

## SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS NO ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA FORMAÇÃO DOCENTE.<sup>1</sup>

BARBOSA, Gabriel Marcos Rodrigues<sup>2</sup>

BEZERRA, Mauro Guilherme Ferreira<sup>3</sup>

### Resumo

O presente trabalho apresenta um relato de caso que explora a prática de síntese de nanopartículas magnéticas como uma metodologia inovadora na formação docente. Motivado pela crescente relevância do estudo de Nanociência e Nanotecnologia (N&N) no ensino médio, o estudo visa observar de que forma a prática experimental no âmbito da N&N durante a formação docente pode contribuir para a capacitação de professores mais preparados para lidar com tais temáticas na educação básica, conforme sugerem os documentos normativos. A atividade consistiu na realização do processo de síntese através da coprecipitação de nanopartículas magnéticas, incluindo a avaliação de suas características qualitativas e aspecto visual. Inicialmente, os resultados não foram satisfatórios, mas, por meio de ajustes baseados em cálculos e experimentação, alcançou-se o sucesso na síntese e na obtenção do produto esperado. Os resultados destacam o desenvolvimento de competências docentes e a motivação renovada para abordar temas avançados e relevantes no contexto atual. Por fim, ressalta-se a eficácia da síntese de nanopartículas na formação de professores, fornecendo insights sobre o uso de métodos práticos na abordagem de temas relacionados a N&N e na preparação do docente para abordar conceitos fundamentais de Física Moderna no ensino médio, trazendo esta ciência para a perspectiva dos tempos atuais.

**Palavras-chave:** Nanociência. Nanotecnologia. Formação docente.

---

<sup>1</sup> Artigo apresentado ao curso de Licenciatura em Física como requisito parcial para obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

<sup>2</sup> Discente do Curso Superior em Licenciatura em Física do Instituto Federal de Rondônia *Campus Porto Velho Calama*. E-mail: [gabriel.marcos72@gmail.com](mailto:gabriel.marcos72@gmail.com)

<sup>3</sup> Docente do Curso Superior de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Rondônia *Campus Porto Velho Calama*. Doutor em Nanociência e Nanobiotecnologia na Universidade de Brasília (UnB). E-mail: [mauro.guilherme@ifro.edu.br](mailto:mauro.guilherme@ifro.edu.br)

## ABSTRACT

The present work presents a case study that explores the practice of synthesizing magnetic nanoparticles as an innovative methodology in teacher education. Motivated by the growing relevance of the study of Nanoscience and Nanotechnology in high school, the study aims to observe how experimental practice in the field of N&N during teacher education can contribute to the training of teachers better prepared to deal with such topics in basic education, as suggested by normative documents. The activity consisted of carrying out the synthesis process through the coprecipitation of magnetic nanoparticles, including the evaluation of their qualitative characteristics and visual appearance. Initially, the results were not satisfactory, but through adjustments based on calculations and experimentation, success was achieved in the synthesis and in obtaining the expected product. The results highlight the development of teaching skills and renewed motivation to address advanced and relevant topics in the current context. Finally, the effectiveness of nanoparticle synthesis in teacher education is emphasized, providing insights into the use of practical methods in addressing N&N-related topics and in preparing teachers to address fundamental concepts of Modern Physics in high school, bringing this science into the perspective of the present times.

**KeyWords:** Nanoscience. Nanotechnology. Teacher education.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, muito tem se discutido sobre a formação de professores no Brasil. Nesse contexto, surge a seguinte preocupação: a necessidade de preparar professores capazes de abordar uma gama de temas em sala de aula, buscando a transversalidade entre as disciplinas correlacionadas das ciências exatas. Essa prática de abordar temas diversos se faz necessária devido aos avanços tecnológicos significativos ocorridos nos últimos anos e a interdisciplinaridade envolvida em tais avanços.

