

CURSO BACHARELADO EM BIOMEDICINA

THAMILLY VITÓRIA MARTINS

**A EFICÁCIA DA NANOTECNOLOGIA NO DIAGNÓSTICO
DO CÂNCER: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

THAMILLY VITÓRIA MARTINS

**A EFICÁCIA DA NANOTECNOLOGIA NO
DIAGNÓSTICO DO CÂNCER: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Biomedicina da Faculdade de Apucarana
– FAP, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Biomedicina.

Orientador: Profº MSc. Vinícius Lopes da
Silva.

Apucarana
2025

THAMILLY VITÓRIA MARTINS

**A EFICÁCIA DA NANOTECNOLOGIA NO
DIAGNÓSTICO DO CÂNCER: UMA REVISÃO
BIBLIOGRÁFICA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Biomedicina da Faculdade de Apucarana
– FAP, como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Biomedicina, com
a nota final igual a ____, conferida pela
banca examinadora formada pelos
professores:

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^o. MSc. Vinícius Lopes da Silva
Faculdade de Apucarana

Prof^o. Esp. Luciano César Ferreira
Faculdade de Apucarana

Prof.^a Dra. Cassia Calixto de Campos
Gouveia
Faculdade de Apucarana

Apucarana, __ de _____ de 2025.

*“A verdadeira viagem de descobrimento
não consiste em procurar novas
paisagens, mas em ter novos olhos”.*

Marcel Proust

MARTINS, Thamilly Vitória. **A eficácia da nanotecnologia no diagnóstico do câncer: uma revisão bibliográfica.** Trabalho de Conclusão de Curso (ARTIGO). Graduação em Biomedicina. Faculdade de Apucarana – FAP. Apucarana – PR. 2025.

RESUMO

Este trabalho aprofundará a eficácia da nanotecnologia no diagnóstico do câncer, tendo como problema de pesquisa: Como as nanopartículas podem ser utilizadas para melhorar a precisão dos diagnósticos de câncer? O objetivo é investigar como as nanopartículas podem contribuir para a melhoria da precisão nos diagnósticos de câncer. A nanotecnologia, por meio das nanopartículas, tem se destacado na medicina, especialmente na oncologia, por permitir diagnósticos mais sensíveis e terapias direcionadas. Essas estruturas, metálicas ou magnéticas, podem ser funcionalizadas para reconhecer biomarcadores tumorais, possibilitando a detecção precoce, a liberação controlada de fármacos e tratamentos menos tóxicos. Trata-se de uma revisão bibliográfica integrativa, de natureza qualitativa, realizada no banco de dados Google Acadêmico, no período de 2021 a 2024. Os resultados indicam que nanopartículas metálicas e magnéticas apresentam potencial significativo no aprimoramento dos métodos diagnósticos, principalmente por meio de biossensores, biomarcadores e técnicas de imagem, aumentando a sensibilidade e especificidade na detecção precoce do câncer. Constatou-se, ainda que a nanotecnologia favorece estratégias de diagnóstico mais rápidas, acessíveis e personalizadas, contribuindo para melhores prognósticos clínicos. Conclui-se que, mesmo diante de desafios técnicos, os avanços demonstram que a nanotecnologia representa uma ferramenta inovadora e promissora para o diagnóstico oncológico, alinhando-se à necessidade de métodos cada vez mais eficazes na área da saúde.

Palavras-chave: Nanopartículas. Biossensores. Nanomedicina. Oncologia.

MARTINS, Thamilly Vitória. **The effectiveness of nanotechnology in cancer diagnosis: A literature review.** Undergraduate Thesis (ARTICLE). Bachelor's Degree in Biomedicine. Faculdade de Apucarana – FAP. Apucarana – PR. 2025.

ABSTRACT

This work will explore the effectiveness of nanotechnology in cancer diagnosis, with the following research question: How can nanoparticles be used to improve the accuracy of cancer diagnoses? The objective is to investigate how nanoparticles can contribute to improving the accuracy of cancer diagnoses. Nanotechnology, through nanoparticles, has stood out in medicine, especially in oncology, by enabling more sensitive diagnoses and targeted therapies. These structures, whether metallic or magnetic, can be functionalized to recognize tumor biomarkers, enabling early detection, controlled drug release, and less toxic treatments. This is an integrative, qualitative literature review conducted in the Google Scholar database from 2021 to 2024. The results indicate that metallic and magnetic nanoparticles have significant potential for improving diagnostic methods, mainly through biosensors, biomarkers, and imaging techniques, increasing sensitivity and specificity in the early detection of cancer. It was also found that nanotechnology favors faster, more accessible, and personalized diagnostic strategies, contributing to better clinical prognoses. It is concluded that, even in the face of technical challenges, advances demonstrate that nanotechnology represents an innovative and promising tool for cancer diagnosis, aligning with the need for increasingly effective methods in the health field.

Keywords: Nanoparticles. Biosensors. Nanomedicine. Oncology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Nanopartículas no diagnóstico do câncer	13
Figura 2 – Nanopartículas magnéticas	15
Figura 3 – Iniciação, promoção e progressão da carcinogênese	16
Figura 4 – Nanossensor detectando biomarcadores tumorais	19

LISTA DE SIGLAS

AUNPs – Nanopartículas de Ouro

DNA - Ácido Desoxirribonucleico

ERO – Espécies Reativa de Oxigênio

HeLa - Henrietta Lacks

IA – inteligência Artificial

NPMS – Nanopartículas magnéticas

PEG - Polietilenoglicol

RNA - Ácido Ribonucleico

SPIONs – Nanopartículas Magnéticas Superparamagnéticas

SUMÁRIO

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
1.1 Nanotecnologia.....	10
1.2 Nanopartículas.....	11
1.2.1 Nanopartículas Metálicas	13
1.2.2 Nanopartículas Magnéticas.....	14
1.3 Desenvolvimento do câncer	15
1.4 Nanopartículas no diagnóstico do câncer.....	17
ARTIGO	23
NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS - REVISTA F@PCIÊNCIA .	33

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 Nanotecnologia

A nanotecnologia é um campo multidisciplinar da ciência que atua na manipulação da matéria em escala nanométrica, ou seja, na ordem de 1 a 100 nanômetros (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022). Os autores explicam que um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro, uma dimensão que permite interações com estruturas biológicas em nível molecular e subcelular (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022). Ainda segundo os pesquisadores, essa área tem revolucionado diversos setores, incluindo a saúde, a eletrônica, a engenharia de materiais e a energia (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

No campo da biomedicina, a nanotecnologia possibilita o desenvolvimento de materiais e sistemas com propriedades únicas, como alta área superficial, reatividade química diferenciada e capacidade de atravessar barreiras biológicas (Oliveira; Lima, 2021). As autoras também explicam que essas características têm aberto caminho para avanços significativos no diagnóstico e tratamento de doenças, particularmente o câncer (Oliveira; Lima, 2021).

A nanotecnologia pode ser definida como sendo a manipulação de materiais, dispositivos e sistemas, através do processo de funcionalização com biomoléculas específicas, para a aplicação em diversas áreas, entre as quais a medicina (Oliveira; Lima, 2021, p. 85).

