

# APLICAÇÕES MÉDICAS DA NANOTECNOLOGIA: AVANÇOS E PERSPECTIVAS NA NANOMEDICINA

C. B. dos Santos<sup>1</sup>, H. M. S. Portela<sup>1</sup>, W. T. A. da Silva<sup>1</sup>, E. Raphael<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Brasil (barcelosc601@gmail.com)

A nanotecnologia aplicada à medicina vem promovendo avanços significativos em áreas como diagnóstico precoce, medicina regenerativa, sistemas de liberação controlada de fármacos e tratamento do câncer. Este trabalho tem como objetivo apresentar as principais aplicações da nanomedicina, destacando os benefícios terapêuticos e diagnósticos proporcionados pelos nanomateriais, bem como os desafios relacionados à toxicidade, biocompatibilidade, regulamentação e segurança de sua utilização clínica.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia; Nanomedicina; Liberação controlada de fármacos; Nanodiagnósticos; Oncologia.

## INTRODUÇÃO

A nanotecnologia consiste no estudo, manipulação e aplicação da matéria em escala nanométrica. Um nanômetro corresponde à bilionésima parte de um metro ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ), evidenciando que a nanotecnologia atua em dimensões equivalentes à escala de átomos e moléculas (Filho e Backx, 2020).

Esse campo da ciência tem ganhado destaque devido ao fato de que, nessa escala, os materiais podem apresentar propriedades diferenciadas e potencialmente aprimoradas em relação às observadas em escala macroscópica, como alterações ópticas, elétricas, mecânicas e químicas. Essas características têm despertado grande interesse científico e tecnológico, impulsionando o desenvolvimento de pesquisas e aplicações dos nanomateriais em diversas áreas, como eletrônica, meio ambiente, energia, agricultura, nas indústrias de cosméticos, de alimentos e farmacêutica (Mekuye e Abera, 2023).

Dentre essas aplicações, destaca-se a nanomedicina, uma área promissora que integra conhecimentos da nanotecnologia às ciências médicas, abrangendo aplicações como na medicina regenerativa, em sistemas de transporte e liberação controlada de fármacos, em diagnóstico e tratamento de doenças, incluindo o câncer, doenças cardiovasculares e outras (Lima *et al.*, 2024; Malik *et al.*, 2023; Silva e Pinto, 2020).

Devido às suas dimensões reduzidas, os nanomateriais apresentam elevada capacidade de interação com sistemas biológicos, podendo atravessar barreiras celulares e ser funcionalizados para conferir maior biocompatibilidade e

seletividade, o que amplia significativamente seu potencial terapêutico e diagnóstico (Schuster *et al.*, 2025; Diez-Pascual e Rahdar, 2022).

Apesar dos avanços proporcionados pela nanotecnologia na medicina, ainda não se conhecem completamente os efeitos que os nanomateriais podem causar no organismo a longo prazo, o que representa uma importante preocupação para a comunidade científica, tornando-se fundamental o desenvolvimento de estudos toxicológicos e regulamentações mais rigorosas para garantir a segurança e a aplicação responsável da nanotecnologia na medicina (Ferreira e Ferreira, 2022; Lima *et al.*, 2024).

Diante da relevância e da atualidade do tema, torna-se fundamental ampliar as discussões acerca da nanotecnologia aplicada à medicina. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar suas principais aplicações, além de discutir os benefícios, desafios e perspectivas relacionados ao uso de nanomateriais em aplicações médicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa, com o objetivo de analisar as principais aplicações da nanotecnologia na área médica. A pesquisa foi realizada por meio de buscas sistemáticas nas bases de dados PubMed, Google Acadêmico, SciELO e MDPI.

Para a estratégia de busca, foram utilizados os descritores "nanotecnologia", "nanomateriais", "nanomedicina", "aplicações médicas", "nanodiagnósticos", "drug delivery" e "medicina regenerativa", em português e inglês. Os termos

foram combinados por meio dos operadores booleanos "AND" e "OR", visando ampliar e refinar os resultados obtidos.

Como critérios de inclusão, foram selecionados artigos científicos, revisões de literatura e estudos relevantes publicados no período de 2015 a 2026, disponíveis na íntegra e relacionados às aplicações médicas da nanotecnologia. Foram excluídos trabalhos duplicados, estudos que não abordavam diretamente o tema proposto e publicações sem relevância para os objetivos da pesquisa.