Sob tal perspectiva, nota-se que não é mais viável ensinar apenas a Física clássica de maneira sistemática, como se faz há décadas. É preciso considerar a importância de explorar as contribuições das vertentes mais atuais da Física, que desempenham um papel cada vez mais crucial em uma sociedade em constante evolução tecnológica e desenvolvimento. Portanto, a formação de professores de Física deve adaptar-se a esse novo cenário educacional e científico.

Por conseguinte, novas propostas de ensino têm sido inseridas nos currículos da educação básica, sugerindo temáticas de grande relevância que abrangem não apenas um tema específico, mas uma ampla gama de áreas do conhecimento. Uma dessas temáticas é a Nanociência & Nanotecnologia (N&N). Apesar de sua importância atual e, por isso, ser recomendada pelos documentos norteadores da educação básica, incluindo o Novo Ensino Médio, a presença desses assuntos ainda é omitida nos livros didáticos. Diante disso, necessita-se que o professor adote abordagens alternativas para ensinar N&N no contexto da educação básica. (Alves *et al.* 2023).

Posto isso, torna-se fundamental refletir sobre quais poderiam ser os métodos mais eficazes para inserir a temática em questão no contexto da educação básica. Sob esta perspectiva, algumas alternativas para atender tais propostas podem se estender desde a exposição teórica de temas relacionados a N&N, exemplificação prática através de experimentos de fácil manipulação e compreensão em sala de aula ou até mesmo utilizando simulações virtuais. Tomkelski, Scremin e Fagan (2019) destaca em seu trabalho que muitos professores se interessam em aprender temas relacionados a N&N e inserir tais temáticas em suas aulas, amparando-se em diversos dispositivos legais que norteiam a educação básica. Entretanto, estes apresentam o assunto de forma indireta e, uma vez que a atuação dos docentes é influenciada pelos materiais que lhes são disponibilizados, verifica-se a necessidade de se implementar metodologias que sirvam como norteador para a prática docente no contexto da N&N.

Como mencionado acima, uma dessas propostas diz respeito à prática experimental, tanto no contexto da atuação docente para transmitir o conhecimento no âmbito da educação básica, como também no que diz respeito à formação de professores, pois esta pode atuar como ferramenta formadora de saberes docentes. Thomaz (2000) afirma que, independentemente do currículo adotado, o docente desempenha um papel fundamental na concretização e aplicação deste currículo. Desta maneira, torna-se essencial que o professor tenha vivência suficiente para efetivar tais ações. Por consequência, esta prática pode ser diretamente relacionada ao ensino de N&N, uma vez que há a necessidade de que o professor estabeleça uma relação entre o que se pretende ensinar, apropriando-se de metodologias

adequadas, com o conjunto de conhecimentos obtidos durante sua formação, tais como as práticas experimentais.

Considerando, então, o que foi exposto acima, este trabalho tem como objetivo relatar os resultados de uma prática experimental relacionada a N&N no contexto da formação de professores. A prática se constituiu pelo processo de síntese da coprecipitação de Nanopartículas magnéticas, bem como sua características qualitativas e visual. Após esta etapa, foi feita uma avaliação acerca das atividades realizadas assim como o aprendizado proporcionado por esta prática aos licenciandos em física. Tais etapas serão descritas detalhadamente no decorrer deste trabalho, o qual foi baseado metodologicamente de acordo com Silva *et al.* (2014)

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 FORMAÇÃO DOCENTE PARA A TRANSVERSALIDADE**

Atualmente, a formação de professores no Brasil nos traz a possibilidade de vários debates por conta dos diversos desafios desta prática. A baixa valorização e prestígio social fazem com que esta seja uma das profissões menos almejadas na sociedade. Associado a isto, existe a necessidade de que se tenha um olhar especial no que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades essenciais à prática docente. Menezes (2023) destaca que se faz necessário, nos cursos de formação de professores, uma estrutura curricular que se baseie nos princípios da didática, que abrangem o conteúdo a ser ensinado, o público-alvo, a metodologia e as condições de ensino. Sendo assim, é possível pôr em evidência não somente as vastas competências atribuídas ao educador, bem como suas diversas ramificações, mas também a importância de se capacitar docentes com habilidades diversas de modo a prepará-lo para lidar da melhor forma possível na formação técnica e cidadã de seus alunos.

