



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
***CAMPUS* TERESINA CENTRAL**
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA

EDINALDO RODRIGUES DA SILVA

**NANOCIÊNCIA COMO TEMA GERADOR PARA PROMOVER APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA EM QUÍMICA INSTRUMENTAL**

TERESINA, 2025

EDINALDO RODRIGUES DA SILVA

**NANOCIÊNCIA COMO TEMA GERADOR PARA PROMOVER APRENDIZAGEM
SIGNIFICATIVA EM QUÍMICA INSTRUMENTAL**

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí, Campus Teresina Central .

Orientador(a): Prof. Dr. Vicente Galber Viana

Coorientador(a): Prof.^a Dr. Deuzuita dos Santos Freitas
Viana

TERESINA, 2025

NANOCIÊNCIA COMO TEMA GERADOR PARA PROMOVER APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM QUÍMICA INSTRUMENTAL

Edinaldo Rodrigues da Silva¹

Deuzuíta dos Santos Freitas Viana (coorientadora)²

Vicente Galber Viana (Orientador)³

RESUMO

A nanociência surgiu a partir de avanços teóricos e tecnológicos que possibilitaram a manipulação da matéria em escala nanométrica, destacando-se como um campo interdisciplinar com amplas aplicações científicas e tecnológicas. No contexto educacional, especialmente no ensino de Química Instrumental, a elevada abstração de conteúdos como espectroscopia, estrutura molecular e propriedades físico-químicas representa um desafio à aprendizagem. Diante disso, este trabalho teve como objetivo analisar o potencial da nanociência como tema gerador para promover aprendizagem significativa no ensino de Química Instrumental. A pesquisa apresenta abordagem qualitativa, de natureza teórica e educativa, fundamentada em revisão bibliográfica e em ações pedagógicas aplicadas em turmas do ensino superior. A metodologia foi organizada em duas etapas: palestras expositivas sobre os fundamentos da nanociência e nanotecnologia e oficinas demonstrativas envolvendo a formação de nanopartículas de prata, com ilustrações conceituais por meio da espectroscopia UV-Vis, sem coleta de dados quantitativos ou avaliação individual dos participantes. Os resultados e discussões basearam-se em observações conceituais e reflexões teóricas, indicando que a contextualização dos conteúdos por meio da nanociência favoreceu maior compreensão dos princípios da Química Instrumental, aproximando teoria e prática e estimulando o interesse acadêmico. Conclui-se que a nanociência apresenta significativo potencial como estratégia metodológica no ensino superior de Química, contribuindo para a aprendizagem significativa, a interdisciplinaridade e a inovação das práticas pedagógicas.

Palavras-chave: nanociência; nanotecnologia; Química instrumental.

¹Graduando em Licenciatura em Química. IFPI - Campus, Teresina Central.
rodriguesdasilvaedinaldo124@gmail.com

² Professora Dra. Universidade Estadual Do Maranhão (UEMA)
deuzuitasfv@gmail.com

³Professor Dr. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Piauí Campus Teresina Central
galber@ifpi.edu.br

ABSTRACT

Nanoscience emerged from theoretical and technological advances that enabled the manipulation of matter on the nanometric scale, standing out as an interdisciplinary field with broad scientific and technological applications. In the educational context, especially in the teaching of Instrumental Chemistry, the high level of abstraction of topics such as spectroscopy, molecular structure, and physicochemical properties represents a challenge to learning. In this regard, this study aimed to analyze the potential of nanoscience as a generative theme to promote meaningful learning in Instrumental Chemistry education. The research adopts a qualitative approach of a theoretical and educational nature, grounded in a literature review and in pedagogical activities applied to higher education classes. The methodology was organized into two stages: expository lectures on the fundamentals of nanoscience and nanotechnology, and demonstrative workshops involving the formation of silver nanoparticles, with conceptual illustrations through UV–Vis spectroscopy, without the collection of quantitative data or individual assessment of participants. The results and discussion were based on conceptual observations and theoretical reflections, indicating that contextualizing content through nanoscience favored a greater understanding of the principles of Instrumental Chemistry, bringing theory and practice closer together and stimulating academic interest. It is concluded that nanoscience has significant potential as a methodological strategy in higher education Chemistry, contributing to meaningful learning, interdisciplinarity, and the innovation of pedagogical practices.