A aplicação da nanotecnologia na saúde é conhecida como nanomedicina, e engloba o uso de nanomateriais em formulações terapêuticas, sistemas de liberação controlada de fármacos, nanossensores, agentes de contraste e ferramentas para imagem molecular (Oliveira; Lima, 2021). Dentre os nanomateriais mais estudados estão as nanopartículas, nanotubos, nanocápsulas, lipossomas e dendrímeros (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

As ferramentas nanotecnológicas apresentam elevada capacidade de interagir com estruturas celulares, o que contribui para maior eficácia terapêutica e diagnóstica, reduzindo efeitos colaterais e possibilitando a detecção precoce de anomalias moleculares (Oliveira; Lima, 2021).

Essas tecnologias permitem, por exemplo, a liberação controlada e específica de medicamentos em tecidos-alvo, reduzindo efeitos colaterais e aumentando a eficácia terapêutica (Oliveira; Lima, 2021, p.85).

Dentre as principais contribuições dessa área, destacam-se os avanços na detecção precoce de doenças, desenvolvimento de biossensores e aprimoramento de técnicas de imagem molecular. Devido à capacidade dos nanomateriais de interagir com biomarcadores específicos, proporcionando diagnósticos mais rápidos, sensíveis e precisos (Teixeira, 2021).

A nanotecnologia tem se consolidado como uma das estratégias mais promissoras para enfrentar os desafios da oncologia moderna, promovendo a personalização dos tratamentos e a integração entre diagnóstico e terapia, conceito conhecido como medicina teranóstica (Ribeiro; Rezende, 2023).

Nesse contexto, sua aplicação na medicina, especialmente no diagnóstico e tratamento do câncer tem ganhado destaque devido ao uso de nanomateriais capazes de reconhecer biomarcadores tumorais (Oliveira; Lima, 2021). Na oncologia, esses materiais contribuem para a detecção precoce da doença e permitem a entrega direcionada de medicamentos ao sítio tumoral, o que melhora o prognóstico, reduz a toxicidade dos tratamentos e preserva tecidos saudáveis (Sousa *et al.*, 2024).

1.2 Nanopartículas

As nanopartículas surgem como elementos-chave da nanotecnologia, sendo definidas como unidades estruturais com tamanho nanométrico que apresentam propriedades distintas em comparação com materiais em escala macroscópica (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022). Os autores também explicam que são compostas por diferentes tipos de materiais, como metais, polímeros, lipídios ou cerâmicas, essas partículas exibem comportamentos ópticos, elétricos, magnéticos e biológicos únicos, que as tornam valiosas em aplicações médicas (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

Essas estruturas podem ser classificadas em três grandes grupos: inorgânicas, como nanopartículas metálicas e magnéticas; orgânicas, como lipossomas, micelas e nanopartículas poliméricas; e híbridas, compostas por

mais de um tipo de material (Joanitti; Morais; Azevedo, 2022). Cada tipo possui aplicações específicas na área biomédica, especialmente no diagnóstico e tratamento do câncer (Oliveira; Lima, 2021).

A funcionalização dessas estruturas, ou seja, a modificação da sua superfície com moléculas como anticorpos, aptêmeros, peptídeos ou fármacos, é uma das estratégias mais importantes da nanomedicina (Santana *et al.*, 2024). Esse processo permite que os sistemas nanoestruturados sejam direcionados seletivamente a tecidos ou células-alvo, aumentando a eficácia e reduzindo efeitos adversos (Sousa *et al.*, 2024).

Segundo a literatura, essas partículas apresentam características físico-químicas específicas que favorecem seu uso como veículos de entrega de medicamentos, marcadores diagnósticos ou agentes de contraste (Oliveira, Martinez e Fazzio, 2022).

Nanopartículas para fins terapêuticos se dividem em quatro classes principais: lipídicas, poliméricas, inorgânicas e de carbono, que são tipicamente planejadas para serem administradas pelas vias oral, nasal, dérmica e intravenosa (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022, p.5).

Devido ao seu tamanho reduzido, essas partículas conseguem interagir com alvos moleculares como o DNA, proteínas reguladoras e receptores celulares, desempenhando papel fundamental tanto em exames de imagem quanto em testes moleculares e sensores (Oliveira; Lima, 2021).

Compreender como essas estruturas funcionam é essencial para aplicar a nanotecnologia de forma segura e eficiente na medicina (Oliveira; Lima, 2021). Elas representam uma base promissora para o desenvolvimento de diagnósticos mais sensíveis, tratamentos mais personalizados e uma prática clínica mais precisa no combate ao câncer (Ribeiro; Rezende, 2023).

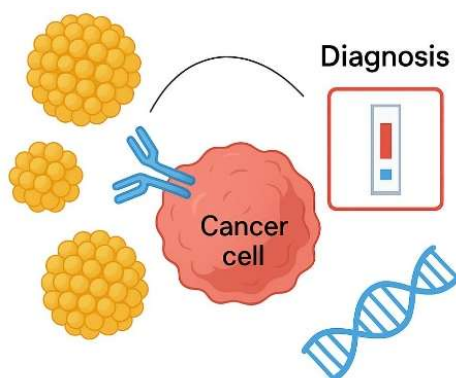
Além do papel no diagnóstico e na terapia, as nanopartículas também estão sendo exploradas em tecnologias teranósticas, que integram simultaneamente funções de diagnóstico e tratamento, otimizando o monitoramento da resposta terapêutica (Teixeira, 2021).

1.2.1 Nanopartículas Metálicas

As nanopartículas metálicas, como as de ouro, prata e platina, vêm se destacando tanto por sua versatilidade de aplicação quanto pelas propriedades físico-químicas que favorecem seu uso diagnóstico (Troncoso, 2022). Tais partículas apresentam características como ressonância plasmônica de superfície e condutividade elétrica, que podem ser exploradas em sistemas de biossensores e detecção de biomarcadores tumorais (Lopes; Torres, 2019).

As nanopartículas de ouro são frequentemente utilizadas em sensores ópticos e eletroquímicos para diagnóstico de câncer devido à sua estabilidade e funcionalização com biomoléculas (Troncoso, 2022).

Figura 1 – Nanopartículas no diagnóstico do câncer



Fonte: autora do trabalho (2025)

Como ilustrado na Figura 1, as nanopartículas apresentam papel essencial no diagnóstico do câncer, sendo amplamente aplicadas em sensores que identificam compostos voláteis no hálito de pacientes, permitindo a diferenciação de tipos tumorais (Troncoso, 2022). Essas nanopartículas têm sido exploradas como agentes de contraste em técnicas imunológicas, como a imunofluorescência e a citometria de fluxo (Garcia, 2021). Elas são capazes de substituir fluoróforos tradicionais, proporcionando maior sensibilidade e especificidade na detecção de biomarcadores inflamatórios associados ao câncer, além de reduzir custos e tempo de execução dos exames (Garcia, 2021).

As nanopartículas de prata, além de suas propriedades antimicrobianas, demonstram alto potencial citotóxico contra células tumorais (Rodrigues; Claudiano; Araújo, 2023). Estudos mostram que, ao serem sintetizadas por métodos verdes, como o uso de extratos de plantas, essas estruturas conseguem inibir o crescimento de células cancerígenas com eficiência superior a 80% em apenas 24 horas (Lopes; Torres, 2019).

A platina, tradicionalmente utilizada em quimioterapia, como é o caso da cisplatina, também é estudada em sua forma nanoestruturada (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022; Lopes; Torres, 2019). Essas nanopartículas podem potencializar os efeitos terapêuticos com menor toxicidade e, quando aplicadas em biossensores, são capazes de identificar mutações genéticas ou alterações metabólicas específicas de células tumorais (Troncoso, 2022).