Outro ponto fundamental a ser considerado na formação docente se refere à necessidade dos professores de lidarem com conteúdos diversos, buscando sempre transversalidade de ideias, dentro do possível, de maneira a proporcionar um

aprendizado sólido aos estudantes do nível básico. Neste sentido, a transversalidade implica a integração do ensino em áreas diversas, atuando como elemento-chave na conexão entre diferentes campos de conhecimento, na educação básica (Viçosa *et al.* 2020 *apud* Barbieri e Silva, 2011). Esta prática visa, entre vários outros objetivos, fazer com que o aluno crie conexões entre aquilo que é estudado em sala de aula com o mundo real e pare de questionar de que forma um determinado conhecimento vai ser aplicado em sua vida, como corre repetidas vezes durante as aulas (Fernandes, 2023).

Conforme discutido anteriormente, no que diz respeito às ciências exatas, mais especificamente na Física, também é extremamente importante que o professor saiba como conectar os assuntos relacionados ao seu saber com temas correlatos de forma a consolidar o aprendizado dos alunos. Tendo em vista que boa parte dos alunos apresentam maior dificuldade nesta área do saber, se faz ainda mais relevante que se busque estratégias para conectar diversos temas com o objetivo de que o estudante deixe de enxergar a disciplina como algo inútil à sua realidade e passe a entender minimamente as leis que regem a natureza, mesmo que tais conhecimentos não sejam utilizados em suas pretensões profissionais.

Sob a ótica dos avanços científicos e tecnológicos decorrentes nas últimas décadas, pode-se considerar que a N&N esteja intimamente ligada a várias destas revoluções e, considerando isto, as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (2006) sugerem que tais temas sejam implementados na educação básica, partindo da proposta de interdisciplinaridade que esta área da ciência pode proporcionar. Acerca disto, Rodrigues (2021) afirma que explorar tópicos atuais na sala de aula ajuda os alunos a compreenderem o funcionamento das tecnologias do cotidiano, promovendo a Alfabetização Científica. Desta forma, evidencia-se ainda mais a necessidade de formar professores de Física que tenham capacidade de lidar com as atuais demandas do ensino básico, considerando o cenário tecnológico em que estamos inseridos.

## 2.2 PRÁTICA EXPERIMENTAL NA FORMAÇÃO DOCENTE

Sabemos que a prática é algo inerente ao desenvolvimento humano e é através dela que temos a oportunidade de consolidar o conhecimento de forma eficaz. Essa máxima se estende nas mais diversas áreas do conhecimento e no dia a dia. No entanto, quando falamos da atividade docente, a prática é uma etapa fundamental para associar conceitos teóricos a questões que dificilmente percebemos no cotidiano.

Sobre os aspectos mencionados até aqui, Fontana e Fávero (2013) reforçam tal ideia ao afirmar que teoria e prática são indissociáveis de qualquer atividade humana, incluindo a docência. A teoria fornece o conhecimento e as bases conceituais necessárias para a prática, enquanto a prática permite a aplicação e o teste da teoria. Portanto, a reflexão sobre a prática é essencial para o desenvolvimento profissional docente, permitindo ao professor analisar sua prática, identificar pontos fortes e fracos, e propor melhorias.

Além disso, é importante mencionar para quais fins se forma um professor nos tempos atuais, sobretudo aqui, na área de Física para o ensino médio. Acerca disso, sabe-se da relevância que se tem dado ao ensino voltado para vestibulares. Borges e Rocha (2012) destacam que os estudantes se deparam, de fato, apenas com leis já estabelecidas e uma variedade de equações matemáticas a serem decoradas, desprovidas de vínculos tangíveis com a realidade do dia a dia.