As informações consideradas relevantes foram organizadas e analisadas de forma descritiva, permitindo a síntese do conhecimento científico acerca das aplicações da nanomedicina.

## APLICAÇÕES DA NANOMEDICINA

### Entrega de fármacos

Uma das aplicações mais promissoras da nanotecnologia na medicina está relacionada aos sistemas de entrega controlada de fármacos: nanopartículas podem ser projetadas para transportar medicamentos diretamente até células ou tecidos específicos, aumentando a eficiência terapêutica e reduzindo efeitos colaterais em regiões saudáveis do organismo (Schuster *et al.*, 2025).

Conforme Sa (2026), a área de desenvolvimento de fármacos enfrenta diversos desafios relacionados à farmacodinâmica, como baixa seletividade terapêutica e ocorrência de toxicidade sistêmica, e também à farmacocinética, como baixa absorção pelo organismo, degradação precoce do fármaco, instabilidade química e metabólica, distribuição inespecífica e dificuldade em atravessar barreiras biológicas. Nesse contexto, os nanomateriais surgem como uma alternativa promissora para contornar essas limitações, devido às suas propriedades diferenciadas, as nanopartículas podem aumentar a estabilidade, biodisponibilidade e eficiência terapêutica dos medicamentos, além de permitir liberação controlada e direcionada. Ademais, a funcionalização de sua superfície com moléculas específicas possibilita o reconhecimento seletivo de células-alvo, reduzindo efeitos colaterais e tornando os tratamentos mais precisos e eficazes (Schuster *et al.*, 2025; Sa, 2026).

O trabalho de Appiah *et al.* (2021), por exemplo, desenvolveu um nanossistema denominado P-BK, formado por um polímero (HPMA) ligado à bradicinina, molécula vasoativa que aumenta a permeabilidade e o fluxo sanguíneo, mas que pode causar efeitos colaterais quando liberada sistemicamente. O nanossistema libera a bradicinina seletivamente no microambiente ácido tumoral, promovendo maior fluxo sanguíneo e acúmulo de

nanomedicamentos na região do tumor, aumentando a eficácia do tratamento anticâncer.

Delan *et al.* (2020), em seu estudo, desenvolveram nanopartículas de quitosana-tripolifosfato carregadas com sinvastatina (SIM CS-TPP NPs) para promover regeneração óssea por meio da liberação controlada do fármaco. As nanopartículas apresentaram alta eficiência de encapsulamento, boa estabilidade e liberação gradual da sinvastatina por aproximadamente duas semanas, mantendo concentrações terapêuticas adequadas no local do defeito ósseo.

Um nanossistema termo-responsivo composto por pontos quânticos de grafeno (GQD) incorporados em uma matriz polimérica de dextrana e poli(N-isopropilacrilamida) (Dex/PNIPAM) para liberação controlada de fármacos foi desenvolvido no estudo de Yue *et al.* (2019). O PNIPAM modifica sua estrutura quando submetido a temperaturas acima da temperatura crítica de solução e promovendo maior liberação do medicamento, de maneira mais seletiva, e os GQDs contribuíram para a formação de uma estrutura porosa favorável à captação celular, além de melhorar a estabilidade e a eficiência do sistema de transporte do fármaco.

Dentre diversos outros trabalhos desenvolvidos, a nanotecnologia contribui para o desenvolvimento de terapias mais precisas, seguras e eficazes, representando um avanço significativo na área farmacêutica e biomédica.

### Medicina regenerativa

A medicina regenerativa explora as aplicações médicas que envolvem restaurar a estrutura e a função de células, tecidos e órgãos danificados. Por meio de dispositivos como biomateriais na escala nano (Malik *et al.* 2023).

Entre as principais contribuições da nanotecnologia para a medicina regenerativa está em destaque o desenvolvimento de *scaffolds*. Esses biomateriais são projetados para reproduzir as propriedades estruturais e biológicas da matriz extracelular, fornecendo suporte mecânico e um ambiente adequado para o crescimento celular. De acordo com Perán *et al.* (2012), os *scaffolds* podem ser produzidos a partir de materiais naturais ou sintéticos, apresentando elevada porosidade, biocompatibilidade e propriedades mecânicas compatíveis com o tecido-alvo. A incorporação de nanotopografias à superfície desses materiais favorece a adesão celular e estimula processos de diferenciação, contribuindo para a regeneração de tecidos.

