

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DA PARAÍBA DIRETORIA DE
DESENVOLVIMENTO DE ENSINO
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

RAFAEL DOS SANTOS MARTINS

**UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO A SER APLICADO NO ENSINO DE QUÍMICA
UTILIZANDO A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA**

SOUSA – PB 2024

RAFAEL DOS SANTOS MARTINS

**UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO A SER APLICADO NO ENSINO DE QUÍMICA
UTILIZANDO A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior de Licenciatura em Química, do Instituto Federal da Paraíba Campus Sousa, em cumprimento às exigências para obtenção do título de licenciado em Química.

Orientadora: Profa. Dr^a Glauciene Paula de Souza Marcone

SOUSA – PB 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Martins, Rafael dos Santos.

M386p Uma proposta de experimento a ser aplicado no ensino de química utilizando a temática da nanociência e da nanotecnologia / Rafael dos Santos Martins, 2024.

56 p.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Glauciene Paula de Souza Marccone.
TCC (Licenciatura em Química) – IFPB, 2024.

1. Nanociência. 2. Nanotecnologia. 4. Ensino - Experimentação. 5. Nanopartículas de ferro. I. Título. II. Marccone, Glauciene Paula de Souza.

IFPB Sousa / BS

CDU 54:37

Milena Beatriz Lira Dias da Silva – Bibliotecária – CRB 15/964



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA-CAMPUS
SOUSA



ATA 23/2024 - CCSLQ/DES/DDE/DG/SS/REITORIA/IFPB

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: UMA PROPOSTA EXPERIMENTAL A SER APLICADA NO ENSINO DE QUÍMICA UTILIZANDO A TEMÁTICA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

Autor(a): Rafael dos Santos Martins

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, como parte das exigências para a obtenção do título de Licenciado(a) em Química.

Aprovado pela Comissão Examinadora em: 21/02/2024.

Profª. Dra. Glauciene Paula de Souza Marcone

IFPB – Campus Sousa / Professor(a) Orientador(a)

Prof. Dra. Emmanuela Ferreira de Lima

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 1

Prof. Dra. Gicelia Moreira

IFPB – Campus Sousa / Examinador(a) 2

Documento assinado eletronicamente por:

- Glauciene Paula de Souza Marcone, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 21/02/2024 19:05:53.
- Gicelia Moreira, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO, em 21/02/2024 19:34:34.
- Emmanuela Ferreira de Lima, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 23/02/2024 16:08:58.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 535741
Verificador: 2ca67b1e9f
Código de Autenticação:



RAFAEL DOS SANTOS MARTINS

**UMA PROPOSTA DE EXPERIMENTO A SER APLICADO NO ENSINO DE QUÍMICA
UTILIZANDO A TEMÁTICA DA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Química, do Instituto Federal da Paraíba – Campus Sousa, em cumprimento às exigências parciais para a obtenção do título de licenciado em Química.

Aprovada em 21/ 02/ 2024

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Glauciene Marcone Paula de Souza Marcone
Orientadora (IFPB)

Prof.^a Dr.^a Gicelia Moreira
Examinadora

Prof.^a Dr.^a Emmanuela Ferreira de Lima
Examinadora

Dedico este trabalho a toda a minha família, em especial, à minha esposa, pela força e coragem ao longo da caminhada. Aos meus amigos, que compartilharam comigo as alegrias e desafios deste caminho. À minha orientadora, pela dedicação e sabedoria compartilhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que está sempre presente em minha vida. À minha esposa, Juliana de Araújo Silva; à minha irmã, Rafaela dos Santos Martins; ao meu pai, Geraldo Quirino Martins, pelos conselhos, o grande apoio, amor e carinho. Meus familiares, tios, tias e outros.

Aos professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – Campus Sousa, por todo o apoio e compreensão nessa caminhada.

Meus Agradecimento à Capes, por toda a ajuda e oportunidades nessa jornada.

À orientadora, professora Glauciene Paula de Souza Marcone, pela paciência e orientação nesse trabalho.

Aos meus amigos e colegas, por toda a ajuda nessa jornada.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Vitral na igreja matriz de Espinho, em Portugal	20
Figura 2 - Taça de Lycurgus sem ser iluminada (A) sendo iluminada (B)	21
Figura 3 - Materiais com nanotecnologia	25
Figura 4 - Borboleta azul	27
Figura 5 - Lagartixa preta	27
Figura 6 - Áreas de pesquisa e aplicação relacionadas à nanotecnologia	30
Figura 7 - Relações massa, quantidade de substância (em moles), número de moléculas e volume das substâncias	33
Figura 8 - Aparato utilizado no experimento	37
Figura 9 - Diferentes comportamentos magnéticos (a) Ferromagnetismo (b) ..	39
Figura 10 - Aparato montado para submeter às soluções de sulfato ferroso heptahidratado e de hidróxido de sódio com nitrato de sódio ao aquecimento até (100°C)	39
Figura 11 - Magnetita	41
Figura 12 - Utilizando um ímã, pôde-se verificar a formação das nanopartículas	41
Figura 13 - Pesagem dos reagentes	44

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Comparação de medidas de tamanhos.....	24
Tabela 2 - Adaptações realizadas na síntese de nanopartículas magnéticas de Fe	36

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

IBM	<i>International Business Machines Corporation</i>
RENAMI	<i>Rede de Nanotecnologia e Interfaces Moleculares</i>
NANOSEMIMAT	<i>Nanobiotecnologia</i>
NANOEST	<i>Materiais Nanoestruturados</i>
CNPQ	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
MCT	Ministério de Ciência, Tecnologia
CNI	Confederação das Indústrias Nacionais
CETENE	Centro de Tecnologias Estratégicas do Nordeste
N&N	Nanociência e Nanotecnologia
NPMAG-(Fe)	Nanopartículas magnéticas – ferro
SISNANO	Sistema Nacional de Laboratórios de Nanotecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
SD	Sequência Didática
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
NPS	Nanopartícula
(FeSO ₄ ·7H ₂ O)	Sulfato ferroso heptahidratado
NaOH	Hidróxido de sódio
NaNO ₃	Nitrato de sódio
Fe(OH) ₃	Hidróxido de Ferro (III) ou hidróxido férrico
Fe ₃ O ₄	Hióxido de triferro tetraóxido (magnetita)
KNO ₃	Nitrato de potássio

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”

(Nelson Mandela, 2022)

RESUMO

Este trabalho aborda a experimentação com nanopartículas de ferro (Npmag-Fe) nas aulas de Química, considerada como um importante recurso didático e como ferramenta facilitadora no processo de ensino e aprendizagem para diferentes conteúdos e conceitos químicos. O objetivo deste trabalho é elaborar um experimento voltado ao ensino de química que envolva conceitos de nanociência e nanotecnologia para o ensino de química, cujo experimento com nanopartículas de ferro (Npmag-Fe) realizado por Tasca et al.,(2014) foi adaptado para as aulas de química realizadas com uma turma do 2º curso de Informática integrado. As aulas foram realizadas no laboratório do curso superior de licenciatura em Química do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – Campus Sousa. A metodologia do trabalho engloba duas etapas de grande importância, a saber: a primeira, a adaptação do experimento de Tasca et al.,(2014), no qual foram levados em conta os reagentes disponíveis e os equipamentos para a realização do experimento a fim de obter o resultado adequado. O segundo ponto foi a aplicação da plástica de forma demonstrativa para os alunos observarem conceitos teóricos na prática. O experimento foi realizado em quatro aulas cada uma de 45 minutos, nas quais foram estudados conceitos teóricos que seriam vistos na realização do experimento, como estequiometria e cinética química. Assim, um experimento químico quando bem elaborado e executado, pode agregar mais valor às aulas práticas, atraindo a atenção dos alunos com conteúdo abordado em conexão com outras áreas do conhecimento dos alunos

Palavras-chave: Nanociência; Nanotecnologia; Ensino; Experimentação; nanopartículas de ferro.

ABSTRACT

This work addresses experimentation with iron nanoparticles (Npmag-Fe) in Chemistry classes, considered an important teaching resource and a facilitating tool in the teaching and learning process for different chemical contents and concepts. The objective of this work is to develop an experiment aimed at teaching chemistry that involves concepts of nanoscience and nanotechnology for teaching chemistry, whose experiment with iron nanoparticles (Npmag-Fe) carried out by Tasca et al., (2014) was adapted to chemistry classes held with a class from the 2nd integrated IT course. The classes were held in the laboratory of the higher degree course in Chemistry at the Federal Institute of Paraíba (IFPB) – Campus Sousa. The work methodology encompasses two stages of great importance, namely: the first, the adaptation of the experiment by Tasca et al., (2014), in which the available reagents and equipment for carrying out the experiment were taken into account in order to obtain the appropriate result. The second point was the application of plastic surgery in a demonstrative way for students to observe theoretical concepts in practice. The experiment was carried out in four classes of 45 minutes each, in which theoretical concepts that would be seen when carrying out the experiment were studied, such as stoichiometry and chemical kinetics. Thus, a chemical experiment, when well designed and executed, can add more value to practical classes, attracting students' attention with content covered in connection with other areas of students' knowledge.

Keywords: Nanoscience; Nanotechnology; Teaching; Experimentation; iron nanoparticles .

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 JUSTIFICATIVA	17
3 OBJETIVOS	18
3.1 OBJETIVO GERAL	18
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
4.1 NANOTECNOLOGIA AO LONGO DA HISTÓRIA	19
4.2 OS USOS DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA NA ATUALIDADE	23
4.3 A NANOTECNOLOGIA E A NATUREZA.....	26
4.4 NANOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO.....	28
5 METODOLOGIA	31
5.1 REVISÃO DA LITERATURA COM A BUSCA DE EXPERIMENTOS COM O TEMA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA ENVOLVENDO NANOPARTÍCULAS DE FERRO.....	31
5.2 SELEÇÃO DO MÉTODO EXPERIMENTAL A SER EXECUTADO.....	31
5.3 ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DE UM EXPERIMENTO ENVOLVENDO A NANOCIÊNCIA	34
5.4 APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DE UM EXPERIMENTO ENVOLVENDO A NANOCIÊNCIA.....	37
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6.1 ADAPTAÇÃO DE EXPERIMENTOS ENVOLVENDO FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE FERRO (NPMAG-Fe)	38
6.2 APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DO	

EXPERIMENTO ENVOLVENDO A FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE FERRO (NPMAG- Fe)	42
7 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	48
ANEXOS	54
ANEXO 1 – ROTEIRO DA ATIVIDADE PROPOSTA DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS	54
ANEXO 2 ARTIGOS SELECIONADOS PARA NORTEAR A ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA.....	56

1 INTRODUÇÃO

A educação, entendida como o principal instrumento de renovação social, passa por transformações para se adequar à nova realidade, reconhecendo a presença da tecnologia no âmbito educacional. Essa abordagem vai além do audiovisual e do temático, abrangendo uma ampla gama de possibilidades. Construir conhecimento implica constantemente explorar e descobrir novas formas de processar o conteúdo em sala de aula (A EDUCAÇÃO COMO PILAR DA INCLUSÃO SOCIAL: PASSADO, PRESENTE E FUTURO , 2024)

A educação transcende os limites da sala de aula, sendo mais do que um princípio de aprendizagem, ou seja, constitui um elo entre aprendizado e vida, conhecimento e ética, reflexão, ação e uma visão holística (THIESEN, 2008).

