



**INSTITUTO
FEDERAL**
Piauí

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS OEIRAS
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

LUIS FERNANDO DE CARVALHO SILVA

**OBTENÇÃO DE NANOPARTICULAS MAGNÉTICAS COM MATERIAIS DE BAIXO
CUSTO: SÍNTESE, ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES E APLICABILIDADES**

OEIRAS-PI

2024

LUIS FERNANDO DE CARVALHO SILVA

OBTENÇÃO DE NANOPARTICULAS MAGNÉTICAS COM MATERIAIS DE BAIXO
CUSTO: SÍNTESE, ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES E APLICABILIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
como exigência para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de
Licenciatura em Física do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus*
Oeiras.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Gomes Viana.

OEIRAS-PI

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Luis Fernando de Carvalho

S586o Obtenção de nanopartículas magnéticas com materiais de baixo custo :
síntese, estudo de suas propriedades e aplicabilidades / Luis Fernando de
Carvalho Silva. - 2024.
50 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Oeiras, 2024.
Orientador : Prof Dr. Márcio Gomes Viana .

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. 3. Ensino de física . 4. Magnetismo.
I. Título.

CDD - 530

Elaborado por Denizete Lima de Mesquita CRB 3/1079

LUIS FERNANDO DE CARVALHO SILVA

OBTENÇÃO DE NANOPARTICULAS MAGNÉTICAS COM MATERIAIS DE BAIXO
CUSTO: SÍNTESE, ESTUDO DE SUAS PROPRIEDADES E APLICABILIDADES

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado
como exigência para aprovação na disciplina
Trabalho de Conclusão de Curso II do Curso de
Licenciatura em Física do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, *Campus*
Oeiras.

Aprovada em: 05 / 12 / 2024 .

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Márcio Gomes Viana (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Severino de Assis Pacheco Júnior
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Ma. Solidalva de Sousa
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

RESUMO

A Nanotecnologia e Nanociência emergiram como um campo científico há menos de um século, impulsionado pelo progresso no controle e fabricação de materiais em escalas nanométricas. Nesse sentido, é de suma importância introduzir essa nova ciência no ambiente educacional, uma vez que o conhecimento sobre o assunto é extraordinariamente singular perante a sociedade. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo apresentar uma contextualização sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais magnéticos, relevância de sua abordagem em sala de aula e suas aplicabilidades. Para essa finalidade, realizou-se uma pesquisa com abordagem qualitativa e quantitativa, tendo como instrumentos para coleta de dados questionários baseados na escala de *Likert*, realização de minicurso com ênfase na sintetização e estudo as propriedades magnéticas e suas aplicações. Os participantes da pesquisa foram discentes do curso de licenciatura em Física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI), *Campus* Oeiras. Com o trabalho buscou-se avançar no campo do magnetismo através de uma nova abordagem para sintetizar nanomateriais de forma econômica. Exploraremos suas propriedades magnéticas e aplicações, visando facilitar a transmissão desse conhecimento para futuros docentes da rede básica de ensino e tornar o Ensino de Física mais agradável e eficiente, superando o modelo tradicional de ensino mecânico.

Palavras-chave: Nanociência; Nanotecnologia; Ensino de Física, Magnetismo, Escala de *Likert*.

ABSTRACT

Nanotechnology and Nanoscience emerged as a scientific field less than a century ago, driven by progress in the control and manufacture of materials at nanometric scales. In this sense, it is of utmost importance to introduce this new science into the educational environment, since knowledge on the subject is extraordinarily unique to society. In view of this, this work aimed to present a contextualization of the magnetic properties of magnetic nanomaterials, the relevance of their approach in the classroom and their applicability. For this purpose, a research with a qualitative and quantitative approach was carried out, using questionnaires based on the Likert scale as instruments for data collection, and a short course with an emphasis on synthesis and study of magnetic properties and their applications. The research participants were students of the undergraduate course in Physics, at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Piauí (IFPI), *Campus* Oeiras. The work sought to advance the field of magnetism through a new approach to synthesize nanomaterials in an economical way. We will explore its magnetic properties and applications, aiming to facilitate the transmission of this knowledge to future teachers in the basic education network and make Physics Teaching more enjoyable and efficient, overcoming the traditional mechanical teaching model.

Keywords: Nanoscience; Nanotechnology; Physics Teaching, Magnetic, Likert Scale.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: O momento angular orbital e o momento magnético dipolar orbital	23
Figura 2: Reação 1	36
Figura 3: Reação 3	36
Figura 4: Reação 3, cristais de magnetita	37

LISTA DE TABELAS E QUADRAOS

Quadro 1: Categorias de respostas dos participantes.....	38
Quadro 2: Formulário 1 - Dimensão 1: conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala	39
Quadro 3: Formulário 1 - Dimensão 2: Aplicações dos materiais magnéticos.....	41
Quadro 4: Formulário 1 - Dimensão 3: Estudo das propriedades magnéticas no ensino de física no ensino médio.	42
Quadro 5: Formulário 1 - Dimensão 4: Ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais.	43
Quadro 6: Formulário 2, Dimensão 1: Conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala	46
Quadro 7: Formulário 2, Dimensão 2: Aplicações dos materiais magnéticos.....	48
Quadro 8: Formulário 2 - Dimensão 3: Estudo das propriedades magnéticas no ensino de Física no Ensino Médio	49
Quadro 9: Formulário 2 - Dimensão 4: Ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
FMC	Física Moderna e Contemporânea
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
N&N	Nanociência e Nanotecnologia
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

LISTA DE SÍMBOLOS

Å	angstron
m	metro
µm	micrômetro
mm	milímetro
nm	nanômetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 JUSTIFICATIVA.....	20
3 OBJETIVO.....	21
3.1 OBJETIVO GERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
4.1 MAGNETISMO DA MATÉRIA	22
4.2 DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS	24
4.3 PROPIEDADES MAGNÉTICAS DAS NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS	26
4.3.1 MAGNETIZAÇÃO ESPONTÂNEA.....	26
4.3.2 ANISOTROPIA MAGNÉTICA.....	27
4.4 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA E SUA RELEVÂNCIA NO ENSINO DE FÍSICA.....	29
4.5 A SINTETIZAÇÃO DOS NANOMATERIAIS.....	31
4.6 ESCALA LIKERT.....	32
5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	32
5.1 MODALIDADE DE PESQUISA	32
5.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	33
5.3 LOCAL DE ESTUDO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	34
5.4 PROCESSO DE SINTETIZAÇÃO DAS NANO PARTÍCULAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO	34
5.5 MINICURSO	37
6 RESULTADOS E DISCURSÕES	38
6.1 CATEGORIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES.....	38
6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 1	39
6.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 2	44
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52

REFERÊNCIAS53

1 INTRODUÇÃO

A ciência desempenha um papel fundamental e de extrema importância na estrutura social contemporânea, sendo impulsionada pela sinergia resultante da integração com as mais recentes inovações tecnológicas e essa sinergia é capaz de gerar transformações significativas nos âmbitos social, econômico e cultural. Durante os anos finais do século XX, tem sido explorada uma nova abordagem tecnológica denominada "Nanotecnologia", a qual envolve a manipulação de matéria em escala nanométrica, ou seja, extremamente reduzida (TOMA, 2009).

A Nanotecnologia e Nanociência, conforme apresenta Schulz (2005), podem ser definidas como a tecnologia que permite a manipulação de átomos e moléculas, em que o prefixo "nano" se refere a uma escala correspondente a (10^{-9} m) metros, ou um milionésimo de milímetro. E apesar dessas dimensões, os cientistas têm sido capazes de empregar a nanotecnologia no desenvolvimento de materiais avançados, caracterizados por maior resistência, menor espessura e maior durabilidade

Analizando a cronologia histórica da Nanociência e Nanotecnologia, não podemos deixar de mencionar um dos nomes mais proeminentes: o cientista renomado dos Estados Unidos, Richard Feynman. Em dezembro de 1959, Feynman apresentou suas perspectivas sobre o assunto durante uma palestra icônica intitulada: "Explorando as Dimensões Infinitamente Pequenas". Devido à ampla divulgação dessa palestra, Feynman é amplamente reconhecido como um pioneiro no campo da Nanociência e Nanotecnologia. Apesar desse reconhecimento é importante ressaltar que as ideias compartilhadas pelo cientista nessa ocasião não surgiram de forma isoladas; elas foram moldadas e influenciadas por diversas concepções propostas por outros cientistas ao longo do contexto histórico em que Feynman estava inserido (TONET, 2019).

Apenas um ano antes da palestra de Feynman em 1958, Jack Kilby, um físico e engenheiro americano distinguido com o Prêmio Nobel de Física por sua invenção do circuito elétrico integrado, já havia presumido a possibilidade de diminuir o tamanho dos componentes eletrônicos. Ele anotou em seu diário de laboratório a ideia de fabricar resistores e capacitores em uma diminuta peça de silicone (SCHULZ, 2013). Outro cientista de destaque na história da Nanociência e Nanotecnologia foi Arthur Von Hippel, físico que, em 1956, publicou um artigo intitulado "*Engenharia Molecular*", no qual a ideia de se criar materiais a partir de átomos e moléculas foi discutida pela primeira vez (SCHULZ, 2018). No trabalho, Hippel ressaltou a importância da

abordagem interdisciplinar no estudo e desenvolvimento dos nanomateriais (SCHULZ, 2013).

No entanto, foi somente em 1974 que o conceito de "Nanotecnologia" surgiu, graças ao artigo "Sobre o Conceito Básico da 'Nanotecnologia'" publicado pelo professor Norio Taniguchi. Nesse documento, o professor da Universidade de Tóquio descreveu a Nanotecnologia como o processo fundamental de manipular materiais por meio de átomos e moléculas, envolvendo sua separação, consolidação e deformação (EDWARDS, 2006). Foi apenas mais de uma década depois, em 1986, que o termo se tornou amplamente conhecido graças à publicação do livro "*Engines of Creation*" (Motores da Criação) pelo engenheiro americano Eric Drexler.

E após esses marcos os termos nanociência e nanotecnologia vem ganhando espaço em meio a sociedade cada vez mais, em que esse cenário de ascendência se justifica por fato de inúmeras contribuições desses ramos para a melhoria na qualidade de vida das pessoas e avanços científicos nos últimos anos (Ribeiro, 2021). Embora que a Nanotecnologia é uma área de estudo científico reconhecida a pouco mais de um século, os avanços em pesquisas e em áreas de aplicações desse ramo da ciência, possibilitou um grande leque de aplicações, podemos citar um amplo espectro em geologia(JU, 2017), patrimônio cultural (arqueologia, pinturas) (ARIZZI, ANNA et al, 2015), catálise (SKLIRI, 2018), química de superfície(LYKAKI, 2018), separação bimagnética (HOFMAN, 2017), medicina de tumores (GAZEAU, 2008), engenharia de tecidos(Cagil,2018), gravação magnética (Malek, 2018), ímãs permanentes(Lu, 2007), sensores(CAO, 2018), dispositivos baseados em fluidos (KUZHIR, 2017), dispositivos magnéticos-ópticos(SHIRATSU, 2018), aplicações ambientais na despoluição de águas residuais (RIBEIRO, COSTA et al. 2021), isso mostra o grande impacto positivo na sociedade contemporânea na qual esse cenário de desenvolvi cada vez mais (TONET, 2019).