Ainda, experiências educacionais anteriores da maioria dos indivíduos tendem a seguir uma abordagem predominantemente descritiva e acadêmica, contrastando significativamente com os princípios preconizados para o atual ensino de ciências. Dessa forma, é possível conjecturar que, apesar dos muitos avanços pedagógicos, a formação docente frequentemente se baseia em oferecer um arcabouço teórico ao futuro docente. Isso ocorre para capacitá-lo a instruir os alunos a obterem êxito nos vestibulares, sem, contudo, preocupar-se em proporcionar uma educação voltada para o desenvolvimento humano e que permita uma compreensão prática do mundo ao seu redor.

Portanto, os cursos de formação inicial para o ensino de Ciências da Natureza devem promover reflexões teóricas e práticas, capacitando os futuros professores a

compreenderem novas estratégias metodológicas em contraposição aos métodos tradicionais. Isso implica a priorização de atividades práticas diversificadas, visando alcançar aprendizagens mais significativas e duradouras, conforme apontado por Coutinho e Miranda (2019). Para atingir esse objetivo, é essencial que os licenciandos não apenas adquiram experiência prática nas disciplinas estudadas durante a graduação, mas também sejam preparados para aplicar essa prática de forma eficaz e adaptada no ambiente escolar.

### 2.3 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A Nanociência é a investigação das propriedades e comportamentos da matéria em escala nanométrica, ou seja, na ordem de grandeza dos nanômetros, equivalente a um bilionésimo de um metro. Nessa escala extremamente pequena, as propriedades dos materiais podem se manifestar de maneira única e, frequentemente, surpreendente. Isso ocorre devido às leis da Física e da Química que regem os materiais em uma escala maior, podendo não ser aplicáveis diretamente no mundo nanométrico.

O objetivo do estudo da Nanociência é explorar como as propriedades Físicas, Químicas e biológicas dos materiais se modificam nessa escala. Por exemplo, materiais que são isolantes em uma escala macro podem tornar-se condutores em escala Nanométrica, devido a alterações nos arranjos atômicos. A compreensão das propriedades dos materiais em escala nanométrica é crucial para a criação de novos materiais e tecnologias. De acordo com Rocha (2015), no âmbito tecnológico, a Nanotecnologia em dispositivos eletrônicos promete avanços promissores nos próximos anos, possibilitando o desenvolvimento de eletrônicos portáteis eficientes e energeticamente econômicos, graças à melhoria das propriedades Físicas dos materiais quando miniaturizados.

Na medicina, o uso de nanopartículas magnéticas, foco deste trabalho, tem demonstrado grande eficácia na prevenção e tratamento de doenças como o câncer ("Nanopartículas de magnetita matam células do câncer por superaquecimento", 2016). Nesse contexto, as substâncias são empregadas para gerar calor localmente, eliminando as células cancerosas por meio de hipertermia. Isso é realizado

