

Síntese de Nanopartículas Magnéticas: O Potencial Multidisciplinar da Prática da Nanociência no Ensino Médio

Synthesis of Magnetic Nanoparticles: The Multidisciplinary Potential of Nanoscience Practice in High School

Marcos A. Ferreira, Rosilene F. C. Ferreira, Marccus V. A. Martins & Jocélia P. C. Oliveira

Esse trabalho analisou qualitativamente o nível de conhecimento sobre os temas da nanociência e nanotecnologia, em uma escola pública do município de Catalão - Goiás. A análise dos questionários realizados por 160 estudantes do ensino médio revelou um baixo conhecimento sobre os temas. A internet foi o canal mais destacado pelos alunos como meio de informação. Aliada a essa pesquisa, propôs-se a realização de uma aula prática sobre a síntese de nanopartículas magnéticas. Essa aula prática com os alunos apresentou-se como um excelente instrumento didático para introduzir os termos da nanociência e nanotecnologia ainda no ensino médio e incentivar a iniciação científica.

Palavras-chave: *Ensino Médio; Nanociência; Nanotecnologia.*

This work qualitatively analyzed the level of knowledge on the topics of nanoscience and nanotechnology, in a public school in the municipality of Catalão - Goiás. Analysis of the questionnaires carried out by 160 high school students revealed low knowledge on the topics. The internet was the channel most highlighted by students as a means of information. Combined with this research, it was proposed to hold a practical class on the synthesis of magnetic nanoparticles. This practical class with students proved to be an excellent teaching tool to introduce the terms of nanoscience and nanotechnology in high school and encourage scientific initiation

Keywords: *High School; Nanoscience; Nanotechnology.*

Introdução

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) do Ensino Médio preconizam que deve ser considerada a crescente presença da ciência e da tecnologia nas atividades produtivas e nas relações sociais dos estudantes de nível médio. Estabelece que o estudante precisa desenvolver capacidades de pesquisar, buscar informações, analisar, criar, formular ideias, ao invés do simples exercício de memorização.^{1,2} Isso desperta o pensamento crítico, a capacidade de inovar e conseqüentemente os avanços tecnológicos de uma sociedade. Porém, a realidade da maioria das escolas públicas do país não proporciona condições físicas (ambiente e insumos) e pedagógicas (carga horária docente) para o desenvolvimento de projetos de pesquisa ainda no ensino médio.

Em se tratando de desenvolvimento científico e tecnológico a área da Nanociência e Nanotecnologia (N&N) vem despertando o interesse de inúmeras pesquisas no país.^{3,4} Isso pode ser atribuído ao fato de que novos produtos, processos e fenômenos foram surgindo com essas novas concepções no meio científico. Definida como a área da ciência que estuda os fenômenos que ocorrem dentro da escala do nanometro ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$) a nanociência tem garantido o avanço em várias áreas do saber. Por outro lado, a nanotecnologia define-se como sendo o produto tecnológico gerado com o uso dos preceitos da nanociência.⁵

A literatura^{4,5} reporta que materiais onde pelo menos uma de suas dimensões encontra-se variando entre 0 a 100 nm são considerados materiais que possuem propriedades físico-químicas melhoradas quando comparadas aos mesmos materiais em escalas convencionais. Dessa forma, em se tratando de dimensionalidade (D), os nanomateriais estão subdivididos em materiais 0D (dimensão zero), 1D, 2D e 3D, conforme alguns exemplos apresentados na Figura 1.⁶

Desde a palestra de encerramento na sociedade americana dos físicos, conferida pelo professor *Richard Feynman* em 1959,⁷ a qual é considerada como o

marco do surgimento da nanociência, essa área ainda vem proporcionando avanços tecnológicos de elevado impacto científico em diversos campos do saber como na agricultura,⁸ compósitos poliméricos antimicrobianos,⁹ transportadores de remédios,¹⁰ eletrônica,¹¹ etc.