Infelizmente, mesmo considerando sua importância e potencial para enriquecer a formação científica e tecnológica (LEONEL, 2010), o tema só começou a ser valorizado na área da educação brasileira a partir de 2006. Naquele período, as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006, p. 56) no campo das Ciências Naturais e Matemática apontaram a relevância da Nanotecnologia, um ramo da Física Moderna e Contemporânea (FMC), como uma sugestão de tópico pertinente para ser abordado em sala de aula. como não suficiente, segundo Rodrigues e

Strieder (2014), informa em seu trabalho que, as discussões voltadas para a nanociência e nanotecnologia não estão, de fato, inclusos nos Livros didáticos, uma vez que comparecem, na maioria dos casos, em textos complementares e a título de informação ou curiosidade, sem o aprofundamento necessário.

Considerando o contexto apresentado, o trabalho teve como objetivo desenvolver abordagens para preencher ou reduzir a lacuna existente no ensino de magnetismo em escala nanométrica no nível médio de ensino. Em que teve por enfoque viabilizar recursos e métodos, para os envolvidos na pesquisa (licenciandos em Física do IFPI *campus* Oeiras) que os facilitará compreender e explorar conceitos relacionados a essa área de forma mais aprofundada, assim proporcionar meios de trabalharem essa temática em sala de aula, desse modo tornando o ensino-aprendizagem mais eficiente e significativo.

2 JUSTIFICATIVA

Quando analisarmos as competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em especial a 3, vemos a importância para a sociedade e necessidade de se trabalhar a temática Nanociência e Nanotecnologia em sala de aula, pois a BNCC enfatiza a exploração de temas contemporâneos que envolvam a aplicação e as implicações do conhecimento científico e tecnológico. Com base nesse documento, espera-se que os alunos demonstrem habilidades para:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC). (BRASIL, 2018, p. 553).

No entanto segundo afirma Barrozo (2020), existem muitas dificuldades para o ensino de física e uma das principais dificuldades enfrentadas é a falta de conexão entre os conceitos abordados em sala de aula e sua aplicação no contexto cotidiano dos alunos. Muitas vezes, os estudantes têm dificuldade em se engajar com tópicos que parecem distantes de suas experiências diárias ou de seus interesses pessoais.

Essa falta de conexão leva a uma falta de compreensão sobre a relevância do estudo da Física e sua influência no avanço tecnológico.

Diante desse cenário controverso, se torna visível a relevância do trabalho desenvolvido, que consistiu em trazer um roteiro didático sobre a sintetização de nanomateriais com reagentes de baixo custo, e através dessa síntese apresentar as propriedades magnéticas das nanopartículas, bem com suas aplicações em meio a sociedade contemporânea e no contexto educacional.

Em resumo, o desenvolvimento de um minicurso voltado para o magnetismo em escala nanométrica e sua importância para os avanços tecnológicos é uma estratégia importante para superar a falta de conexão entre os conceitos físicos e o cotidiano dos alunos. Ao avaliar o conhecimento prévio, fornecer informações relevantes e coletar dados de desempenho, é possível promover um ensino mais eficaz e engajador, capacitando os futuros professores a transmitirem de forma mais impactante a importância da Física no mundo contemporâneo.

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

- Apresentar uma contextualização sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais magnéticos, relevância de sua abordagem em sala de aula e suas aplicabilidades.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar se os participantes envolvidos no estudo possuem conhecimento prévio a respeito dos temas abordados na pesquisa;
- Ofertar minicurso voltado para a temática em questão;
- Comparar por meio da escala de Likert os avanços alcançados quando comparados os resultados obtidos do pré e pós minicurso do tema em estudo.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 MAGNETISMO DA MATÉRIA

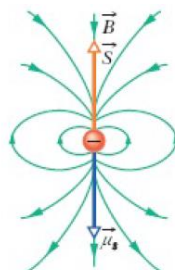
O magnetismo da matéria é um fenômeno empolgante que envolve a interação entre diferentes substâncias e campos magnéticos. Ao observarmos um ímã atraindo objetos metálicos, estamos testemunhando uma manifestação cotidiana do magnetismo. Esse fenômeno vai além do nosso dia-a-dia, adentrando o reino microscópico, onde os elétrons desempenham um papel crucial. A relação entre spins de elétrons e campos magnéticos revela um mundo complexo de propriedades magnéticas em diversos materiais. Essas propriedades podem ser classificadas em três tipos básicos: diamagnetismo, paramagnetismo e ferromagnetismo.

Os elétrons que constituem os átomos possuem um momento angular intrínseco conhecido como momento angular de spin ou simplesmente *spin*, representado pelo símbolo $\vec{S}$. Associado a esse *spin*, existe um momento dipolar magnético de *spin*, representado pelo símbolo $\vec{\mu}_s$. (O termo *intrínseco* é usado para indicar que $\vec{S}$ e $\vec{\mu}_s$ são propriedades básicas de um elétron. Os vetores $\vec{S}$ e $\vec{\mu}_s$ estão relacionados pela equação:

$$\vec{\mu}_s = -\frac{e}{m}\vec{S}$$

em que e é a carga elementar ($1,60 \times 10^{-19}$ C) e m é a massa do elétron ($9,11 \times 10^{-31}$ kg). O sinal negativo significa que $\vec{S}$ e $\vec{\mu}_s$ têm sentidos opostos (Halliday, 2016).

Figura 1: No elétron, o spin e o momento dipolar magnéticos apontam em sentidos contrários



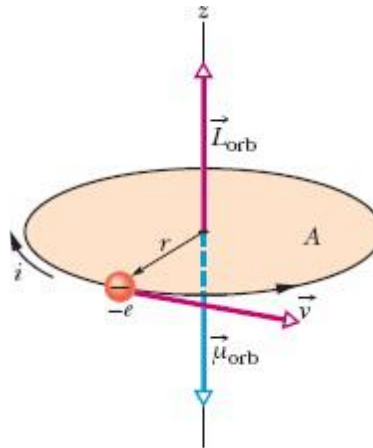
Fonte: Adaptado Halliday, 2016. P. 736)

Quando faz parte de um átomo, um elétron possui um momento angular adicional que recebe o nome de momento angular orbital e é representado pelo símbolo $\vec{L}_{orb}$. Associado a $\vec{L}_{orb}$ existe um momento magnético dipolar orbital $\vec{\mu}_{orb}$; a relação entre as duas grandezas é a seguinte:

$$\vec{\mu}_{orb} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{orb}$$

O sinal negativo significa que $\vec{L}_{orb}$ e $\vec{\mu}_{orb}$ têm sentidos opostos (Halliday, 2016).

Figura 1: O momento angular orbital e o momento magnético dipolar orbital



Fonte: Adaptado (Halliday, 2016. P. 737.)

O Diamagnetismo existe em todos os materiais, mas é tão fraco que, em geral não pode ser observado se o material possuir uma das outras duas propriedades. No dia magnetismo, momentos dipolares magnéticos são produzidos nos átomos do material apenas quando este é submetido a um campo magnético externo $\vec{B}_{Ext}$; a combinação desses momentos dipolares induzidos resulta em um campo magnético de baixa intensidade no sentido contrário ao do campo externo, que desaparece quando $\vec{B}_{Ext}$ é removido. O termo diamagnético é aplicado a materiais que apresentam apenas propriedades diamagnéticas (Halliday, 2016).

O Paramagnetismo é observado em materiais que contêm elementos da família dos metais de transição, da família das terras raras ou da família dos actínídeos. Os átomos desses elementos possuem momentos dipolares magnéticos totais diferentes de zero, mas, como esses momentos estão orientados aleatoriamente, o campo magnético resultante é zero. Entretanto, um campo magnético externo $\vec{B}_{Ext}$ pode

alinhar parcialmente os momentos dipolares magnéticos atômicos, fazendo com que o material apresente um campo magnético resultante no mesmo sentido que o campo externo, que desaparece quando $\vec{B}_{Ext}$ é removido. O termo material paramagnético é aplicado a materiais que apresentam apenas propriedades diamagnéticas e paramagnéticas (Halliday, 2016).

O Ferromagnetismo é observado apenas no ferro, níquel, cobalto, gadolínio e disprósio. Nesses materiais, os momentos dipolares magnéticos de átomos vizinhos se alinham, produzindo regiões com intensos momentos magnéticos. Um campo magnético externo $\vec{B}_{Ext}$ pode alinhar os momentos magnéticos das regiões, fazendo com que uma amostra do material produza um forte campo magnético no mesmo sentido que o campo externo, que permanece quando $\vec{B}_{Ext}$ é removido. Os termos materiais ferromagnéticos e material magnético são aplicados a materiais que apresentam propriedades ferromagnéticas (Halliday, 2016).

As propriedades ferromagnéticas do ferro, do níquel, do cobalto, do gadolínio, do disprósio e de muitas ligas que contêm esses elementos são consequência de um efeito quântico, conhecido como acoplamento de câmbio, que faz os spins dos elétrons de um átomo interagirem fortemente com os spins dos elétrons dos átomos vizinhos. O resultado é que os momentos dipolares magnéticos dos átomos se mantêm alinhados apesar da agitação térmica. É esse alinhamento persistente que proporciona aos materiais ferromagnéticos um magnetismo permanente. Mas diante dessa afirmação surge o questionamento, por que os objetos de ferro, um clip de papel, por exemplo, nem sempre se comportam como ímãs permanentes? (Halliday, 2016).

Para entender tal questionamento considere uma amostra de um material ferromagnético como o ferro. O material, no estado normal, apresenta vários domínios magnéticos, regiões em que o alinhamento dos dipolos atômicos é praticamente perfeito. Acontece que os domínios não estão todos alinhados. Na verdade, a orientação dos domínios pode ser tal que quase todos os momentos magnéticos se cancelam. Por conta desse efeito nem sempre um objeto de ferro por exemplo se comporta como ímãs permanentes.

4.2 DIMENSÕES E CARACTERÍSTICAS DOS NANOMATERIAIS

Os objetos podem ser categorizados em diferentes escalas: macro, micro e nano. O termo "macroscópico" é utilizado para descrever objetos visíveis a olho nu, sem a necessidade de qualquer instrumento óptico de ampliação, como computadores, edifícios e montanhas. Em termos gerais, considera-se macroscópico tudo que possui escalas de comprimento variando de 1mm a 1km. Por outro lado, a percepção microscópica utiliza o micrômetro como unidade de medida para dimensões de objetos vistos através da percepção microscópica da luz. Exemplos de objetos nessa escala incluem os vírus, fibras têxteis, cristais e células sanguíneas, sendo sua abreviatura (μm), (HALLIDAY, 2016).

Para ilustrar a magnitude dessas medidas, podemos considerar que em 1.000 micrômetros (μm) há espaço para 1 milímetro (mm), e em 1.000 milímetros cabe 1 metro (m). Agora, no nível nanométrico, encontramos objetos com tamanhos que variam de alguns nanômetros (nm) até alguns ângstrons ($\text{\AA}$) (10^{-10} metros). Exemplos desses objetos incluem nanopartículas metálicas, nanotubos de carbono e a porfirina, uma molécula responsável pelo transporte de gases no sangue (ZANELLA, 2009).