Keywords: nanoscience; chemistry teaching; active methodologies; abstraction; interdisciplinarity.

Data de aprovação: 17/12/2025

1 INTRODUÇÃO

A história da nanociência teve início com ideias teóricas e avanços tecnológicos que permitiram a manipulação da matéria em escala nanométrica. O marco inicial é atribuído ao físico Richard Feynman (1918-1988), em sua famosa palestra em 1959 intitulada "There's Plenty of Room at the Bottom", onde ele especulou sobre a possibilidade de manipular átomos individualmente e construir estruturas extremamente pequenas, prevendo um campo de pesquisa que ainda não tinha nome (Alves; Lima, 2021).

Foi apenas a partir da década de 1980 que o estudo da matéria em escala atômica

tornou-se efetivamente viável, em decorrência dos avanços tecnológicos, especialmente com o desenvolvimento do microscópio de tunelamento por varredura (Scanning Tunneling Microscope – STM), criado em 1981 por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, os quais foram posteriormente laureados com o Prêmio Nobel de Física em 1986. Esse avanço foi complementado, em 1986, pela criação do microscópio de força atômica (Atomic Force Microscope – AFM), o que ampliou significativamente as possibilidades de investigação e caracterização de materiais no campo da nanociência (Bora; Pooja; Kulhari, 2024).

Durante os anos 1990, a nanociência passou a se firmar como um campo interdisciplinar, integrando conhecimentos da química, física, biologia e outras disciplinas. Descobertas importantes, como os fulerenos (estruturas esféricas de carbono, como o C_{60}), os nanotubos de carbono e, posteriormente, os nanocristais e nanopartículas metálicas, tornaram-se focos principais das investigações científicas (Moraes, 2006).

Segundo Doege Júnior (2023), ao se relacionar a química no âmbito acadêmico, percebe-se a existência de desafios significativos, devido à natureza subjetiva de muitos de seus conceitos. Tais como: estrutura atômica, ligações químicas, reações em escala molecular e propriedades da matéria e dentro outros.

No ambiente acadêmico, o ensino de química costuma ser bastante voltado à teoria, o que muitas vezes dificulta o entendimento dos alunos. Diante disso, a nanociência surge como uma abordagem didática, capaz de tornar o processo de ensino mais dinâmico e de favorecer uma aprendizagem mais efetiva (Bernardo *et al.*, 2019).

O tema delimita-se na análise e no desenvolvimento de estratégias didáticas fundamentadas na nanociência, visando facilitar o processo de ensino da química. Ao explorar fenômenos que ocorrem na escala atômica e molecular, o estudo desse campo da nanociência e nanotecnologia possibilita uma contextualização, favorecendo a compreensão das interações e transformações químicas.

Essa metodologia ativa propõe situações de aprendizagem voltadas à integração entre teoria e prática, favorecendo o entendimento conceitual no contexto educacional. Diante disso, surge o seguinte problema de pesquisa: Como a nanociência pode atuar como tema gerador para promover aprendizagem significativa no ensino de Química Instrumental?

Este trabalho tem como objetivo discutir, com base em revisão bibliográfica, o uso da nanociência como estratégia metodológica no ensino de química, analisando seu potencial para tornar a aprendizagem mais significativa. A proposta de explorar a nanociência como metodologia didática oferece uma abordagem inovadora, capaz de aproximar o conteúdo científico da realidade dos alunos, estimulando seu interesse e participação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTEÚDO ABORDADO NO ENSINO SUPERIOR EM QUÍMICA INSTRUMENTAL

Ao analisar o caráter técnico presente nas disciplinas de Química Analítica, observa-se que muitos estudantes apresentam dificuldades significativas na compreensão dos conteúdos, especialmente quando estes envolvem conceitos abstratos e técnicas próprias da Química Instrumental, como espectroscopia, cromatografia e métodos eletroanalíticos. Essas abordagens demandam elevado nível de abstração, interpretação de dados e correlação entre os fundamentos teóricos e a prática experimental, o que frequentemente compromete o processo de aprendizagem (Fernandes; Mendonça; Nascimento, 2010).