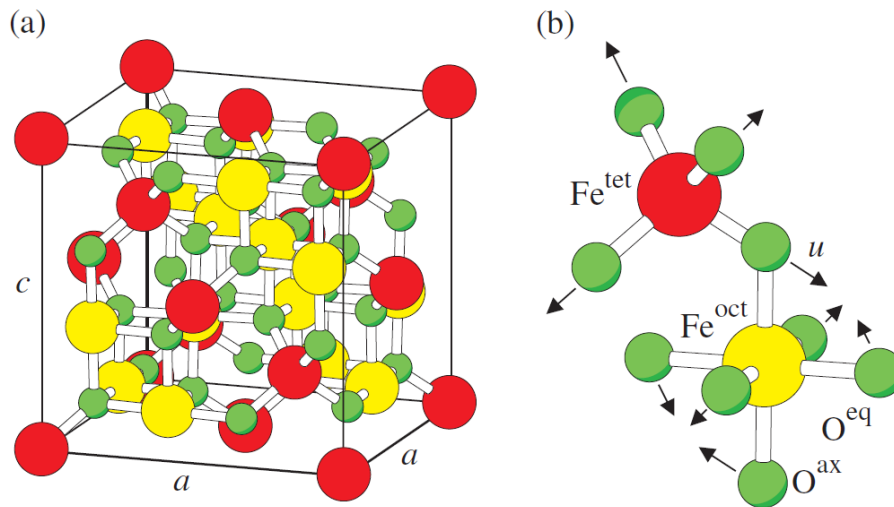
aplicando um campo magnético que faz as partículas vibrarem, gerando calor. Além disso, tais partículas podem ser usadas como agentes de contraste em exames de ressonância magnética, possibilitando diagnósticos mais precisos.

Dessa forma, é possível concluir que a Nanociência e a Nanotecnologia são áreas de pesquisa promissoras com grande potencial para impactar positivamente a sociedade. O estudo dessas áreas é fundamental para o desenvolvimento de novos materiais, dispositivos e processos com propriedades e funcionalidades aprimoradas. Essas tecnologias têm o potencial de melhorar a qualidade de vida das pessoas, tornando-as mais saudáveis, seguras e sustentáveis.

#### 2.4 NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS: MAGNETITA

Para este trabalho, optou-se por realizar a síntese de magnetita. Isto porque esta é uma Nanopartícula amplamente estudada e fácil de ser obtida. Com a fórmula Química  $Fe_3O_4$ , essa tem uma estrutura tipo espinélio invertido e é composta por átomos de ferro e oxigênio organizados em uma disposição octaédrica, formando uma rede tridimensional. O que torna a magnetita particularmente interessante é a presença de dois tipos de íons de ferro: íons ferrosos ( $Fe^{2+}$ ) e íons férricos ( $Fe^{3+}$ ) (Scapim *et al. apud* Cornell e Schwertmann, 2003). Abaixo encontra-se esquematizado o arranjo atômico da magnetita.

**Imagem 1:** Representação tridimensional da estrutura cristalina de magnetita.



Fonte: Friák *et al.*, (2007)

Essa combinação especial de íons e arranjo cristalino confere à magnetita suas propriedades magnéticas únicas, tornando-a naturalmente atraída por ímãs.

No que diz respeito ao método de obtenção desta Nanopartícula, diversas são as técnicas que podem ser empregadas. Uma delas é a síntese por coprecipitação, que consiste em criar partículas sólidas a partir de soluções líquidas. No processo, começamos com soluções contendo íons metálicos dissolvidos. Ao adicionar reagentes específicos, ocorre uma reação Química que faz com que esses íons se transformem em partículas sólidas, chamadas de precipitado.

Para isto, o procedimento envolve combinar íons férricos e ferrosos em uma proporção molar de 1:2 em soluções altamente alcalinas, seja à temperatura ambiente ou em temperaturas elevadas. Ainda, o tamanho e a forma dessas Nanopartículas podem variar dependendo dos sais empregados, como cloretos, sulfatos, nitratos, percloratos, entre outros (Panta *apud* Laurent *et al.* 2008). De acordo com este autor, podemos ainda representar a formação de magnetita pela seguinte equação:

**Equação 1:** Equação do cálculo estequiométrico para a obtenção de magnetita.





Sendo assim, a realização da etapa prática deste trabalho se pautou no que foi exposto até aqui e segue abaixo a descrição da sequência metodológica.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste projeto baseou-se em um processo de síntese de magnetita por meio do método de coprecipitação Química, conforme mencionado no tópico anterior. Nesta etapa, nos baseamos no trabalho proposto por Silva *et al.* (2014). Então a etapa prática deu-se da seguinte forma: inicialmente, utilizando uma balança analítica, foram medidos duas partes de  $\text{FeCl}_2$  para duas partes de  $\text{FeCl}_3$ . Para esta proporção, adicionamos 3g de Cloreto de Ferro II e 6g de Cloreto de Ferro III em 25 ml de água destilada, conforme a imagem abaixo.