Além desses avanços, o desenvolvimento de métodos de síntese alternativos, como a *Green Technology* (Tecnologia Verde), tem se mostrado uma solução viável para reduzir impactos ambientais (Rodrigues; Claudiano; Araújo, 2023).

1.2.2 Nanopartículas Magnéticas

As nanopartículas magnéticas (NPMs) vêm se destacando como ferramentas inovadoras na área do diagnóstico oncológico, principalmente devido à sua interação com campos magnéticos externos e à possibilidade de serem funcionalizadas com biomoléculas específicas (Troncoso, 2022).

Essas partículas apresentam propriedades físico-químicas diferenciadas, como superparamagnetismo e alta razão superfície/volume, favorecendo seu uso como agentes de contraste em exames de imagem, especialmente na ressonância magnética (RM) (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

A área de superfície relativamente grande da nanopartícula pode ser funcionalizada com ligantes, incluindo pequenas moléculas, fitas de DNA ou RNA, peptídeos, aptâmeros ou anticorpos (Rodrigues; Claudiano; Araújo, p. 10508).

Os aptâmeros, nesse contexto, são pequenas sequências de DNA, RNA ou peptídeos que se ligam especificamente a moléculas-alvo. Eles funcionam como anticorpos sintéticos, porém com maior estabilidade e menor risco imunogênico (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

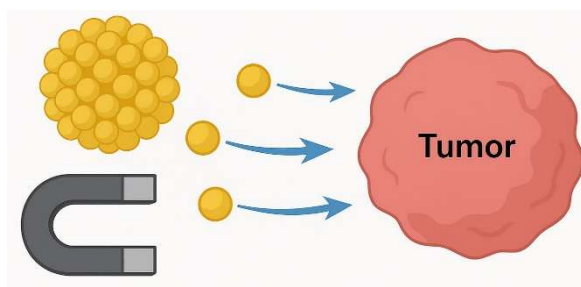
Além do uso como agentes de contraste, as NPMs podem ser incorporadas em biossensores para a detecção precoce de câncer (Troncoso, 2022). Esses sensores são baseados em mecanismos como alterações de

resistência elétrica, fluorescência ou ressonância, possibilitando diagnósticos não invasivos e altamente sensíveis (Santana *et al.*, 2024).

Estudos com células HeLa demonstraram a capacidade das NPMs funcionalizadas com ácido fólico e PEG de serem internalizadas por endocitose mediada por receptores, acumulando-se em lisossomos, o que reforça seu potencial como marcadores intracelulares (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

A terapia magnética direcionada tem se destacado, na qual nanopartículas de óxido de ferro são conjugadas a fármacos e guiadas por campos magnéticos até o sítio tumoral (Santos *et al.*, 2024).

Figura 2 – Nanopartículas magnéticas



Fonte: autora do trabalho (2025)

Como apresentado na Figura 2, esse método permite não apenas o diagnóstico, mas também o tratamento por meio da hipertermia magnética, que promove a destruição seletiva das células tumorais sem afetar tecidos saudáveis (Santos *et al.*, 2024).

Para os pesquisadores, esses sistemas se mostram promissores, com potencial para superar métodos convencionais em termos de especificidade e precocidade na detecção de neoplasias (Santana *et al.*, 2024).

Dessa forma, as nanopartículas magnéticas representam um avanço significativo na nanotecnologia diagnóstica, podendo proporcionar exames personalizados conforme o perfil molecular do paciente e contribuir para o diagnóstico precoce do câncer (Santana *et al.*, 2024; Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

1.3 Desenvolvimento do câncer

O desenvolvimento do câncer envolve uma série de alterações celulares e moleculares que transformam uma célula normal em uma célula

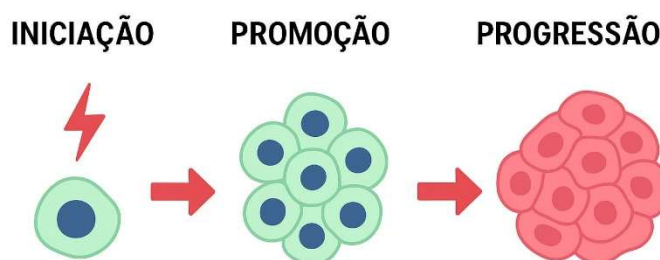
maligna, capaz de crescer descontroladamente, invadir tecidos adjacentes e formar metástases (Kumar; Abbas; Aster, 2018). O câncer não é uma doença única, mas sim um conjunto de mais de 100 doenças diferentes, com características comuns, como a capacidade de proliferação autônoma e resistência à morte celular programada (INCA, 2022a).

O câncer é considerado um problema de saúde pública global devido à sua elevada incidência, mortalidade e impacto socioeconômico, sendo essencial investir em estratégias de prevenção, diagnóstico precoce e tratamentos eficazes (Sousa *et al.*, 2024).

Considerando a elevada prevalência do câncer, o diagnóstico tardio, e a baixa taxa de sobrevida dos pacientes; a nanomedicina constitui uma ferramenta importante no tange às melhorias dos métodos de diagnóstico e tratamentos inovadores para a doença (Oliveira; Lima, 2021, p.85).

A carcinogênese, o processo de transformação de células saudáveis em cancerígenas, ocorre em três etapas: iniciação, promoção e progressão. Como ilustrado na figura 3, a fase de iniciação é caracterizada por uma mutação gênica permanente altera o DNA da célula; a fase de promoção envolve a proliferação clonal das células alteradas; e a progressão refere-se ao acúmulo de mutações adicionais, favorecendo o crescimento autônomo e a formação de tumores invasivos (Kumar; Abbas; Aster, 2018).

Figura 3 – Iniciação, promoção e progressão da carcinogênese



Fonte: autora do trabalho (2025)

Fatores externos como tabagismo, exposição a radiações, dieta inadequada e infecções, associados à suscetibilidade genética, são responsáveis por cerca de 80 a 90% dos casos de câncer (INCA, 2022c). A

perda do controle da proliferação celular está relacionada à ativação de oncogenes e à inativação de genes supressores de tumor, como o TP53, que normalmente promovem a reparação do DNA e a apoptose (Kumar; Abbas; Aster, 2018).

Com a progressão da doença, as células cancerígenas adquirem características que favorecem sua sobrevivência, como a indução da angiogênese, evasão do sistema imune e habilidade de migrar para outros tecidos (Kumar; Abbas; Aster, 2018). Os autores também reforçam que a metástase, um dos fatores mais graves do câncer, contribui para a alta letalidade da doença (Kumar; Abbas; Aster, 2018).

Compreender como o câncer se desenvolve permite que pesquisadores e profissionais da saúde busquem soluções cada vez mais eficazes para combatê-lo, tanto no tratamento quanto na detecção precoce (Kumar; Abbas; Aster, 2018). A nanotecnologia, como já explorado anteriormente, tem se mostrado uma aliada promissora nesse cenário, oferecendo novas ferramentas para entender, rastrear e combater a doença em seus estágios iniciais (Santana *et al.*, 2024; Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

No Brasil, a estimativa para o triênio 2023-2025 é de 704 mil novos casos de câncer por ano, sendo os mais prevalentes os de mama, próstata, cólon e reto, pulmão e estômago (INCA, 2022d). O Instituto Nacional de Câncer (INCA), ainda reforça que tais dados evidenciam a importância de compreender os mecanismos do desenvolvimento do câncer para melhor orientar políticas de saúde, diagnóstico precoce e terapias mais eficazes (INCA, 2022d).