Nos últimos anos, houve um aumento significativo na descoberta e na aplicação da nanotecnologia na sociedade. Devido aos seus benefícios e à melhoria da qualidade de vida, seu uso se estende por diversos campos, como estética, cosméticos, alimentos, meio ambiente e saúde. O crescente interesse na pesquisa sobre como a nanotecnologia pode aprimorar o bem-estar das pessoas destaca a necessidade de uma atenção mais focada no ensino da nanotecnologia em sala de aula (BARROS, 2024).

A aplicação prática por meio de cursos práticos emerge como uma estratégia para aprofundar a compreensão dos alunos sobre esse tópico complexo. A experiência prática permite que os alunos visualizem e compreendam melhor os conceitos da nanotecnologia, contribuindo para uma aprendizagem mais eficaz e significativa (FILHO, 2023).

A nanotecnologia, com aplicações em diversos campos científicos, como a Química, a física, a biologia e o meio ambiente, revela uma diversidade potencial de seus usos. Com isso, a educação em nanotecnologia na sala de aula está ganhando destaque crescente

2 JUSTIFICATIVA

A utilização de experimentos nas aulas de Química é reconhecida como um recurso didático fundamental, representando uma valiosa para o processo de ensino e aprendizagem de diversos conceitos e conteúdos. A inserção de práticas em sala de aula não apenas auxilia na compreensão dos fenômenos terrestres, mas também proporciona aos alunos uma visão crítica mais aprofundada do ambiente em que vivemos.

A exploração da nanotecnologia no contexto educacional não se limita apenas a proporcionar a compreensão das particularidades dessa área, mas também capacita os alunos como agentes da transformação. A introdução da nanotecnologia nas aulas possibilita que os alunos não apenas aprendam sobre suas características distintas, mas também compreendam como desempenhar um papel ativo na aplicação e no desenvolvimento dessa tecnologia.

A nanotecnologia desempenha um papel crucial na preservação do meio ambiente, uma vez que elas têm a capacidade de remover contaminantes. Assim, essa abordagem inovadora vem contribuindo potencial e significativamente para a prevenção e a mitigação dos impactos ambientais, ressaltando a relevância dessa tecnologia no cenário atual. Dessa forma, a incorporação da experimentação, aliada à exploração dos princípios da nanotecnologia nas aulas de Química, enriquece a experiência educacional dos alunos e os prepara para compreender, questionar e solucionar desafios no âmbito da ciência, meio ambiente e mercado atuais.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Elaborar um experimento voltado ao ensino de Química que envolva conceitos de nanociência e nanotecnologia.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.2.1 Propor um experimento de química que agregue conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema nanociência e nanotecnologia;

3.2.2 Despertar o senso crítico dos alunos quanto à importância do estudo sobre a nanociência e a nanotecnologia;

3.2.3 Utilizar a nanociência e nanotecnologia como ferramenta para trabalhar os conteúdos de Química, como cinética química e estequiometria

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 NANOTECNOLOGIA AO LONGO DA HISTÓRIA

Os vitrais medievais destacam-se como obras de arte significantes na história da humanidade. Os vitrais eram produzidos a partir da sílica (dióxido de silício), que é aquecida intensamente até se fundir. As tonalidades são incorporadas ao vidro derretido através de minerais em pequenas quantidades (em tamanho nano), como ouro, cobre e prata, que foram alguns dos primeiros tipos de corantes utilizados em mosaicos. Técnicas posteriores envolviam a aplicação de esmalte (uma tinta à base de vidro) em placas de vidro, que eram posteriormente queimadas em um forno (MEDIEVAL, 2024).

Notadamente, os artistas cristãos da Idade Média tinham suas obras de artes permeadas por uma riqueza simbólica. Os mestres vidreiros, ao trabalharem com essas peças, tinham uma oportunidade ímpar de expressar ideias e mensagens. Os pintores de vidro, ao criar essas composições, incorporavam textos e símbolos, embora não necessariamente vinculados a conteúdos cristãos de compreensão universal. Muitas vezes, tais elementos eram destinados apenas aos próprios artesãos, revelando-se como um código hermético (NUNES, 2012).

Contudo, é importante salientar que a maioria dos vitrais atendia ao ideal educacional da Idade Média. A transmissão de conhecimento através de meios visuais é um aspecto notável a se observar, ficando evidente o papel especial que a linguagem visual desempenhou no ensino das pessoas daquela época. As pinturas presentes nos vitrais se tornaram instrumentos para transmitir conceitos históricos, sociais e religiosos no contexto das catedrais medievais (NUNES, 2012).

A expressão artística, como evidenciada nos vitrais medievais na Figura 1, tornou-se um meio eficaz de disseminação de conhecimento, contribuindo para a educação da sociedade da época, independentemente da esfera de sabedoria abordada.

Figura 1 - Vitral na igreja matriz de Espinho, em Portugal



Fonte: Pinterest (2024)

No século XIX, Faraday notou que partículas de tamanhos específicos desempenham um papel crucial na absorção da luz. Esse fenômeno possibilita a modificação da cor naturalmente dourada do ouro, conferindo-lhe tonalidades, como rubi, pretas e roxas, dependendo das propriedades particulares das partículas envolvidas (SILVA, 2008).

Uma dinâmica semelhante à manipulação é evidenciada na taça de Lycurgus na Figura 2 a seguir, cuja estrutura é constituída por partículas de ouro e prata. Quando a luz incide na pintura e é refletida, a coloração é esverdeada. Porém, quando a luz atravessa o material, a cor percebida é o vermelho (FERREIRA, 2009).

Na Idade Média, um processo análogo à manipulação foi empregado na produção de vitrais coloridos presentes em igrejas europeias. Esse método envolveu a fabricação de vidro a partir de partículas de ouro, cuja coloração era determinada pelo tamanho das partículas e pela intensidade da luz incidente sobre o material (SILVA, 2008).

Esse processo demonstra a utilização pioneira de técnicas relacionadas à nanotecnologia na produção artística, evidenciando a perspicácia tecnológica presente em eras historicamente distantes.

Figura 2 - Taça de Lycurgus sem ser iluminada (A) sendo iluminada (B)



Fonte: Amusing Planet (2016)

Somente em 1959, a compreensão da nanotecnologia para a produção começou a solidificar-se. O físico americano Richard Feynman proferiu uma palestra durante uma reunião da American Physical Society, intitulada “Há muito espaço no fundo”, na qual sugeriu a possibilidade de produção de materiais por meio da nanotecnologia, operando na escala nanométrica e manipulando átomos. Ele argumentou que a exploração nessa escala poderia resultar em inovações significativas em dispositivos tecnológicos (FERREIRA, 2009).

Em 1981, os físicos Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, da International Business Machines Corporation (IBM) de Zurique, alcançaram um marco ao patentear o microscópio eletrônico de tunelamento de varredura. Esse avanço quebrou as barreiras que anteriormente impediam a visualização detalhada de materiais em escala nanométrica, proporcionando finalmente a observação minuciosa nesse nível Peixoto, (2013). Esse evento representou um passo crucial para o desenvolvimento da nanotecnologia, permitindo a manipulação e a compreensão de estruturas em uma escala até então inexplorada.

Em 1986, o advento do microscópio de força atômica possibilitou não apenas a visualização, mas também a manipulação de átomos e moléculas. Essa conquista foi alcançada ao projetar uma imagem da superfície atômica e “mover” átomos ou moléculas ao longo do material, permitindo a formação de nanoestruturas. Essa capacidade de manipulação tornou-se um marco crucial

na história da nanotecnologia. Esses conceitos ganharam reconhecimento global em um período relativamente curto. Somente em 2001, o Governo Federal brasileiro estabeleceu a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), resultando na criação da Rede de Nanotecnologia e Interfaces Moleculares (RENAMI), da Rede de Nanodispositivos, Semicondutores e Materiais Nano estruturados (NANOSEMIMAT), da Rede de Nano Biotecnologia (NANOBIOTEC) e da Rede de Materiais Nano estruturados (NANOEST) (MASSI, 2024).

Todas essas instituições recebem apoio financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/Ministério da Ciência e Tecnologia (CNPq/MCT), com o propósito de promover pesquisa e desenvolvimento em diferentes regiões do país, representando um compromisso significativo do Governo brasileiro para fomentar o progresso e a inovação no campo emergente da nanotecnologia (MCTI, 2023).

Lançada em 2013, a Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN) tem como missão criar, integrar e fortalecer políticas governamentais na área de nanotecnologia, visando a estimular a inovação na indústria brasileira e contribuir para o desenvolvimento econômico e social do país (MCTI, 2023).

O IBN foi oficialmente instituído pelo Decreto nº 3.459, de 26 de julho de 2019 (Brasil, 2019), como o principal programa estratégico de promoção da nanotecnologia no Brasil, preenchendo uma lacuna importante no quadro regulamentar do país (MCTI, 2023).

O Sistema Nacional de Laboratórios de Nanotecnologia (SisNANO) foi estabelecido pela Portaria MCTI nº 245, de 5 de abril de 2012 (Brasil, 2012), e posteriormente incorporado como um dos eixos estratégicos fundamentais da Iniciativa Brasileira de Nanotecnologia (IBN), pela Portaria MCTIC nº 2.376, de 16 de maio de 2019 (Brasil, 2019). As diretrizes e regulamentações do SisNANO são atualmente delineadas na instrução Normativa nº 11, de 2 de agosto de 2019 (Brasil, 2019), constituindo um marco regulatório essencial para orientar e promover atividades relacionadas à nanotecnologia no Brasil (MCTI, 2023).

