 2020), essas nanopartículas poderiam ser estudadas em novos contextos, como no tratamento de lesões bucais, utilizando sua capacidade de encapsular e liberar compostos bioativos de forma controlada. Essa conduta poderia otimizar tratamentos odontológicos, proporcionando tratamentos mais eficazes e melhores resultados clínicos.

O estudo de Dadras Chomachayi et al. (2020) traz descobertas relevantes que, embora aplicadas à indústria de polímeros e embalagens, podem abrir novas possibilidades para o campo odontológico. A incorporação de nanopartículas de fibroína em nanocompósitos de PLA/PCL, como já citado anteriormente, resultou em

melhorias notáveis nas propriedades mecânicas, térmicas e de barreira desses materiais. Esses avanços motivam estudos que avaliem como as FNPs poderiam ser utilizadas como reforço em materiais odontológicos, como resinas compostas e cimentos dentários e outros materiais odontológicos.

Outro resultado interessante que o estudo de Dadras Chomachayi *et al.* (2020) trouxe foi a habilidade das FNPs de melhorar a interface de uso entre polímeros, o que poderia ser testado a fim de melhorar a adesão e compatibilidade de materiais compostos usados na odontologia. Assim, esses resultados mostram que essas moléculas têm grandes potenciais para serem testadas no campo dos materiais odontológicos, abrindo caminho para novas pesquisas em uma área ainda muito pouco explorada.

Os estudos de Lee *et al.* (2016) e Kaewchuchuen *et al.* (2024) investigaram o uso de FNPs em curativos para o tratamento de feridas, apresentando resultados bastante promissores. Suas propriedades, como alta biocompatibilidade, capacidade de estimular a regeneração tecidual e manter a integridade estrutural, destacam-se e faz refletir a possibilidade de sua utilização como aliada em tratamentos odontológicos, especialmente em processos de regeneração óssea e cicatrização de tecidos moles. Portanto, a ampliação dessas pesquisas poderia não apenas validar os achados existentes, mas também revelar novas possibilidades terapêuticas para um material tão versátil quanto a fibroína.

Conclusão

As nanopartículas de fibroína da seda representam um material com grande potencial, graças a suas propriedades, como biocompatibilidade, biodegradabilidade e a capacidade de liberar compostos bioativos de forma controlada. Nesta revisão, foi possível visualizar um amplo campo de aplicações, que vão desde tratamentos médicos, como no combate ao câncer, até setores industriais, como embalagens e cosméticos.

Apesar desse panorama animador, ainda há desafios a serem superados. A ausência de ensaios clínicos limita a transição das FNPs do laboratório para o uso prático, especialmente em aplicações médicas. Além disso, há também uma necessidade de ser mais explorada na área da odontologia com estudos que

investiguem sua aplicação em diferentes contextos clínicos, como o desenvolvimento de biomateriais avançados, tratamentos regenerativos e terapias inovadoras para doenças periodontais e lesões bucais

Assim, o investimento em pesquisas mais robustas são passos essenciais para concretizar o potencial das FNPs. Com esses avanços, essas nanopartículas têm o poder de transformar práticas clínicas, otimizar tratamentos e impulsionar inovações em diversas áreas.

Referências

ÁLVAREZ, G. E. G.; BAENA, L. M.; GIRALDO, M. C. Preparation and characterization of fibroin nanoparticles obtained from *Bombyx mori* L. Pilamo 1 cocoons. **Universitas Scientiarum**, v. 27, n. 3, p. 275–290, 2022.

BELDA MARÍN, C. et al. Silk Polymers and Nanoparticles: A Powerful Combination for the Design of Versatile Biomaterials. **Frontiers in Chemistry**, v.8, p. 604398, 2020.

BIAN, X. et al. Anti-EGFR-iRGD recombinant protein conjugated silk fibroin nanoparticles for enhanced tumor targeting and antitumor efficiency. **OncoTargets and Therapy**, v. 9, p. 3153– 3162, 2016.

CARISSIMI, G. et al. Revealing the influence of the degumming process in the properties of silk fibroin nanoparticles. **Polymers**, v. 11, n. 12, 2019.

DADRAS CHOMACHAYI, M. et al. Biodegradable Nanocomposites Developed from PLA/PCL Blends and Silk Fibroin Nanoparticles: Study on the Microstructure, Thermal Behavior, Crystallinity and Performance. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 4, p. 1252–1264, 2020.