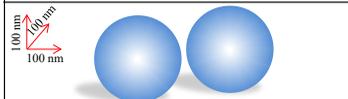
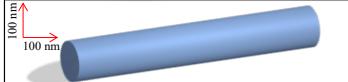
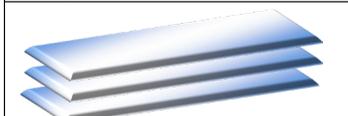
Dimensionalidade dos nanomateriais	
	0D Nanopartículas: - Metálicas; - Poliméricas.
	1D - Nanotubos de Carbono; - Nanofitas.
	2D - Filmes finos; - Membranas; - Grafeno.
	3D Estruturas: - Metalorgânicas; - Aerogéis.

Figura 1. Classificação dos materiais quanto à dimensionalidade.

Do ponto de vista de nanomateriais, nas duas últimas décadas, as nanopartículas têm demonstrado um grande potencial sobre as investigações científicas e as aplicações tecnológicas, devido as suas propriedades únicas geradas quando comparadas aos seus materiais precursores.^{12,13} Ao se produzir uma nanopartícula, propriedades tais como as óticas, elétricas, físicas e químicas são melhoradas devido ao seu aumento da área de superfície.^{12,13} Muitas vezes, é necessária a utilização de técnicas analíticas instrumentais para evidenciar a formação de uma nanopartícula, como o uso de um Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET) ou de Varredura (MEV). Por outro lado, existem métodos analíticos não instrumentais que também podem evidenciar a formação de uma nanopartícula, como é o caso da alteração de coloração de uma solução final. Dois exemplos disso é a síntese de nanopartículas de ouro (NpAu), onde a solução do sal de ouro (HAuCl_4) apresenta cor amarela e a respectiva suspensão contendo as nanopartículas apresenta coloração rosa.¹⁴ Outro caso

clássico de evidenciar a formação de nanopartículas por meio da alteração da cor é a formação de nanopartículas magnéticas. Estas, por sua vez, mudam de uma coloração amarela, típica dos íons de Fe^{+2} e Fe^{+3} em solução e passam para uma cor escura (preta ou marrom), típica de material magnético nanoparticulado.¹⁵

O estudo e o entendimento desses fenômenos que se processam em nanoescala ficam restritos ao aluno de iniciação científica em nível de ensino superior e de pós-graduação. Dessa forma, torna-se inerentemente estratégico inserir esses temas ainda no ensino médio, de maneira a disseminar e incentivar a pesquisa neste campo ainda na adolescência. Aliado a isso, consiste de um tema multidisciplinar entre várias áreas como a química, a física, a matemática, a biologia entre outras. Segundo Nicolescu e co-autores,¹⁶ a multidisciplinaridade neste caso, pode ser definida como a integração dessas disciplinas supramencionadas diante dos temas da Nanociência e Nanotecnologia. Essa multidisciplinaridade da nanociência deve ser encarada como uma potente ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem dentro do ensino médio, uma vez que um determinado tema pode ser abordado por diferentes aspectos.

O processo de ensino-aprendizagem por parte do mediador (professor) precisa constantemente de meios de inovação. Em nível de ensino médio essa inovação requer um grande esforço do professor diante de algumas limitações que perpassam desde a esfera pedagógica indo até a infraestrutura. Neste aspeto, estimular a inserção de novos conceitos de âmbito tecnológico é ir de encontro com o que está preconizado nos PCNs^{1,2} e na BNCC,¹⁷ de modo que o jovem precise do estímulo ao desenvolvimento tecnológico. Diante disso, existem alguns trabalhos que abordam o tema da nanociência e nanotecnologia no ensino médio com perspectivas muito mais teóricas e poucos trabalhos com abordagens práticas.¹⁸⁻²² É de se ressaltar que a introdução dos termos “nanociência” e “nanotecnologia” de um modo teórico pode gerar um conhecimento vago, podendo não ocasionar no jovem o interesse pelo mundo científico. No entanto, a inserção de tais terminologias de maneira aprofundada, prático-experimental, pode despertar

a iniciação científica no jovem, podendo estimular não apenas a pesquisa, mas como também o pensamento crítico-reflexivo diante dos fenômenos estudados.