De acordo com Alves (2004, p. 27), foram realizadas medições de objetos na escala nanométrica, ilustrando os seguintes exemplos:

- Um fio de cabelo humano possui aproximadamente 50.000 nanômetros.
- A célula de uma bactéria tem dimensões da ordem de algumas centenas de nanômetros.
- Os chips disponíveis no mercado em 2004 apresentavam padrões inferiores a 100 nanômetros.
- As menores estruturas observáveis a olho nu possuem cerca de 10.000 nanômetros.
- Para se ter uma noção, a disposição linear de 10 átomos de hidrogênio corresponde a 1 nanômetro.

Nesse contexto, é evidente que a pesquisa no campo da nanotecnologia desvendou oportunidades para a manipulação de átomos e moléculas em ambientes laboratoriais, abrindo caminhos promissores para a criação de materiais inovadores, medicamentos revolucionários, a cura de doenças e a resolução dos desafios

energéticos (TOMA, 2009, p. 11).

A Figura 3 apresenta um esquema didático relacionando as escalas macro, micro e nano. Na imagem, são dispostas várias representações, trem e objetos do uso diário (escala macro), vírus, ranhuras no disco de vinil (escala micro, com 10^{-6} m) e átomos e moléculas (escala nano, com 10^{-10} m).

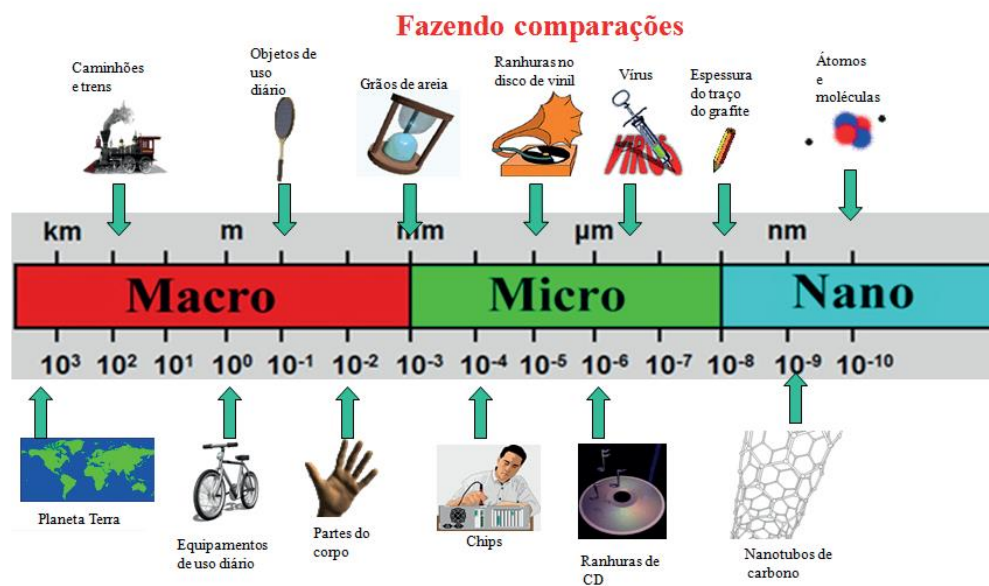


Figura 3: Esquema da evolução dos materiais em diferentes dimensões.

Adaptado (Ellwanger, 2014)

4.3 PROPIEDADES MAGNÉTICAS DAS NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

4.3.1 MAGNETIZAÇÃO ESPONTÂNEA

A magnetização espontânea refere-se ao fenômeno em que certos materiais desenvolvem propriedades magnéticas sem a aplicação de um campo magnético externo. Essa característica intrínseca é uma manifestação dos momentos magnéticos intrínsecos dos átomos ou íons constituintes do material. Para compreender esse processo, é essencial explorar os fundamentos da magnetização e como ela ocorre naturalmente em alguns materiais.

Os materiais magnéticos são compostos por átomos ou íons que possuem

momentos magnéticos individuais. Um momento magnético é a medida da tendência de um átomo ou íon em se alinhar com um campo magnético externo. Em circunstâncias normais, esses momentos magnéticos são orientados aleatoriamente, resultando em uma ausência de magnetização macroscópica no material.

Entretanto, em alguns materiais, mesmo na ausência de um campo magnético externo, os momentos magnéticos individuais podem se alinhar espontaneamente em uma direção preferencial. Esse alinhamento cria uma região com magnetização, e o material exibe propriedades magnéticas sem a necessidade de influência externa.

A origem da magnetização espontânea está intimamente ligada às interações entre os momentos magnéticos dentro do material. Em alguns casos, as interações magnéticas entre átomos ou íons favorecem um alinhamento específico, levando à magnetização espontânea.

Um exemplo clássico de magnetização espontânea ocorre em materiais ferromagnéticos, como o ferro e o cobalto. Nesses materiais, os momentos magnéticos tendem a se alinhar naturalmente na mesma direção, resultando em regiões chamadas de domínios magnéticos. Cada domínio magnético é uma região onde os momentos magnéticos estão alinhados, enquanto entre os domínios há fronteiras chamadas de paredes de domínio.

A compreensão da magnetização espontânea é crucial para diversos campos, incluindo a física da matéria condensada e a tecnologia de materiais. Essa propriedade magnética intrínseca desempenha um papel fundamental em aplicações tecnológicas, como na fabricação de componentes magnéticos em dispositivos eletrônicos e na criação de materiais com propriedades magnéticas específicas.

Em resumo, a magnetização espontânea é um fenômeno fascinante que revela a complexidade e a riqueza das interações magnéticas em materiais. O entendimento desse processo não apenas amplia nosso conhecimento sobre propriedades magnéticas, mas também impulsiona avanços significativos em diversas áreas científicas e tecnológicas (CULLITY, GRAHAM, 2011)

4.3.2 ANISOTROPIA MAGNÉTICA

A anisotropia magnética é um fenômeno crucial em materiais magnéticos, que descreve a dependência da propriedade magnética em relação à direção no espaço.

Em outras palavras, a anisotropia magnética indica que as propriedades magnéticas de um material variam de acordo com a direção na qual são medidas. Este fenômeno é de grande importância em diversas áreas, desde a física da matéria condensada até a fabricação de dispositivos magnéticos.

A anisotropia magnética pode ser atribuída a diferentes fatores, sendo a estrutura cristalina do material um dos principais contribuintes. Em muitos casos, a anisotropia magnética está associada à orientação preferencial dos momentos magnéticos em uma determinada direção cristalográfica. Materiais magnéticos podem exibir anisotropia magnética em relação a eixos específicos, influenciando suas propriedades magnéticas globais.

Existem vários tipos de anisotropia magnética, sendo a anisotropia magnética cristalina uma das mais comuns. Essa forma de anisotropia está associada à simetria da estrutura cristalina do material. Em materiais como o óxido de ferro magnetita, por exemplo, a anisotropia magnética cristalina pode fazer com que os momentos magnéticos se alinhem preferencialmente em determinadas direções específicas do cristal.

Além disso, a anisotropia magnética pode ser influenciada pela forma e pela microestrutura do material. Materiais com partículas magnéticas orientadas ou com formas anisotrópicas podem exibir propriedades magnéticas distintas ao longo de diferentes direções. Isso é especialmente relevante em aplicações tecnológicas, como na fabricação de fitas magnéticas ou discos rígidos, onde a anisotropia magnética é cuidadosamente controlada para otimizar o desempenho do dispositivo.

A compreensão e controle da anisotropia magnética são fundamentais em diversas áreas, incluindo a eletrônica de spin, a magnetorresistência gigante e a nanotecnologia magnética. Pesquisas contínuas sobre materiais e técnicas de fabricação visam otimizar a anisotropia magnética para aplicações específicas, permitindo o desenvolvimento de dispositivos mais eficientes e avançados (CULLITY, GRAHAM, 2011)

Em resumo, a anisotropia magnética é um fenômeno essencial em materiais magnéticos, moldando suas propriedades magnéticas de maneira direcional. O entendimento e a manipulação da anisotropia magnética são cruciais para o avanço da tecnologia magnética e para a criação de dispositivos mais sofisticados e eficientes.

4.4 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA E SUA RELEVÂNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

A Nanotecnologia, uma ciência revolucionária que envolve a manipulação individual de átomos, apresenta um potencial incrível para transformar radicalmente a vida na Terra. No entanto, é essencial introduzir e familiarizar os estudantes da educação básica com essa área de conhecimento. Ao mesmo tempo, é importante compreender os prós e contras associados ao seu uso, como em qualquer nova tecnologia que traz benefícios à sociedade, mas também pode acarretar riscos se não for aplicada de maneira prudente. Nesse contexto, a escola desempenha um papel crucial como um ambiente de acesso ao conhecimento. O professor, por sua vez, torna-se um dos responsáveis por conscientizar a sociedade sobre as novas tecnologias e os avanços científicos, garantindo um uso responsável e seguro dessas inovações, (BRASIL, 2019).

Nesse contexto a disseminação do conhecimento sobre essa nova ciência é de extrema importância para discentes, docentes e população geral, uma vez que a pesquisa relacionada à Nanociência vem crescendo significativamente. A escola desempenha um papel fundamental nesse cenário, sendo um espaço de conhecimento para os estudantes. Assim, é essencial que os futuros professores de Física estejam cientes das possibilidades e avanços que a Nanociência e Nanotecnologia trazem.

Portanto, é de suma importância que estudantes e professores do ensino básico estejam familiarizados com os conceitos, potenciais e impactos da Nanociência e da Nanotecnologia, uma vez que essas áreas prometem desencadear uma nova revolução tecnológica. No entanto, os professores do ensino médio enfrentam desafios ao lidar com o domínio do conteúdo relacionado à Nanociência e à Nanotecnologia, bem como a necessidade de integrar esses conceitos em suas aulas. Daí a relevância de incorporar esse conhecimento em suas formações iniciais e em programas de educação continuada.

A importância da inclusão desse conhecimento nas formações iniciais é destacada pela Resolução CNE/CP Nº 2, de 20 de dezembro de 2019, que reconhece essa necessidade no Art. 4º ao definir o desenvolvimento de competências específicas no âmbito do conhecimento profissional. Entre essas competências, destaca-se o domínio dos objetos de conhecimento e a habilidade de transmiti-los de maneira eficaz

aos alunos (BRASIL, 2019).

Portanto, a relevância da Nanotecnologia na sociedade é incontestável. Graças a essa disciplina científica, os pesquisadores têm sido capazes de desenvolver materiais e componentes mais avançados e aprimorados. A Nanotecnologia demonstra sua capacidade de criar substâncias mais resistentes, finas e duráveis, desempenhando um papel crucial em diversos setores industriais e tecnológicos, bem como em estudos nas áreas de Física, Química, Biologia e Medicina

Essas evidências estão em consonância com os princípios estabelecidos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - LDB, Lei nº 9.394/1996 (Brasil, 1996), um documento que estabelece as orientações para o sistema educacional brasileiro. A LDB determina a importância de uma Base Nacional Comum Curricular (BNCC) na educação básica, que serve como um guia para os currículos escolares.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que estabelece as competências e habilidades a serem desenvolvidas na educação básica e aplicadas em sala de aula. Embora a BNCC para o ensino médio não aborde explicitamente o conteúdo de Nanociência e Nanotecnologia, ela propõe competências específicas que capacitam os estudantes a analisar situações-problema, avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico, bem como compreender suas implicações no mundo. Isso é realizado por meio do uso de procedimentos e linguagens próprias das Ciências da Natureza, permitindo que os alunos proponham soluções que considerem demandas locais, regionais e globais.

Além disso, a BNCC incentiva os estudantes a comunicarem suas descobertas e conclusões para públicos diversos, em diferentes contextos, utilizando uma variedade de mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2021).

