
REOBE FELIPE DA SILVA
VERÔNICA TAVARES SANTOS BATINGA
IVONEIDE DE CARVALHO LOPES BARROS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA

*Uma proposta para aulas de Química no
Ensino Médio*



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586s Silva, Reobe Felipe da
SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA:
Uma proposta para aulas de Química no Ensino Médio / Reobe Felipe da Silva. - 2022.
40 f. : il.

Orientador: Veronica Tavares Santos Batinga.
Coorientador: Ivoneide de Carvalho Lopes Barros.
Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Mestrado
Profissional em Química (PROFQUI), Recife, 2022.

1. Ensino por Investigação. 2. Alfabetização Científica. 3. Química. 4. Nanotecnologia
e Nanociência. 5. Ensino de Química. I. Batinga, Veronica Tavares Santos, orient. II. Barros,
Ivoneide de Carvalho Lopes, coorient. III. Título

CDD 540



AUTORES

Reobe Felipe da Silva

Mestre em Química pelo programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI), no polo da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Professor efetivo da educação básica estadual de Pernambuco, desde 2018, lecionando os componentes curriculares de Química, Investigação Científica e Tecnologia e Inovação. Tem experiência na área de *Química Bioinorgânica, Ensino Por Investigação e Alfabetização Científica de estudantes do Ensino Médio.*



Verônica Tavares Santos Batinga

Doutora em Educação pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Professora do Departamento de Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), atuando, também, como docente no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) e no Mestrado Profissional de Química em Rede Nacional (PROFQUI). Tem experiência em pesquisas na área de resolução de problemas no ensino de ciências; ensino de ciências por investigação; desenho e análise de sequências didáticas, processos de construção de significados no ensino de ciências, e formação de professores de química.



Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

Possui mestrado em Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 2000) e doutorado em Química pela Universidade de Brasília (UnB, 2007). Atualmente é professora associada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Tem experiência na área de Química Inorgânica, com ênfase em catálise heterogênea e campos de coordenação e, atuando principalmente nos seguintes temas: síntese e caracterização de catalisadores heterogêneos do tipo zeólitas, óxidos, heteropoliácidos, óxidos mistos e outros suportados em sílica, alumina e carvão ativado, para fins de produção de biocombustíveis derivados de fontes renováveis, tal qual a biomassa, residual ou não, e a reciclagem de óleo residual e biodiesel; além de adsorventes para remoção de contaminantes de enxofre em combustíveis e outros.



FICHA TÉCNICA

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL (PROFQUI)

Texto: Reobe Felipe da Silva e Verônica Tavares Santos Batinga

Diagramação: Reobe Felipe da Silva

Revisão: Verônica Tavares Santos Batinga e Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

RECIFE – PE, 2022.



AGRADECIMENTOS

Porque de Deus, por Deus e para Deus, são todas as coisas; glória, pois, a Deus eternamente! Amém.

– Romanos 11:36

Sê forte e corajoso; não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.

– Josué 1:9

Quero iniciar agradecendo àquele que é todo de toda ciência e sabedoria, sem ele, nada do que foi feito poderia se fazer. Deus é quem dar o sopro de vida, quem permite a respiração, quem coloca em nós a ciência e nos faz ser pessoas melhores. A Deus toda honra e toda glória! Pela manifestação da sua graça em me proporcionar entrar neste mestrado e terminar, mesmo enfrentando situações turbulentas. Até aqui a tua mão me guia e a tua destra me sustem.

Agradecimento aos meus pais, meus irmãos, cunhadas. Às minhas tias, primas e primos. Aos meus amigos e companheiros. Vocês que nunca me deixam sofrer só, são sempre um porto seguro em todos os momentos da minha vida.

Gratidão a todos que compõem o PROFQUI, a pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação e ao Departamento de Química da UFRPE. Aos professores do DE e DQ da UFRPE, que sempre foram verdadeiros educadores.

Agradecimento especial aos meus alunos que estão comigo todos os dias, também à instituição na qual tenho a honra de ser um docente.

Agradeço por toda orientação às professoras Verônica Batinga e Ivoneide Lopes. Às professoras que participaram da banca de qualificação e defesa da dissertação, obrigado por todas as orientações.

Agradeço aos que fazem a CAPES.

Gratidão a todos que de maneira direta e indireta me ajudaram e me esforçaram nessa caminhada. Não foi fácil, nunca será, mas eu consegui.