Segundo Perán *et al.* (2012), as nanofibras produzidas por eletrofiação, nanotubos de carbono, grafeno e nanopartículas bioativas proporcionam um

microambiente semelhante ao tecido fisiológico, favorecendo a proliferação e a diferenciação de células-tronco mesenquimais.

Em relação à regeneração muscular, Han *et al.* (2023) destacam que nanomateriais como nanotubos de carbono, grafeno, hidrogéis condutores, aerogéis e nanopartículas metálicas vêm sendo empregados para restaurar a estrutura e a função do músculo esquelético. Esses materiais apresentam propriedades elétricas, mecânicas e biológicas capazes de estimular a diferenciação miogênica, aumentar a formação de fibras musculares, favorecer a angiogênese e melhorar a força contrátil do tecido regenerado. Além disso, o emprego combinado de biomateriais, fatores de crescimento e células-tronco têm demonstrado resultados promissores em modelos experimentais de perda volumétrica muscular e distrofias musculares.

### **Nanodiagnósticos**

A nanotecnologia desenvolvida para diagnósticos tem como função utilizar dispositivos ou nanossistemas de monitoramento com o propósito de realizar exames clínicos para detectar doenças de forma rápida, precisa e sensível (Oliveira *et al.* 2023 e Malik *et al.* 2023).

Conforme os estudos de Aebisher *et al.* (2026) e Telenau (2019), os nanomateriais têm sido amplamente empregados em técnicas de diagnóstico por imagem. Nanopartículas metálicas, como as de ouro, óxido de ferro, nanopartículas magnéticas e pontos quânticos, são utilizadas para aprimorar a qualidade das imagens devido às suas propriedades ópticas, magnéticas e eletrônicas específicas. Essas características aumentam o contraste e a sensibilidade dos exames, tornando os diagnósticos mais precisos e permitindo uma melhor visualização de estruturas biológicas. Dessa forma, esses nanomateriais são aplicados em modalidades como a ressonância magnética (RM), tomografia computadorizada (TC), tomografia por emissão de pósitrons (PET) e tomografia computadorizada por emissão de fóton único (SPECT), contribuindo para o monitoramento e a identificação de diversas patologias. Além disso, também têm sido empregados na detecção precoce e na caracterização de tumores malignos, incluindo diferentes tipos de câncer (Leng *et al.*, 2018).

Outra importante aplicação dos nanodiagnósticos é o desenvolvimento de biossensores, que consistem em dispositivos capazes de detectar biomoléculas e identificar alterações em sequências de DNA e RNA associadas a diferentes patologias (Malik *et al.*, 2023). Nesse contexto, Gu *et al.* (2018) investigaram o uso do grafeno como biomarcador para a detecção de câncer. Devido à sua elevada biocompatibilidade e

às suas propriedades ópticas e elétricas, o grafeno pode gerar sinais que permitem o rastreamento de proteínas, células tumorais, DNA e RNA, contribuindo para o diagnóstico precoce de diversos tipos de câncer.

Segundo Machado *et al.* (2022), o interesse no emprego do grafeno em biossensores deve-se à sua estrutura funcional, composta por três elementos principais: o analito, que corresponde à molécula-alvo a ser detectada; o biorreceptor, responsável pelo reconhecimento e identificação dessa molécula; e o transdutor, que converte o evento de reconhecimento biológico em um sinal mensurável e proporcional à concentração do analito. Diversas configurações de biossensores podem ser desenvolvidas com o uso do grafeno, incluindo biossensores eletroquímicos, plasmônicos de infravermelho médio, fluorescentes e biossensores ópticos baseados em transistores de efeito de campo (FET).

Portanto, o avanço da nanotecnologia aplicada aos exames clínicos têm proporcionado melhorias significativas na detecção precoce de doenças, tanto por meio de técnicas de bioimagem quanto pelo desenvolvimento de biomarcadores e biossensores, favorecendo diagnósticos mais precisos e tratamentos mais precoces.