**Imagem 2:** Soluções com  $\text{FeCl}_2$  e  $\text{FeCl}_3$  antes de serem submetidos a agitação.

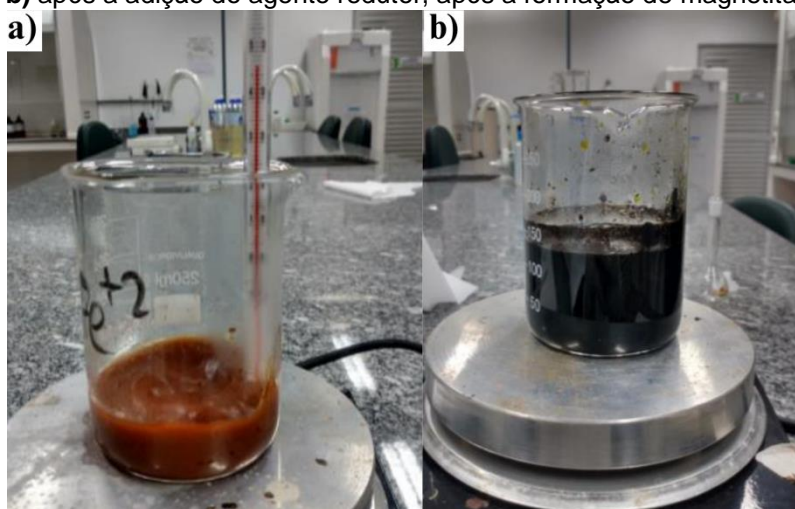


Fonte: arquivo do autor (2023)

Após essa etapa, a mistura foi submetida a agitação magnética com aquecimento até atingir  $80^\circ\text{C}$ . Em seguida, adicionou-se o agente redutor, usando 70 ml de Hidróxido de Sódio ( $\text{NaOH}$ ) a uma concentração de 80g/L (2Mol/L). Na imagem subsequente, é possível observar a solução sob agitação magnética antes da adição do agente redutor, na presença de um termômetro para verificar a

temperatura. Após a adição do NaOH, é possível notar a mudança de cor do produto obtido, indicando a presença de magnetita, conforme a imagem abaixo. Depois desta etapa, o material foi submetido a enxague e secagem em estufa.

**Imagem 3:** a) reagentes sob agitação magnética e aquecimento antes da adição do agente redutor e b) após a adição do agente redutor, após a formação de magnetita.