Tornando evidente a necessidade da divulgação do avanço científico e tecnológico, como ressalta Schulz (2007):

[...] a percepção da nanociência é muitas vezes associada à imagem de que se trata de uma atividade humana desenvolvida em laboratórios demasiadamente sofisticados e caros. Associações desse tipo podem criar barreiras à predisposição de crianças, jovens e adultos leigos em se deixar instigar pelo tema, que pode ser considerado interessante, mas cuja

compreensão mais aprofundada é socialmente relevante e constitui uma nova oportunidade para fortalecer o debate público de novas tecnologias (SCHULZ, 2007, p.4).

Lima e Almeida (2012) enfatizam que a Nanociência e a Nanotecnologia têm se estabelecido como campos emergentes de grande engenhosidade e potencial para resolver problemas presentes em nossa sociedade, especialmente no âmbito da ciência e da tecnologia. Portanto, o presente trabalho apresentou ferramentas aos futuros professores de Física formados no IFPI *campus* Oeiras, a fim de capacitar o ensino da Nanociência e da Nanotecnologia nas salas de aula do ensino médio. Logo contribuindo com a formação de estudantes/cidadãos detentores de competências específicas na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, conforme definido pela BNCC.

Além disso, as autoras ressaltam a importância de conscientizar a sociedade sobre os efeitos da Nanotecnologia na saúde, segurança e meio ambiente, o que influencia os modos de vida, o pensamento e as ações das pessoas.

[...] a sociedade precisa estar preparada técnica e culturalmente para conviver com possíveis efeitos que o uso dessas novas tecnologias poderá trazer para a saúde, para a segurança e para o meio ambiente: será necessário, entre outras atitudes, participar de debates; tomar decisões sobre o que pesquisar; e, principalmente, exigir transparência de informações das pesquisas em novas tecnologias, notadamente, em relação às nanotecnologias (LIMA; ALMEIDA, 2012, p. 4401-3).

Em resumo, este trabalho esteve alinhado com a ideia de proporcionar aos discentes do curso de licenciatura em Física do IFPI *campus* Oeiras, que se tornarão educadores no futuro, a possibilidade de expandir essas habilidades específicas presentes na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ao promover a aproximação do estudante com conhecimentos sobre Nanotecnologia e Nanociência.

4.5 A SINTETIZAÇÃO DOS NANOMATERIAIS

Conforme conhecido, o objetivo deste trabalho é apresentar uma contextualização sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais magnéticos, relevância de sua abordagem em sala de aula e suas aplicabilidades. Seguindo esse plano, conforme proposto no minicurso, está prevista uma etapa de síntese de nanomateriais usando reagentes de baixo custo. No contexto da produção de

nanopartículas magnéticas, diversos métodos químicos têm sido desenvolvidos ao longo dos anos, como coprecipitação, sol-gel, microemulsão, entre outros (GALLO, LONG, et al, 2013).

E após uma análise inicial, o método de coprecipitação química foi pré-selecionado para a produção. Essa escolha se baseia no fato de ser a técnica mais amplamente estudada (VALENZUELA, 2009), apresenta uma síntese simples e de baixo custo (WU, 2011). Além disso, a reação pode ocorrer em uma ampla faixa de temperatura, tanto em temperaturas elevadas quanto em temperatura ambiente (LU, SALABAS, 2007), o que facilita sua execução.

4.6 ESCALA LIKERT

A escala de tipo - Likert, construída por Rensis Likert na primeira metade do século XX, foi criada para mensurar opiniões ou atitudes. Essa abordagem envolve a formulação de um conjunto de afirmações sobre um tema específico, seguido pela avaliação do grau de concordância dos participantes da pesquisa. Essa escala utiliza termos semânticos distintos que variam qualitativamente, indo desde Discordo Totalmente (DT) até Concordo Totalmente (CT), com a opção neutra de Não Concordo Nem Discordo (NCND) situada entre esses dois extremos. Os valores numéricos atribuídos as respostas representam tanto a intensidade quanto a direção das opiniões dos participantes em relação as afirmações apresentadas (JOSHI, 2015).

Uma das principais vantagens desse método é sua simplicidade de construção, bem como a capacidade de incluir itens ou afirmações diretamente relacionadas ao tópico em análise. No entanto, sua principal limitação reside no fato de que ela é estritamente ordinal, o que implica em uma redução das estatísticas descritivas disponíveis. Geralmente, recomenda-se o uso da moda ou da mediana para medidas de tendência central, e a frequência para medidas de variabilidade (MONTEIRO, 2021).

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

5.1 MODALIDADE DE PESQUISA

A pesquisa realizada tem o caráter qualitativo e quantitativo, onde ela divide-se em 4 Etapas. (Etapa1): contextualização da temática, por meio de encontro presencial,

onde foi detalhado como ocorrerá os processos de coletas de dados, a sintetização e o mini - curso proposto; (Etapa 2): aplicação de formulário, afim de verificar os conhecimentos prévios dos envolvidos na pesquisa sobre o tema; (Etapa 3): realização de minicurso, visando apresentar e executar a sintetização de nano materiais com reagentes de baixo custo, apresentar as propriedades magnéticas dos materiais sintetizados, as áreas de aplicações desses materiais e a relevância do seu estudo em sala de aula no ensino médio; (Etapa 4): aplicação questionário objetivando monitorar os avanços alcançados com a realização do minicurso.

5.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta ocorreu em dois momentos distintos durante a pesquisa. No primeiro momento após a Etapa 1 da pesquisa, utilizando formulário eletrônico contendo questões fechadas com respostas do tipo Likert com as alternativas, “Discordo completamente”, “Discordo”, “Neutro”, “Concordo”, “Concordo completamente”. O objetivo dessa etapa foi monitorar o conhecimento prévio dos discentes sobre o conteúdo que estudado. No segundo instante, após a realização do minicurso (Etapa 3), aconteceu a aplicação do formulário eletrônico contendo questões com respostas do tipo Likert com as alternativas, “Discordo completamente”, “Discordo”, “Neutro”, “Concordo”, “Concordo completamente”. que teve como finalidade verificar se os objetivos do trabalho foram alcançados com êxito.

Ressaltamos que a utilização de questões fechadas com respostas do tipo Likert é uma técnica de coleta de dados bastante eficaz, pois permite uma análise quantitativa dos dados coletados. Além disso, a utilização de formulários eletrônicos permite uma coleta mais rápida e eficiente dos dados, além de uma análise mais precisa dos resultados.

A realização da análise dos dois instrumentos de coleta utilizados para avaliar o impacto do minicurso ofertado no decorrer da pesquisa. Terá como caráter uma análise descritiva, a fim de identificar possíveis diferenças significativas nos resultados pré e pós-realização do minicurso. E contará com a utilização de uma abordagem sistemática para garantir a confiabilidade e validade dos resultados obtidos. Isso incluirá a realização de testes de confiabilidade e validade dos instrumentos de coleta, bem como a análise dos dados por meio de software estatístico especializado como o Excel por exemplo

5.3 LOCAL DE ESTUDO E PARTICIPANTES DA PESQUISA

A pesquisa ocorreu no Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Piauí - *Campus* Oeiras, uma vez que a instituição oferece o curso de Licenciatura Plena em Física e conta com um corpo discente propício para efetivação do estudo, os participantes do estudo foram discentes do curso de Licenciatura em Física, que já cursaram a disciplina de eletromagnetismo, que é fundamental para a compreensão da área em questão.

Dessa forma, mostrou-se que os participantes tinham uma base prévia sólida para a realização das análises propostas no estudo. Além disso a seleção de participantes com conhecimentos prévios específicos é uma prática comum em pesquisas científicas, uma vez que isso pode aumentar a validade dos resultados e a precisão das conclusões obtidas no decorrer dos estudos.

5.4 PROCESSO DE SINTETIZAÇÃO DAS NANO PARTÍCULAS COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO

Nesta seção apresentaremos o processo experimental para a obtenção desses materiais com reagente de baixo custo e de fácil acessibilidade, o procedimento utilizado nesta prática foi adaptado do trabalho “Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio” (Ribeiro et al, 2021).

Para a obtenção das Nanopartículas magnéticas existem vários métodos, que foram desenvolvidos e melhorados ao longo dos anos, por exemplo a sol-gel, co-precipitação, microemulsão etc. Para este trabalho o método utilizado foi a co-precipitação química. Técnica bastante estudada e a síntese é simples, barata e a reação ocorre a uma faixa ampla de temperatura, podendo ser realizada tanto em temperaturas elevadas quanto em temperatura ambiente, tornando bastante viável sua realização em sala de aula.

Esse método consiste na mistura estequiométrica de sais que contenham íons ferrosos (Fe^{2+}) e férricos (Fe^{3+}), os quais são precipitados na presença de um meio alcalino na forma de magnetita (Fe_3O_4).

Nesse estudo deseja-se apresentar para os discentes do curso de licenciatura em Física que já cursaram a disciplina de eletromagnetismo, uma metodologia para obtenção de Nano partículas magnéticas a partir de materiais do cotidiano, portanto essa técnica foi adaptada para ser desenvolvida com estes materiais sem a preocupação de se desenvolver nano partículas magnéticas com características específicas.

Para a realização do experimento para a obtenção das nano partículas magnéticas foram utilizados os seguintes materiais:

- Vinagre de álcool
- Palha de aço número 2
- Solução a base de amônia
- Água Oxigenada;
- Ímã retangular de 5 cm
- Hidróxido de amônia (NH₄OHh)
- Recipiente transparente de vidro com capacidade superior a 200 mL
- Balança de cozinha.

O primeiro momento consiste em uma adaptação de Galiazzi (2005) para desenvolver uma metodologia para a preparação com a utilização de materiais do cotidiano.

As nanopartículas magnéticas foram preparadas a partir de soluções de Fe²⁺ e Fe³⁺.

A solução de Fe²⁺ foi preparada a partir da adição de 200 mL de vinagre em 4,0 g de palha de aço (FIGURA 2). A solução ficou em repouso por 20h. o vinagre é um condimento líquido que contém compostos bioativos, como ácidos orgânicos, principalmente ácido acético e compostos fenólicos (Yun, 2019) o ácido acético, presente no vinagre, aumenta a concentração de íons H⁺ no meio, o que acelera a reação de oxidação da palha de aço. Já a palha de aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro -Fe- e carbono (Ávila, 2017), sendo o ferro o elemento predominante. O ferro na presença do oxigênio do ar sofre oxidação enquanto o oxigênio sofre redução (agente oxidante) transformando-se em íons Fe²⁺ (Reação 1).

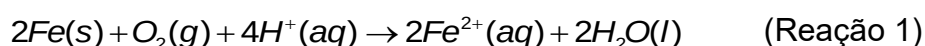


Figura 2: Reação 1



Fonte: Próprio autor

A solução de Fe^{3+} foi preparada adicionando-se 20 gotas de água oxigenada em 15 mL de solução de Fe^{2+} preparada anteriormente. A reação entre o Fe^{2+} e o peróxido de hidrogênio, presente na água oxigenada, é conhecida como “reação tipo Fenton” sendo um dos sistemas mais ativos para a oxidação de compostos orgânicos em água. A reação de Fenton se baseia na decomposição de peróxido de hidrogênio a formas intermediárias de radicais livres (reação 2), os quais possuem potencial de redução maior que o próprio peróxido, atuando como um catalizador homogêneo (Brito, 2008).