### **Nanotecnologia aplicada à oncologia**

O desenvolvimento de nanomateriais viabilizou progressos substanciais na terapia oncológica, fundamentados primordialmente nas propriedades físico-químicas singulares manifestadas em escala nanométrica (Falleiros *et al.*, 2011). Devido às suas dimensões análogas às de estruturas biológicas, tais como proteínas, vírus e células, as nanopartículas apresentam uma elevada capacidade de interação com sistemas biológicos, o que permite a implementação de aplicações terapêuticas e diagnósticas dotadas de maior eficiência (Costa & Silva, 2017).

Conforme ressaltado por Falleiros *et al.* (2011), as nanopartículas magnéticas biocompatíveis têm alcançado notável relevância no campo biomédico em virtude de sua versatilidade em técnicas como a ressonância magnética nuclear, a vetorização de fármacos e a hipertermia magnética. Tais aplicações corroboram tanto para o diagnóstico precoce quanto para a execução de tratamentos menos invasivos e com maior seletividade direcionada às células tumorais. Adicionalmente, os autores enfatizam que as propriedades superparamagnéticas desses nanomateriais facultam o controle remoto das estruturas por meio de campos magnéticos externos, o que amplia de forma significativa o horizonte das perspectivas terapêuticas.

A medicina teranóstica representa um importante avanço da nanotecnologia aplicada à oncologia, unindo diagnóstico e tratamento em uma mesma plataforma tecnológica. Silva *et al.* (2021) destacam que as nanopartículas magnéticas podem atuar simultaneamente como agentes de contraste em exames de imagem e como transportadoras de fármacos antitumorais. Essa abordagem favorece diagnósticos mais precisos e tratamentos mais específicos, reduzindo significativamente os efeitos colaterais observados nos métodos convencionais, como quimioterapia e radioterapia.

No campo diagnóstico, a ressonância magnética nuclear (RMN) associada ao uso de nanopartículas vem demonstrando elevada eficiência. Falleiros *et al.* (2011) afirmam que nanopartículas superparamagnéticas atuam como agentes de contraste capazes de melhorar a resolução espacial das imagens, permitindo a identificação precoce de tumores. Da mesma forma, Oliveira *et al.* (2015) relatam que nanopartículas de óxido de ferro apresentam excelente desempenho como agentes contrastantes devido à sua elevada estabilidade e baixa toxicidade.

Além da melhora nos exames de imagem, a nanotecnologia também possibilita o reconhecimento seletivo de células cancerígenas. Bittencourt e Lima (2021) descrevem que nanopartículas funcionalizadas com biomoléculas específicas podem identificar biomarcadores tumorais presentes na superfície celular, permitindo maior sensibilidade diagnóstica. Os autores também relatam a utilização de nanossondas de óxido de ferro paramagnético capazes de detectar células tumorais em estágios iniciais por meio da ressonância magnética, especialmente em casos de câncer de mama e pâncreas.

A hipertermia magnética aparece como uma estratégia inovadora no tratamento do câncer. De acordo com Falleiros *et al.* (2011), essa técnica consiste na utilização de nanopartículas magnéticas submetidas a campos magnéticos alternados, promovendo aquecimento localizado e destruição térmica das células tumorais. Silva *et al.* (2021) explicam que a hipertermia convencional pode causar danos aos tecidos saudáveis; entretanto, o uso de nanopartículas permite concentrar o aquecimento exclusivamente na região tumoral, aumentando a segurança do procedimento.

O trabalho de Bittencourt e Lima (2021) demonstra a eficácia de nanopartículas associadas à terapia fotodinâmica e fototérmica, relatando que nanopartículas de prata e nanopartículas de sílica excitadas por laser infravermelho apresentam elevada capacidade citotóxica contra células tumorais,

promovendo apoptose e necrose tumoral. Além disso, essas técnicas apresentam menor resposta inflamatória e menor toxicidade em comparação aos tratamentos tradicionais.

### **Desafios e limitações na nanomedicina**

Apesar do grande potencial da nanotecnologia na medicina, sua aplicação ainda apresenta desafios e riscos relacionados à toxicidade, biocompatibilidade e impacto dos nanomateriais no organismo e no meio ambiente.

Existe uma linha tênue entre as propriedades que tornam os nanomateriais vantajosos e os possíveis efeitos adversos associados a elas, uma vez que características como tamanho reduzido, alta área superficial e elevada reatividade química, responsáveis por melhorar a interação celular e a eficiência terapêutica, também podem favorecer acúmulo em tecidos, geração de estresse oxidativo e respostas inflamatórias (Egbuna *et al.*, 2021).