Nesse cenário, a nanotecnologia surge como uma das estratégias mais promissoras para enfrentar as limitações dos tratamentos oncológicos tradicionais, contribuindo para maior especificidade, menor toxicidade e melhor controle da progressão tumoral (Gonçalves; Haas, 2021).

1.4 Nanopartículas no diagnóstico do câncer

O diagnóstico precoce do câncer é essencial para aumentar as chances de sucesso no tratamento. Entretanto, métodos convencionais, como hemogramas, biópsias, ultrassonografias, tomografias e ressonâncias magnéticas, ainda apresentam limitações, especialmente na detecção de

tumores em estágios iniciais. Nesse contexto, o uso de nanomateriais aplicados como marcadores ou sensores tem se destacado por proporcionar maior sensibilidade e especificidade, favorecendo a identificação precoce de alterações tumorais e, conseqüentemente, melhores prognósticos (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022).

As nanopartículas metálicas, como as de ouro e prata, destacam-se por sua capacidade de amplificar sinais ópticos e eletroquímicos, tornando os sensores mais sensíveis e específicos (Troncoso, 2022). As nanopartículas magnéticas, devido às suas propriedades superparamagnéticas, são amplamente aplicadas como agentes de contraste em exames de ressonância magnética (RM) e no desenvolvimento de biossensores, onde sua manipulação por campos magnéticos externos permite alta especificidade na detecção de biomarcadores tumorais (Santos *et al.*, 2022).

O desenvolvimento de dispositivos de diagnóstico baseados em nanotecnologia tem ganhado destaque, especialmente os biossensores portáteis utilizados no conceito de *point-of-care*, ou seja, diagnóstico no local de atendimento. Essa abordagem permite a realização de exames rápidos, sensíveis e de baixo custo, com potencial para aplicação em ambientes com pouca infraestrutura, como unidades básicas de saúde e comunidades remotas (Teixeira, 2021). Esses sistemas representam uma revolução ao possibilitar a detecção precoce de alterações tumorais fora do ambiente hospitalar, contribuindo para o rastreamento populacional e para a medicina preventiva (Teixeira, 2021).

O uso de nanopartículas em diagnósticos representa uma mudança significativa em relação aos métodos convencionais, como biópsias invasivas ou exames com baixa sensibilidade (Lopes; Torres, 2019). Ainda segundo as autoras, as nanopartículas podem atuar como sistemas de entrega de contraste, marcadores intracelulares ou plataformas para biossensores, possibilitando uma análise mais precisa e, muitas vezes, menos invasiva (Lopes; Torres, 2019).

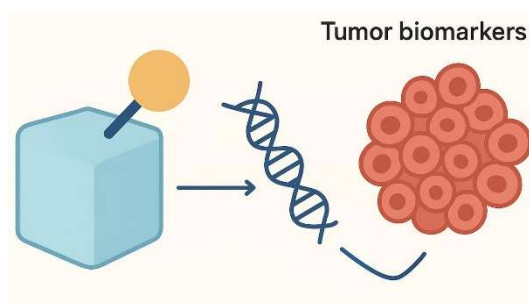
Nanopartículas funcionalizadas têm se destacado na detecção precoce de células tumorais, por sua capacidade de reconhecer biomarcadores específicos do câncer, o que reforça seu valor como ferramenta diagnóstica. Ainda segundo os autores, essas estruturas, ao interagirem seletivamente com células neoplásicas, possibilitam um mapeamento mais sensível e preciso,

especialmente em fases iniciais da doença (Oliveira; Lima, 2021; Sousa *et al.*, 2024).

Nanopartículas presentes no organismo podem ser fagocitadas por meio do reconhecimento de ligantes na sua superfície por receptores celulares superexpressos em tumores (Joanitti; Moraes; Azevedo, 2022, p. 232).

As nanopartículas magnéticas têm sido amplamente estudadas como ferramentas promissoras em sensores para o diagnóstico do câncer, como ilustrado na figura 4, devido à sua capacidade de identificar biomarcadores de forma precisa e sensível (Troncoso, 2022).

Figura 4 – Nanossensor detectando biomarcadores tumorais



Fonte: autora do trabalho (2025)

Pesquisas demonstraram a aplicação prática dessa tecnologia no câncer de próstata, utilizando chips magneto-nanossensores capazes de detectar simultaneamente múltiplos biomarcadores, incluindo o antígeno específico da próstata (PSA) e autoanticorpos, por meio do fenômeno da magnetorresistência gigante. Esses dispositivos oferecem potencial para aprimorar estratégias de diagnóstico precoce e reduzir procedimentos invasivos desnecessários (Xu *et al.*, 2019).

Estudos também enfatizam o desenvolvimento de nanossensores fluorescentes projetados para interagir com enzimas associadas ao câncer, liberando moléculas que emitem fluorescência e podem ser detectadas na urina. Essa abordagem permite um diagnóstico minimamente invasivo, ou seja, sem necessidade de procedimentos dolorosos ou complexos (Holt *et al.*, 2018 *apud* Troncoso, 2022). Em publicações mais recentes, é ressaltado que plataformas de biomarcadores sintéticos ultrasensíveis estão sendo desenvolvidas para

aprimorar ainda mais a detecção precoce e acessível de doenças, indicando perspectivas futuras promissoras para o nanodiagnóstico (Gamboa *et al.*, 2023).

A nanotecnologia tem contribuído para o avanço da medicina personalizada, permitindo que exames sejam ajustados de acordo com os perfis moleculares de cada paciente, o que aumenta as chances de detecção precoce e melhora o prognóstico (Ribeiro; Rezende, 2023).

Tem sido evidenciado que a integração entre nanopartículas e técnicas de imageamento possui potencial para aprimorar a acurácia diagnóstica (Santana *et al.*, 2024). Da mesma forma, reforça-se a viabilidade do uso clínico dessas tecnologias no futuro próximo (Troncoso, 2022; Lopes; Torres, 2019).

Embora os desafios como a padronização dos métodos, a biocompatibilidade e a eliminação segura dessas estruturas ainda sejam discutidos, o cenário é otimista. Os autores complementam que, com o avanço das pesquisas, a tendência é que o uso de nanopartículas se torne cada vez mais comum em protocolos diagnósticos (Joanitti; Moraes, Azevedo, 2022; Oliveira; Lima, 2021).

Com base nos avanços apresentados, a nanotecnologia ocupa uma posição transformadora na medicina, sobretudo na oncologia. As nanopartículas, sejam metálicas, magnéticas ou híbridas, não apenas ampliam as possibilidades no diagnóstico precoce, mas também oferecem soluções terapêuticas inovadoras, integrando diagnóstico e tratamento em abordagens cada vez mais personalizadas, eficientes e seguras (Gonçalves; Haas, 2021; Santos *et al.*, 2024).

A principal contribuição das nanopartículas no diagnóstico do câncer está em sua capacidade de reconhecimento específico de alvos moleculares, mesmo em níveis extremamente baixos, o que amplia a detecção precoce e o monitoramento da progressão tumoral (Sousa *et al.*, 2024). Os autores ressaltam que a personalização dos exames com base no perfil genético e celular de cada paciente é uma tendência crescente e possível graças aos avanços da nanotecnologia diagnóstica (Sousa *et al.*, 2024).