Em vista disso, esse trabalho propôs uma forma de iniciar essa abordagem ainda no ensino médio sobre a nanociência e a nanotecnologia de forma prático-experimental. Especificamente, aplicou-se um formulário em cinco turmas de ensino médio de uma escola pública do município de Catalão-Goiás para o levantamento qualitativo do nível de conhecimento dos alunos sobre os temas. Em um segundo momento, convidou-se uma das cinco turmas para participar de uma aula prática sobre a síntese de nanopartículas magnéticas ($\text{NPF}_{\text{e}_3}\text{O}_4$) como forma de levar mais conhecimento sobre os temas, bem como despertar o jovem à iniciação científica no âmbito de ensino médio.

Metodologia

A metodologia desse trabalho foi desenvolvida em quatro partes, conforme está sumarizada no fluxograma da Figura 2.

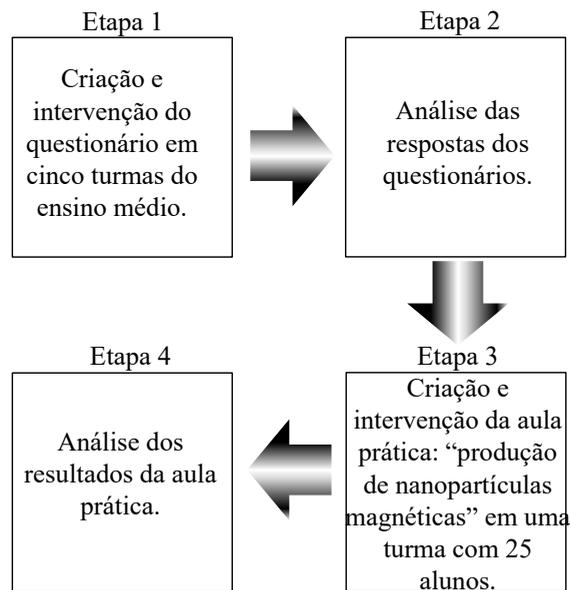


Figura 2. Fluxograma das etapas de desenvolvimento do trabalho.

APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO NAS TURMAS DE ENSINO MÉDIO

Como forma de levantar o nível de conhecimento dos alunos de ensino médio a cerca do tema da nanociência e nanotecnologia escolheu-se uma escola pública do município de Catalão-Goiás para o levantamento por meio de um questionário. O questionário foi criado com perguntas objetivas, diretas, de fácil e rápido preenchimento e sem a necessidade de identificação do aluno, conforme apresentadas no Quadro 1.

Tabela 1. Questões aplicadas aos alunos de ensino médio.

Questão	Perguntas
1	Qual ano do ensino médio você faz? () 1° () 2° () 3°
2	Qual a sua idade?
3	Você sabe o que é NANOCIÊNCIA? () Sim () Não
4	Você sabe o que é NANOTECNOLOGIA? () Sim () Não
5	Onde você teve conhecimento das questões 3 e 4? () Escola () Internet () Televisão () Nunca tive conhecimento () Outros:
6	Conhece algum produto, material ou remédio que tenha a NANOTECNOLOGIA?
7	Você gostaria de fazer uma aula prática que envolva a NANOCIÊNCIA/NANOTECNOLOGIA? () Sim () Não

REALIZAÇÃO DE UMA AULA PRÁTICA SOBRE A SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS DE MAGNETITA

Nesta etapa do trabalho uma das cinco turmas foi convidada para a realização de uma aula prática: “Obtenção de Nanopartículas Magnéticas de Óxido de Ferro”. Antes da síntese das nanopartículas, a turma teve a oportunidade de aprender sobre normas de segurança de um laboratório de química. Em seguida, aprenderam também sobre os reagentes e utensílios de vidro utilizados na aula de produção de nanopartículas de magnetita (NPF₃O₄).

SÍNTESE DA NANOPARTÍCULA MAGNÉTICA (NPF₃O₄)

A escolha desse nanomaterial partiu por dois pressupostos: primeiro, da escolha de um produto final de fácil, barato e rápida obtenção e, segundo, que ilustrasse melhor uma determinada aplicação, como é o caso do efeito nanomagnético com um ímã ao aproximar da suspensão contendo as nanopartículas magnéticas. Assim, as nanopartículas de magnetita foram obtidas por via úmida baseando-se no método de coprecipitação dos íons Fe²⁺ e Fe³⁺ em meio básico.^{23,24} Resumidamente, dentro de um erlenmeyer de 100 mL misturou-se 25 mL da solução de FeCl₃ (5 mmol.L⁻¹) e 25 mL da solução de FeCl₂•4H₂O (10 mmol.L⁻¹) sob agitação. Em seguida, colocou-se vagarosamente 5 gotas de NH₄OH concentrado na solução contendo os sais de ferro. A Figura 3 apresenta um esquema gráfico do processo de síntese das nanopartículas magnéticas. Todos os reagentes usados são de procedência da Dinâmica, Química contemporânea Ltda e água ultra-pura.