Obrigado!



APRESENTAÇÃO

As constantes modificações ocorridas no currículo da Educação Básica, resultado da emergência de novas práticas sociais e tecnológicas na contemporaneidade têm levado ao desenvolvimento de novas abordagens didáticas, que abarquem de forma mais adequada às necessidades do ensino e aprendizagem de química, no contexto das escolas de ensino médio.

O Produto Educacional (PE) apresentado neste Manual Didático foi desenvolvido com o objetivo de apresentar aos docentes e pesquisadores das áreas de ensino de ciências, uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre os temas Nanotecnologia e Nanociência (N&N), voltada para o estudo de conteúdos de química em aulas do ensino médio. A sequência foi elaborada com base nos pressupostos do Ensino por Investigação (EPI), articulado ao uso de diferentes estratégias e recursos didáticos.

Ao longo deste manual são apresentadas as principais considerações sobre os aportes teórico-metodológicos mais relevantes do EPI, a descrição dos modos de aplicação e as principais contribuições que poderão surgir pela utilização da sequência didática investigativa.

A SDI proposta e validada permite aos estudantes o desenvolvimento de habilidades características do ensino por investigação, por exemplo, a resolução de problemas, coleta de dados, levantamento e/ou testagem de hipóteses, análise, checagem e correção de dados e informações, raciocínio lógico e proporcional, comunicação, sistematização e avaliação de resultados, por meio das atividades e recursos didáticos adotados.

Esperamos que este produto educacional contribua para a prática pedagógica de professores de ciências e química do ensino médio, de modo que os estudantes possam vivenciar processos de alfabetização científica, no âmbito da discussão de temáticas interdisciplinares como Nanociência e Nanotecnologia. Ressaltamos que a sequência investigativa poderá ser modificada, visando atender e adequar às diversas realidades pedagógicas de cada escola, e necessidades de aprendizagem dos estudantes.

Diante disso, desejamos a você professor/a uma boa apropriação de aspectos do ensino por investigação, e um bom uso da sequência didática investigativa apresentada neste manual didático.

Os Autores.



SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| INTRODUÇÃO | 7 |
| O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO | 8 |
| Orientações Metodológicas para o Desenvolvimento do EPI..... | 9 |
| O papel do Professor e do Aluno no EPI..... | 11 |
| O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA | 12 |
| NANOTECNOLOGIA & NANOCIÊNCIA | 14 |
| SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE N&N | 16 |
| Apresentação da SDI | 16 |
| AULA Nº 1: Apresentação dos Problemas e Discussões Iniciais Baseadas nas Concepções Prévias | 17 |
| AULA Nº 2: Utilização de Textos de Divulgação Científica para a discussão sobre N&N e sua relevância na sociedade atual | 18 |
| AULA Nº 3: Aula Expositiva Dialogada sobre Nanotecnologia | 19 |
| AULA Nº 4: Experimentação Investigativa e Apresentação e Discussão de Imagens ampliadas referentes à Nanociência | 20 |
| AULA Nº 5: Retomada dos Problemas, visando processos de Reflexão, Checagem e possíveis modificações das respostas iniciais aos problemas propostos | 21 |
| Recursos Didáticos | 22 |
| DESENHO DA SDI | 32 |
| CONSIDERAÇÕES | 38 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 39 |



INTRODUÇÃO

Devido à demanda das atividades profissionais, é comum que alguns professores não disponham de tempo para ter um contato direto com publicações recentes na área de química e ensino de química. Isso pode refletir diretamente no modo como os estudantes serão formados, no processo de ensino e aprendizagem, e nas necessidades dos estudantes diante de uma sociedade que passa por constantes transformações na área da ciência e tecnologia (SILVA; FERREIRA, 2018).

Nessa perspectiva, a formação continuada de professores surge como uma estratégia bastante relevante. Porém, na maior parte dos casos, é possível se deparar com dois cenários: (1) a formação não oferece mecanismos suficientes aos professores, pois não possibilita vivências; (2) o professor não se sente motivado a participar dessas atividades, fazendo com que a realidade da desatualização se perpetue. Diante desse cenário, os materiais didáticos, palestras, formações e cursos precisam se apresentar atrativos aos professores, e próximos às suas realidades (SILVA; FERREIRA, 2018).