REFERÊNCIAS

GAMBOA, Lena *et al.* **Synthetic biomarker platforms for early detection of disease.** In: World Scientific Publishing Company, Atlanta, EUA, v. 3, p. 1-47, 2023. DOI: https://doi.org/10.1142/9789811226113_0001

GARCIA, Vinícius Barreto. **Utilização de nanopartículas teranósticas de ouro como método de contraste em imunofluorescência e citometria de fluxo para o diagnóstico de doenças inflamatórias associadas ao câncer.** 2021. 64 f. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

GONÇALVES, Laura Faustino; HAAS, Patrícia. Efetividade da nanotecnologia para medicamentos em pacientes com câncer: revisão integrativa da literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. 1-8, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i13.21682>.

INCA. **INCA estima 704 mil casos de câncer por ano no Brasil até 2025.** Instituto Nacional de Câncer, 2022d. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/noticias/2022/inca-estima-704-mil-casos-de-cancer-por-ano-no-brasil-ate-2025>. Acesso em: 10 abr. 2025.

INCA. **O que causa o câncer?** Instituto Nacional de Câncer, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/o-que-causa-o-cancer>. Acesso em: 10 abr. 2025.

INCA. **O que é câncer?** Instituto Nacional de Câncer, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/o-que-e-cancer>. Acesso em: 10 abr. 2025.

JOANITTI, Graziella Anselmo; MORAIS, Paulo César de; AZEVEDO, Ricardo Bentes de. **Nanotecnologia: considerações em materiais, saúde e meio ambiente.** Brasília. Editora Universidade de Brasília, p.220-255, 2022.

KUMAR, Vinay; ABBAS, Abul K.; ASTER, Jon C. **Robbins: Patologia Básica.** 10 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018. Cap. 6 – Neoplasia, p. 637-817.

LOPES, Juliana Carvalho; TORRES, Maria Lúcia Pereira. Utilização de nanopartículas no tratamento do câncer: Aspectos gerais, mecanismos de ação antineoplásicos e aplicabilidades tumorais. **Revista Brasileira de Cancerologia**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. e-13400, 2020. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2019v65n4.400.

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, Rafael Furlan de; MARTINEZ, Diego Stefani Teodoro; FAZZIO, Adalberto. A nanotecnologia na saúde: a nanotecnologia e os nanomateriais são elementos centrais para a inovação e solução de problemas na área da

saúde. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 74, n. 4, [s.p.] 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369522993_A_nanotecnologia_na_saude_a_nanotecnologia_e_os_nanomateriais_sao_elementos_centrais_para_a_inovacao_e_solucao_de_problemas_na_area_da_saude. Acesso em: 10 abr. 2025.

RIBEIRO, Adriana Pereira Moraes; REZENDE, Gabriel de Oliveira. A medicina teranóstica e o uso da nanotecnologia no diagnóstico e tratamento de neoplasias malignas: aplicações, desafios e perspectivas. **Revista FT**, Amazonas, 2023. Disponível em: <https://revistافت.com.br/a-medicina-teranostica-e-o-uso-da-nanotecnologia-no-diagnostico-e-tratamento-de-neoplasias-malignas-aplicacoes-desafios-e-perspectivas/>. Acesso em: 08 abr. 2025.

RODRIGUES, Priscila de Oliveira Pio; CLAUDIANO, Antonia Rosangela Freitas; ARAÚJO, Elisangela Pires Querino de. Nanotecnologia aplicada a tratamento do câncer. **Observatório de la Economía Latinoamericana**. Curitiba, v.21, n.9, p. 10501-10513. 2023. DOI: 10.55905/oelv21n9-002

SANTANA, Elisabete Soares de *et al.* Nanopartículas magnéticas como sistemas avançadas de entrega de fármacos: potencial terapêutico, desafios para a melhoria dos tratamentos. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 13, p. 01-13, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.13-243

SANTOS, Carolina Cardoso *et al.* Nanomagnetismo no diagnóstico precoce e tratamento do câncer: uma revisão narrativa. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 28104–28126, 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-501>.

SOUSA, Thiago Andrews Gonçalves de *et al.* Nanotecnologia na medicina: potenciais avanços no diagnóstico e tratamento do câncer. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 7, n. 10, p. 01-04, 2024. DOI: 10.34119/bjhrv7n10-206

TEIXEIRA, Victória Cacita. **Nanotecnologia e diagnóstico na medicina**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia-Bioquímica) – Universidade de São Paulo – São Paulo, 2021.

TRONCOSO, Mauricio Esteban Araya. **Nanopartículas como sensores para aplicaciones en el diagnóstico clínico**. 2022. Monografia (Bacharelado em Ciências Naturais y Exatas) – Universidade do Chile, 2022.

XU, Lingyun *et al.* Improved detection of prostate cancer using a magneto-nanosensor assay for serum circulating autoantibodies. **PLoS ONE**, Universidade Estadual de Ohio, EUA, v. 14, n. 8, e0221051, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221051>.

ARTIGO**A EFICÁCIA DA NANOTECNOLOGIA NO DIAGNÓSTICO DO CÂNCER:
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

MARTINS, T.V.¹
SILVA, V.L.²

RESUMO

A nanotecnologia aplicada ao diagnóstico do câncer representa um avanço significativo nas ciências biomédicas, especialmente pelo uso de nanopartículas capazes de identificar biomarcadores tumorais com alta precisão. Essas estruturas, como as metálicas e magnéticas, apresentam propriedades físico-químicas que ampliam a sensibilidade e a especificidade dos exames, favorecendo a detecção precoce e o monitoramento de neoplasias. Quando associadas a biossensores e agentes de contraste, permitem diagnósticos mais rápidos, personalizados e menos invasivos. Apesar dos desafios relacionados à nanotoxicidade e à padronização dos métodos, a nanotecnologia consolida-se como uma ferramenta promissora no diagnóstico oncológico, alinhada aos princípios da medicina de precisão e da saúde digital.

Palavras-chave: Nanopartículas. Biossensores. Nanomedicina. Oncologia.

ABSTRACT

Nanotechnology applied to cancer diagnosis represents a significant advance in biomedical sciences, especially through the use of nanoparticles capable of identifying tumor biomarkers with high precision. These structures, such as metallic and magnetic ones, exhibit physicochemical properties that enhance the sensitivity and specificity of examinations, favoring early detection and monitoring of neoplasms. When combined with biosensors and contrast agents, they enable faster, more personalized, and less invasive diagnostics. Despite challenges related to nanotoxicity and methodological standardization, nanotechnology is consolidated as a promising tool in oncological diagnosis, aligned with the principles of precision medicine and digital health.

Keywords: Nanoparticles. Biosensors. Nanomedicine. Oncology.

¹ Thamilly Vitória Martins, Graduanda de Biomedicina da Faculdade de Apucarana – FAP. Apucarana – PR. 2025.

² Vinicius Lopes da Silva, Orientador da Pesquisa. Docente do Curso de Biomedicina da Faculdade de Apucarana – FAP. Apucarana – PR. 2025. Contato: viniciuslopesbio@gmail.com

INTRODUÇÃO

A nanotecnologia se destaca por sua capacidade de transformar como a medicina detecta e compreende os tumores, possibilitando a identificação de alterações moleculares antes mesmo que sinais clínicos apareçam (Oliveira; Lima, 2021). As nanopartículas são protagonistas nesse avanço, sendo aplicadas em exames de imagem e biossensores que oferecem maior precisão e especificidade no rastreamento de biomarcadores tumorais (Sousa *et al.*, 2024).