Assim, a turma foi distribuída em 4 grupos contendo de 5 a 6 alunos para executar o roteiro experimental.

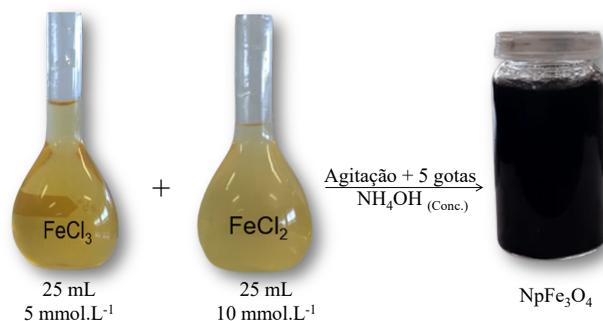


Figura 3. Representação esquemática do processo de síntese das nanopartículas magnéticas (NPF₃O₄).

Resultados e Discussão

INTERVEÇÃO POR MEIO DO QUESTIONÁRIO

Aplicou-se o questionário nas turmas de 1^a, 2^a e 3^a séries do ensino médio de uma escola pública do município de Catalão-GO, perfazendo um total de 160 alunos entrevistados. Cada aluno respondeu individualmente as

questões do formulário em caráter convidativo e opcional. A média de idade dos estudantes variava de 14 a 18 anos de idade. Dessa forma, ao analisar as respostas na questão 3, dos 160 alunos, 51 responderam SIM e 109 responderam NÃO, conforme apresentado na Figura 4.

3. Você sabe o que é nanociência ?

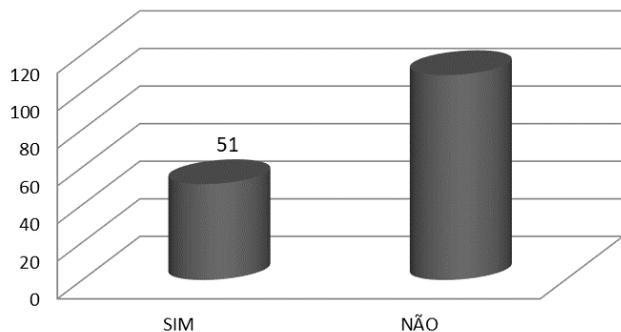


Figura 4. Gráfico dos resultados da questão 3.

Analisando-se o gráfico da Figura 4 observa-se que 31,9% dos alunos responderam que conhecem sobre a nanociência e 68,1% dos alunos desconhecem esse termo. Esses números revelam que mais da metade dos estudantes realmente não conhecem esse termo ou mesmo já tendo visto em algum lugar não conseguem desenvolver uma definição ou associar a algo. Este resultado corrobora o entendimento alcançado no trabalho realizado por Tomkelski e co-autores,²⁵ onde alguns professores, por não terem conhecimentos sobre a N&N, afirmam não abordar esses termos em seus planejamentos pedagógicos. Esse dado revela a elevada necessidade dos professores buscarem condições de qualificação em temas científicos e tecnológicos que possam repercutir diretamente na sociedade.

Ao levantar os conhecimentos dos alunos sobre a nanotecnologia, o percentual SIM já é um pouco melhor. Dos 160 alunos, 86 alunos responderam que sabem o que é nanotecnologia e 74 dos alunos responderam não saber sobre a nanotecnologia, conforme visto na Figura 5.