Nessa direção foi elaborado este manual didático, que apresenta uma sequência de aulas e atividades baseada no ensino por investigação (Sasseron e Carvalho, 2011; Sasseron e Machado, 2017) sobre a temática Nanotecnologia e Nanociência. Esse manual objetiva contribuir com a prática pedagógica de professores de ciências e química da Educação Básica por meio de uma proposta didática que visa o desenvolvimento da alfabetização científica em aulas de química.

As atividades da SDI foram propostas para alunos do terceiro ano do Ensino Médio, porém poderão ser adaptadas para outras séries, e podem propiciar o estudo de variados conteúdos, como por exemplo: matéria e suas propriedades, ligações químicas, interações intermoleculares, polaridade de substâncias, oxidação e redução, química verde, ecossistemas, que podem ser introduzidos e/ou retomados no decorrer das aulas (ATKINS, 2008; CASTRO et al, 2019).



O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O EPI é uma abordagem didática que parte da utilização de questões e/ou problemas para discussão de diversos temas, conteúdos e conceitos escolares nas aulas de ciências da natureza e humanas (CARDOSO; SCARPA, 2018; BAPTISTA, 2010; AZEVEDO, 2004).

O EPI foi se desenvolvendo à medida que a necessidade pedagógica se mostrou inclinada à formação de indivíduos ativos e que conseguissem discutir, problematizar e responder questões sociais, ambientais, econômicas e tecnológicas da época (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2018).

Estas ideias foram inicialmente propostas por John Dewey, um filósofo e pedagogo progressista, que acreditava que os processos educacionais deveriam estimular atividades investigativas, para que os estudantes deixassem de ser a voz passiva do processo, e comesçassem a ser ativos e reflexivos quanto a aprendizagem de conceitos científicos escolares, desenvolvendo estratégias para resolver problemas presentes no seu meio social (SASSERON, 2018).

Nos dias atuais, o documento orientador dos processos educacionais no Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) – para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio –, direciona seus objetivos à formação de indivíduos, que consigam articular os conhecimentos científicos e tecnológicos, com questões de sua vida real (BRASIL, 2018).

Para isto, este documento ratifica como sendo crucial a construção de atividades em sala de aula baseadas em práticas investigativas, por meio de: identificação de problemas, formulação de questões, identificação de informações e/ou variáveis relevantes, proposição e testagem de hipóteses, elaboração de argumentos e explicações, escolha e utilização de instrumentos de medida, planejamento e realização de atividades experimentais e pesquisas de campo, relatos, avaliação e comunicação de conclusões e desenvolvimento de ações de intervenção, partindo da análise de dados e informações sobre as temáticas da área (BRASIL, 2018).



O EPI possibilita ao professor trabalhar com o aluno práticas de resolução de problemas, argumentação, reflexão crítica, trabalhos em grupos, análise e discussão de resultados, checagem e correção de erros, aprendizagem autodirigida e colaboração (CARDOSO; SCARPA, 2018; CLEOPHAS, 2016; MÉHEUT, 2005; SZALAY; TÓTH, 2016).

Metodologicamente falando, para o EPI, a utilização de SDI pode levar à emergência de indicadores de AC, pois essa se caracteriza como um processo contínuo de formação que surge na sala de aula, mas deve ser instrumento de transformação do mundo por meio da extrapolação para o meio cultural dos sujeitos abarcados de uma nova visão de mundo e de ciência, em situações do seu dia-a-dia (SASSERON, 2015).



Orientações Metodológicas para o Desenvolvimento do EPI

Cardoso e Scarpa (2018, p. 1026) afirmam que o EPI “busca inserir na sala de aula a utilização de práticas de questionamentos e de resolução de problemas”, objetivando a inserção do estudante na realidade científica no contexto escolar para o entendimento e vivência de processos de construção da ciência.

De maneira geral, o processo investigativo acontece em seis etapas (CARDOSO; SCARPA, 2018), como descritos no *Esquema 01*.