O desenvolvimento de biossensores e nanomateriais funcionais tem ampliado a sensibilidade dos exames diagnósticos, tornando possível detectar biomarcadores tumorais com maior precisão (Oliveira; Martinez; Fazzio, 2022).

De forma complementar, a convergência entre a nanociência e as tecnologias disruptivas, como a inteligência artificial, o aprendizado de máquina e os biossensores, tem se transformado a medicina de precisão, permitindo diagnósticos inteligentes, individualizados e em tempo real. Essa integração tecnológica representa uma nova fase da saúde digital, chamada *Healthcare 4.0*, na qual a nanotecnologia ocupa papel central no aprimoramento dos métodos diagnósticos (Orozco, 2023).

Os nanomateriais apresentam propriedades físico-químicas únicas que favorecem sua aplicação médica, tanto na detecção quanto na terapia do câncer. Tais propriedades, como a alta área superficial e atividade química controlada, possibilitam o desenvolvimento de agentes teranósticos, capazes de realizar simultaneamente o diagnóstico e o tratamento, reduzindo o tempo e a toxicidade dos procedimentos (Flores *et al.*, 2023).

As inovações tecnológicas aplicadas ao diagnóstico do câncer, como o uso de nanopartículas e inteligência artificial, têm contribuído para o rastreamento mais ágil e seguro das neoplasias, reduzindo falhas diagnósticas e auxiliando a tomada de decisão clínica (Nazareno *et al.*, 2023).

Nesse cenário, o avanço da nanotecnologia na medicina representa uma fronteira promissora, em constante desenvolvimento e com potencial de transformar significativamente o panorama diagnóstico, especialmente no combate contra o câncer. Esses avanços demonstram que a nanotecnologia vem se tornando uma ferramenta essencial para diagnósticos mais rápidos, precisos

e personalizados, representando um marco da evolução das ciências biomédicas e no combate ao câncer.

A pesquisa explorou o conceito de nanotecnologia e suas aplicações, apresentando uma análise detalhada sobre as diferentes nanopartículas, incluindo as metálicas e magnéticas. Além disso, discutiu o desenvolvimento do câncer, destacando seus mecanismos biológicos e processos de progressão, e abordou a aplicação das nanopartículas no diagnóstico oncológico, evidenciando seus benefícios e desafios. O objetivo geral do estudo consiste em analisar como as nanopartículas podem contribuir para a melhoria da precisão nos diagnósticos de câncer. Nesse contexto, busca-se conceituar as nanopartículas, destacando seus atributos e funcionalidades; demonstrar a aplicabilidade das tecnologias relacionadas às nanopartículas no diagnóstico do câncer; e avaliar como essas estruturas nanométricas podem facilitar a detecção precoce de tumores e metástases, promovendo diagnósticos mais sensíveis, rápidos e eficientes.

O tema foi escolhido devido ao interesse da autora por inovações tecnológicas aplicadas à área biomédica, especialmente no desenvolvimento de estratégias que tornem os diagnósticos mais sensíveis, rápidos e acessíveis. Considerando que o câncer é uma das doenças que mais afetam a população mundial, a detecção precoce é fundamental para aumentar as chances de cura e reduzir a mortalidade.

Assim, o presente estudo busca contribuir para a compreensão do potencial da nanotecnologia no diagnóstico do câncer, destacando não apenas os benefícios, mas também os desafios e perspectivas dessa abordagem inovadora.

METODOLOGIA

Esta pesquisa retrata uma revisão bibliográfica integrativa, com delineamento metodológico de natureza qualitativa. Buscando por artigos científicos no período de 2021 a 2024 onde foi utilizado a base de dados google acadêmico, em idiomas nacional e estrangeira.

Foram utilizados os seguintes termos: nanotecnologia, nanopartículas, diagnóstico e câncer, com os critérios de inclusão sendo artigos que abordassem

a nanotecnologia aplicada ao diagnóstico do câncer, incluindo nanopartículas metálicas e magnéticas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente pesquisa teve como finalidade investigar como as nanopartículas podem contribuir para a melhoria da precisão dos diagnósticos de câncer. Para esse fim, foi realizada uma busca sistemática no Google Acadêmico, utilizando o descritor “nano diagnóstico câncer”. Sem delimitação de período, a busca retornou aproximadamente 10.600 resultados; ao restringir ao período de 2021 a 2024, e considerando a presença de citações, obtiveram-se 3.480 publicações, e sem considerar citações, 3.190 publicações, abrangendo artigos, dissertações, teses, monografias, livros e outros materiais. Diante desse número expressivo, utilizando-se critérios de inclusão e exclusão, considerando apenas trabalhos que abordassem de forma direta a aplicação de nanopartículas no diagnóstico do câncer. Após esse processo, restaram 56 publicações pertinentes. Em seguida, optou-se por restringir a análise aos artigos científicos, por apresentarem maior rigor metodológico e relevância acadêmica, selecionando-se 12 artigos que oferecem contribuições significativas ao tema, permitindo compreender os avanços já alcançados e as perspectivas do uso das nanopartículas como ferramentas inovadoras para a detecção do câncer.

Quadro 1 – Principais avanços relatados em estudos revisados

Autor/ano	Tipo de nanopartícula/ recurso	Avanço principal	Potencial para o diagnóstico
Almada <i>et al.</i> (2022)	AuNPs	Propriedades físico-químicas, ópticas.	Diagnósticos mais precisos
Flores <i>et al.</i> (2023)	Biossensores	Maior rapidez e precisão	Identificação de biomarcadores tumorais
Herrera (2023)	Biomarcadores	Avanços em testes (PHI, 4KScore e miRNAs)	Redução de falsos positivos

Ocaña <i>et al.</i> (2022)	Nanopartículas magnéticas	Biocompatibilidade e contraste	Aprimoramento em imagens oncológicas
Nazareno <i>et al.</i> (2023)	Nanotecnologia aplicada ao diagnóstico	Redução de falsos negativos	Diagnóstico confiável em estágios iniciais
Oliveira; Lima (2021)	Nanotecnologia aplicada à oncologia	Diagnóstico precoce e terapias direcionadas	Maior sensibilidade e especificidade
Oliveira; Martinez; Fazzio (2022)	Nanopartículas funcionalizadas	Deteção tumorais circulantes	Maior precisão diagnóstica
Orozco (2023)	Nanopartículas de ouro	Melhora do contraste em exames de imagem	Visualização aprimorada de tumores
Sandoval; Luna; Casallas (2023)	SPIONs	Transporte sanguíneo e agentes de contraste	Robustez em exames
Simóis <i>et al.</i> (2024)	Nanopartículas híbridas de prata	Estabilidade e fluorescência combinadas	Imagem biomédica de alta resolução
Luna (2024)	IA, sensores, medicina nuclear	Interação tecnológica	Diagnósticos rápidos e personalizados
Souza (2024)	Diagnóstico por imagem	IA e maior precisão	Confiabilidade em exames

Fonte: autora do trabalho (2025)

Como demonstrado no quadro 1, Oliveira e Lima (2021) destacam que a nanomedicina constitui um recurso eficaz no diagnóstico e no tratamento do câncer, devido à especificidade celular e à capacidade de reduzir efeitos adversos em comparação às terapias convencionais (Oliveira; Lima, 2021). Nesse contexto, Sandoval, Luna e Casallas (2023) analisam a evolução das nanopartículas em aplicações médicas, destacando a relevância das nanopartículas magnéticas superparamagnéticas (SPIONs) no transporte pelo

sangue e no uso como agentes de contraste em exames diagnósticos. Enquanto Oliveira e Lima (2021) apresentam uma visão ampla sobre a importância da nanotecnologia no desenvolvimento de métodos diagnósticos mais direcionados, os autores subsequentes evidenciam aplicações práticas específicas, conferindo maior robustez ao campo da nanomedicina.