4. Você sabe o que é nanotecnologia?

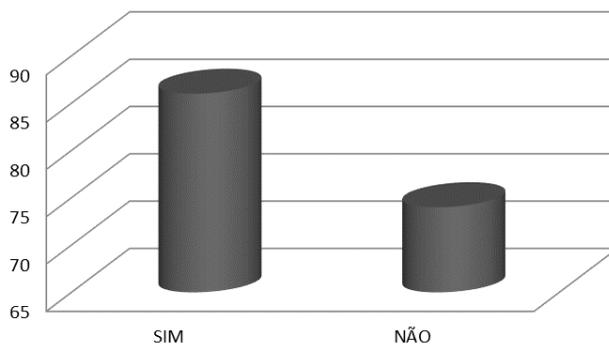


Figura 5. Gráfico dos resultados da questão 4.

Nota-se nitidamente que um pouco mais da metade dos estudantes de alguma forma apresentam certo entendimento sobre a nanotecnologia. Neste aspecto, é evidente que é mais fácil desenvolver um entendimento mínimo sobre um produto tecnológico que apresente o termo “nanotecnologia”, uma vez que os meios de comunicação abordam e divulgam inúmeros produtos contendo esse tema como, por exemplo, produtos de higiene pessoal, cosméticos, etc.

Na questão 5, ao perguntar aos estudantes onde eles obtiveram conhecimento dos termos das questões 3 e 4, dos 160 alunos, 83 afirmaram conhecer pela internet, 6 conheceram pela televisão, 4 conheceram na escola, 4 conheceram por outros e 55 nunca tiveram conhecimento, conforme visto no gráfico da Figura 6.

5. Onde você teve conhecimento dos termos das questões 3 e 4?

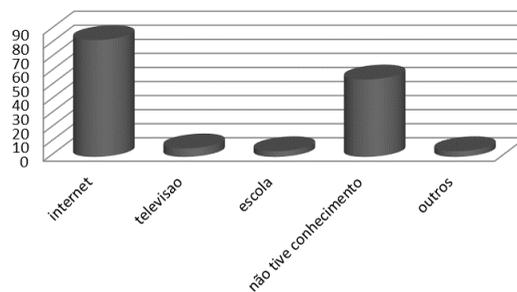


Figura 6. Gráfico dos resultados da questão 5.

No gráfico da Figura 6, observa-se que 52% dos estudantes obtiveram conhecimento dos termos “nanociência” e “nanotecnologia” na internet, correspondendo ao maior percentual. Já 39% não tem nenhum conhecimento dos termos, 4% conhecem pela televisão, 2,5% conhecem pela escola e 2,5% tiveram contato por outros meios. O maior percentual de conhecimento pela internet também era esperado, uma vez que o celular é um instrumento de informação frequente nas mãos dos estudantes, o que facilita o contato com o tema. Esse resultado reforça o que foi levantado na questão 4. No entanto, é necessário destacar que a escola aparece como sendo o meio de informação mais baixo sobre o tema da nanociência e nanotecnologia. Esse fato torna evidente a pertinência da implementação de ações de cunho teórico/prático sobre o tema dentro da escola. Em uma perspectiva teórica, de forma muito interessante, Ellwanger e co-autores²⁶ propuseram a inserção dos termos N&N no formato de Módulos Didáticos (MD), em etapas para estudantes de ensino médio. Neste relato de experiência, os autores puderam concluir que a proposta de leitura, interpretação de fenômenos dentro da escala nanométrica associados a situações cotidianas são ações satisfatórias para iniciar essa abordagem.

Ao questionar os alunos se eles têm conhecimento de algum produto, material ou remédio que envolva a nanotecnologia, 43 disseram que sim e 117 disseram que não conhecem nenhum produto, material ou remédio que tenha nanotecnologia, conforme a Figura 7.

6. Você conhece algum produto, material ou remédio que tenha nanotecnologia?

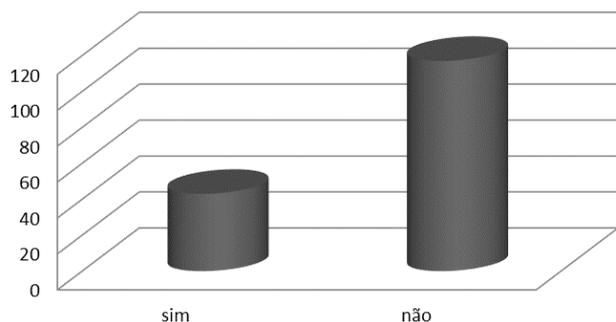


Figura 7. Gráfico dos resultados da questão 6.