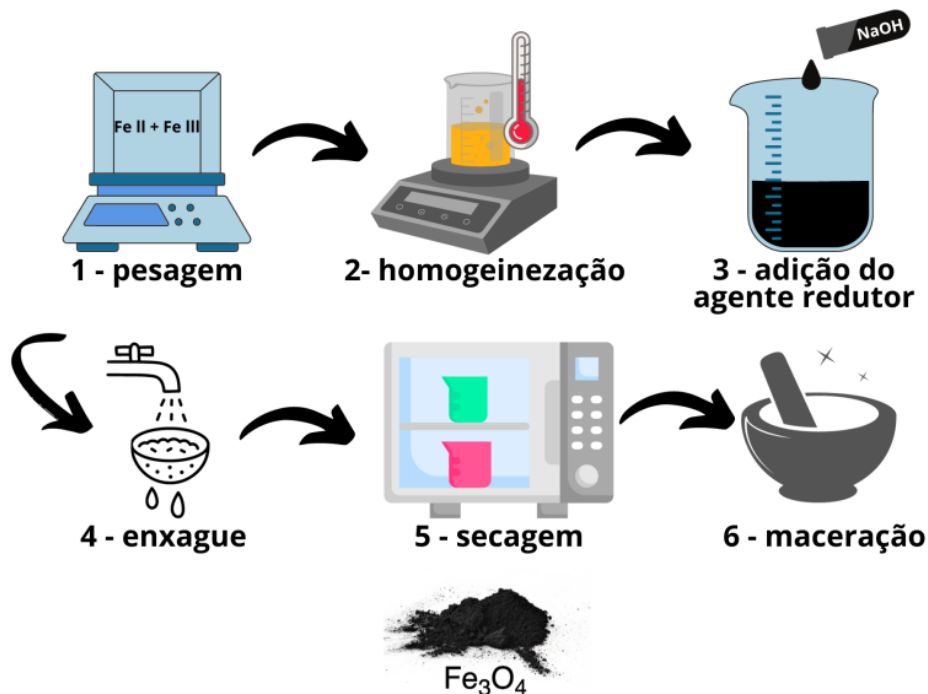


Fonte: arquivo do autor (2023)

Após a realização das etapas acima, foram realizadas algumas caracterizações visuais com o uso de ímãs de neodímio, quando pudemos notar a diferença das propriedades magnéticas das partículas obtidas em comparação com os produtos antes da síntese. Para fins ilustrativos, na imagem abaixo é possível verificar, de forma simples, a sequência de procedimentos realizados até a obtenção da magnetita.



**Imagem 4:** Fluxograma das etapas realizadas na síntese de magnetita



Fonte: produzido pelo autor (2023)

É importante frisar que os resultados descritos acima foram obtidos após várias tentativas de síntese, pois as tentativas iniciais foram frustradas por conta da validade dos reagentes. Desta maneira, foi necessária a aquisição de novos reagentes para que finalmente se pudesse alcançar os resultados descritos na literatura. Esta etapa foi importante para despertar nos participantes o senso de investigação a fim de se entender o porquê de os esforços práticos não coincidirem com o que foi descrito nos trabalhos consultados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o processo de síntese, uma série de resultados significativos foi obtida, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada das propriedades das Nanopartículas produzidas. Os resultados da síntese de magnetita proporcionaram uma experiência educacional rica e visualmente impactante para os envolvidos no projeto.

Através da caracterização visual, os envolvidos foram capazes de conectar conceitos teóricos de Nanociência e Nanotecnologia a uma realidade tangível. Observou-se como as Nanopartículas se apresentavam, como sua estrutura cristalina influencia suas propriedades magnéticas e como a síntese controlada resulta em tamanhos uniformes. Essa abordagem prática fortaleceu a compreensão sobre tais conceitos, tornando os envolvidos mais capazes de transmitir esse conhecimento aos futuros alunos.

Além disso, a caracterização visual da magnetita foi uma oportunidade de aprendizado multidisciplinar. Foi possível desenvolver habilidades de observação crítica, análise e comunicação científica, competências fundamentais para a formação docente.

Esses resultados não apenas enriquecem a formação dos professores em relação à N&N, mas também os capacitaram a usar uma abordagem de ensino mais envolvente e prática no futuro. A capacidade de mostrar aos alunos a aplicação real da Nanociência por meio da síntese e caracterização visual das Nanopartículas pode ser uma ferramenta valiosa na educação científica.

Portanto, as conclusões desta prática não apenas avançaram o conhecimento em Nanociência, mas também contribuíram para a formação de professores que estão melhor preparados para abordar tópicos relacionados à Física Moderna no contexto da educação básica. Os participantes foram capazes de relacionar o que experienciaram durante a atividade às disciplinas de Química e Física, ampliando assim seu conhecimento interdisciplinar.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Analisando o que foi discutido anteriormente, este trabalho proporcionou uma experiência valiosa que integrou ensino, pesquisa e extensão na formação docente. Através de metodologias educacionais atrativas, foi possível explorar diversos conhecimentos interdisciplinares.