A aprendizagem de conteúdos químicos no ensino costuma ser desafiadora devido à complexidade dos conceitos e ao nível de abstração exigido, já que envolve elementos invisíveis como partículas, interações entre átomos e mudanças moleculares (Mortimer, 2000). Nesse contexto, cresce o interesse por metodologias inovadoras que tornem o ensino de química mais acessível, dinâmico e conectado ao cotidiano dos estudantes.

Conforme apontam Lima e Filho (2017), a nanociência tem potencial para estimular o pensamento crítico e promover a alfabetização científica, despertando ainda maior envolvimento dos estudantes com os conteúdos. O emprego de ferramentas visuais, simulações digitais, atividades experimentais contextualizadas e propostas interdisciplinares também contribui significativamente para uma aprendizagem ativa, facilitando a assimilação de conceitos complexos, como as ligações químicas, as reações em superfícies e as propriedades dos materiais.

Outro ponto relevante é o papel motivador da contextualização tecnológica e científica da Nanociência. Os estudantes passam a entender como os conhecimentos químicos são aplicados em produtos do cotidiano, como tecidos inteligentes, filtros solares, embalagens antimicrobianas e sensores, o que reforça a importância da química para a sociedade (Silva; Farias; Lima, 2014).

Assim, o uso da nanociência como recurso didático contribui para a superação do modelo tradicional de ensino, possibilitando uma abordagem mais dinâmica, investigativa e interdisciplinar, alinhada às competências e habilidades preconizadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino de Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

A química como ciências, enfrenta vários obstáculos presentes na compreensão dos conteúdos que estruturam seu processo de ensino. Mais do que decorar fórmulas, o entendimento da química requer a interpretação de fenômenos e conexões fundamentais, que exercem forte influência no progresso da ciência e da educação (Oki; Moradillo, 2008).

2.2 A NANOCIÊNCIA COMO RECURSO DIDÁTICO NA CIÊNCIA APLICADA

Um campo que vem ganhando cada vez mais importância nas pesquisas está relacionado à nanociência e nanotecnologia, áreas que estudam e manipulam materiais em escala nanométrica, ou seja, bilhões de vezes menores que um metro. Aplicações da nanociência já estão presentes em diversas áreas, como medicina, eletrônica, energia, meio ambiente e, mais recentemente, na educação, como ferramenta para facilitar a compreensão de conceitos químicos complexos por meio de modelos visuais e experimentais em escala reduzida (Tonet; Leonel, 2019).

De acordo com Zanella et al. (2009), a nanociência e a nanotecnologia, voltadas ao estudo e à manipulação da matéria em escala nanométrica, destacam-se como campos promissores. Por apresentarem um caráter multidisciplinar, essas áreas envolvem conhecimentos oriundos de diferentes campos, como Química, Física, Biologia, Engenharia e Ciência dos Materiais, que contribuem de forma complementar para a compreensão dos fenômenos em nanoescala. Além disso, seu potencial interdisciplinar permite a integração e o diálogo entre esses saberes, favorecendo a construção de conhecimentos articulados e contextualizados.

Segundo Tomkelski, Scremin e Fagan (2019), um aspecto relevante a ser considerado no ensino de química é a inserção dos temas relacionados à nanociência e à nanotecnologia. Esses conteúdos, dada sua significativa relevância científica e educacional, deveriam ser mais explorados e integrados às grades curriculares, promovendo um aprendizado mais atual e contextualizado.

Segundo Da Silva (2008), a compreensão da química, em especial, apresenta múltiplos desafios quanto à aprendizagem. Nesse cenário, a incorporação da nanociência e da nanotecnologia como estratégias pedagógicas mostra-se promissora, pois pode favorecer o processo de ensino e elevar a qualidade da aprendizagem no ensino de química.