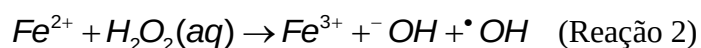


Figura 3: Reação 3

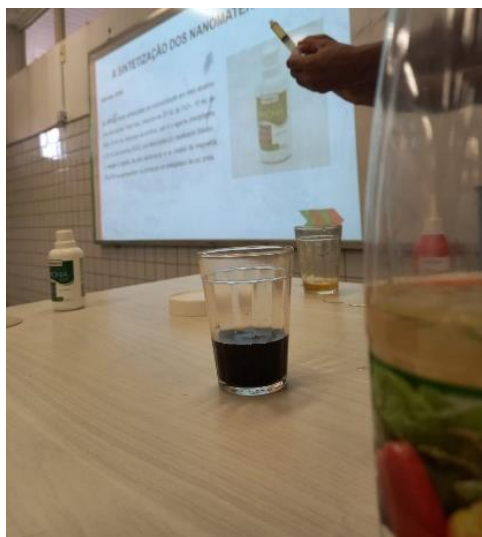


Fonte: Próprio autor

As nano partículas foram sintetizadas por coprecipitação em meio alcalino dos íons acima. Para isso, misturou-se 25 mL de Fe^{2+} , 15 mL de Fe^{3+} ., 5 mL de hidróxido de

amônio (NH_4OH), que é o agente precipitante, A reação é rápida, de alto rendimento e os cristais de magnetita (Fe_3O_4) se apresentam na forma de um precipitado de cor preta.

Figura 4: Reação 3, cristais de magnetita



Fonte: Próprio autor

5.5 MINICURSO

Segundo Barrozo (2020), existem muitas dificuldades para o ensino de física e uma das principais dificuldades enfrentadas é a falta de conexão entre os conceitos abordados em sala de aula e suas aplicações no cotidiano dos alunos. Muitas vezes, os estudantes têm dificuldade em se engajar com tópicos que parecem distantes de suas experiências diárias ou de seus interesses pessoais. Essa falta de conexão leva a uma falta de compreensão sobre a relevância do estudo da Física e sua influência no avanço tecnológico.

Diante desse cenário, tornou se visível a necessidade de realizar o trabalho desenvolvido, que consistiu em trazer uma apresentação sobre sintetização de nanomateriais com reagentes de baixo custo, e através dessa síntese apresentar as propriedades magnéticas das nanopartículas, bem com suas aplicações em meio a sociedade contemporânea e no contexto educacional. Em resumo, o desenvolvimento de um minicurso voltado para o magnetismo em escala nanométrica e sua importância para os avanços tecnológicos é uma estratégia importante para superar a falta de conexão entre os conceitos físicos e o cotidiano dos alunos.

O minicurso aconteceu de forma presencial, no Instituto Federal de Educação,

Ciência e Tecnologia do Piauí, com carga horaria de 4 horas, onde ocorreu a apresentação expositiva, dos objetivos do trabalho que seria desenvolvido, sobre o magnetismo da matéria, dimensões, características e propriedades dos nanomateriais, suas aplicações e relevância de sua abordagem em sala de aula, e meio de síntese com reagentes de baixo custo, onde esteve participando discentes do curso de Física que haviam cursado a disciplina de eletromagnetismos, teve um total de 5 participantes na pesquisa, 3 (três) homens e 2 (duas) mulheres.

6 RESULTADOS E DISCURSÕES

Nessa seção iremos descrever a análise, interpretação e discussão dos resultados obtidos por meio das respostas presentes nos questionários aplicados antes e depois da realização do minicurso.

6.1 CATEGORIZAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS PARTICIPANTES

A avaliação dos conhecimentos prévio dos participantes envolvidos na pesquisa, e avanços alcançados após a participação dos mesmos no minicurso voltado para a temática Propriedade Magnéticas dos Nanomateriais, baseou-se na escala de *Likert*, um tipo de escala de medida que serve para analisar as opiniões, ou o nível de concordância do entrevistado (JUNIOR; COSTA, 2014).

Dentre as categorias para definir se os discentes participantes na pesquisa responderam de forma a contemplar o que foi pedido na pergunta, ou seja, se corresponderam ao comando da questão, foi utilizado como formato de resposta a escala de *Likert* com alternativas que variam de discordo totalmente a concordo totalmente (Quadro 1), sendo (1) discordo totalmente, (2) discordo, (3) neutro, (4) concordo e (5) concordo totalmente, considerando como resultado negativo a soma de 1 e 2; percepção neutra, os resultados em 3 e percepção positiva, a soma de 4 e 5. Optou-se por construir esta escala, com opções negativas e positivas em razão de permitir uma maior precisão dos resultados, fornecendo o ponto neutro para não afetar em uma determinada escolha.

Quadro 1: Categorias de respostas dos participantes

Categoria 1 – Discordo completamente

Categoria 2 – Discordo
Categoria 3 – Neutro
Categoria 4 – Concordo
Categoria 5 – Concordo completamente

Fonte: Próprio autor

6.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 1

O primeiro questionário da pesquisa, foi aplicado após a contextualização do trabalho que seria desenvolvido, ele é composto por 4 dimensões, sendo elas: “Conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala; aplicações dos materiais magnéticos; estudo das propriedades magnéticas no ensino de física no ensino médio; ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais”. No qual se buscou verificar se discentes possuíam conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos nano materiais, a aplicação desses materiais, a relevância de se trabalhar esse conteúdo dentro da sala de aula e se eles conheciam meios de sínteses desses materiais com reagentes de baixo custo.

Este questionário contém 16 (dezesesseis) questões, respondidas por 5 (cinco) discentes do curso de licenciatura em Física no campus Oeiras, cujo objetivo foi identificar se os estudantes detinham conhecimentos prévios sobre a temática estudada.

Quadro 2: Formulário 1, Dimensão 1: Conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala

DIMENSÕES	QUESTÕES	DC	D	N	C	CC
DIEMENSÃO 1: CONHECIMENTO TEÓRICO SOBRE MAGNETISMO	(Q1): <i>Eu tenho conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos materiais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)
	(Q2): <i>Eu conheço os diferentes tipos de materiais que apresentam propriedades magnéticas</i>	0 (0%)	1 (20%)	1 (20%)	3 (60%)	0 (0%)
	(Q3) <i>Eu conheço ou já ouvi falar em partículas magnéticas.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)

EM GRANDE E PEQUENA ESCALA	(Q4) <i>Eu tenho conhecimento sobre os momentos angulares de spin e momentos angulares orbitais, associados aos elétrons e átomos respectivamente.</i>	0 (0%)	1 (20%)	1 (20%)	3 (60%)	0 (0%)

Fonte: Próprio autor

A primeira dimensão é voltada para os conhecimentos teóricos sobre magnetismo em grande e pequena escala. Ela é subdividida em 4 questões, onde 100% dos discentes expressaram suas percepções de modo favorável, sendo que nenhum dos participantes discordaram, ou se mantiveram no grau de neutralidade. Nota-se que ao calcular o somatório entre as percepções 4 e 5 o resultado é equivalente a 74,97% dos participantes, indicando que a maior parte dos estudantes sabe que a nanotecnologia trata de pequenas partículas que estão presentes em muitos meios tecnológicos.

A respeito da questão 2 (dois), em que se avaliou os participantes conheciam os diferentes tipos de materiais que apresentam propriedades magnéticas. Verificou-se que 60% dos discentes concordaram enquanto 20% discordaram e 20% mantiveram o grau de neutralidade. De acordo com a questão 3 (três), percebeu-se que todos os estudantes conhecem ou já ouviram falar sobre partículas magnéticas, visto que 80% concordam com a afirmação levantada na questão e 20% concordam completamente. Na quarta questão, apenas 1 participante discordou sobre a afirmativa da questão, 1 se manteve no grau de neutralidade e 3 responderam favorável a questão.

Portanto, observou-se que nesta dimensão a porcentagem positiva, que corresponde aos itens 4 e 5, se mantiveram em maior parte em todas as questões analisadas, demonstrando que a maioria dos envolvidos na pesquisa possuem conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala, assim obtendo um resultado positivo em relação aos conhecimentos prévios que os estudantes já detêm sobre a temática.

Na segunda dimensão voltada para as Aplicações dos materiais magnéticos, também subdividida em 4 questões, onde 80% dos discentes expressaram suas percepções de modo a concordarem com a questão 5 (cinco), sendo que apenas 20% mantiveram no grau de neutralidade. A respeito da questão 6 (seis), em que se avaliou

os participantes conheciam as aplicações das partículas magnéticas em dispositivos de armazenamento de dados, como discos rígidos, 80% dos participantes concordaram e apenas 20% se mantiveram no grau de neutralidade. De acordo com a questão 7 (sete), percebeu-se que todos os estudantes acreditam que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é relevante para o avanço tecnológico, visto que 20% concordam e 80% concordam completamente, com a ideia levantada na questão.

Quadro 3: Formulário 1 - Dimensão 2: Aplicações dos materiais magnéticos

DIMENSÃO 2: APLICAÇÕES DOS MATERIAIS MAGNÉTICOS	<i>Eu conheço as aplicações práticas das propriedades magnéticas dos materiais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)
	<i>Eu conheço a aplicação das partículas magnéticas em dispositivos de armazenamento de dados, como discos rígidos.</i>	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)	0 (0%)
	<i>Eu acredito que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é relevante para o avanço tecnológico.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	<i>Eu sei que as propriedades magnéticas dos materiais são usadas em áreas como da medicina, em áreas ambientais, como o processo de despoluição de águas residuais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)

Fonte: Próprio autor

Na oitava questão, que tinha por intuito aferir se os participantes sabiam que as propriedades magnéticas dos materiais são usadas em áreas como medicina, em áreas ambientais, todas as respostas foram positivas, visto que 80% dos discentes concordaram e 20% concordaram totalmente.

Assim demonstrando que nesta dimensão a porcentagem positiva, que corresponde aos itens 4 e 5, também se mantiveram em maior parte em todas as questões analisadas, tornando possível observar que grande parte dos discentes envolvidos na pesquisa conhecem locais de aplicações dos materiais magnéticos,

Na terceira dimensão, voltada para o Estudo das propriedades magnéticas no ensino de física no ensino médio, 80% dos discentes expressaram suas percepções de modo a concordarem com a questão 1, considerando importante aprender sobre as propriedades magnéticas dos materiais para sua formação acadêmica/profissional, enquanto apenas 20% mantiveram um grau de neutralidade. A respeito da questão 2, em que se avaliou se os participantes acreditam que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é importante para o ensino em sala de aula, 60% dos participantes concordaram completamente e 40% concordaram, indicando unanimidade na percepção da importância desse estudo no contexto escolar. De acordo com a questão 3, percebeu-se que a maioria dos estudantes acredita que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais pode ser mais explorado em sala de aula, com 80% concordando completamente e 20% concordando, sugerindo um espaço significativo para aprofundamento nesse tema. Já na questão 4, em que se avaliou se os discentes percebem a aplicação prática das propriedades magnéticas dos materiais em tecnologias do cotidiano, 80% dos participantes concordaram e 20% se mantiveram no grau de neutralidade, reforçando a importância de seu estudo no ensino de Física.

Quadro 4: Formulário 1 - Dimensão 3: Estudo das propriedades magnéticas no ensino de física no ensino médio.