4.2 OS USOS DA NANOCIÊNCIA E DA NANOTECNOLOGIA NA ATUALIDADE

O prefixo “nano” deriva das dimensões dos objetos investigados, os quais possuem tamanhos na ordem de até alguns nanômetros, correspondendo (10⁻⁹) a dimensões da ordem de um milionésimo de um milímetro (1nm) (BRASIL, 2010).

Para ilustrar a magnitude dessa pequenez, considere uma esfera na ponta de uma caneta comum, com um diâmetro de 0,8mm, a qual poderia conter mais de 60 trilhões de partículas, cada uma com 10 nanômetros de tamanho (KNOBEL,2004)

A nanociência e a nanotecnologia, ao explorarem fenômenos e manipulações em escala nanométrica, têm proporcionado avanços significativos em diversas áreas. Essas tecnologias oferecem aplicações inovadoras em setores como medicina, eletrônica, materiais e energia.

Na medicina, a nanotecnologia tem contribuído para o desenvolvimento de sistemas de entrega de medicamentos mais eficazes, possibilitando a liberação controlada de substâncias terapêuticas no organismo. Além disso, materiais são explorados para diagnósticos mais precisos e tratamentos personalizados, representando avanços promissores na área da saúde (MASSI, 2024).

No campo da eletrônica, a nanotecnologia viabiliza fabricação de dispositivos cada vez menores e mais eficientes. Componentes eletrônicos em escala nanométrica permitem o desenvolvimento de computadores mais potentes e dispositivos eletrônicos mais compactos, de acordo com (CESARWEB SOLUTIONS 2022).

No setor de materiais, a nanotecnologia possibilita a criação de materiais com propriedades extraordinárias, como maior resistência e leveza. Materiais compósitos, por exemplo, são amplamente utilizados na fabricação de produtos mais duráveis e eficientes (IBERDROLA, 2024).

Na área de energia, a nanotecnologia contribui para o desenvolvimento de novas fontes de energia, como células solares mais eficientes e sistemas de armazenamento de energia mais avançados (ENERGIA TOTAL, 2024).

O tamanho de um nanômetro é aproximadamente 100 mil vezes menor do que o diâmetro de um fio de cabelo, 30 mil vezes menor do que um dos fios

de uma teia de aranha e 700 vezes menor do que um glóbulo vermelho Pacheco, (2010). Essa comparação ilustra quão diminutas são as dimensões de um nanômetro em relação a objetos do nosso cotidiano. Muitos desses elementos os quais são apresentados na Tabela 1 são pouco conhecidos pela maioria das pessoas.

Tabela 1 - Comparação de medidas de tamanhos

Medidas de tamanhos	
Atomo(h)	0.1 nm
Bactérias	100-1000nm
Células- brancas	10.000nm

Forte (Brasil, 2010)

Em 2020 observou-se um aumento significativo no interesse e no desenvolvimento no campo da nanotecnologia, com notáveis avanços na pesquisa e em aplicações em diversas regiões do mundo. Essa abordagem inovadora está gerando impactos positivos em uma ampla gama de setores, desde a medicina até a indústria de materiais e a proteção ambiental.

À medida que a pesquisa continua a progredir, espera-se que a nanotecnologia desempenhe um papel fundamental na solução de desafios complexos e no desenvolvimento de tecnologias inovadoras que moldarão o futuro. O desenvolvimento da nanotecnologia oferece uma contribuição rara de aprender sobre o desenvolvimento inicial de diversas novas tecnologias (PEIXOTO, 2013).

Entre as propostas do Projeto de Lei nº 880, de de 2019 (Brasil, 2019), destaca-se o apoio às empresas estatais produtoras de insumos tecnológicos e a promoção desse mercado. Nas últimas décadas, o mundo testemunhou um desenvolvimento científico e tecnológico sem precedentes, impulsionado pela diversidade funcional dos materiais estruturais.

O mercado global de nanotecnologia engloba a fabricação e a comercialização de produtos que podem ser vistos em alguns dispositivos que incorporam tecnologia em nível nanométrico (Figura 3 a seguir). Diversas projeções, desde as mais conservadoras até as mais otimistas, indicam um valor de mercado superior a um bilhão de dólares em 2015. Segundo Josh Wolf,

algumas das previsões mais otimistas sugerem um mercado de até 3,5 bilhões de dólares em 2015, conforme apontado pela Lux Capital (EUA) (Brasil, 2010). Esse cenário reflete a crescente relevância e o potencial econômico da nanotecnologia no cenário global.

Figura 3 - Materiais com nanotecnologia



Fonte: Brasil (2010)

Nos setores de produção, vários setores se destacam na sociedade, tais como, eletrônica, alimentação e têxtil, direcionados para o bem-estar da população e gerando elevados valores anuais. Conforme um estudo da Confederação das Indústrias Nacionais (CNI), 73% das pequenas e médias empresas manifestam interesse em integrar a nanotecnologia para aprimorar os processos produtivos em suas fábricas e elevar a qualidade dos produtos (BRASIL, 2010).

Esses dados refletem o forte interesse dessas empresas em explorar os benefícios potenciais da nanotecnologia. No entanto, 27% das empresas afirmaram não avaliar claramente o interesse pelo tema (BONFANTI, 2018).

4.3 A NANOTECNOLOGIA E A NATUREZA

Os processos de conversão frequentemente utilizados na indústria acarretam sérios impactos ambientais, resultando em poluição do ar, do solo e da água. Apesar dos benefícios comprovados, a modificação genética apresenta riscos ao meio ambiente e produz efeitos potencialmente prejudiciais à saúde humana, para os quais não há certeza científica (LUCIANO, 2020).

No entanto, as nanopartículas têm o potencial de impactar e beneficiar o meio ambiente. A nanotecnologia representa uma ferramenta sustentável para estudar o uso de materiais, visando a minimizar os riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde humana, substituindo produtos existentes por produtos mais ecologicamente sustentáveis Martins, (2009). O conceito de nanotecnologia sustentável refere-se ao desenvolvimento de nanoestruturas e nanodispositivos a partir de matérias-primas renováveis, levando à introdução de soluções tecnológicas inovadoras (SELVA, 2020).

Na natureza, diversas reações ocorrem, destacando-se o fenômeno da iridescência, quando água e óleo são misturados, assemelhando-se ao efeito arco-íris. Fenômenos semelhantes foram observados em asas de borboleta azul, conforme a Figura 4 a seguir.

As cores e os padrões observados em uma asa de borboleta são resultado de uma variedade de reflexos internos associados a fenômenos de interferência. As asas das borboletas apresentam estruturas micrométricas (cada escama tem aproximadamente 100 μ m de comprimento por 50 μ m de largura) parcialmente sobrepostas de forma periódica, semelhante a telhas cerâmicas em um telhado, totalizando entre 200 e 500 escamas por milímetro quadrado. Cada escama é composta por microfibras, o que caracteriza uma estrutura corrugada composta por calhas, ou lamelas, com espessuras inferiores a 1 μ m de largura (ASSIS, 2013).

Essas nanoestruturas interagem com a luz, alterando a forma como ela é refratada e criando efeitos ópticos fascinantes. Esse efeito provoca mudanças de cor, dependendo do ângulo de visão e da iluminação Brasil, (2010). O fenômeno natural inspira o desenvolvimento de abordagens tecnológicas sustentáveis e na busca por soluções inovadoras.

Figura 4 - Borboleta azul



Fonte: TECNOLOGIA (2024)

As lagartixas sempre foram caracterizadas pela notável capacidade de se locomoverem em superfícies diversas, seja de cabeça para baixo ou de lado (Figura 5). Essa habilidade “autônoma” é atribuída à presença de nanosugadores nas patas desses animais (BRASIL, 2010)

Figura 5 - Lagartixa preta



Fonte: G1 (2012)

Essas estruturas proporcionam uma aderência incrivelmente forte a uma variedade de superfícies, abrangendo desde pedra, plástico, vidro até metal Brasil, (2010). Essa adaptação natural destaca a eficiência das nanoestruturas na interação com superfícies, servindo de inspiração para pesquisas e aplicações inovadoras na área da nanotecnologia.

4.4 NANOTECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO

Ao abordar o tema educação, é essencial considerar as políticas curriculares, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e suas diretrizes (Brasil, 2000a, 2000b, 2002, 2012, 2013, 2015). Esses elementos representam indiretamente a inserção da Nanociência e Nanotecnologia (N&N) na educação, uma área de grande relevância para o mundo atual. Na contemporaneidade, a ciência e a tecnologia permeiam o cenário global, transcendendo os mais elevados patamares de conhecimento e emergindo como impulsionadores fundamentais do desenvolvimento e progresso de uma nação (SILVEIRA, 2006).

No entanto, a presença efetiva da N&N nas escolas é limitada, apesar da sua importância. A falta de formação específica em nanociência e nanotecnologia durante a preparação acadêmica dos professores contribui para essa lacuna. Diversos fatores, como a ausência de materiais didáticos contextualizados, a falta de laboratórios adequados para experimentos e a não inclusão desses temas nos currículos de formação de professores afetam a incorporação efetiva da N&N nas práticas educacionais (VEIGA, 2012).

A introdução de nanociências e nanotecnologias nas escolas requer uma abordagem pedagógica inovadora. A falta de preparo dos professores para abordar esses temas na sala de aula reflete a necessidade de uma formação contínua e atualização constante, dado o caráter dinâmico do conhecimento científico (COSTA *et al.*, 2023).

A contextualização do conteúdo de Química com tópicos do cotidiano é uma estratégia fundamental para envolver os alunos e promover uma aprendizagem mais significativa. No processo de ensino e aprendizagem, os dados teóricos, muitas vezes, não conseguem despertar o interesse dos alunos, principalmente quando relacionados a fórmulas e cálculos. A abordagem da nanociência e da nanotecnologia precisa ser contextualizada e aplicada ao cotidiano dos estudantes, estimulando o seu interesse e a sua participação ativa nas aulas (CHANG, 2006).

A introdução de aulas práticas como uma proposta estratégica de ensino pode melhorar significativamente o aprendizado de química. Os experimentos não apenas promovem a compreensão dos conceitos científicos, mas também contribuem para o desenvolvimento de atitudes científicas e possibilitam a

identificação de concepções não científicas por parte dos alunos (NASCIMENTO, 2003).