O diagnóstico por imagem, por sua vez, vem passando por um processo de transformação marcado pela inserção de inteligência artificial, integração de sistemas e maior precisão tecnológica, fatores que ampliam a precisão e confiabilidade dos exames (Souza *et al.*, 2024). Complementarmente, Ocaña *et al.* (2022) ressaltam que as nanopartículas magnéticas apresentam características de biocompatibilidade e eficiência como agentes de contraste, oferecendo o aprimoramento das técnicas de imagem no diagnóstico oncológico. Enquanto Souza *et al.* (2024) discutem tendências futuras em um panorama mais amplo, Ocaña *et al.* (2022) concentram-se na aplicação prática das nanopartículas magnéticas. Por fim, os autores evidenciaram como a interação entre nanotecnologia e inovações em diagnóstico por imagem pode potencializar a precisão clínica e favorecer a detecção precoce do câncer.

Além dos avanços relacionados às técnicas de imagem, outras estratégias igualmente relevantes vêm sendo exploradas, como o uso de biomarcadores no diagnóstico do câncer de próstata, os biomarcadores representam um avanço importante para o diagnóstico do câncer de próstata, uma vez que testes como PHI, 4KScore e miRNAs urinários aumentam a sensibilidade e reduzem a ocorrência de falsos positivos (Herrera *et al.*, 2023). Luna (2024) amplia essa perspectiva ao demonstrar que inovações tecnológicas, como inteligência artificial, sensores e medicina nuclear, contribuem para a precisão diagnóstica e favorecem uma abordagem mais personalizada. Enquanto Herrera *et al.* (2023) enfatizam a relevância dos biomarcadores moleculares, Luna (2024) direciona a análise para ferramentas tecnológicas aplicadas ao contexto clínico. Tais contribuições demonstram que os biomarcadores e tecnologias emergentes desempenham papel fundamental na detecção precoce e precisa do câncer, corroborando a relevância da nanotecnologia no aprimoramento do diagnóstico oncológico.

Oliveira, Martinez e Fazzio (2022) evidenciaram que nanopartículas funcionalizadas com anticorpos específicos identificam células tumorais circulantes com maior precisão que métodos tradicionais. Orozco (2023) destacou o uso de nanopartículas de ouro como agentes de contraste em exames de imagem, aumentando a visualização de lesões tumorais. Flores *et al.* (2023) investigaram biossensores baseados em nanopartículas, mostrando maior rapidez e confiabilidade na detecção de biomarcadores. Nazareno *et al.* (2023) evidenciaram que o uso da nanotecnologia reduz falsos negativos, favorecendo diagnósticos confiáveis mesmo em estágios iniciais da doença. Esses resultados corroboram a eficácia da nanotecnologia na detecção precoce do câncer, reforçando avanços em sensibilidade, especificidade e agilidade dos exames clínicos.

No campo das inovações diagnósticas, além de biomarcadores e ferramentas tecnológicas, as nanopartículas metálicas oferecem uma abordagem diferenciada. As propriedades físico-químicas, ópticas e eletrônicas das nanopartículas de ouro (AuNPs) apresentam grande potencial tanto para a detecção quanto para o tratamento de tumores. Contudo, ainda existem desafios a serem superados, em relação à estabilidade e padronização das nanopartículas (Almada *et al.*, 2022). Simóis *et al.* (2024) complementam ao relatar a síntese de nanopartículas híbridas de prata, caracterizadas pela combinação de radioatividade e fluorescência demonstraram estabilidade e potencial biomédico relevante. Enquanto Almada *et al.* (2022) enfatizam aplicações terapêuticas associadas ao diagnóstico, Simóis *et al.* (2024) concentram-se no desenvolvimento de técnicas inovadoras de imagem. Esses resultados evidenciam como diferentes tipos de nanopartículas metálicas podem contribuir para diagnósticos mais precisos e personalizados no câncer.

De modo geral, os estudos analisados evidenciam que a nanotecnologia, por meio de diferentes tipos de nanopartículas e tecnologias associadas, representa uma ferramenta promissora para o aprimoramento do diagnóstico oncológico. As contribuições reforçam o objetivo desta pesquisa ao demonstrarem que tais avanços podem contribuir para diagnósticos mais precoces, específicos e personalizados, consolidando a nanotecnologia como um recurso de relevância crescente na área da saúde.

CONCLUSÃO

Os estudos analisados evidenciam avanços significativos na utilização das nanopartículas como ferramentas inovadoras para o diagnóstico do câncer, seja por meio de biomarcadores, do aprimoramento das técnicas de imagem ou aplicação de nanopartículas metálicas e magnéticas. Tais resultados demonstram que a nanotecnologia se caracteriza como uma área promissora, capaz de favorecer diagnósticos mais precoces, específicos e personalizados, alinhando-se ao objetivo central desta pesquisa. Nesse sentido, espera-se que a nanotecnologia se consolide definitivamente como um recurso indispensável para o diagnóstico oncológico.

REFERÊNCIAS

ALMADA, M. ET AL. La Edad de Oro: Nanomateriales Metálicos Teragnósticos Emergentes. **INVIRNUS**, Sonora - México, v. 17, n. 1, p. 1-8, 2022 DOI: 10.46588/invurnus.v17i1.55.

FLORES, S. L. E. et al. Nanomateriales: conceptos, aplicación en nanoterapia y regulaciones. **QuímicaViva**, Coahuila, México, v. 22, n. 1, [s.p.]. Disponível em: [http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/articulo.php?id=362#:~:text=Nanomateri](http://www.quimicaviva.qb.fcen.uba.ar/articulo.php?id=362#:~:text=Nanomateri%20conceptos,%20aplicaci%C3%B3n%20en%20nanoterapia%20y%20regulaciones) ales:%20conceptos,%20aplicaci%C3%B3n%20en%20nanoterapia%20y%20regulaciones. Acesso em: 14 out. 2025.

HERRERA, R. E. B. et al. Desde el laboratorio hasta la próstata: Explorando los recientes avances en pruebas diagnósticas para el cáncer. **Revista latinoamericana de ciências sociais y humanidades**, Universidad de Guayaquil - Ecuador, 2023.

OCAÑA, Y. L. et al. Métodos de obtención y aplicación de nanopartículas magnéticas en el tratamiento y diagnóstico del cáncer: una revisión. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, Bogotá, Colômbia, v. 46, n. 178, p. 7–26, 2022. DOI: 10.18257/raccefyn.1560.

NAZARENO, A. C. Panorama geral, fitomoléculas e inovações tecnológicas efetuadas no diagnóstico e tratamento do câncer cervical. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 6, n. 6, p. 33281-33301, nov./dec. 2023.