DIMENSÃO 3: ESTUDO DAS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.	(Q1): <i>Eu considero importante aprender sobre as propriedades magnéticas dos materiais para minha formação acadêmica/profissional.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	(Q2): <i>Eu acredito que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é importante para o ensino em sala de aula.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (60%)
	(Q3): <i>Eu pressuponho que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais pode ser mais explorado em sala de aula.</i> Fonte: Próprio autor	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	(Q4): <i>Eu percebo a aplicação prática das propriedades magnéticas dos materiais em tecnologias do cotidiano, o que reforça a importância de seu estudo no ensino de física.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (80%)	1 (20%)

A porcentagem positiva, que corresponde aos itens 4 e 5, também se manteve em maior parte em todas as questões analisadas. Isso demonstra que grande parte dos discentes envolvidos na pesquisa reconhecem a importância do estudo das propriedades magnéticas para sua formação acadêmica/profissional, percebem sua relevância no contexto escolar e reconhecem as aplicações práticas dessas propriedades em tecnologias do cotidiano. Dessa forma, é possível observar que os alunos estão cientes da importância e das aplicações das propriedades magnéticas dos materiais, bem como do potencial para um maior aprofundamento do tema em sala de aula.

Na quarta dimensão, voltada para Ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais, 60% dos discentes expressaram suas percepções de modo a manterem-se neutros em relação à questão 1, que julga a dificuldade do estudo das propriedades magnéticas dos materiais, enquanto 20% concordaram que é difícil e 20% discordaram. A respeito da questão 2, em que se avaliou se os participantes gostariam de aprender mais sobre as propriedades magnéticas dos materiais, 60% dos participantes concordaram completamente e 40% concordaram, indicando um forte interesse no aprofundamento do tema. De acordo com a questão 3, percebeu-se que a maioria dos estudantes acredita que a inclusão de experimentos práticos com materiais de baixo custo sobre propriedades magnéticas enriqueceria o aprendizado em sala de aula, com 80% concordando completamente e 20% concordando, sugerindo que a prática experimental é vista como um componente valioso no processo de aprendizagem. Já na questão 4, em que se avaliou se os discentes conhecem meios de síntese de nanomateriais com reagentes de baixo custo, 60% dos participantes mantiveram-se neutros, enquanto 20% concordaram e 20% discordaram, indicando que esse conhecimento específico pode não ser amplamente difundido entre os estudantes.

Quadro 5: Formulário 1 - Dimensão 4: Ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais.

DIMENSÃO 4:	<i>(Q1): Eu julgo que o estudo das propriedades magnéticas dos</i>	<i>0</i> <i>(0%)</i>	<i>1</i> <i>(20%)</i>	<i>3</i> <i>(60%)</i>	<i>1</i> <i>(20%)</i>	<i>0</i> <i>(0%)</i>
--------------------	--	-------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	-------------------------

FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NA APRENDIZAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS DOS MATERIAIS.	<i>materiais é difícil de entender</i>					
	(Q2): <i>Eu gostaria de aprender mais sobre as propriedades magnéticas dos materiais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	(Q3): <i>Considerando minha experiência pessoal, acredito que a inclusão de experimentos práticos como materiais de baixo custo sobre propriedades magnéticas dos materiais enriqueceria o aprendizado em sala de aula.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	(Q4): <i>Eu conheço meios de síntese de nanomateriais com reagentes de baixo custo.</i>	0 (0%)	1 (20%)	3 (60%)	1 (20%)	0 (0%)

A porcentagem positiva, que corresponde aos itens 4 e 5, se manteve em maior parte das questões analisadas. Demonstrando assim que grande parte dos participantes da pesquisa veem a importância das ferramentas de aprendizagem, como experimentos práticos, para o estudo das propriedades magnéticas dos materiais. Além disso, há um interesse significativo em aprender mais sobre o tema, apesar de uma percepção equilibrada quanto à dificuldade de entendimento e conhecimento específico sobre a síntese de nanomateriais. Dessa forma, é possível observar que os alunos estão cientes da importância e das aplicações das propriedades magnéticas dos materiais, bem como do potencial para um maior aprofundamento do tema em sala de aula.

6.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO 2

Neste tópico será efetuada a análise e interpretação do questionário 2 (dois), aplicado após a realização do minicurso. O foco da análise desse questionário é verificar se os objetivos do trabalho foram alcançados, bem como os avanços obtidos com a realização da pesquisa. As dimensões presentes nesse questionário são as mesmas apresentadas no formulário 1, assim tornando mais fácil a compreensão dos avanços obtidos.

Antes de iniciarmos a análise vamos retomar o objetivo geral do trabalho que consistia em *Trazer uma breve contextualização sobre as propriedades magnéticas*

dos nanomateriais magnéticos, relevância de sua abordagem em sala de aula e suas aplicabilidades e meio de síntese com reagentes de baixo custo.

O primeiro questionário da pesquisa foi aplicado após a contextualização do trabalho a ser desenvolvido, composto por as quatro dimensões já apresentadas anteriormente. O objetivo era verificar o conhecimento dos discentes sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais, a aplicação desses materiais, a relevância de se trabalhar esse conteúdo em sala de aula e se eles conheciam meios de síntese desses materiais com reagentes de baixo custo.

No primeiro questionário, a primeira dimensão, abordava o conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala, subdividida em 4 questões. Observou-se que 100% dos discentes expressaram percepções favoráveis, sem discordâncias ou neutralidades. O somatório das percepções 4 e 5 foi equivalente a 74,97%, indicando que a maioria dos estudantes sabia que a nanotecnologia trata de pequenas partículas presentes em muitos meios tecnológicos.

Comparando os dados do questionário inicial com os resultados obtidos após o minicurso, podemos observar avanços significativos no conhecimento teórico dos discentes sobre magnetismo. ao compararmos as respostas de ambos os questionários, vemos que houve aumento no que tange o conhecimento específico, inicialmente, a percepção de conhecimento sobre as propriedades magnéticas era alta (74,97%). Após o minicurso, todos os participantes (100%) relataram ter adquirido conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos materiais, demonstrando um avanço no entendimento específico e detalhado do tema.

Outro ponto de avanço é na consistência nas respostas positivas, no questionário inicial, as respostas mostraram uma divisão mais variada, com alguns discentes discordando ou mantendo neutralidade. Após o minicurso, não houve discordâncias ou neutralidades em nenhuma das questões, indicando uma maior uniformidade na aquisição de conhecimento.

Se tratando do conhecimento ampliado sobre materiais magnéticos, inicialmente, 60% concordaram e 20% discordaram ou se mantiveram neutros sobre conhecerem diferentes tipos de materiais magnéticos. Após o minicurso, 100% dos discentes concordaram ou concordaram completamente, indicando um aumento significativo no conhecimento sobre diferentes materiais magnéticos. E o

conhecimento sobre partículas magnéticas, Todos os estudantes conheciam ou já tinham ouvido falar sobre partículas magnéticas inicialmente. Após o minicurso, essa familiaridade foi reforçada, com 100% dos discentes concordando ou concordando completamente, consolidando o conhecimento prévio.

Enquanto a compreensão dos momentos angulares de spin e orbitais era mais variada no início, com discordâncias e neutralidades. Após o minicurso, 100% dos discentes relataram ter adquirido esse conhecimento, indicando uma melhoria significativa na compreensão desses conceitos mais avançados. Portando a comparação entre os questionários inicial e final revela que o minicurso foi eficaz nessa dimensão. O aumento na consistência das respostas positivas e a eliminação de discordâncias e neutralidades indicam um avanço significativo na compreensão dos conceitos abordados. Esses resultados positivos refletem o impacto do minicurso na formação teórica dos futuros professores de Física, preparando-os melhor para ensinar sobre propriedades magnéticas e suas aplicações em sala de aula.

Quadro 6: Formulário 2, Dimensão 1: Conhecimento teórico sobre magnetismo em grande e pequena escala

DIMENSÕES	QUESTÕES	DC	D	N	C	CC
DIMENSÃO 1: CONHECIMENTO TEÓRICO SOBRE MAGNETISMO EM GRANDE E PEQUENA ESCALA	<i>(Q1): Após a participação no minicurso adquiri conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos materiais</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	<i>(Q2): Com a participação no minicurso eu passei a conhecer os diferentes tipos de materiais que apresentam propriedades magnéticas.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	<i>(Q3): Eu conheço ou já ouvi falar em partículas magnéticas.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	<i>(Q4): Com o envolvimento no minicurso passei a ter conhecimento sobre os momentos angulares de spin e momentos angulares orbitais, associados aos elétrons e átomos respectivamente.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)

Fonte: Próprio autor

A segunda dimensão do questionário focou nas aplicações dos materiais magnéticos, subdividida em quatro questões. Comparando os resultados do questionário inicial com os resultados após a participação no minicurso, foi possível observar avanços significativos no conhecimento e na percepção dos discentes sobre

este tema. No seguimento de apresentação das aplicações práticas, Inicialmente 80% concordaram, 20% se mantiveram neutros. Após o minicurso, 20% concordaram, 80% concordaram completamente. Deixando evidente que houve um avanço significativo na percepção dos discentes sobre as aplicações práticas, com a maioria passando a concordar completamente após o minicurso. Este resultado indica que o minicurso foi eficaz em esclarecer e detalhar as aplicações práticas das propriedades magnéticas dos materiais, aumentando a confiança e o entendimento dos discentes sobre o tema.

Quando olhamos para a questão que objetivava aferir se os participantes possuíam conhecimento sobre dispositivos de armazenamento de dados, inicialmente, 80% concordaram, 20% neutros. E após o minicurso, 60% concordaram, 40% neutros. O conhecimento sobre as aplicações das partículas magnéticas em dispositivos de armazenamento de dados não avançou significativamente, sugerindo que esse tópico específico pode ter sido menos enfatizado ou compreendido durante o minicurso. A presença de 40% de respostas neutras após o minicurso indica a necessidade de maior foco ou aprofundamento neste aspecto específico.

Se tratando da relevância para o avanço tecnológico, Inicialmente 20% concordaram, 80% concordaram completamente, após o minicurso, 20% concordaram, 80% concordaram completamente. Assim a percepção da relevância do estudo das propriedades magnéticas para o avanço tecnológico manteve-se elevada e inalterada. Isso demonstra que os discentes já tinham uma forte compreensão da importância do tema antes do minicurso, e o minicurso conseguiu manter e reforçar essa percepção.

E quando questionados se conheciam a aplicação em áreas como da medicina, em áreas ambientais, como o processo de despoluição de águas residuais. Inicialmente, 80% concordaram, 20% concordaram completamente. Após o minicurso, 20% concordaram, 80% concordaram completamente. Houve uma mudança significativa na percepção dos discentes, com um aumento no número de respostas que concordam completamente. Este avanço indica um maior entendimento e valorização das aplicações das propriedades magnéticas em diversas áreas após o minicurso. A mudança de respostas concordantes para concordantes completamente sugere que os discentes passaram a ter uma visão mais clara e detalhada dessas aplicações.