Nesse contexto, dois ramos de estudo específicos são destacados: a cinética química e a estequiometria. A cinética química, que estuda a velocidade de reações químicas e os mecanismos que as controlam, é fundamental para diversos setores industriais, como o farmacêutico, de petróleo, de gás e o automobilístico.

Os experimentos com nanociência e nanotecnologia interagem diretamente com a cinética química, pois esta trabalha com a velocidade das reações e estudo de seus fatores, que pode alterar essas reações na nanotecnologia. É importante saber quais os efeitos podem alterar a velocidade das suas reações. Já a estequiometria, por sua vez, permite relacionar as quantidades de reagentes e produtos em uma reação, sendo essencial para prever as quantidades envolvidas em processos químicos (SILVA, 2022).

As aulas práticas com o uso da nanotecnologia têm o potencial de abranger diversas áreas do conhecimento e contribuir para o desenvolvimento de diferentes campos, tais como medicina, eletrônica, ciência da computação, física, química, biologia e engenharia de materiais,

Ao integrar esses conceitos na educação, é possível criar um ambiente de aprendizagem dinâmico e envolvente, onde os alunos exploram, questionam e compreendem a importância das nanociências e nanotecnologias em suas vidas diárias, podendo entender que a nanociência e a nanotecnologia estão ao seu redor, nos produtos do seu dia a dia, nas roupas, nos remédios e até na água.

Ao integrar a nanotecnologia nas aulas práticas, os estudantes têm a oportunidade de vivenciar aplicações concretas desses conceitos em diversas disciplinas. Na medicina, a nanotecnologia pode ser explorada para entender como nanomateriais podem ser utilizados em diagnósticos avançados, tratamentos mais eficazes e terapias inovadoras (NINSAÚDE, 2024).

Figura 6 - Áreas de pesquisa e aplicação relacionadas à nanotecnologia



Fonte: UFSM (2024)

Dessa forma, ela contribui não apenas para o desenvolvimento acadêmico dos estudantes, mas também para a formação de profissionais capacitados e atualizados nas mais recentes inovações da nanotecnologia. Essa abordagem prática e interdisciplinar é fundamental para preparar os alunos para os desafios e oportunidades apresentados pelo avanço contínuo dessa área de conhecimento.

5 METODOLOGIA

O procedimento metodológico empregado neste trabalho é constituído das etapas de elaboração da abordagem de um experimento voltado à área de nanociência e da nanotecnologia, e em seguida, foi realizada a sua adaptação e aplicação em sala de aula de forma demonstrativa.

5.1 REVISAO DA LITERATURA COM A BUSCA DE EXPERIMENTOS COM O TEMA NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA ENVOLVENDO NANOPARTÍCULAS DE FERRO.

Foi realizada uma pesquisa na literatura em buscas de trabalhos que tivessem a síntese de nanoferro voltada para o ensino, tendo os aspectos multidisciplinar e a abordagem em sala de aula como pontos de contextualização.

Como fonte de pesquisa, foi utilizado o Google Acadêmico. Não houve limite temporal. Quanto às palavras-chave da pesquisa, estas foram: nanopartículas de ferro, nanociência e nanotecnologia. Ao concluir a obtenção dos dados, como título do trabalho, o resumo e as palavras-chave de cada um, prossegui-se com a leitura completa das publicações, sendo construído o método para a execução do trabalho proposto

5.2 SELEÇÃO DO MÉTODO EXPERIMENTAL A SER EXECUTADO

O método escolhido para a aplicação de um experimento que envolvesse a nanociência nas aulas práticas consiste na coprecipitação de hidróxidos de Fe (II) e Fe (III) em meio aquoso para a obtenção de nanopartículas magnéticas de ferro. Esse método, de baixo custo, foi apropriado para a produção de grandes quantidades de nanopartículas com elevada pureza, conforme indicado por TASCÁ *et al.* (2014).

As nanopartículas magnéticas (NPMag-Fe), com ênfase nos óxidos de ferro, foram obtidas a partir do (método de coprecipitação) dos hidróxidos de Fe (II) e Fe (III) em solução aquosa.

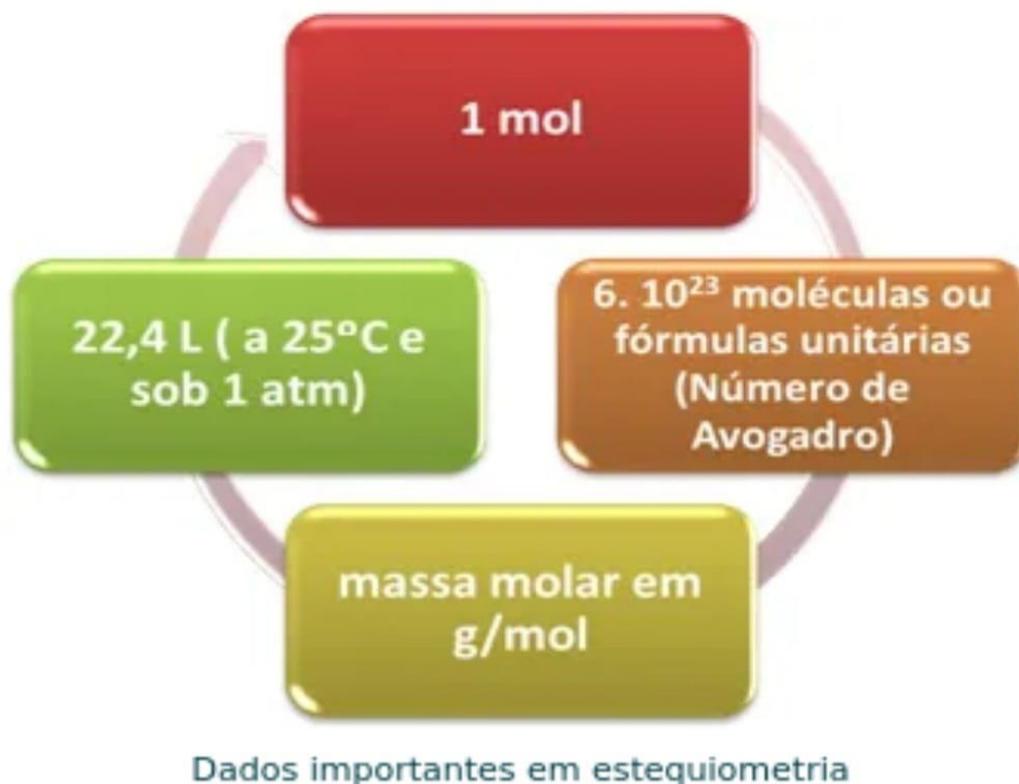
A relevância da escolha dessa prática está no campo da nanotecnologia, particularmente em áreas cruciais na purificação da água Santos *et al.*, (2019), na medicina Canciano, (2014) em outras áreas de extrema importância. Esse método, além de ser de fácil uso e compreensão, permite como a cinética química e a estequiometria das reações, enriquecendo a experiência dos estudantes. A facilidade de alterações nas práticas de nanotecnologia e nanociência premente coloca em prática os conceitos da estequiometria na utilização na quantidade adequada dos reagentes, refazendo novos balanceamentos e adequando-os para a necessidade do laboratório.

A importância da estequiometria está em analisar as quantidades de reagentes e produtos presentes em uma reação química, medindo essas substâncias através de cálculos estequiométricos. Em certos ambientes, é necessário conhecer as quantidades exatas de reagentes utilizados em uma determinada reação para atingir o resultado desejado. Tais cálculos baseiam-se nas leis de reação e na teoria atômica e molecular e nas proporções mostradas nas equações químicas.

Outro ponto relevante é a lei das proporções constantes de Proust, que afirma que diferentes substâncias procedem em proporções de massa definidas ao formar compostos. Além disso, a lei de conservação da massa de Lavoisier afirma que a massa total dos produtos numa reação é sempre igual à massa total dos reagentes num sistema fechado. A lei do volume de Gay-Lussac é uma lei muito importante, que afirma que se a pressão e a temperatura dos gases envolvidos numa reação forem mantidas constantes, os seus volumes serão expressos como pequenos números inteiros (FOGAÇA, 2023).

A experiência dos alunos na prática agrega conhecimento e faz estabelecer conexões entre massa, quantidade de substância (em moles), número de moléculas e volume das substâncias envolvidas, contribuindo para uma compreensão abrangente e precisa dessas grandezas inter-relacionadas (Figura 7).

Figura 7 - Relações massa, quantidade de substância (em moles), número de moléculas e volume das substâncias



Fonte: Manual da Química (2024)

Em geral, podem ser utilizadas as seguintes etapas para os cálculos estequiométricos:

1. Escrever uma equação química balanceada, garantindo que o número de átomos de cada elemento seja o mesmo nos reagentes e produtos.
2. Determinar as proporções entre reagentes e produtos estabelecidas pela equação balanceada.
3. Converter as unidades de quantidades conhecidas em mols, massa ou volume, conforme necessário para resolver o problema.
4. Usar as informações obtidas na etapa anterior para criar uma regra de três que relacione quantidades conhecidas com quantidades desconhecidas (MAGALHÃES, 2023).

Esses passos fornecem uma abordagem sistemática para a resolução de problemas estequiométricos, permitindo a aplicação eficiente das leis das

reações químicas e contribuindo para a compreensão das relações entre diferentes grandezas envolvidas em uma reação química.

Os estudos e atividade impulsionaram o entendimento da cinética química, ramo da ciência dedicado ao estudo das taxas de reações químicas, utilizando reações comuns como ferramentas para compreender as taxas de transformação de átomos e moléculas. Ao analisar a cinética das reações químicas, os cientistas buscam compreender fatores como a concentração dos reagentes, a temperatura e a presença de catalisadores, influenciando a velocidade de uma reação. Na lei de velocidade existe uma relação vista na Interação 01 entre os reagentes e produtos: (SILVA, 2017)



Onde: R simboliza os reagentes e P simboliza os produtos. A concentração de R deve diminuir e a concentração de P deve aumentar ao longo da reação, assim, a derivada da concentração R em relação ao tempo ($d[R]/dt$) deve ser negativa, e a derivada da concentração P em relação ao tempo ($d[P]/dt$) deve ser positiva. Veja a equação 02 lei da velocidade (SILVA, 2017)

$$V = \frac{d(P)}{dt} = -\frac{d(R)}{dt} \qquad \text{Equação (02)}$$

A velocidade pode ser definida como a taxa na qual as concentrações de Reagentes e Produtos mudam com o tempo. Essa taxa pode ser expressa em termos da concentração dos reagentes através da lei da velocidade de reação, conforme descrita pela Equação 03 lei da velocidade em função da concentração dos reagentes (SILVA, 2017).

$$V = K.[A]^m.[B]^n \qquad \text{Equação(03)}$$

5.3 ADAPTAÇÃO E APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DE UM EXPERIMENTO ENVOLVENDO A NANOCIÊNCIA

A fácil adaptabilidade da prática da obtenção das nanopartículas de ferro faz esse experimento ideal para o laboratório com poucos recursos de reagentes. Foi feita uma pesquisa sobre a obtenção das nanopartículas de ferro pelo

método de coprecipitação (Anexo 2), em que os artigos com essa temática apresentam práticas com modificações necessárias para as necessidades.