O processo de síntese demonstrou ser eficaz na obtenção de nanopartículas bem definidas, ressaltando seu potencial como agente facilitador na capacitação de

professores ao explorar temas avançados de Nanociência e Nanotecnologia na preparação para a educação básica. Os procedimentos adotados nesta atividade, como o estudo da rota de síntese, preparo dos reagentes, síntese, caracterização e comparação com os resultados esperados, conforme a bibliografia, contribuíram significativamente na capacitação dos participantes para abordarem esses temas no ensino médio

Por fim, este trabalho ilustra a importância de combinar a prática científica com a formação pedagógica, preparando futuros educadores para inspirar a próxima geração de cientistas. Além disso, sugerimos que práticas semelhantes às descritas aqui sejam adotadas na formação docente de outras áreas, pois pode representar uma proposta eficaz no que se refere à formação de docentes preparados para lidar com temas pouco explorados, porém de considerável importância, no ensino médio.

## REFERÊNCIAS

BORGES, J. C. S.; ROCHA, I. R. análises e reflexões sobre a formação docente e o ensino de física experimental no rio grande do norte. **HOLOS**, v. 3, p. 159-171, 2012.

BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. **Secretaria de Educação Média e Tecnológica/MEC, Brasília**, p. 69, 2006.

COUTINHO, C.; MIRANDA, A. C. G. Formação inicial de professores de Ciências da Natureza: relatos de uma prática docente diferenciada. **Revista Insignare Scientiaris**, v. 2, n. 2, p. 221-231, 2019.

DA SILVA, R. M. Para além da pedagogia e da didática: ensaio acadêmico sobre problemas da formação de professores no Brasil. **Devir Educação**, v. 7, n. 1, 2023.

ALVES, E. M.; DOS SANTOS, R. F.; DE ALBUQUERQUE, R. N. Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas docentes para o ensino e aprendizagem através da implementação de projetos transdisciplinares para o ensino médio. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 3, p. 11242-11256, 2023.

FERNANDES, S. B. M. O novo ensino médio: Os desafios do professor na construção da transversalidade do conhecimento ambiental. **Repositório UFU**. 2023. Disponível em: < <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/37745>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

FONTANA, M. J.; FÁVERO, A. A. Professor reflexivo: uma integração entre teoria e prática. **Revista de Educação do IDEAU**, v. 8, n. 17, 2013.



INSTITUTO FEDERAL  
Rondônia



Licenciatura em Física *Campus Porto Velho Calama*

FRIÁK, M.; SCHINDLMAYR, A.; SCHEFFLER, M. Ab initio study of the half-metal to metal transition in strained magnetite. **New Journal of Physics**, v. 9, n. 1, p. 5–5, 17 jan. 2007.

THOMAZ, M.F. A experimentação e a formação de professores de ciências: uma reflexão. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 360–369, 1 jan. 2000.

**Medicina: Nanopartículas de magnetita matam células do câncer por superaquecimento.** Disponível em: <<https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-exatas-eda-terra/Nanoparticulas-de-magnetita-matam-celulas-do-cancer-porsuperaquecimento/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

RODRIGUES, C. T. et al. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia à luz da BNCC: uma análise documental. **Sistema de bibliotecas da UFCG**. 2021. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/27591>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

SCAPIM, L. C. M. et al. síntese e caracterização de nanomagnetita pelo processo de coprecipitação. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 8, p. 1182–1191, 28 set. 2017.

SILVA, J. R. et al. Preparação de fluido magnético a base de Nanopartículas magnéticas. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 18, n. 1, 2014.

TOMKELSKI, M. L.; SCREMIN, G.; FAGAN, S. B. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 665–683, 7 out. 2019.

VIÇOSA, C. S. C. L. et al. Concepções de licenciandos acerca de abordagens transversais no ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 11, n. 7, p. 180-197, 2020.