OLIVEIRA, A. M. B.; LIMA, B. S. de S. Nanomedicina: Aplicações no diagnóstico e tratamento do câncer. **Revista Saúde e Meio Ambiente – RESMA**, Três Lagoas-MS, v.12, n.1, p.84-101, janeiro/julho. 2021.

OLIVEIRA, R. F. de; MARTINEZ, D. S. T.; FAZZIO, A. A nanotecnologia na saúde: a nanotecnologia e os nanomateriais são elementos centrais para a inovação e solução de problemas na área da saúde. **Ciência e cultura**, São Paulo, v. 74, n. 4, [s.p.] 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/369522993_A_nanotecnologia_na_saude_a_nanotecnologia_e_os_nanomateriais_sao_elementos_centrais_para_a_inovacao_e_solucao_de_problemas_na_area_da_saude. Acesso em: 14 out. 2025.

OROZCO, J. Nanociencia, nanotecnología y tecnologías disruptivas en el contexto de la medicina de precisión. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales**, Bogotá, Colombia, v. 47, n. 183, p. 221–241, 2023. DOI: [10.18257/raccefyn.1895](https://doi.org/10.18257/raccefyn.1895).

SANDOVAL, C. A. G.; LUNA, E. del P. I.; CASALLAS, L. H. C. Evolution of the use of nanoparticles in cancer diagnosis and treatment. **Visión Electrónica**, Bogotá, Colômbia, v. 17, n. 1, p.97-108, janeiro/junho. 2023. DOI: <https://doi.org/10.14483/22484728.18955>

LUNA, J. S. Innovaciones tecnológicas utilizadas como herramientas diagnósticas em la detección del cáncer de próstata. **Interciencia méd**, Lima-Peru, v. 14, n. 4, p. 60-79. 2024. DOI: <https://doi.org/10.56838/icmed.v14i4.231>

SIMÓIS, S. et al. 99mTc-AgNPs-ICG: nanoparticle for hybrid image. **Salud Militar**, Montevideú, Uruguai, v. 43, n.1, p. 1-10, 2024. DOI: 10.35954/SM2024.43.1.5.e302.

SOUZA, C. J. S. de et al. Cenário atual e tendências futuras do diagnóstico por imagem. **Revista Acervo Saúde**, Belém-PA, v. 24, n. 10, p. 1-10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.25248/REAS.e18317>. 2024.

NORMAS PARA A PUBLICAÇÃO DE ARTIGOS - REVISTA F@PCIÊNCIA

Os artigos encaminhados serão submetidos à avaliação de até três consultores, especialistas na área atinente à temática do artigo, e a aprovação do Comitê Editorial da F@P CIÊNCIA, com base nas Normas Próprias de Publicação da Revista Eletrônica.

O ISSN da revista eletrônica é 1984-2333 e o título abreviado é F@P Cien., forma que deve ser usada em bibliografias, notas de rodapé, referências e legendas bibliográficas.

Serão aceitos trabalhos para as seguintes seções:

- (1) Revisão – revisão da literatura;
- (2) Artigos – resultado de pesquisa de natureza empírica, experimental ou conceitual (mínimo de 05 e o máximo de 12 laudas);
- (3) Notas – nota prévia, relatando resultados parciais ou preliminares de pesquisa;
- (4) Resenhas – resenha crítica de livro (As Resenhas poderão ter no máximo três páginas e deverão tratar de livros publicados nos últimos 05 anos);
- (5) Fórum – seção destinada à publicação de 2 a 3 artigos coordenados entre si, de diferentes autores, e versando sobre tema de interesse atual.

Os autores devem submeter os manuscritos no formato eletrônico, exclusivamente, por meio do endereço fapciencia@fap.com.br, já configurados para o papel A4, observando as seguintes indicações do arquivo:

- salvo em modo “doc” ou “rtf”;
- margens sup/esq de 3 cm e inf/dir de 2 cm;
- fonte Arial 12 no corpo do texto. (Em nota de rodapé, a fonte é Times New Roman 10, alinhada à esquerda);
- espaçamento entre linhas de 1,5 cm.

Os textos deverão ser escritos em português e as figuras, gráficos e tabelas, se necessários, devem ser incluídos diretamente no texto no formato

JPG, JPEG ou GIF, nos locais adequados e não em anexo, seguindo as normas da ABNT. Veja modelo no Guia de Normas Trabalhos Acadêmicos, no site da FAP. Na primeira página figurará:

- 1) Título do trabalho (Arial, tamanho 12, negrito, centralizado e caixa alta, sem ponto final);
- 2) Autoria (graduando e orientador – um abaixo do outro (apenas o autor graduando sublinhado), alinhados à direita, fonte arial 12, primeiro sobrenome por extenso em caixa alta, vírgula, nome com a abreviação das iniciais, indicando numeração de referência com especificação em nota de rodapé);

Exemplo:

- 3) Nota de rodapé na nota constará a descrição do(s) autor(es): nome completo por extenso, instituição a que pertence, fonte financiadora (quando necessário), ano, e email de contato (fonte 10, Times New Roman, alinhado à esquerda, espaçamento simples);

Exemplo:

- 4) Resumo e Abstract (as palavras RESUMO e ABSTRACT são em negrito, arial 12, maiúsculas e alinhadas à esquerda; já o texto deve ser em fonte arial, sem negrito, tamanho 12, conter de 100 a 250 palavras, e ter de 3 a 5 palavras-chave separadas por ponto, com as iniciais em maiúsculo (NBR 6022);

Os textos destinados a seção de Artigos devem impreterivelmente apresentar os tópicos: INTRODUÇÃO, OBJETIVOS, METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO, CONCLUSÃO E REFERÊNCIAS. Estes tópicos não são numerados, a fonte é arial, tamanho 12 e deve ser em caixa alta. A introdução e objetivos podem vir de forma separada ou conjunta, bem como os resultados e discussão. Se necessárias alterações de pequena monta serão realizadas pelo Conselho Editorial visando adequação às normas e melhoria do texto.

As citações de autores no corpo do texto subordinar-se-ão às Normas Técnicas da ABNT – NBR 10520 (19/07/2023). Lembrando que é obrigatória a menção do número de página quando se tratar de citação direta.

Exemplos: - Citação com um autor:

(Martins, 1980, p. 17) ou Martins (1980, p. 17)

- Quando se tratar de até três autores, todos serão citados:

(Martins; Dutra; Souza, 1981) ou Martins, Dutra e Souza (1981)

- Quando a citação for com mais de três autores citar o primeiro seguido de et al.:

(Martins et al., 1980) ou Martins et al. (1980)

- Quando o autor é uma instituição:

(IBGE, 1986, p. 35) ou segundo o IBGE (1986, p. 35)

- Sem autoria: a referência entra pela primeira palavra do título do comento, seguida de reticências entre chaves, na citação fica:

(A Economia [...], 2018)

- Aos diferentes títulos de um autor publicados no mesmo ano, adiciona-se uma letra depois da data:

(Braga, 2017a) e (Braga, 2017b) ou Braga (2017a) e Braga (2017b)

As referências documentárias no final do texto devem seguir as Normas Técnicas da ABNT. Veja modelos no Guia de Normas Trabalhos Acadêmicos, da Bibliotecária Ilma A. F. Serrante, no site da FAP.

Observação: Os textos apresentados no artigo são de inteira responsabilidade de seus autores, tanto em relação ao conteúdo quanto à questão de revisão gramatical e normas.