Dos artigos vistos no Anexo 2, o trabalho com resultados mais elevados, por trabalhar com materiais de conhecimento dos estudantes, atraindo a atenção deles para o tema estudado, contribuindo para a aprendizagem e conhecimento na área da nanotecnologia (RIBEIRO *et al.*, 2021).

As práticas realizadas (Anexo 2) mostram como as nanopartículas podem ser trabalhadas em níveis educacionais diferentes, dependendo da maneira como o professor planeja a execução da experiência e o nível de entendimento dos estudantes. O professor pode conversar com os alunos, contextualizando a prática experimental com um tema do dia a dia e mostrando a utilidade da nanotecnologia para resolver problemas (SANTOS, 2022; LAVAYEN *et al.*, 2022).

O método de coprecipitação envolve a precipitação de um sal insolúvel a partir de uma solução aquosa contendo os íons constituintes do sal. Ao exceder o produto de solubilidade, a substância torna-se menos solúvel e precipita-se. Durante esse processo, ocorre a formação de sais insolúveis adicionados, levando à precipitação. Mudanças no pH podem ocorrer devido a reações secundárias. O processo inclui estágios de nucleação, onde os primeiros agregados sólidos são formados e há o crescimento de partículas, resultando em um grande número de partículas pequenas (COSTA, 2013).

De acordo com Scapim *et al.* (2017), a síntese utilizando o processo de coprecipitação dará resultados compatíveis com os encontrados na literatura, que mostram partículas de tamanho micrométrico e nanômetro com propriedades superparamagnéticas.

O experimento foi fundamentado no roteiro do artigo “Desenvolvendo habilidades e conceitos de nanotecnologia no ensino médio por meio de metodologia didática envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas super paramagnéticas” Tasca *et al.*, (2014). Adaptações no tipo de reagentes e sua quantidade em relação ao procedimento experimental para a síntese de nanopartículas magnéticas de Fe (NPMag-Fe), apresentado no trabalho de Tasca *et al.*, 2014) foram necessárias e estão descritas na Tabela 2 a seguir. Tais mudanças visaram a diminuir os custos dos reagentes e utilizar os disponíveis no laboratório, mantendo a eficiência na obtenção no experimento

proposto (Anexo 1).

Tabela 2 - Adaptações realizadas na síntese de nanopartículas magnéticas de Fe relação ao trabalho de TASCA *et al.*,2014

^a Reagentes	^a massa (g)	^b Reagentes	^b massa (g)
Nitrato de potássio KNO ₃	0,84	Nitrato de sódio (NaNO ₃)	0,84
Hidróxido de potássio (KOH)	15	Hidróxido de sódio (NaOH)	1,87
Sulfato Ferroso Heptahidratado (FeSO ₄ ·7H ₂ O)	27,8	Sulfato Ferroso Heptahidratado (FeSO ₄ ·7H ₂ O)	6,95

^a Roteiro do trabalho realizado por TASCA *et al.*,2014. ^b Adaptação proposta neste trabalho.

Dentre as mudanças e adaptações no roteiro original do experimento realizado por Tasca *et al.* (2014), podem ser observados na Tabela 2 a substituição do reagente de KNO₃ por NaNO₃, permanecendo a mesma quantidade. Contudo, a troca de KOH por NaOH ocorreu com redução da quantidade utilizada na síntese, passando de 15g para 1,87g, respectivamente. Com relação ao reagente precursor da síntese (FeSO₄·7H₂O), foi reduzida a quantidade aplicada no experimento proposto, 6,95g, comparando com o experimento de Tasca *et al.*, (2014), que utilizaram 27,8g. As mudanças foram necessárias para obter quantidades menores de produtos e evitar desperdício e geração de resíduos químicos.

Figura 8 - Aparato utilizado no experimento



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Além de modificações nos reagentes e em suas quantidades, como mostrado na Tabela 2, também foi adaptado o aparato (Figura 8) para a execução do experimento, o que ocasionou a otimização de recursos, ressaltando a adaptabilidade e a criatividade na condução de experimentos, habilidades essenciais na pesquisa de nanotecnologia. Essas alterações podem inspirar os estudantes a pensar criticamente e a buscar soluções inovadoras em suas futuras incursões na nanotecnologia.

5.4 APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DE UM EXPERIMENTO ENVOLVENDO A NANOCIÊNCIA

A etapa de adaptação e teste do experimento proposto por Tasca *et al.*, (2014), a sua aplicação com estudantes do 2º ano do Ensino Integrado do IFPB –Campus Sousa, foi realizada em quatro aulas, cada uma com duração de 45 minutos. Em cada aula foram abordados tópicos da aplicação da nanotecnologia na atualidade, seus usos, a cinética química e os campos de aplicação e conceitos iniciais de estequiometria, tais como o equilíbrio das equações químicas, que garante que a lei de conservação da massa proposta por Lavoisier seja obedecida. A prática foi realizada no Laboratório de Química do Curso Superior de Licenciatura em Química, que está situado no IFPB – Campus Sousa.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 ADAPTAÇÃO DE EXPERIMENTOS ENVOLVENDO FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE FERRO (NPMAG-Fe)

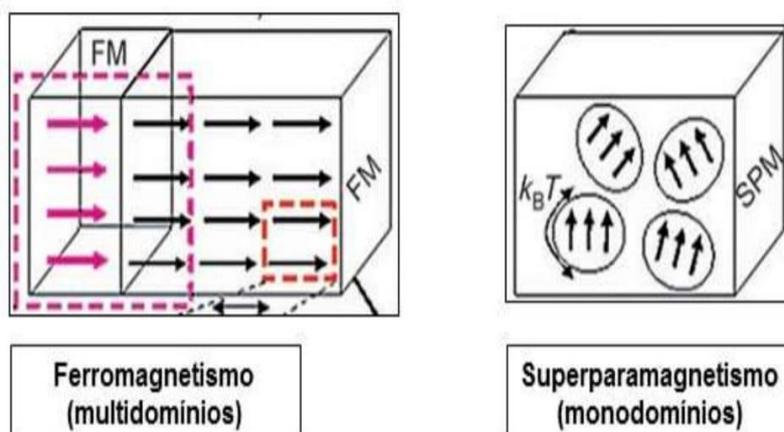
Ao adotar a coprecipitação de hidróxidos de Fe (II) e Fe (III) como o método de trabalho, o experimento ofereceu uma abordagem acessível e de baixo custo para a preparação de nanopartículas, destacando a aplicação prática da nanotecnologia. A escolha desse método foi fundamentada em pesquisas, como a de Tasca *et al.*, (2014), que amplia a compreensão dos alunos sobre as técnicas empregadas no campo da nanotecnologia.

Devido à simplicidade do processo e à relativa biocompatibilidade dos produtos resultantes, o método de coprecipitação é o mais comumente utilizado para NPs (nanopartículas) superparamagnéticos disponíveis comercialmente (QIAO, 2009).

Os campos magnéticos são fundamentais para compreender o magnetismo nos materiais a serem estudados. Os materiais ferromagnetos e ferrimagnetos apresentaram uma propriedade notável chamada magnetização espontânea, exibindo estados magnéticos ordenados em múltiplos domínios. A presença de múltiplos domínios magnéticos levou a uma redução na energia livre do sistema, que corresponde à energia magnetostática Morrish, (1965). Quando o tamanho de grão dos materiais ferromagnéticos é reduzido para menos que o tamanho dos domínios magnéticos (cerca de 0,05mm), eles deixam de apresentar comportamento ferromagnético e passam a apresentar efeitos superparamagnéticos (OLIVEIRA, 2013).

Uma partícula de material ferromagnético abaixo de um tamanho crítico de partícula (inferior a 15nm) exibiria um domínio magnético único, ou seja, uma partícula com uma magnetização uniforme em qualquer campo. Isso significa que, nessa condição, a energia necessária para formar a parede do domínio se torna maior do que a redução da energia magnetostática, o que desfavorece a formação de múltiplos domínios. Portanto, as nanopartículas de magnetita com diâmetro inferior ao crítico apresentam apenas um domínio magnético único Nanodomínio, conforme a Figura 9 a seguir (CHUBUKOV; FRENKEL, 1995).

Figura 9 - Diferentes comportamentos magnéticos (a) Ferromagnetismo (b)



Fonte: Zottis (2023)

O Fe_2O_4 foi obtido através da coprecipitação em meio aquoso alcalino dos íons, o sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$, 6,95 g) é dissolvido em água e levado ao aquecimento até ($100^\circ C$) com a adição da solução de hidróxido de sódio (NaOH, 1,87g) e nitrato de sódio ($NaNO_3$, 0,84g) em meio aquoso e levada ao aquecimento até ($100^\circ C$) na reação 2. na seção 6.1.

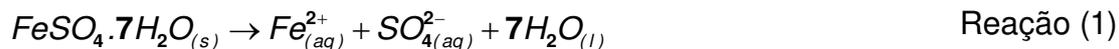
Figura 10 - Aparato montado para submeter às soluções de sulfato ferroso heptahidratado e de hidróxido de sódio com nitrato de sódio ao aquecimento até ($100^\circ C$)



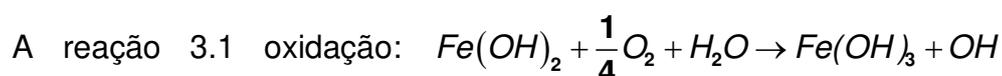
Fonte: Arquivo pessoal do autor (2023)

A solução sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) descrita pela (reação 1) da seção 6.1 foi adicionada à mistura de hidróxido de sódio (NaOH) e nitrato de sódio $NaNO_3$ após ser aquecida até $100^\circ C$ (reação 2). seção 6.1 Para a adição da mistura à solução de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, foi rapidamente obtido um precipitado verde, gelatinoso, característico do (reação 3). A mistura foi

deixada sob aquecimento a 100°C por 20 minutos.