2.3 USO DA NANOCIÊNCIA COMO FERRAMENTA DIDÁTICA PEDAGÓGICA NO ENSINO DE QUÍMICA

Abordar esse tema tão abrangente que é o mundo nanométrico, e relacioná-lo ao universo químico, torna esse campo tão desafiador quanto promissor. Isso porque a nanociência permite explorar propriedades da matéria em uma escala que não é perceptível a olho nu, mas que influencia diretamente o comportamento químico dos materiais (Ferreira *et al.*, 2023).

Dessa forma, a utilização da nanociência como recurso didático no ensino de química instrumental não apenas enriquece o processo de ensino-aprendizagem, mas também prepara os estudantes para compreenderem os avanços científicos e tecnológicos que impactam a sociedade contemporânea. Ao apresentar exemplos práticos, como a aplicação de nanopartículas em medicamentos, sensores e materiais inteligentes, o professor consegue despertar maior engajamento e senso crítico nos alunos, incentivando-os a refletir sobre os benefícios e os possíveis riscos dessas tecnologias (Lima; Filho, 2017; Silva; Farias; Lima, 2014).

Ao integrar esses conhecimentos no ensino de química, cria-se a oportunidade de tornar conceitos abstratos, como estrutura molecular, interações intermoleculares e propriedades físico-químicas, mais compreensíveis e aplicáveis. Além disso, essa abordagem contribui para o desenvolvimento do pensamento científico, estimula a curiosidade dos alunos e favorece práticas pedagógicas mais inovadoras, contextualizadas e interdisciplinares, aproximando a ciência da realidade cotidiana dos estudantes (Bernardo, 2019). Podendo ser analisada na figura 1 a demonstração da nanotecnologia sobre áreas de atuação:

Figura 1: Demonstração do campo de atuação da nanotecnologia sobre áreas aplicáveis.



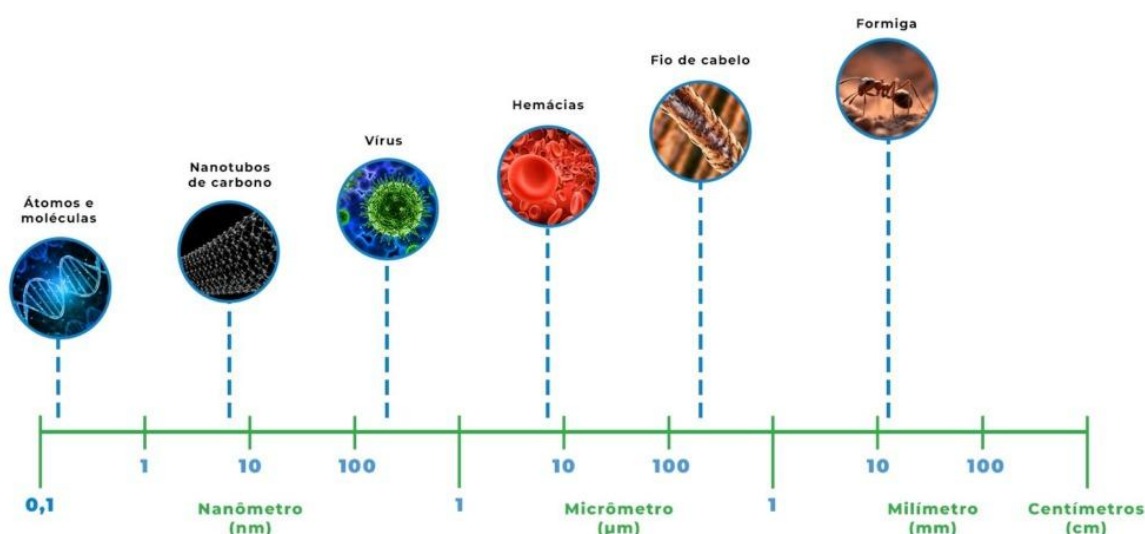
Os campos de atuação em que a nanotecnologia se aplica pode ser vista na Figura 1, presente em nosso cotidiano. Muitas vezes, não percebemos sua grande contribuição por estar integrada de forma indireta ao nosso redor, seja em produtos de uso diário, como cosméticos, tecidos inteligentes e embalagens antimicrobianas, seja em avanços na medicina, na eletrônica e na preservação ambiental. Essa presença sutil, porém impactante, evidencia como a nanotecnologia tem transformado silenciosamente diversos setores da sociedade (Malik; Muhammad; Waheed, 2023).