A comparação entre os resultados do questionário inicial e os obtidos após o minicurso revela avanços notáveis em várias áreas. O minicurso foi altamente eficaz em aumentar a compreensão das aplicações práticas das propriedades magnéticas dos materiais e suas utilizações em medicina e meio ambiente. No entanto, o conhecimento sobre as aplicações das partículas magnéticas em dispositivos de armazenamento de dados ainda precisa ser melhorado, indicando a necessidade de um foco maior ou uma abordagem diferente para esse tópico. A percepção da relevância do estudo das propriedades magnéticas para o avanço tecnológico permaneceu consistentemente alta, demonstrando uma sólida compreensão prévia desse aspecto entre os discentes. Esses resultados refletem tanto o sucesso do minicurso em proporcionar um conhecimento aplicável e relevante quanto as áreas a serem aprimoradas para futuras melhorias.

Quadro 7: Formulário 2, Dimensão 2: Aplicações dos materiais magnéticos

DIMENSÕES	QUESTÕES	DC	D	N	C	CC
Dimensão 2: APLICAÇÕES DOS MATERIAIS MAGNÉTICOS	<i>(Q1): O minicurso apresentou aplicações práticas das propriedades magnéticas dos materiais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	<i>(Q2): Eu conheço a aplicação das partículas magnéticas em dispositivos de armazenamento de dados, como discos rígidos.</i>	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (60%)	0 (0%)
	<i>(Q3): Eu acredito que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é relevante para o avanço tecnológico.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	<i>(Q4): Eu sei que as propriedades magnéticas dos materiais são usadas em áreas como da medicina, em áreas ambientais, como o processo de despoluição de águas residuais.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)

Fonte: Próprio autor

Ao analisarmos a dimensão 3, sobre o Estudo das Propriedades Magnéticas no Ensino de Física no Ensino Médio, subdividida em quatro questões. Comparando os resultados dos questionários, podemos observar avanços significativos na percepção e valorização dos discentes sobre a importância deste tema no contexto educacional. Quando se tratando da Importância para Formação Acadêmica/Profissional, Inicialmente 20% concordam, 80% concordam completamente. Após o minicurso 60% concordam, 40% concordam completamente.

Os resultados mostram uma diminuição nas respostas que concordam completamente e um aumento nas respostas que apenas concordam. Isso pode indicar uma maior reflexão e compreensão mais equilibrada sobre a importância deste conhecimento para a formação acadêmica e profissional.

Sobre a Importância para o Ensino em Sala de Aula, inicialmente 40% concordam, 60% concordam completamente, após o minicurso, 60% concordam, 40% concordam completamente. Houve um equilíbrio maior nas respostas, com um aumento nas respostas que concordam. Isso sugere que os discentes passaram a considerar o estudo das propriedades magnéticas mais relevante para o ensino em sala de aula após o minicurso. E a respeito da Exploração em Sala de Aula, Inicialmente 20% concordam, 80% concordam completamente. Após o minicurso, 60% concordam, 40% concordam completamente. A percepção sobre a exploração do tema em sala de aula também se equilibrou, indicando que os discentes reconhecem a necessidade de aprofundamento do tema, mas com uma visão mais realista e ponderada após o minicurso.

A percepção das aplicações práticas das propriedades magnéticas nas tecnologias do cotidiano manteve-se inalterada, pois, Inicialmente 80% concordam, 20% concordam completamente e após 80% concordam, 20% concordam completamente indicando uma compreensão sólida e consistente deste aspecto entre os discentes. Com a comparação entre os resultados mostra que houve avanço significativo na percepção e valorização do estudo das propriedades magnéticas no ensino de Física no ensino médio. A análise detalhada demonstra que os discentes passaram a considerar mais equilibradamente a importância e a relevância deste conhecimento tanto para sua formação acadêmica/profissional quanto para o ensino em sala de aula. A percepção sobre a necessidade de explorar mais o tema em sala de aula também se tornou mais ponderada, refletindo uma visão mais realista após o minicurso. Por fim, a compreensão das aplicações práticas das propriedades magnéticas nas tecnologias do cotidiano manteve-se sólida, reforçando a importância deste estudo no currículo de Física

Ensino Médio

DIMENSÕES	QUESTÕES	DC	D	N	C	CC
DIMENSÃO 3: ESTUDO DAS PROPRIEDADES MAGNÉTICAS NO ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.	(Q1): Após a participação no minicurso eu acredito que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é relevante para o avanço tecnológico e ensino em sala de aula.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	(Q2): Agora, após a participação no minicurso eu presumo que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais pode ser mais explorado em sala de aula.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (60%)	2 (40%)
	(Q3): considero importante aprender sobre as propriedades magnéticas dos materiais para minha formação acadêmica/profissional	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)
	(Q4): Com a participação no minicurso agora percebo a aplicação prática das propriedades magnéticas dos materiais em tecnologias do cotidiano, o que reforça a importância de seu estudo no ensino de Física.	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (20%)	4 (80%)

Fonte: Próprio autor

Ao analisarmos a dimensão 4 que tinha foco nas ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais, Antes do minicurso, a maioria dos alunos (60%) manteve-se neutra quanto à dificuldade de entender as propriedades magnéticas dos materiais, com uma divisão equitativa entre os que achavam o tema difícil (20%) e os que não (20%). Após o minicurso, a percepção dos alunos mudou: 40% passaram a considerar o tema difícil, enquanto a proporção dos que ficaram neutros caiu para 40%, e 20% discordaram da dificuldade. Essa mudança sugere que, embora o minicurso tenha esclarecido conceitos complexos, ele também ajudou os alunos a reconhecerem melhor as áreas que ainda requerem maior compreensão.

Observando o segundo questionamento presente do formulário 1, antes do minicurso, todos os alunos manifestaram um forte interesse em aprender mais sobre o tema. No entanto, após a conclusão do minicurso, houve um aumento notável na confiança dos alunos, com 100% deles se sentindo mais seguros para trabalhar o tema em sala de aula. Este resultado indica que o minicurso foi eficaz não apenas em transmitir conhecimento, mas também em capacitar os alunos para aplicar o que aprenderam de forma prática.

Se tratando da valorização dos experimentos práticos (Questão 3), permaneceu alta, tanto antes quanto depois do minicurso. Inicialmente, 80% dos alunos concordavam completamente e 20% concordavam que experimentos práticos enriqueceriam o aprendizado. Após o minicurso, essa apreciação se manteve, com 60% dos alunos concordando completamente e 40% concordando. Isso reafirma a importância percebida pelos alunos das atividades práticas como ferramentas essenciais para uma compreensão mais profunda das propriedades magnéticas dos materiais.

Além disso o minicurso também teve um impacto significativo no conhecimento dos alunos sobre a síntese de nanomateriais com reagentes de baixo custo (Questão 4). Antes do minicurso, 60% dos alunos estavam neutros sobre seu conhecimento nessa área, com 20% afirmando ter conhecimento e outros 20% discordando. Após o minicurso, 100% dos alunos concordaram que passaram a conhecer mais sobre o tema, sendo 60% completamente de acordo e 40% de acordo. Isso indica um avanço claro e substancial no entendimento de técnicas específicas de síntese.

Evidenciando que após a comparação dos resultados obtidos antes e depois da realização do minicurso, podemos observar que o minicurso trouxe benefícios significativos para os discentes, aumentando sua confiança e conhecimento sobre as propriedades magnéticas dos materiais e a síntese de nanomateriais com reagentes de baixo custo. Além disso, a percepção da dificuldade do tema foi ajustada, o que pode indicar uma melhor compreensão dos desafios envolvidos. A valorização dos experimentos práticos se manteve alta, destacando a importância dessas atividades no processo de aprendizagem. Em suma, o minicurso foi uma intervenção valiosa para melhorar a educação dos alunos nessa área específica.

Quadro 9: Formulário 2 - Dimensão 4: Ferramentas para auxiliar na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas dos materiais

DIMENSÕES	QUESTÕES	DC	D	N	C	CC
Dimensão 4: FERRAMENTAS PARA AUXILIAR NA APRENDIZAGEM SOBRE AS PROPRIEDADES	<i>(Q1): Mesmo após a participação no minicurso eu julgo que o estudo das propriedades magnéticas dos materiais é difícil de entender.</i>	0 (0%)	1 (20%)	2 (40%)	2 (40%)	0 (0%)
	<i>(Q2): Após a realização do minicurso me sinto mais seguro para trabalhar esse tema em sala de aula.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (100%)	0 (0%)

MAGNÉTICAS DOS NANOMATERIAIS.	(Q3): <i>Considerando minha experiência pessoal, acredito que a inclusão de experimentos práticos como materiais de baixo custo sobre propriedades magnéticas dos materiais enriqueceria o aprendizado em sala de aula.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (60%)
	(Q4) <i>Após a participação no minicurso passei a conhecer os meios de síntese de nanomateriais com reagentes de baixo custo.</i>	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	2 (40%)	3 (60%)

Fonte: Próprio autor

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Nanociência e a Nanotecnologia são temas atuais, por conta disso é necessário que sejam apresentados e discutidos em meio a sociedade, isso porque cada vez mais os indivíduos inserem em sua vida cotidiana produtos advindos dessa área. Portanto como se tratando de uma realidade presente no meio social, econômico e científico, suas aplicações têm um potencial crescente para alterar significativamente a vida dos seres humanos, melhorando-as.

Com base nesse contexto é bem visível que um perfeito local para haver o contato dessa temática com a sociedade, é o ambiente escolar, visto que a sala de aula é um reflexo bem expressivo da sociedade. Seguindo essa linha de pensamento o estudo realizado com participantes de uma instituição pública federal, buscou aferir se discentes do curso de licenciatura em Física possuíam conhecimentos prévios sobre o tema, nanomateriais e suas propriedades magnéticas, síntese com reagentes de baixo custo e suas aplicabilidades.

Os resultados demonstram que essa temática é observada como importante para ser estudada, no entanto é vista como complexa e difícil de ser trabalhada em sala de aula, quando analisamos as respostas do primeiro questionário, foi possível observar que os envolvidos na pesquisa já possuíam certos conhecimentos sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais, suas aplicações e todos os discentes envolvidos acreditam que o estudo dessa área em sala de aula é importante, no entanto alguns pontos vagos, principalmente se tratando das ferramentas que auxiliam na aprendizagem sobre as propriedades magnéticas nos nanomateriais,

como meios de sínteses com reagentes de baixo custo.

Essa lacuna observada quando aplicado o primeiro questionário foi amenizada após a realização do minicurso com os participantes, visto que durante a realização dele foram apresentados a eles meios de sínteses com reagente de baixo custo. Mostrando assim que é importante se trabalha e apresentar essa área da ciência aos professores formandos, para que eles cheguem com certo domínio sobre o tema e suas aplicações em áreas do cotidiano, e tendo em mãos ferramentas que iram lhe auxiliar na aprendizagem de seus futuros alunos.

Em resumo a pesquisa foi muito proveitosa para todos os envolvidos, os objetivos que consistia em trazer uma breve contextualização sobre as propriedades magnéticas dos nanomateriais magnéticos, relevância de sua abordagem em sala de aula e suas aplicabilidades. foram alcançados, e houve uma somatória de novos conhecimentos na bagagem dos discentes que participaram.