Em seu estudo, Silva *et al.* (2021) ressalta que as nanopartículas precisam apresentar alta estabilidade, biocompatibilidade, baixa toxicidade e capacidade de ligação específica às células tumorais para serem utilizadas no tratamento de câncer, e problemas relacionados à agregação das nanopartículas na corrente sanguínea podem ocasionar riscos como embolias e reações adversas, exigindo rigoroso controle durante o desenvolvimento desses materiais.

Bittencourt e Lima (2021) destacam que muitos estudos ainda se encontram em fases experimentais, sendo necessários mais ensaios clínicos para comprovação da eficácia e segurança em humanos.

Além disso, a ausência de regulamentações padronizadas e de estudos de longo prazo dificulta a avaliação completa da segurança desses materiais. De acordo com Ferreira e Ferreira (2022), essa realidade é alarmante no cenário nacional, visto que a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) ainda carece de um marco regulatório específico para qualificar, testar e monitorar os nanomedicamentos. Em razão desse vácuo normativo, esses sistemas complexos acabam sendo registrados sob categorias tradicionais pré-existentes e avaliados sob os mesmos parâmetros de fármacos convencionais em macroescala, sem que haja um programa de farmacovigilância direcionado para rastrear e mapear reações adversas tardias nos pacientes.

Outro desafio importante envolve o alto custo de produção, escalabilidade industrial e controle preciso das propriedades físico-químicas dos nanossistemas. (Ma *et al.*, 2024).

Apesar dessas limitações, as perspectivas para a nanotecnologia médica permanecem promissoras,

especialmente no desenvolvimento de terapias mais seletivas, sistemas inteligentes de liberação controlada e aplicações em medicina regenerativa.

### CONCLUSÃO

A nanotecnologia tem impulsionado importantes avanços na medicina, especialmente nas áreas de liberação controlada de fármacos, diagnóstico, medicina regenerativa e tratamento do câncer. Esta revisão bibliográfica evidenciou que os nanomateriais apresentam grande potencial para tornar os tratamentos mais precisos, eficazes e menos invasivos, além de contribuir para o diagnóstico precoce de diversas doenças. Entretanto, ainda existem desafios relacionados à toxicidade, biocompatibilidade e segurança a longo prazo. Assim, a nanomedicina configura-se como uma área promissora, com potencial para ampliar significativamente as possibilidades terapêuticas e diagnósticas na área da saúde.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório ILUM, à Escola Superior de Tecnologia e à Universidade do Estado do Amazonas.

### REFERÊNCIAS

AEBISHER, D. *et al.* Applications of Nanobiotechnology in Medicine. *Life*, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 302, 2026. <https://doi.org/10.3390/life16020302>;

APIAH E, *et al.* Acid-responsive HPMa copolymer-bradykinin conjugate enhances tumor-targeted delivery of nanomedicine. *Journal of Controlled Release*. 2021;337: 546-556;

COSTA, Alessandro Mariano; SILVA, Viviane Viana. Estratégias nanotecnológicas para diagnóstico e tratamento do câncer. 2017;

DELAN WK, *et al.* Formulation of simvastatin chitosan nanoparticles for controlled delivery in bone regeneration: Optimization using Box-Behnken design, stability and in vivo study. *Int J Pharm*. 2020 Mar 15;577:119038. Epub 2020;

DIEZ-PASCUAL, Ana María; RAHDAR, Abbas. Functional Nanomaterials in Biomedicine: Current Uses and Potential Applications. *ChemMedChem* 2022, 17, <https://doi.org/10.1002/cmdc.202200142>;

EGBUNA, Chukwuebuka; *et al.* Toxicity of Nanoparticles in Biomedical Application: Nanotoxicology, *Journal of Toxicology*, 2021, 9954443, 21 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9954443>;

FALLEIROS, João Paulo B.; BRANDL, Alexandre L.; FONSECA, Alexandre R. A. Aplicações da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento de câncer. *Nucleus*, v. 8, n. 1, p. 151-170, 2011;