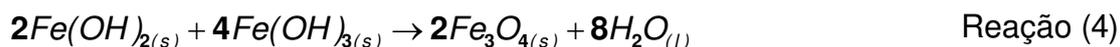
Dado que o composto $Fe(OH)_2$ é instável e tende a oxidar-se pelo oxigênio vista na reação 3.1, ocorre a obtenção de $Fe(OH)_3$ (RIBEIRO *et al.*, 2021).



(TASCA *et al.*, 2014).

O $Fe(OH)_3$ possui uma coloração marrom avermelhado. Na reação, a água está sendo utilizada como reagente que desempenha um papel na oxidação do hidróxido ferroso, fornecendo átomos de oxigênio para a formação do hidróxido férrico $Fe(OH)_3$

A água não é consumida na reação, mas participa do processo. Quando simultaneamente presentes o e $Fe(OH)_2$ e $Fe(OH)_3$ podem se combinar em condições (método da coprecipitação) reação 4



A reação ocorre devido à oxidação do hidróxido ferroso $Fe(OH)_2$ para formar íons férricos que, por sua vez, reagem com o hidróxido férrico, o $Fe(OH)_3$. A oxidação e a redução ocorrem simultaneamente, e a formação da magnetita é o resultado líquido dessa reação redox, de coloração preta vista na Figura 11. reação altamente eficiente e os cristais de magnetita Fe_2O_4 se formam como um precipitado.

Figura 11 - Magnetita



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

A solução final foi deixada em repouso por 20 minutos e transferida para um tubo de ensaio

Figura 12 - Utilizando um ímã, pôde-se verificar a formação das nanopartículas



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

6.2 APLICAÇÃO EM SALA DE AULA DE FORMA DEMONSTRATIVA DO EXPERIMENTO ENVOLVENDO A FORMAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE FERRO (NPMAG- Fe)

O experimento proposto, realizado em quatro aulas, nas instalações do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus Sousa, contou com a observação de seis estudantes do Ensino Médio Integrado do IFPB do curso de Informática.

Nas aulas propostas, o conhecimento sobre o uso da nanotecnologia em diversas áreas da sociedade é notável. De acordo com os questionamentos apontados pelos alunos, tais como, onde a nanociência e nanotecnologia são aplicadas? Qual a importância de conhecer sobre essa temática para o futuro?, por exemplo, pôde-se perceber que os estudantes pouco conheciam sobre as aplicações da nanotecnologia, sendo explicado o que seria a nanotecnologia e as áreas de trabalho.

Foi esclarecido também que o motivo da escolha da prática com nanoferro reside no seu crescente uso para tratamento de águas contaminadas (SILVA, 2014).

por exemplo. Além dos conceitos, explanamos detalhes sobre a estequiometria das reações envolvidas no processo de síntese das nanopartículas magnéticas de ferro, pois foi um tema pelo qual os alunos mais se interessaram, pela sua importância no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e pelas dificuldades em absorver esse conteúdo nas aulas normalmente aplicadas.

Na primeira aula, foi vista a importância atual dos estudos na área da nanotecnologia, tais como no tratamento de água e na proteção ambiental. A princípio, foram observados os pontos dentro do experimento que, posteriormente, seria realizado nas 3^a e 4^a aulas. Esses pontos foram estequiometria e a cinética química. Entre as duas áreas estudadas, foi reservado mais tempo para a estequiometria, por ser uma área em que a maioria dos alunos apresentava mais dificuldade de entendimento. Dessa forma, com relação ao conteúdo de estequiometria, os pontos revisados foram com aula expositiva e atividades.

O primeiro ponto apresentado foi relações molares entre massa, quantidade de substância (em moles), número de moléculas e volume das substâncias envolvidas. O segundo conteúdo estudado envolveu a lei de Proust e a lei de Lavoisier (Lei de conservação das massas), cuja explanação foi dada de forma resumida com aplicação de um exemplo que envolveu um exercício indicando a reação de formação do gás carbônico a partir de grafite e do oxigênio.

Com relação ao conteúdo de estequiometria, foi explicado o balanceamento das reações, sua importância e como realizá-lo corretamente, além dos métodos de balanceamento por tentativa, por oxirredução e algébrico. Cada método de balanceamento foi explicado individualmente por meio de exemplos e, em seguida, realizado exercício.

Na segunda aula, o conteúdo de cinética química foi abordado inicialmente pela teoria das colisões, em que foi tratado sobre a orientação adequada das colisões onde ocorre o rompimento das ligações formadas, formando novas ligações, designadas colisões eficaz ou efetiva. Outro ponto a ser questionado foi o conceito básico da energia de ativação, que é a energia mínima para que uma reação química possa ocorrer e determinante para a ocorrência de uma reação. Na sequência, foi explicada a lei de velocidade, sendo abordada a expressão matemática que relaciona a taxa de reação com as concentrações dos reagentes. Na parte final da segunda aula, foi realizada a leitura do roteiro constante do Anexo 1 e apresentados os equipamentos do experimento.

Na terceira aula, foi realizado o experimento o sulfato ferroso heptahidratado, que se apresenta com a fórmula $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, Hidróxido de sódio (NaOH) e Nitrato de sódio (NaNO_3), os quais foram apresentados para os estudantes do IFPB do curso de Informática do 2º ano.

O primeiro ponto do experimento foi a realização da pesagem dos reagentes (Figura 13) em uma balança analítica para trabalhar os conceitos da estequiometria, conteúdos revisados na primeira aula do experimento proposto. Os alunos tinham visto anteriormente o conteúdo sobre a Lei de Conservação das Massas, que afirma que a massa total dos reagentes em uma reação química é igual à massa total dos produtos.

Com isso, eles puderam ver a interação da massa molar com a relação

quantidade em moles e a massa total da matéria, na Equação 3, da seção 6.1 e feitos os cálculos utilizando os resultados da pesagem já visto em sala de aula com alunos.

Figura 13 - Pesagem dos reagentes



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Equação 3 – relação quantidade de mols (n), a massa (m) e a massa molar (M) (Silva, 1995).

$$n = \frac{m}{M}$$

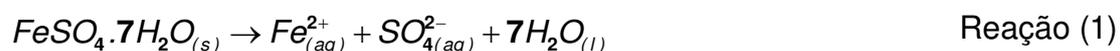
Equação (3)

A massa (m) representa a quantidade total de matéria, seja em reagentes ou produtos.

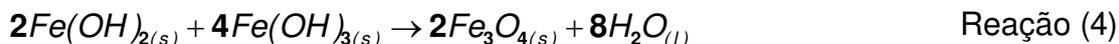
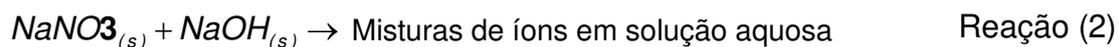
A massa molar (M) representa a massa de um mol da substância, ou seja, quantos gramas uma molécula, íon ou átomo que essa substância pesa.

A quantidade de mols (n) é uma unidade que expressa quantos “conjuntos” de entidades (moléculas, íons, átomos) (SILVA,1995).

O segundo ponto foi as reações do experimento para poder ser estudado o balanceamento das reações de síntese nas nanopartículas de Ferro, a saber:



Reação (1)



Com a compreensão das possíveis modificações dos balanceamentos das reações demonstradas no laboratório do Curso Superior de Licenciatura em Química no IFPB, campus Sousa. Os alunos puderam observar a importância do tema estudado, como ele altera as reações altamente na quantidade adequada para obtenção do resultado esperado.

Na parte final da quarta aula, foi dado ênfase ao conteúdo da cinética, foi visto áreas de aplicação da cinética química pouco conhecidas no cotidiano. A cinética química, na geologia, determina a idade geológica de um mineral e, conseqüentemente, estima a idade da Terra. Foi a que mais se destacou, por fazer os alunos buscarem mais informações. Para casa, foi proposto para os alunos pesquisarem os fatores que alteram a velocidade das reações, se elas podiam alterar a velocidade no experimento visto na aula prática.

É importante ressaltar que a prática foi aceita pelos alunos, uma vez que pelo relato deles, as atividades não ficaram cansativas e os conceitos do conteúdo da cinética pode ser trabalhado em outras áreas.

Por fim, o experimento de obtenção das nanopartículas magnéticas de ferro foi executado no tempo limite estabelecido, e todas as etapas foram bem sucedidas, sem nenhuma dificuldade.

Observamos um benefício significativo no enriquecimento do conhecimento dos alunos, uma vez que eles puderam observar conceitos teóricos que, em circunstâncias cotidianas, não seriam comumente vistos por eles. O estudo da nanotecnologia pode agregar vários ramos da química, que muitas vezes são áreas com grandes dificuldades de entendimento para alguns alunos. Assim, a metodologia de práticas experimentais poderá ser mais uma ferramenta que facilita a compreensão dos alunos.

Conceitos teóricos foram estudados, mas quando foi aplicada a obtenção, os alunos mostraram mais interesse em adquirir mais conhecimentos da área, pois eles saíram do campo teórico e vieram para mais próximos deles, ou seja,

a prática.

A inclusão do experimento proposto no currículo escolar pode contribuir para a conscientização dos alunos sobre a importância crescente da nanotecnologia em diversas áreas, desde a medicina até a tecnologia de materiais. Isso não apenas enriquecerá o conhecimento dos estudantes, mas também os capacitará a compreender e participar ativamente do avanço tecnológico em um mundo cada vez mais influenciado pela nanotecnologia.

Os experimentos também são vistos como uma maneira de fomentar o aprimoramento de conceitos científicos e estabelecer conexões claras entre a teoria e a prática por meio de competências cognitivas e de raciocínio (RAUPP, 2020).

Com o objetivo de incluir no estudante o pensamento científico na sua cultura, na prática diária, é imprescindível que a ciência esteja ao seu alcance e que o conhecimento tenha significado muito importante e relevante (KAROLINE, 2024).

É aceitável quando o objetivo principal é simplificar a compreensão. Portanto, dedica-se à divulgação de informações obtidas a partir da composição/produção científica, utilizando ferramentas, metodologias e mecanismos que proporcionaram conhecimento (transcodificação) em uma linguagem mais acessível a diversas comunidades (BUENO, 2010).