Ao analisar o gráfico da questão 6, podemos observar que apenas 27% dos estudantes conhecem algum produto, material, ou remédio com a nanotecnologia, e 73% não conhecem. O elevado percentual que desconhece demonstra mais uma vez a necessidade da escola desenvolver atividades teórico/prático envolvendo os termos abordados. Uma estratégia para essa abordagem pode estar voltada para a proposição de pesquisas teóricas¹⁸ ou a realização de alguma aula prática²² de fácil execução que possam servir de introdução ao tema.

Finalmente, ao questionar os estudantes se eles gostariam de fazer uma aula prática sobre a nanociência, 145 responderam “SIM” e 15 responderam que não gostariam de fazer uma aula prática, conforme pode ser visto no gráfico da Figura 8.

7. Você gostaria de fazer uma aula prática sobre a nanociência?

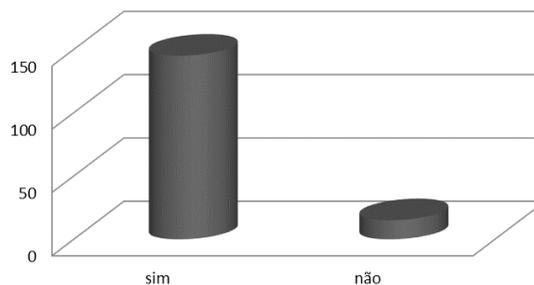


Figura 8. Gráfico dos resultados da questão 7.

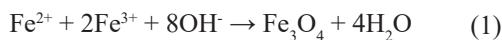
Neste gráfico é possível notar o grande interesse pela realização de uma atividade de cunho prático sobre a nanociência, refletindo em 90% dos alunos.

Diante das respostas obtidas do questionário e principalmente do percentual de 90% dos alunos em querer desenvolver uma atividade prática, desenvolveu-se um roteiro de fácil e rápida execução, como será discutido a seguir.

AULA PRÁTICA: OBTENÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE ÓXIDO DE FERRO

Das cinco turmas de ensino médio, foi escolhida e convidada a turma da 3ª série para a atividade prática. Neste sentido, 25 estudantes participaram da atividade, sendo organizados em 4 grupos. Em seguida, explicou-se a função de cada material/reagente e realizou-se a leitura

do roteiro prático. A escolha da magnetita para essa aula se deu por dois motivos: parte-se de soluções de sais de Fe^{2+} e Fe^{3+} , dos quais são de fácil obtenção e de baixo custo. Outro fator é a rapidez com que são produzidas as nanopartículas, pois é de conhecimento que a síntese de nanopartículas magnéticas com o uso de soluções de ferro II e III costuma ser realizada em meio básico e, portanto, basta adicionar gotas de uma solução concentrada de base para que ocorra a formação de uma suspensão de cor escura.^{23,24,27} A reação de formação das nanopartículas magnéticas está representada na Equação 1:²⁷



Após a explicação do processo de formação das nanopartículas magnéticas os alunos foram liberados para seguir o roteiro prático, conforme pode ser visto na Figura 9 (a-d), das quais retratam alguns momentos da etapa de síntese do nanomaterial magnético.



Figura 9. Desenvolvimento da atividade de síntese das nanopartículas magnéticas pelos alunos.

Na medida em que o procedimento experimental era desenvolvido, os alunos demonstraram envolvimento, concentração e expressões de surpresa. Por exemplo, ao despejar 5 gotas da base hidróxido de amônio (NH_4OH) na mistura contendo os sais de cloreto de ferro II e III, imediatamente a solução mudou de amarelo (Figura 10a) para cor marrom escura (Figura 10b), típica de magnetita em solução.²⁷ Neste momento um aluno destacou: “*Olha! Só pode ser mágica!*”! Todos os quatro grupos conseguiram com sucesso obter a cor marrom escura que indica a presença da magnetita.²⁷ Para confirmar a obtenção do

óxido de ferro magnético, os alunos aproximaram um ímã de neodímio da solução, onde ocorreu uma movimentação do material marrom escuro no sentido do campo magnético externo aplicado. Esse efeito comprova a formação de nanopartículas de magnetita, conforme visualizado na Figura 10 (c).