2.4 DENTRO DO CAMPO DA NANOCIÊNCIA UMA ABORDAGEM SOBRE NANOPARTÍCULAS DE PRATA

Atualmente, as nanopartículas têm sido aplicadas em setores como medicina, farmacologia, cosméticos, agricultura, meio ambiente e tecnologia de materiais, sendo exploradas tanto para o desenvolvimento de novos produtos quanto como recurso didático no ensino de química, já que permitem relacionar conceitos abstratos da ciência com aplicações práticas e inovadoras (Sousa, 2022).

As nanopartículas se caracterizam como estruturas extremamente pequenas com dimensões típicas entre 1 e 100 nanômetros, sendo que um nanômetro equivale a um bilionésimo de metro, analisa-se que a redução dos materiais a essa escala pode provocar mudanças significativas em suas propriedades. Observa com mais detalhes na figura 2 a demonstração da escala (Atkins; Jones, 2012).

Figura 2: A Escala Nanométrica e o Comportamento das Nanopartículas em Diferentes Contextos Científicos.



Fonte: <https://portaltelemedicina.com.br/nanotecnologia-na-medicina-inovacoes-da-saude>, 2024.

Essas alterações tornam-se evidentes quando se comparam as nanopartículas com os mesmos materiais em escalas macro (visíveis a olho nu) e micro (observáveis por microscópio óptico), revelando comportamentos físicos e químicos distintos devido à atuação de efeitos quânticos e ao aumento da razão entre superfície e volume (Cortie; McDonagh, 2011).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida com uma abordagem qualitativa, de natureza teórica, fundamentada em revisão bibliográfica e em ações pedagógicas elaboradas com o propósito de integrar a nanociência como recurso didático no ensino de Química Instrumental. O estudo buscou relacionar o conhecimento científico ao contexto educacional de maneira inovadora e significativa.

A metodologia foi estruturada em duas etapas complementares (palestra expositiva e oficina demonstrativa), ambas de caráter educativo e formativo, sem coleta de dados ou avaliação individual de participantes. As ações foram planejadas para ilustrar a aplicabilidade da nanociência como ferramenta metodológica capaz de favorecer a aprendizagem significativa no ensino de Química.

Na primeira etapa, propôs-se a realização de palestras introdutórias sobre nanociência e nanotecnologia, utilizando slides e outros recursos visuais para apresentar o surgimento dessa área científica. Foram destacados os principais marcos históricos, os fundamentos teóricos que sustentam os estudos em escala nanométrica e os diversos campos de aplicação da nanociência na pesquisa e no desenvolvimento tecnológico contemporâneo.

Na segunda etapa, o tema foi aprofundado por meio de oficinas e aplicação experimental, destinadas a apresentar os princípios fundamentais da formação das nanopartículas de prata (AgNPs). Foram abordados conceitos como a escala nanométrica e a caracterização óptica das AgNPs, que normalmente apresentam um pico de absorção entre 380 e 450 nm devido ao fenômeno de ressonância de plásmon de superfície.

Para fins ilustrativos, utilizou-se a técnica de espectroscopia no Ultravioleta-Visível (UV-Vis), que permitiu-se identificar a formação das nanopartículas de prata, por meio de variações na posição do pico de absorção — e acompanhar a cinética de formação, observando o aumento gradual da absorção em função do tempo.

Além das ações de caráter teórico e demonstrativo, a proposta pedagógica foi aplicada em turmas do ensino superior, especificamente na disciplina de Química Instrumental do curso de Licenciatura em Química. A aplicação teve como objetivo contextualizar os conteúdos teóricos abordados na disciplina por meio da nanociência, utilizando palestras

expositivas e oficinas demonstrativas como estratégias didáticas. Essa vivência permitiu aproximar os estudantes universitários dos conceitos estudados, favorecendo a compreensão dos princípios da química instrumental e reforçando o potencial da nanociência como tema gerador para a promoção de uma aprendizagem mais significativa no ensino superior.