A aprendizagem por meio de atividades experimentais atendeu à curiosidade e promoveu o desenvolvimento intelectual e emocional dos alunos, indo além do conteúdo estudado em sala de aula.

7 CONCLUSÃO

Diante do tema exposto e dos objetivos pretendidos, pôde-se concluir que os objetivos propostos no presente trabalho foram alcançados. A elaboração da aula experimental com o tema nanociência e nanotecnologia para o ensino de Química enalteceu a importância das aulas práticas no ensino de Química como um meio didático para cativar os estudantes a conhecer as novas tecnologias do mercado de trabalho.

O experimento de Química agregou para os alunos um conhecimento prévio da importância do conhecimento desses conteúdos, pois a prática levou os alunos a observar e estudar como a nanociência e a nanotecnologia estão intimamente ligadas a diversas áreas do uso comum da sociedade.

As aulas práticas podem iniciar o senso crítico dos alunos, o que não foi confirmado, pois não foi feito um questionário antes da prática e outro depois sobre o tema.

Os alunos cativados para participar da experiência foram incluídos nas práticas de conteúdos adicionais que estão intimamente ligados ao experimento de estequiometria e cinética química, as quais foram trabalhadas acompanhando as etapas do experimento. Assim, as atividades realizadas com os estudos podem ser exploradas ainda mais sem prejuízo de tempo para os alunos, com cada tema explorado de maneira que os estudantes possam entender mais facilmente os conteúdos teóricos ao serem postos em prática.

A interação de uma prática bem elaborada com outros conteúdos promove um crescimento significativo no conhecimento dos alunos. Essa interação não pode ser descartada pelos professores, pois ele evidencia ser um caminho didático promissor para a educação.

Em suma, os experimentos práticos com nanopartículas, tais como, as magnéticas de ferro, apresentam uma oportunidade de promover uma compreensão das aplicações da nanociência e da nanotecnologia na sociedade

REFERÊNCIAS

A EDUCAÇÃO COMO PILAR DA INCLUSÃO SOCIAL: PASSADO, PRESENTE E FUTURO. Disponível em: <<https://inw.org.br/a-educacao-como-pilar-da-inclusao-social-passado-presente-e-futuro/>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

AMUZING PLANET. **Lycurgus Cup**: a piece of ancient roman nanotechnology. 2016. Disponível em: <https://www.amusingplanet.com/2016/12/lycurgus-cup-piece-of-ancient-roman.html>. Acesso em: Fev de 2023

ASSIS, O. B. G. A asa da borboleta e a nanotecnologia: cor estrutural. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2, pág. 2301, 2013.

BRASIL. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. **Cartilha sobre nanotecnologia**. 2.ed. Brasília: ABDI, 2010.

BRAGA, M. de N. da S. *et al.* A importância das aulas práticas de Química no processo de ensino-aprendizagem no PIBID. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 2, p. 2530- 2542, 2021.

BRASIL. **Resolução nº 2, de 30 de janeiro de 2012**. Define diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Brasília: ME, 2012.

BRASIL. **Resolução nº 2, de 1º de julho de 2015**. Define as diretrizes curriculares nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. Brasília: ME, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria de Educação Básica, 2006.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros curriculares nacionais ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Secretaria da Educação Média e Tecnológica, 2000b. v. 3

BARROS, J. **Nanotecnologia na educação**. Disponível em: <https://www.each.usp.br/nanoeach/?p=2872>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BONFANTI, C. **73% das empresas têm interesse em aplicar nanotecnologia em seus processos**. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/competitividade/73-das-empresas-tem-interesse-em-aplicar-nanotecnologia-em-seus-processos/>. Acesso em: 22 dez. 2023.

BUENO, W. C. Comunicação científica e divulgação científica: aproximações e rupturas conceituais. **Informação & Informação**, v. 15, n. 1esp, p. 1-12, 15 dez.

2010.

CANCIANO, J.; MARANGONI, V. S.; ZUCOLOTTO, V. Nanotechnology in medicine: concepts and concerns. **Química nova**, v. 37, n. 3, p. 521-526, 2014. **CESARWEB SOLUTIONS. Nanotecnologia na indústria: Potencialidades e aplicações**. 2022. Disponível em: <https://cesarweb.com.br/nanotecnologia-na-industria-potencialidades/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

CHANG, R. PH. Um apelo à educação em nanociências. **Nano Hoje**, v. 1, p. 6, 2006.

CHUBUKOV, A. V.; FRENKEL, D. M. Espalhamento Raman ressonante de dois magnons em compostos originais de supercondutores de alto T_c. **Revisão física. B, Matéria condensada**, v. 52, n. 13, pág. 9760-9783, 1995.

COSTA, M. M. O. *et al.* Estágio curricular supervisionado no curso de pedagogia: contribuições teórico-metodológicas à formação inicial docente. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n. 2, p. 6699-6716, 2023

COSTA, T. C. DE C. **Síntese de nanopartículas de magnetita via decomposição térmica em meio não-aquoso**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 25 abr. 2013.

DA SILVA, J. N., AMORIM, J. DA S., MONTEIRO, L. DA P., & FREITAS, H. G. (2017). Experimentos de baixo custo aplicados ao ensino de química: contribuição ao processo ensino-aprendizagem. **Scientia Plena**, 13(1). <https://doi.org/10.14808/10.14808/sci.plena.2017.012701>

ENERGIA TOTAL. **Nanotecnologia aplicada à energia solar**. 2024. Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/nanotecnologia-aplicada-a-energia-solar>. Acesso em: 11 mar. 2024.

FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. do C. Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise. **Química nova**, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.

FILHO, S. A.; DOS SANTOS, M. S.; BACKX, B. P. É possível falar de nanotecnologia na escola? Uma proposta de artigo científico para crianças e adolescentes. **Revista Educação Pública**, v. 23, n. 20, 2023.

FOGAÇA, J. R. V. **Estequiometria das Reações Químicas**. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/estequiometria-das-reacoes-quimicas.htm>. Acesso em: 17 dez. 2023.

G1. **Nova espécie de lagartixa é descoberta em Papua-Nova Guiné**. 19 abr. 2012. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/04/nova-especie-de-lagartixa-e-descoberta-em-papua-nova-guine.html>. Acesso em: 10 mar. 2024.

IBERDROLA. **Aplicações da nanotecnologia**. 2024. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/aplicacoes-da-nanotecnologia>. Acesso em:

11 mar. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **A ciência e a tecnologia como estratégia de desenvolvimento**. 23 dez. 2020. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/116-a-ciencia-e-a-tecnologia-como-estrategia-de-desenvolvimento>. Acesso em: 12 mar. 2024

KNOBEL, Marcelo; GOYA, Gerardo F. Ferramentas Magnéticas na Escala do Átomo. **Brasil científico americano**, dez. 2004.

LAVAYEN, V., RAUPP, D., SCHISLER, CH., EINLOFT, S.M.O., NATIVIDADE, L.A., Vaz, A., Síntese e caracterização de nanopartículas de óxido de ferro: Uma proposta de atividade experimental. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e27310817184, 2021.

LUCIANO, A. P. **A responsabilidade civil ambiental frente aos riscos sociais, ambientais e laborais associados à nanotecnologia**. 2020. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Caxias do Sul, 2020.

MAGALHÃES, L. **Estequiometria**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/estequiometria/>. Acesso em: 17 dez. 2023.

MANUAL DA QUÍMICA. 2023. Ano. Disponível em: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/estequiometria-das-reacoes-quimicas.html>. Acesso em: 4.fev.2024

MARTINS, P. **Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável**. *Estudado. social*. 2009, vol.17, n.34, pp.293-311.

MASSI, V. **Nanotecnologia revoluciona a saúde e a produção de fármacos**. Disponível em: <https://ictq.com.br/industria-farmaceutica/852-nanotecnologia-revoluciona-a-saude-e-a-producao-de-farmacos>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MEDIEVAL, H. Vitrais: forma de arte medieval e meditação religiosa. **História Medieval**, 3 fev. 2022. Disponível em: <https://www.historiamedieval.com/post/vitrais-forma-de-arte-medieval-e-medita%C3%A7%C3%A3o-religiosa>. Acesso em: 4 fev. 2024.

MICHEL, O. P. R. **Introdução a Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino Médio**. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/6259/1/Alexandre%20Barbosa%20Melo%20de%20Carvalho.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2024.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO.. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/tecnologia/tecnologias_convergentes/pagin-as/nanotecnologia/NANOTECONOLOGIA.html. Acesso em: 26 nov. 2023.

MORRISH, A. H. **Os princípios físicos do magnetismo**. Nashville, TN, EUA:

John Wiley & Sons, 2001.

NASCIMENTO, S. S.; VENTURA, P. C. Física e Química: uma avaliação do ensino. **Presença Pedagógica**, v. 9, n. 49. 2003.

NINSAÚDE. **Nanotecnologia na Medicina: saúde em escala nano**. Disponível em: <https://blog.apolo.app/nanotecnologia-na-medicina-saude-em-escala-nano/>. Acesso em: 11 mar. 2024

NUNES, R. F. Vitreorum Ministerium: **o didatismo dos vitrais medievais, história e linguagem visual** - os vitrais da Yorkminster. Universidade de São Paulo, 16 ago. 2012.

OLIVEIRA, L. C. A.; FABRIS, J. D.; PEREIRA, M. C. Óxidos de ferro e suas aplicações em processos catalíticos: uma revisão. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 123- 130, 2013.

PACHECO, Carlos Alberto. **O grande dilema da nanotecnologia**. 2010. Disponível em: <https://www.cosmeticsonline.com.br/noticias/detalhes-colunas/39/o-grande-dilema-da-nanotecnologia>. Acesso em: 20 fev. 2024.

PEIXOTO, F. J. M. **Nanotecnologia e sistemas de inovação: implicações para política de inovação no Brasil**. 2013. Xxf. Xxxx. (xxxx) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

QIAO, R.; YANG, C.; GAO, M. Nanopartículas superparamagnéticas de óxido de ferro: de preparações a aplicações de ressonância magnética in vivo. **Revista de Química de Materiais**, v. 35, pág. 6274-6293, 2009.

RAUPP, D. T.; PROCHNOW, T. R.; DEL PINO, J. C. História e contextualização no ensino de estereoquímica: uma proposta de abordagem para o Ensino Médio. **Revista Contexto & Educação**, V. 35, N. 112, p. 432-455, 2020.