FERREIRA, V. E. N. e FERREIRA, V. R. Nanotecnologia e medicamentos: a necessidade de uma regulamentação jurídica brasileira para a proteção do direito fundamental à

saúde. *Revista Thesis Juris – RTJ*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 297-324, jul./dez. 2022.;

FILHO, Sérgio Antunes; BACKX, Bianca Pizzorno. Nanotecnologia e seus impactos na sociedade. *Revista Tecnologia e Sociedade*, v. 16, n. 40, 2020. <https://doi.org/10.3895/rt.v16n40.9870>;

GU, H. *et al.* Biomarkers-based Biosensing and Bioimaging with Graphene for Cancer Diagnosis. *Nanomaterials*, Basel, v. 9, n. 1, p. 130, 2019. <https://doi.org/10.3390/nano9010130>;

HAN, S. *et al.* Nanotechnology for skeletal muscle regeneration. *Nano Convergence*, v. 10, n. 48, 2023;

LENG, F. *et al.* Strategies on Nanodiagnostics and Nanotherapies of the Three Common Cancers. *Nanomaterials*, Basel, v. 8, n. 4, p. 202, 2018. <https://doi.org/10.3390/nano8040202>;

LIMA, O. do S. F. C. Nanomedicina: O Uso De Nanotecnologia No Desenvolvimento De Tratamentos De Alta Precisão. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)* 2024, vol. 26, issue 11, ser. 9, p. 19-31, e-ISSN:2278-487X, p-ISSN: 2319-7668;

MA, Xiaohan; *et al.* Nanotechnology in healthcare, and its safety and environmental risks. *Journal of Nanobiotechnology*, 22:715, 2024. <https://doi.org/10.1186/s12951-024-02901-x>;

MACHADO, M. *et al.* Graphene Biosensors—A Molecular Approach. *Nanomaterials*, Basel, v. 12, n. 10, p. 1624, 2022. <https://doi.org/10.3390/nano12101624>;

MALIK, S.; MUHAMMAD, K.; WAHEED, Y. Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine. *Molecules* 2023, 28, 6624. <https://doi.org/10.3390/molecules28186624>;

MEKUYE, Bawoke; ABERA, Birhanu. Nanomaterials: An overview of synthesis, classification, characterization, and applications. *Nano Select* 2023;4:486–501;

OLIVEIRA, Andressa Mendes Bittencourt; LIMA, Bruna Soares de Souza. Nanomedicina: aplicações no diagnóstico e tratamento do câncer. *Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA*, Três Lagoas, v. 12, n. 1, p. 84-101, 2021;

OLIVEIRA, L. G. S.; GARG, V.; SANTANA, G. P. As nanopartículas de óxidos de ferro magnéticos na terapia do câncer. 2015;

OLIVEIRA, R. F. de; MARTINEZ, D. S. T.; FAZZIO, A. A nanotecnologia na saúde. *Ciência & Cultura*, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 1-12, 2023;

PERÁN, M. *et al.* Functionalized nanostructures with application in regenerative medicine. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 13, n. 3, p. 3847–3886, 2012;

SA, Lucas dos Santos. A importância da nanotecnologia na entrega de fármacos aos tecidos de interesse, uma revisão narrativa. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*. São Paulo, v. 12, n. 1, jan. 2026;

SCHUSTER, Gustavo Regus; *et al.* Nanotecnologia na medicina: avanços, aplicações e desafios na administração

---

direcionada de medicamentos. REAS 2025, v. 25.  
<https://doi.org/10.25248/REAS.e18998.2025>;

SILVA, Thamilly de Paula; PINTO, Giuliano Scombatti. Nanotecnologia e sua influência na evolução da medicina. Interface Tecnológica - v. 17 n. 2, 2020;

SILVA, V. M. *et al.* Nanotecnologia aplicada ao tratamento do câncer. Revista Saúde em Foco, ed. 12, p. 95-107, 2021;

TELEANU, D. M. *et al.* Contrast Agents Delivery: An Up-to-Date Review of Nanodiagnostics in Neuroimaging. Nanomaterials, Basel, v. 9, n. 4, p. 542, 2019.  
<https://doi.org/10.3390/nano9040542>;

YUE, J.; *et al.* Facile design and development of photoluminescent graphene quantum dots grafted dextran/glycol-polymeric hydrogel for thermoresponsive triggered delivery of buprenorphine on pain management in tissue implantation. J Photochem Photobiol B. 2019.