FUSTER, M. G. et al. Antitumor activity of rosmarinic acid-loaded silk fibroin nanoparticles on hela and MCF-7 cells. **Polymers**, v. 13, n. 18, p. 3169, 2021.

GIANNELLI, M. et al. **Bioactive Keratin and Fibroin Nanoparticles: An Overview of Their Preparation Strategies**. **Nanomaterials**MDPI, v. 12, n. 9 p.1406, 2022.

GIMÉNEZ-SIURANA, A. et al. Chemoprevention of experimental periodontitis in diabetic rats with silk fibroin nanoparticles loaded with resveratrol. **Antioxidants**, v. 9, n. 1, p. 85, 2020.

GUO, Y. et al. Applications and Potentials of a Silk Fibroin Nanoparticle Delivery System in Animal Husbandry. **Animals**, v. 14, n.4, p. 655, 2024.

HCINI, K. et al. Extraction and encapsulation of phenolic compounds of tunisian rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extracts in silk fibroin nanoparticles. **Plants**, v. 10, n. 11, p.2312, 2021.

KAEWCHUCHUEN, J. et al. Functionalising silk hydrogels with hetero- and homotypic nanoparticles. **RSC Advances**, v. 14, n. 5, p. 3525–3535, 2024.

LEE, O. J. et al. Fabrication and characterization of hydrocolloid dressing with silk fibroin nanoparticles for wound healing. **Tissue Engineering and Regenerative Medicine**, v. 13, n. 3, p. 218–226, 2016.

LOZANO-PÉREZ, A. A. et al. Silk fibroin nanoparticles constitute a vector for controlled release of resveratrol in an experimental model of inflammatory bowel disease in rats. **International Journal of Nanomedicine**, v. 9, n. 1, p. 4507–4520, 2014.

MONTALBÁN, M. G. et al. Production of curcumin-loaded silk fibroin nanoparticles for cancer therapy. **Nanomaterials**, v. 8, n. 2, p.126, 2018.

NASIR, A.; KAUSAR, A.; YOUNUS, A. A Review on Preparation, Properties and Applications of Polymeric Nanoparticle-Based Materials. **Polymer - Plastics Technology and Engineering**, v. 54, n. 4, p. 325–341, 2015.

PHAM, D. T. et al. Silk nanoparticles for the protection and delivery of guava leaf (*Psidium guajava* L.) extract for cosmetic industry, a new approach for an old herb. **Drug Delivery**, v. 30, n. 1, p. 2168793, 2023.

PHAM, D. T.; TIYABOONCHAI, W. Fibroin nanoparticles: a promising drug delivery system. **Drug Delivery**, v. 27, n. 1, p. 431–448, 2020.

PIROTA, V. et al. cRGD-Functionalized Silk Fibroin Nanoparticles: A Strategy for Cancer Treatment with a Potent Unselective Naphthalene Diimide Derivative. **Cancers**, v. 15, n. 6, 1 mar. 2023.

POZA, P. et al. Fractographic analysis of silkworm and spider silk. **Engineering Fracture Mechanics**, v. 69, n. 9, p. 1035-1048, 2002

QI, Y. et al. A review of structure construction of silk fibroin biomaterials from single structures to multi-level structures. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 18, n. 3, p.237, 2017.

RUIZ-ALCARAZ, A. J. et al. Optimizing the Preparation of Silk Fibroin Nanoparticles and Their Loading with Polyphenols: Towards a More Efficient Anti-Inflammatory Effect on Macrophages. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 1, p. 2023.

SAQR, A. AL et al. Enhanced cytotoxic activity of docetaxel-loaded silk fibroin nanoparticles against breast cancer cells. **Polymers**, v. 13, n. 9, p. 263, 2021.

SHARMA, S. et al. Silk fibroin nanoparticles support in vitro sustained antibiotic release and osteogenesis on titanium surface. **Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine**, v. 12, n. 5, p. 1193–1204, 2016.

TORRES, A. DA S. et al. Composite resin reinforced with silk nanoparticles from Bombyx mori cocoon for dental applications. **Brazilian Dental Journal**, v. 34, n. 2, p. 67–74, 2023.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Revista Científica Vozes dos Vales - UFVJM - Minas Gerais - Brasil

www.ufvjm.edu.br/vozes

QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524

ISSN: 2238-6424