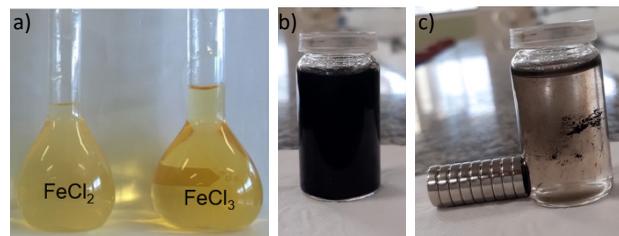


Figura 10. Etapas da síntese das nanopartículas magnéticas.

Com esse resultado, os alunos demonstraram sentimentos como os de alegria e espanto por terem conseguido produzir um material com propriedades magnéticas simplesmente por terem misturados três soluções. Essa atividade prática demonstra o alcance do objetivo de se aliar os conhecimentos teóricos da nanociência com a parte de produção prática de um produto nanotecnológico ao conseguirem sintetizar as nanopartículas. É evidente que a comprovação da formação de nanopartículas magnéticas, mesmo usando métodos analíticos clássicos e não instrumentais, proporcionam o objetivo da iniciação aos termos N&N para os estudantes em nível de ensino médio. A Figura 11 mostra uma representação esquemática do potencial multi e interdisciplinar¹⁶ da qual a proposta de obtenção das nanopartículas magnéticas pode gerar dentro do ensino médio interligando as áreas da química, física, biologia e matemática. Em outras palavras, a proposta de sintetizar um material onde o professor possa demonstrar onde atuam os conceitos e fenômenos da nanociência e onde pode ser aplicado (produto nanotecnológico), consiste de uma interface altamente inter e multidisciplinar, uma vez que facilmente os conceitos ministrados na química, física, biologia e matemática são congruentes.

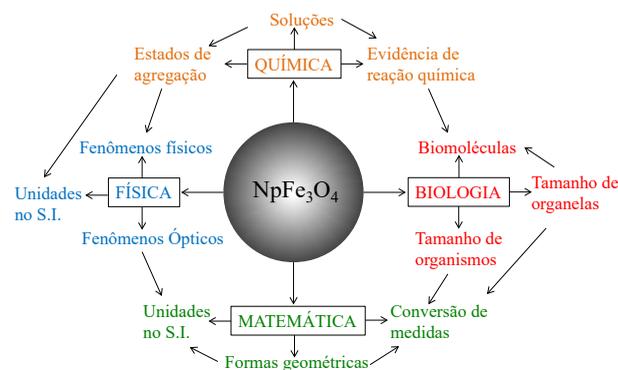


Figura 11. Representação esquemática da multi e interdisciplinaridade associada à inovação no ensino com o tema N&N no ensino médio.

Conclusão

A aplicação de um questionário com perguntas voltadas para o nível de conhecimento sobre a nanociência e a nanotecnologia demonstrou que os alunos apresentam baixo conhecimento sobre a área. Isso revela que o processo ensino aprendizagem precisa ser inovado com temas emergentes como o da N&N.

A realização da aula prática de síntese de nanopartículas magnéticas apresentou-se como um instrumento de fácil e rápida execução para aliar a teoria com a prática sobre a nanociência e a nanotecnologia. Por meio da alteração da cor da solução de amarelo para preto e da resposta magnética da suspensão contendo as nanopartículas com a aplicação do campo externo, constatou-se que essa proposta de aula prática é extremamente potencial para servir de inovação na sistematização pedagógica dos saberes em caráter multi e interdisciplinar.

É evidente que poucas escolas públicas possuem condições de estrutura física e professores aptos a proporem práticas que necessitem de materiais, insumos e equipamentos, mesmo que não instrumentais, e que viabilizem aulas práticas com a dinâmica que é a síntese de nanopartículas. No entanto, sugere-se que momentos como feira de ciências escolares sejam espaços oportunos para aulas demonstrativas ou até mesmo para a realização de

minicursos tanto para professores quanto para os estudantes entenderem e aprenderem sobre o advento da nanociência e da nanotecnologia.