RIBEIRO, A. da C.; COSTA, M. D.; SANTOS, C. R. D.; BONADIO, T. G. M.; TOMINAGA, T. T. 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, p. e20200374, 2021.

SANTOS, E.; MATOS, L.; MAZALI, I. Síntese de nanopartículas de ouro e sensoriamento colorimétrico do sulfatiazol: uma prática experimental para aulas interdisciplinares. **Química nova**, v. 45, n. 5, p. 630-635, 2022.

SANTOS, dos K. T.; MATEUS, G. A. P.; SILVA, M. F.; BERGAMASCO, R. Aplicação da nanotecnologia no tratamento de água: uma revisão. **Ningá Review**, Maringá, v. 34, n. 2, p. 51-72, abr./jun. 2019.

SCAPIM, L. C. M.; BORGES, S. B.; PAULA, J. N. D.; FERREIRA, L. P.; ALMEIDA III, P. R. D. Síntese e caracterização de nanomagnetita pelo processo de coprecipitação. **The Journal Of Engineering And Exact Sciences**, v. 3, n. 8, p. 1182–1191, 2017.

SELVA, M. Nanotecnologias para a valorização sustentável de biorresíduos. **Opinião Atual em Verde e Química Sustentável**, v. 24, p. 38-41, 2020

SILVA, A. J. de J.; EGAS, V. S. D. S. Percepção da importância do uso de atividades experimentais na aprendizagem de química de um grupo de estudantes concluintes do ensino médio em uma escola pública em Tefé/AM. **Revista Insignare Scientia**, v. 5, n. 1, p. 209-234, 2022.

SILVA, E. Z. da. Nanociência: a próxima grande ideia? **Revista USP**, n. 76, p. 78-87, 2008.

SILVA, R. R. da; FILHO, R. C.R, Mol uma nova terminologia. **Química nova na escola**, nº 1, maio 1995.

SILVA, D. M. V. da.; OLIVEIRA, A. V. D.; CALIXTO, C. D.S.; RODRIGUES JÚNIOR, J. J.; SOUZA, N. P. D. Explorando as Caixas Misteriosas para vivenciar o método científico com alunos do Ensino Médio em uma escola de São Gonçalo/RJ. **Revista Educação Pública**, v. 23, n. 46, 28 nov. 2023.

SILVA, M. F.; PINEDA, E. A. G.; BERGAMASCO, R. Aplicação de óxidos de ferro nanoestruturados como adsorventes e fotocatalisadores para remoção de poluentes de águas residuais. **Química nova**, v. 3, p. 393-398, 2014.

SILVA, L. L. E. **Cinética química**: conceitos e aplicação de alguns experimentos em laboratório. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás Campus Inhumas, 2017.

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência E Tecnologia: Transformando O Homem E Sua Relação Com O Mundo. **Revista Gestão Industrial**, v. 2, n. 2, 2006.

TASCA, R. A.; ALMEIDA, J. R. D.; SILVA, D. G. D.; MELO, F. M. D.; TOMAS, H. E. Desenvolvendo habilidades e conceitos de nanotecnologia no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas super paramagnéticas. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 3, 2014.

THIESEN, J. da S. A interdisciplinaridade como um movimento articulador no processo ensino-aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação**, v. 13, n. 39, p. 545-554, 2008.

TECNOLOGIA, T. **Borboleta Azul Linda (Kit com 10 Un)**. Disponível em: <<https://www.hbformasecortadores.com.br/decoracao/borboleta-azul-linda-kit-com-10-un>>. Acesso em: 19 mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA. **Laboratório de Estrutura Eletrônica dos Materiais**. 2024. Disponível em: <https://www.ufsm.br/laboratorios/leelmat/informacoes-gerais>. Acesso em: 10 fev. 2024.

VEIGA, M. S. M.; QUENENHENN, A.; CARGNIN, C. O ensino de química: algumas reflexões. **I Jornada de Didática: o ensino como foco e I fórum de professores de didática do Estado do Paraná**. Londrina: UEL, v. 1, p. 189-198, 2012.

ZOTTIS, A. D. **Síntese, caracterização e testes in vitro de nanopartículas magnéticas de para atuarem como agentes de contrastes negativos t2 para o diagnóstico de câncer de mama**. 2023.) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2023.

ANEXOS

ANEXO 1 – ROTEIRO DA ATIVIDADE PROPOSTA DE SÍNTESE DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS

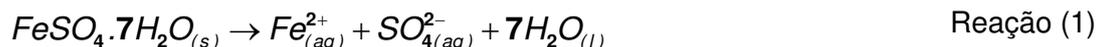
INTRODUÇÃO

Nos métodos de obtenção de nanopartículas magnéticas (NPMag), o método mais amplamente utilizado é a coprecipitação dos hidróxidos de Fe(II) e Fe(III). Esse método é uma abordagem eficaz para preparar grandes quantidades de nanopartículas com alta pureza, enquanto mantém os custos relativamente baixos.

MATERIAIS	REAGENTES
3 Erlenmeyer de 250 ml	água destilada
1 Provetas de 100 ml	Nitrato de sódio NaNO ₃
3 Espátulas	Hidróxido de sódio (NaOH)
1 Bastão de vidro	Sulfato ferroso heptaidratado (FeSO ₄ ·7H ₂ O)
1 Balança analítica	
2 lhapas de aquecimento com agitador	
1 Imã próximo ou acima 2,54 cm de diâmetro	
1 Vidro de relógio	

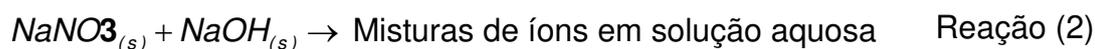
Etapa 1

Em um erlenmeyer de 250 ml, são dissolvidos 6.95g de sulfato ferroso heptaidratado (FeSO₄·7H₂O) pesado na balança analítica e depois são adicionados 200ml de água. Com auxílio de uma chapa de aquecimento com agitador magnético, a solução é levada até a ebulição.



Etapa 2

Em outro erlenmeyer de 250 ml, são adicionados 0,84g de nitrato de sódio (NaNO₃) pesado na abalança analítica, no vidro de relógio e pesado 1.87g de hidróxido de sódio (NaOH), que são adicionados ao Erlenmeyer. Em seguida, é adicionado 100ml de água. A solução é aquecida até a ebulição após e retirada do aquecimento



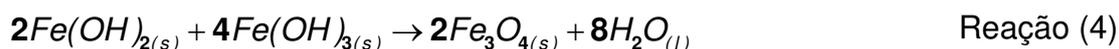
(1 primeira atividade demonstrativa, determine a quantidade em mol de cada reagente.)

Etapa 3

Adicionada rapidamente sobre solução contendo os íons de ferro, a solução 2 com auxílio do bastão de vidro, mantendo forte agitação e aquecimento por 20 minutos. Inicialmente, ocorre a formação de um precipitado verde, gelatinoso, característico.



O Fe(OH)₂ é instável e tende a oxidar-se pelo Oxigênio convertendo-se em Fe(OH)₃ Sob condições do (método da coprecipitação), o Hidróxido férrico com Hidróxido ferroso pode se combinar, formando a magnetita de coloração preta (2Fe₃O₄).



(2 Atividade demonstrativa : realiza um novo balanceamento
]

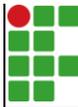
Etapa 4

No final, deixa-se esfriar as NPMag à temperatura ambiente por 20 minutos e transferida para um tubo de ensaio, onde, com o auxílio de um imã, podem ser vistas

ANEXO 2 ARTIGOS SELECIONADOS PARA NORTEAR A ATIVIDADE EXPERIMENTAL PROPOSTA.

Autor e ano	Titulo	Objetivo	Experimento proposto	Resultados
TASCA, <i>et al.</i> 2015	Desenvolvendo habilidades e Conceitos de Nanotecnologia no ensino Médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas super paramagnéticas	Agregar ao ensino de química conceitos e Habilidades em nanotecnologia	O método é baseado no uso do sulfato ferroso em meio alcalino e do íon nitrato como agente oxidante, método coprecipitação	Foi alcançado a obtenção das (NPag-Fe) aumento dos conhecimentos sobre nanotecnologia
SANTOS, 2022	Síntese de nanopartículas de ouro e sensoriamento colorimétrico do sulfatiazol: uma prática experimental para aulas interdisciplinares	apresentar um experimento de síntese de nanopartículas de ouro e sua aplicação no sensoriamento colorimétrico do sulfatiazol	Redução química de H ₂ AuCl ₄ (tetracloreto de ouro) na presença de citrato de sódio	Foi obtida as (AuNPs) e Com o procedimento, o docente poderá trabalhar com os estudantes vários tópicos de química, questões das atividades podem ser escolhidas de acordo com a ênfase que o docente deseja direcionar a prática
RIBEIRO <i>et al.</i> 2021	Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio	Apresentada uma prática experimental com materiais do cotidiano para obtenção nanopartículas magnéticas e uma proposta didática com o tema Nanociências e Nanotecnologia, baseada na abordagem CTSA	E utilizado a coprecipitação 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	Os alunos passaram a apresentar noções de conhecimento de possíveis aplicações da nanociência e nanotecnologia, despertou a curiosidade para que comesçassem estudar o tema.
LAVAYEN, <i>et al.</i> 2021	Síntese e caracterização de nanopartículas de óxido de ferro: Uma proposta de atividade experimental	Apresentar uma metodologia para síntese e caracterização de nanopartículas de óxido de ferro como ferramenta na abordagem de conceitos científicos acerca de nanomateriais para o ensino superior.	E utilizado o método coprecipitação para obtenção das (NPMag-Fe)	Atividade experimental proposta foi obtido o resultado esperado a obtenção das nanopartículas, a práticas com uso de equipamentos poucos utilizado nos cursos superiores.

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Sousa - Código INEP: 25018027
	Av. Pres. Tancredo Neves, S/N, Jardim Sorrilândia III, CEP 58805-345, Sousa (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0004-18 - Telefone: None

Documento Digitalizado Restrito

ENTREGA DE VERSAO FINAL DO TCC

Assunto:	ENTREGA DE VERSAO FINAL DO TCC
Assinado por:	Rafael Martins
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo da Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Rafael dos Santos Martins, ALUNO (201918740007) DE LICENCIATURA EM QUÍMICA - SOUSA**, em 22/03/2024 17:48:53.

Este documento foi armazenado no SUAP em 22/03/2024. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1124142

Código de Autenticação: 0d6274050b