REFERÊNCIAS

- ARIZZI, Anna et al. Lime mortar consolidation with nanostructured calcium hydroxide dispersions: the efficacy of different consolidating products for heritage conservation. **European Journal of Mineralogy**, v. 27, n. 3, p. 311-323, 2015. Disponível em: <https://pubs.geoscienceworld.org/eurjmin/article-abstract/27/3/311/523120/Lime-mortar-consolidation-with-nanostructured>. Acesso em 22 de junho de 2023.
- ÁVILA, Simone Garcia de; MATOS, Jivaldo do Rosário. Compostos coloridos do ferro: uma proposta de experimentação utilizando materiais de baixo custo. **Educación química**, v. 28, n. 4, p. 254-261, 2017. Disponível em: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-893X2017000400254&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em 17 junho de 2023

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio:**

Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. 2. ed. Brasília: Secretaria da Educação Básica, 2006. 135 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf . Acesso em 18 de junho de 2023.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR. Base Nacional Comum Curricular, de 2018. **Ministério da Educação**. Brasil, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_sit e.pdf . Acesso em 20 junho de 2023.

BRASIL. RESOLUÇÃO CNE/CP Nº 2, DE 20 DE DEZEMBRO DE 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/dezembro-2019-pdf/135951-rcp002-19/file> . Acesso em 23 de junho de 2023.

BRASIL. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em 25 de junho de 2023.

BRITTO, Jaidles Marques; RANGEL, Maria do Carmo. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. **Química Nova**, v. 31, p. 114-122, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/ghMzbf9FX8d93wwJGBJTdXR/>. Acesso em: 25 de junho de 2023

CAGIL, Esra Maltas; OZCAN, Fatih; ERTUL, Seref. Fabrication of calixarene based protein scaffold by electrospin coating for tissue engineering. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 18, n. 8, p. 5292-5298, 2018. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/jnn/2018/00000018/00000008/art00013>. Acesso em 25 de junho de 2023.

CAO, Fei et al. A high-performance electrochemical sensor for biologically meaningful L-cysteine based on a new nanostructured L-cysteine electrocatalyst. **Analytica chimica acta**, v. 1019, p. 103-110, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267018302630?casa_token=p30whU9LGQsAAAAA:ds6fwAK7trHB42rEJ-2XVYn5P0KE6_ukLZdgHSN9woR7q-WG5EBcbhv-LW3_MmwpTIWBhZqCJls. Acesso em 25 de junho de 2023

CULLITY, Bernard Dennis; GRAHAM, Chad D. **Introduction to magnetic materials**. John Wiley & Sons, 2011. Disponível em: <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/31331/1/B.%20D.%20Cullity.pdf>. Acesso em: 23 de outubro de 2023

EDWARDS, S. Who invented nano? **The Nanotech Pioneers**, Us, v. 1, n. 1, p. 87-87, nov. 2006. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nnano.2006.115.pdf>. Acesso em 22 de junho 2023.

ELLWANGER, Anderson Luiz; MOTA, Ronaldo; FAGAN, Solange Binotto. Abordagem de nanociência no ensino médio. **VIDYA**, v. 34, n. 1, p. 13, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/VIDYA/article/view/19>. Acesso em 20 de junho de 2023.

JOSHI, Ankur et al. Likert scale: Explored and explained. **British journal of applied science & technology**, v. 7, n. 4, p. 396-403, 2015. Disponível em: <http://research.sdpublishers.net/id/eprint/2464/>. Acesso em: 17 de março de 2024

GALIAZZI, Maria do Carmo et al. Uma sugestão de atividade experimental: a velha vela em questão. 2005. Disponível em: <https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/1776/Uma%20sugest%C3%A3o%20de%20atividade%20experimental%20a%20velha%20vela%20em%20quest%C3%A3o.pdf?sequence=1> Acesso em 25 de junho de 2023.

GAZEAU, Florence; LÉVY, Michael; WILHELM, Claire. Optimizing magnetic nanoparticle design for nanothermotherapy. 2008. Disponível em: https://www.futuremedicine.com/doi/full/10.2217/17435889.3.6.831?casa_token=FF5phqA6P9AAAAAA%3AmGIYBWZ0_iOGv9S_qmMxoBN2QTHjMrLeX1GlzFflkydHtIEOE77vipF4aRIlclrorq1wdcqHUAseNq. Acesso em 20 de junho de 2023.

GALLO, Juan; LONG, Nicholas J.; ABOAGYE, Eric O. Magnetic nanoparticles as contrast agents in the diagnosis and treatment of cancer. **Chemical Society Reviews**, v. 42, n. 19, p. 7816-7833, 2013. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2013/cs/c3cs60149h/unauth>. Acesso em 22 de junho de 2023.

HOFMAN, Jelle et al. Biomagnetic monitoring of atmospheric pollution: a review of magnetic signatures from biological sensors. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 12, p. 6648-6664, 2017. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b00832>. Acesso em 21 de junho de 2023.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de Física, volume 3: eletromagnetismo. **Rio de janeiro: LTC**, 2016.

JU, Yiwen et al. Nanogeosciences: Research history, current status, and development trends. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 17, n. 9, p. 5930-5965, 2017. Disponível em: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/asp/jnn/2017/00000017/00000009/art00002>. Acesso em 22 de junho de 2023.

KUZHIR, Pavel et al. Magnetic filtration of phase separating ferrofluids: From basic concepts to microfluidic device. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 431, p. 84-90, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304885316318546?casa_token=70sWlwPO2UkAAAAA:Oq_wG_Buh2Vaj5Nb8ydhYz43dkhAnPzeR5ATUXP1jS7du-P4cnmYTaoK_wLWuzTOYSK1sRLTDAw. Acesso em 21 de junho 2023.

LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 4401-1–4401-9, 2012.

LEONEL, A. A. **Nanociência e Nanotecnologia: Uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física moderna e contemporânea no Ensino Médio**. 2010. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94571/276442.pdf> . Acesso em: 22 de junho de 2023.

LYKAKI, Maria et al. Ceria nanoparticles shape effects on the structural defects and surface chemistry: Implications in CO oxidation by Cu/CeO₂ catalysts. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 230, p. 18-28, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926337318301565?casa_token=KsEZd6CyF64AAAAA:VEZTJ4g6bbXjQ4X1P8K5pfeL0HEL8-rcQEMMHpeYRfwPd2zLGP4p_xTKpZMM7RK79jiejqrMBCa4. Acesso em 22 de junho de 2023.

LU, H. M.; ZHENG, W. T.; JIANG, Q. Saturation magnetization of ferromagnetic and ferrimagnetic nanocrystals at room temperature. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 40, n. 2, p. 320, 2007. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0022-3727/40/2/006/meta?casa_token=60jlzh7b6coAAAAA:MrM0bEQcZTSPq7Gdm_f6cJwINI_FMYp7F1fTW_DsxcJg2dkMJ3x_DswU7VnjAko5nYeC48CMs9XC98. Acesso em: 24 de junho de 2023.

LU, An-Hui; SALABAS, E. emsp14L; SCHÜTH, Ferdi. Magnetic nanoparticles: synthesis, protection, functionalization, and application. **Angewandte Chemie International Edition**, v. 46, n. 8, p. 1222-1244, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/anie.200602866>. Acesso em 22 de junho de 2023

MONTEIRO, Fábio Ferreira. Análise de uma experiência híbrida no ensino de Física 1. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200315, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/dp3JDyDjPSgFyygNY8VJM5y/>. Acesso em: 17 de março de 2024

MALEK, Tasmira J. et al. Nonisothermal decomposition kinetics of pure and Mn-doped Fe₃O₄ nanoparticles. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 132, p. 895-905, 2018. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-018-7013-5>. Acesso em: 23 de junho de 2023.

RIBEIRO, Andresa da Costa et al. Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Jq8HCMB7t8BHcQT7XzPcdDk/abstract/?lang=pt>. Acesso em 05 de junho de 2023.

RODRIGUES, F. V. P.; STRIEDER, R. B. Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: alguns elementos. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 14, 2014, Maresias. **Anais...** Maresias: 2014. p. 1-8. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/sys/resumos/T0290-1.pdf> . Acesso em 20 junho de 2023.

SKLIRI, Euaggelia et al. Assembly and photochemical properties of mesoporous networks of spinel ferrite nanoparticles for environmental photocatalytic remediation. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 227, p. 330-339, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926337318300614?casa_token=uJK4pP6aNMMAAAAA:bOdpUBpLTTeOA0wvZNEapne0TgZVouYyLYrhTZYTdWPKUAtVI8k9tVk_I-oVYjer6GuqeaNLZNwE. Acesso em 23 de junho de 2023.

SHIRATSU, Taisuke; YAO, Hiroshi. Size dependence of magneto-optical activity in silver nanoparticles with dimensions between 10 and 60 nm studied by MCD spectroscopy. **Physical Chemistry Chemical Physics**, v. 20, n. 6, p. 4269-4276, 2018. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/cp/c7cp07695a/unauth>. Acesso em 22 de junho de 2023.

SCHULZ, Peter A. Há mais história lá embaixo-um convite para rever uma palestra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Rf769Jnw7JBYkwGwzbSgNTx/?format=html&lang=pt>. Acesso em 20 de junho. 2023

SCHULZ, P. Nanotecnologia – uma história um pouco diferente. **Ciência Hoje**, v. 308, p. 26- 29, out. 2013. Disponível em: <https://cienciahoje.org.br/artigo/nanotecnologia-uma-historia-um-pouco-diferente/>. Acesso em 20 de junho de 2023.

SCHULZ, Peter AB. O que é nanociência e para que serve a nanotecnologia. **Física na escola**, v. 6, n. 1, p. 58-62, 2005. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol6/Num1/nano.pdf>. Acesso em 20 de junho de 2023.

SCHULZ, P. A. B. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v. 8, n.º 1, 4-9, 2007.

TONET, Michele Duarte; LEONEL, André Ary. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431-456, 2019. Disponível: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7035721>. Acesso em 18 de junho de 2023

TOMA, Henrique E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. Oficina de textos, 2009. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=7lqLBAAQBAJ&lpg=SA1-PA13&ots=7i0_P7iYcw&dq=TOMA%2C%20H.%20E.%20O%20mundo%20nanom%C3%A9trico%3A%20a%20dimens%C3%A3o%20do%20novo%20s%C3%A9culo.%2

0%5BS.I.%5D%3A%2056%20Oficina%20de%20textos%2C%202009&lr&hl=pt-BR&pg=SA1-PA21#v=onepage&q&f=false .Acesso em 18 de Jun. 2023.

VALENZUELA, Roberto et al. Influence of stirring velocity on the synthesis of magnetite nanoparticles (Fe_3O_4) by the co-precipitation method. **Journal of Alloys and Compounds**, v. 488, n. 1, p. 227-231, 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925838809016545?casa_token=CKgLO5AfUioAAAAA:GhkMh3DzpVWsQM-03DU2ROI3G78X6lp62xbvurT_QLePDL_q9MuARSkQ744JFy8l4awS_J-8MDg. Acesso em 22 de junho de 2023.

WU, Shen et al. Fe_3O_4 magnetic nanoparticles synthesis from tailings by ultrasonic chemical co-precipitation. **Materials Letters**, v. 65, n. 12, p. 1882-1884, 2011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X11003077?casa_token=oog0tJ0yyPAAAAA:X1v118m4gcBOjKSsn439SHZ7rP-z57j-iiG2nj1RyP3NV4LvKZltRiDhx1m9BGCj1_szMOyTQlk. Acesso em 22 de junho de 2023.

YUN, Jeong Hyun; KIM, Jae Ho; LEE, Jang-Eun. Surface film formation in static-fermented rice vinegar: a case study. **Mycobiology**, v. 47, n. 2, p. 250-255, 2019. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/12298093.2019.1575585>. Acesso em 22 de junho de 2023.

ZANELLA, I. et al. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. *XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA–SNEF. Vitória, Brasil,*