Referências

1. Ministério da Educação (MEC). Parâmetros Nacionais Curriculares Ensino Médio: bases legais. Brasília, DF: MEC, **2000**.
2. Ministério da Educação (MEC). Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio. Brasília, DF: MEC/Setec, **1999**.
3. DA SILVA JÚNIOR, C. A.; FRANCISCO, C. R. L.; JESUS, D. P.; CUNHA, R. L. *IJET-PDVL* **2020**, 3,1.
4. ZHU, S.; MENG, H.; GU, Z.; ZHAO, Y. *Nano Today* **2021**, 39, 101233.
5. TOMA, H. E.; ARAKI, K. *Ciência Hoje* **2005**, 37, 217.
6. POKROPIVNY, V. V.; SKOROKHOD, V. V.; *Mater. Sci. Eng. C* **2007**, 27, 990.
7. <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>, acessada em Setembro de **2012**.
8. FRANCIS, D. V.; SOOD, N.; GOKHALE, T. *Prog. Prosp. Nanosci. Today* **2020**, 157.
9. FRANCIS, D.V.; THALIYAKATTIL, S.; CHERIAN, L.; SOOD, N.; GOKHALE, T. *Polymers* **2022**, 14, 1379.
10. MITCHELL, M. J.; BILLINGSLEY, M. M.; HALEY, R. M.; WECHSLER, M. E.; PEPPAS, N. A.; LANGER, R. *Nat. Rev. Drug Discovery* **2021**, 20, 101.
11. PANDEY, D. K.; KUDDUSHI, M.; KUMAR, A.; SINGH, D. K. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* **2022**, 650, 129631.
12. MOHANRAJ, V.; CHEN, Y. *Trop. J. Pharm. Res.* **2006**, 5, 561.
13. MARTINS, M. A.; TRINDADE, T. *Quim. Nova* **2012**, 35, 1434.
14. b. MELO, M. A. Jr.; SANTOS, L. S. S.; GONÇALVES, M. C.; NOGUEIRA, A. F. *Quím. Nova* **2012**, 35,1872.
15. SUN, S.; ZENG, H. *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, 124, 8204.
16. NICOLESCU, B. et al. São Paulo: Unesco, USP/Escola do Futuro, Cesp, **2000**.
17. BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, **2018**.
18. ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF. Vitória, Brasil. **2009**.
19. LEONEL, A. A. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, **2010**.
20. RIBEIRO, A.C.; COSTA, M.; SANTOS, C. R.; BONADIO, T. G. M.; TOMINAGA, T.T.; *Revista Brasileira de Ensino de Física* **2021**, 43, e20200374.

21. CAMACHO-ELIZONDO, M.; BATISTA-MENEZES, D.; MORA-BOLAÑOS, R.; VEGA-BAUDRIT, J.; MONTES de Oca-Vásquez, G. *Uniciencia* **2022**, 36, 1.
22. PEDROSA, M. B. A. O.; PINTO, E. S. *Revista Dynamis. Furb. Blumenau* **2023**, 29, 91.
23. PETCHAROEN, K.; SIRIVAT, A. *Mater. Sci. Eng. B* **2012**, 177, 421.
24. MARTINS, M. V. A.; BONFIM, C.; SILVA, W. C.; Crespilho; F. N. *Electrochem. Commun.* **2010**, 12,1509.
25. TOMKELSKI, M. L.; FAGAN, S. B.; SCREMIN, G. *Ciênc. Educ., Bauru* **2019**, 25, 665.
26. ELLWANGER, A.; MOTA, R.; FAGAN, S. B. *Vidya* **2014**, 34, 85.
27. LAURENT, S.; FORGE, D.; PORT, M.; ROCH, A.; ROBIC, C.; Elst, L. V.; MULLER, R. N. (2008). *Chem. Rev.* **2008**, 108, 2064.

Marcos A. Ferreira¹, Rosilene F. C. Ferreira¹, Marccus V. A. Martins^{1*} & Jocélia P. C. Oliveira²

¹Instituto Federal Goiano (IFGOIANO) – Campus Catalão.

²Instituto de Química, Universidade Federal de Catalão

*E-mail: marccus.victor@ifgoiano.edu.br