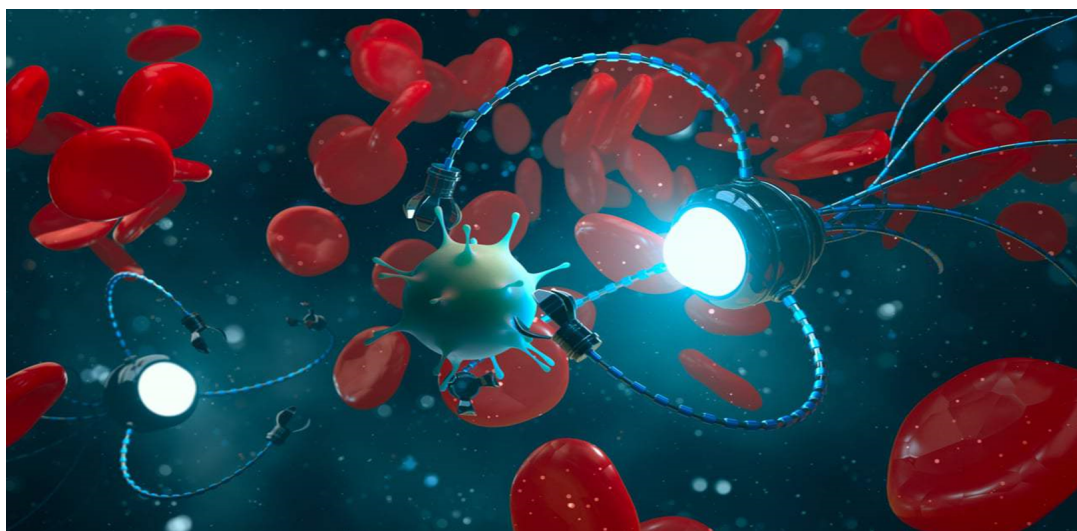
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ações pedagógicas propostas — palestras e oficinas demonstrativas — possibilitaram reflexões teóricas e práticas acerca da inserção da nanociência como recurso didático no ensino de Química Instrumental. Embora o trabalho não tenha envolvido coleta de dados empíricos, as observações e análises conceituais realizadas durante as atividades ilustrativas permitiram identificar aspectos relevantes sobre o potencial dessa abordagem para favorecer a aprendizagem significativa (Moreira, 2023).

Essa etapa consistiu na apresentação introdutória dos conceitos de nanociência e nanotecnologia, utilizando slides e recursos visuais para contextualizar: os marcos históricos do surgimento da nanociência; os fundamentos teóricos do estudo em escala nanométrica; as principais aplicações tecnológicas da nanotecnologia na ciência contemporânea; a relação entre nanociência e ensino de Química Instrumental. O objetivo foi fornecer aos participantes uma base conceitual sólida para compreender o potencial pedagógico desse campo científico.

Durante as palestras expositivas, foi possível perceber o interesse despertado pelo tema, especialmente quando os conceitos de nanociência foram contextualizados com exemplos do cotidiano e aplicações tecnológicas. Como observado na Figura abaixo:

Figura 3: Demonstração da ação de uma nanopartículas de forma ilustrativa.



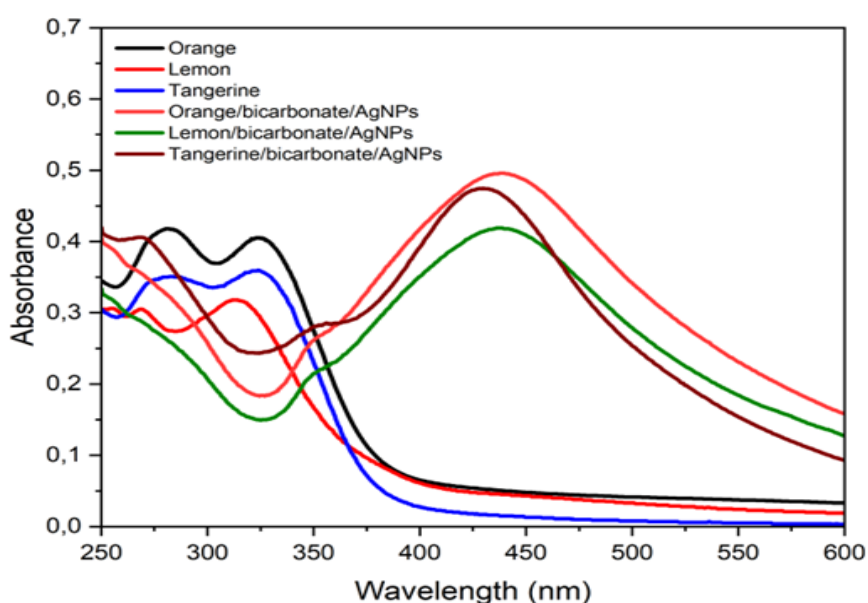
Fonte: <https://olhardigital.com.br/2021/06/30/ciencia-e-espaco/nanoparticulas-nadadoras-universidade-boulder-colorado/>

Na Figura 3 mostra uma representação artística de nanorrobôs ou nanopartículas inteligentes atuando no interior da corrente sanguínea, interagindo diretamente com uma célula danificada. Os dispositivos emitem luz e utilizam braços mecânicos microscópicos para identificar, capturar e neutralizar a célula-alvo, simbolizando aplicações avançadas da nanotecnologia na medicina. Essa cena ilustra como nanopartículas podem ser projetadas para detectar doenças, destruir células defeituosas — como as infectadas ou cancerígenas — e realizar tratamentos altamente precisos sem afetar células saudáveis ao redor, evidenciando o enorme potencial terapêutico da nanomedicina (Schuster *et al.*, 2025).

O tema aborda as propriedades das nanopartículas e sua influência em materiais, medicamentos e dispositivos eletrônicos contribuindo para a compreensão dos fenômenos em nível molecular, alinhando-se à proposta de Ausubel (1982), que destaca a importância da ancoragem de novos conhecimentos em estruturas cognitivas pré-existentes.

Nas oficinas demonstrativas, a aproximação entre teoria e prática mostrou-se um elemento essencial para ligá-los. As demonstrações visuais e experimentais sobre propriedades ópticas e físico-químicas das nanopartículas reforçaram o papel da experimentação na consolidação dos conceitos teóricos abordados (Masini; Moreira, 2023). Como exemplo na figura 4 abaixo:

Figura 4: Utilização do UV-vis para formação da nanopartícula de prata com extratos verdes.



Fonte: Adaptado pelo próprio autor, 2025.

Essa vivência permitiu estabelecer uma conexão entre os conteúdos da Química Instrumental e as aplicações reais da nanociência como descrita na Figura 4, promovendo um aprendizado mais significativo e contextualizado, conforme defende Moreira (2017), ao afirmar que a aprendizagem torna-se efetiva quando o estudante compreende o sentido do que aprende.

Além disso, a realização das atividades permitiu ao pesquisador refletir sobre o potencial das metodologias ativas como estratégias capazes de tornar o ensino de Química mais dinâmico, participativo e significativo. A abordagem adotada favoreceu o despertar da curiosidade científica e o desenvolvimento do pensamento crítico, aspectos fundamentais para o docente que busca inovar em suas práticas pedagógicas. A experiência também evidenciou a importância de promover ações educativas que integrem inovação tecnológica, interdisciplinaridade e experimentação, aproximando o ensino das demandas e contextos da sociedade contemporânea (Costa, 2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, a inserção da nanociência e nanotecnologia na metodologia ativa ensino de Química amplia o campo e a compreensão da aplicabilidade, ao mesmo tempo em que fortalece o papel do professor como mediador do conhecimento. Ainda que a pesquisa tenha caráter informativo, suas ações evidenciam o potencial transformador da nanociência como estratégia didática alinhada às demandas atuais da educação.

Forma geral a pesquisa contribui para o debate sobre metodologias ativas no ensino de química, ao apresentar a nanociência como uma abordagem com potencial para facilitar a aprendizagem de conceitos na química instrumental.

A partir da análise bibliográfica, teóricas e experiências registradas em outras pesquisas observou-se como a nanociência pode ser integrada ao ensino de forma eficaz. A expectativa é que este trabalho sirva de base para futuras propostas didáticas que envolvam a nanotecnologia, incentivando a interdisciplinaridade, a alfabetização científica e o uso de estratégias inovadoras no ensino de química.

A pesquisa também reforça a importância da proposta referente à palestra e oficina, contribuindo para o aprimoramento do ensino de Química Instrumental.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Jairo Veras; LIMA, Maria Consuelo Alves. Uma abordagem sobre nanociência e nanotecnologia na educação básica. 2021. Disponível em: <https://scholar.google.com/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- ATKINS, Peter; JONES, Loretta. Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- AUSUBEL, David Paul. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 1982.
- BERNARDO, Guilherme Angelo Moreira et al. A ciência do surpreendentemente pequeno: uma sequência didática para a nanociência e nanotecnologia no ensino médio. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- BORA, Saumyadeep; POOJA, Deep; KULHARI, Hitesh. Introdução à nanociência e nanotecnologia. In: Administração de fitoconstituintes e cosmeceuticos baseada em nanotecnologia. Singapura: Springer Nature Singapore, 2024. p. 1–38. Disponível em: <https://link.springer.com/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- CORTIE, Michael B.; MCDONAGH, Anne M. Synthesis and optical properties of hybrid and alloy plasmonic nanoparticles. **Chemical Reviews**, v. 111, n. 6, p. 3713–3735, 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- COSTA, João Fernando Júnior et al. Um olhar pedagógico sobre a aprendizagem significativa de David Ausubel. **REBENA – Revista Brasileira de Ensino e Aprendizagem**, v. 5, p. 51–68, 2023. Disponível em: <https://rebena.emnuvens.com.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- DA SILVA, Edison Z. Nanociência: a próxima grande ideia? **Revista USP**, n. 76, p. 78–87, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- DOEGE JÚNIOR, Laércio Rodrigues. Realidade aumentada no ensino de química: sequência didática para ligações iônicas e covalentes no 1º ano do ensino médio. 2023. Disponível em: <https://repositorios.ufes.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M.; NASCIMENTO, F. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista Histedbr On-line**, n. 39, p. 225–249, 2010. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- FERREIRA, Marcos et al. O ensino de nanociência e nanotecnologia no ensino médio: como iniciar essa abordagem científica. 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.
- LIMA, F. C.; FILHO, J. A. Nanociência e nanotecnologia no ensino de química: perspectivas para a educação científica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 109–126, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

MALIK, Shiza; MUHAMMAD, Khalid; WAHEED, Yasir. Nanotechnology: a revolution in modern industry. **Molecules**, v. 28, n. 2, p. 661, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marcos Antonio. Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor, 2023.

MORAES, M. A. S. Nanociência e nanotecnologia: princípios e aplicações. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MOREIRA, Marcos Antonio. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2017.

MOREIRA, Marcos Antonio. Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: LF Editorial, 2023.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

OKI, Maria da Conceição Marinho; MORADILLO, Edílson Fortuna de. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza da ciência. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 14, p. 67–88, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SANTOS, C. A. et al. Green synthesis of silver nanoparticles using plant extracts: a review. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 14, n. 35, p. 1–15, 2016. Disponível em: <https://jnanobiotechnology.biomedcentral.com/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SCHUSTER, Gustavo Regus et al. Nanotecnologia na medicina: avanços, aplicações e desafios. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, p. e18998, 2025. Disponível em: <https://acervomais.com.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SILVA, T. F.; FARIAS, A. C.; LIMA, M. F. Nanociência e nanotecnologia no ensino de química: possibilidades e desafios. **Revista Eletrônica de Educação e Ciência**, v. 4, n. 2, p. 28–35, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ifsc.edu.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SOUSA, Adelaide et al. Nanopartículas de prata. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, 2022. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

TOMKELSKI, M. L.; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de nanociência e nanotecnologia: perspectivas de professores. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, n. 3, p. 665–683, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

TONET, Michele Duarte; LEONEL, André Ary. Nanociência e nanotecnologia: contribuições e desafios para o ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431–456, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 18., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: UFES, 2009. Disponível em: <https://www.sbfisica.org.br/>. Acesso em: 30 jan. 2026.