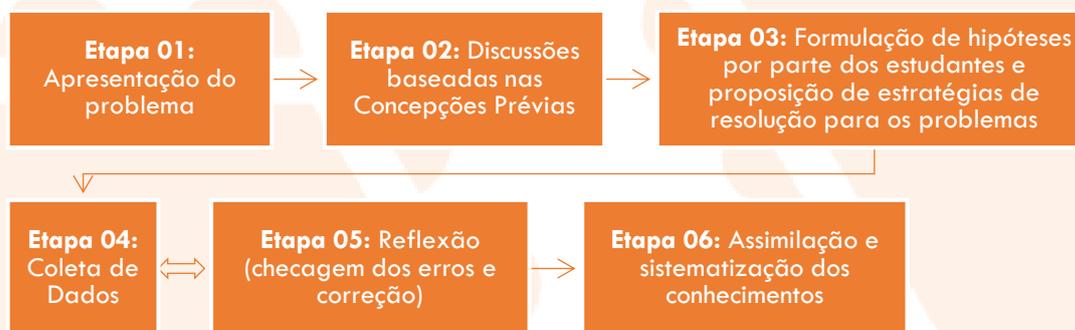
ETAPAS

- 🧠 Na **Etapa 01**, o professor indica qual o problema que será trabalhado na atividade investigativa, vale ressaltar que este problema deve ser escolhido em função dos estudantes, ou seja, deve fazer sentido para a realidade deles.
- 🧠 Na **Etapa 02**, é indicada uma discussão inicial socializando as concepções prévias dos alunos participantes, essa discussão pode acontecer por meio de vários instrumentos pedagógicos, como jogos didáticos, vídeos, debates, textos etc.
- 🧠 A **Etapa 03** é a mais importante do processo, é a etapa na qual os estudantes levantam as hipóteses sobre como o problema poderá ser resolvido, essas hipóteses necessitam estar bem justificadas com argumentos, e, podem mudar durante o processo.



- 🌐 A **Etapa 04**, a qual é a coleta de dados, é muito importante para o encaminhamento da atividade, após a formulação das primeiras hipóteses, os estudantes coletarão dados diversos, dentro da SDI proposta, para fomentar e justificar seus argumentos. A etapa de coleta de dados não é fixa, acontece durante toda a prática investigativa.
- 🌐 Na **Etapa 05**, os estudantes vão descrever, criticar, analisar, avaliar, discutir e questionar a investigação feita, sendo possível a checagem de erros e correções quando necessário.
- 🌐 Na **Etapa 06** ocorre a síntese de todos os processos, e é nesta etapa que os conhecimentos serão assimilados e solidificados por parte dos estudantes.

Esquema 01: Principais etapas metodológicas do desenvolvimento de uma abordagem investigativa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020), baseado em (CARDOSO e SCARPA, 2018).

Salienta-se que os estudantes devem ser estimulados à proposição de hipóteses que consigam dialogar com os conhecimentos científicos, a fim de que a abordagem investigativa cumpra seu papel de “suportar, revisar ou refutar ideias científicas” (CARDOSO; SCARPA, 2018, p. 1027). Nesse sentido, é de suma importância que os problemas elaborados façam parte de suas realidades, ou das discussões sociais vigentes.

Cada etapa do EPI é de extrema importância, pois possibilita a o desenvolvimento de variadas competências e habilidades por parte dos estudantes (CLEOPHAS, 2016).

O professor deve estar atento ao nível de abertura da atividade proposta, pois, se a abordagem investigativa for muito aberta, os estudantes podem se perder no processo da investigação; por outro lado, se o processo investigativo for altamente prescrito pelo professor, os estudantes podem não se sentirem motivados a participarem da atividade. Por isso é muito



importante articular bem a autonomia dada ao estudante com o nível de direcionamento dado pelo professor (CARDOSO; SCARPA, 2018; BELL et al, 2005).

Vale destacar que nas atividades investigativas, variadas interações emergem dos processos discursivos de forma simultânea, por exemplo, interações entre os indivíduos, entre eles e as concepções prévias, ou até mesmo, entre eles os materiais utilizados na realização da atividade. Esses processos são de suma importância, pois são essas interações que possibilitarão a realização da atividade de forma satisfatória (SASSERON, 2019). O professor, como mediador, deve possibilitar essas diferentes interatividades.

O papel do Professor e do Aluno no EPI

Dentro do EPI, cada indivíduo tem uma função de elevada importância. O professor tem papel principal na elaboração das atividades investigativas. Cabe ao professor: *fornecer as informações relativas à elaboração de questões, definição de procedimentos e busca de soluções para os estudantes; orientar as atividades; incentivar e questionar as decisões não esquecendo de levar em consideração os níveis de abertura da atividade* (CARDOSO; SCARPA, 2018).

O estudante também é muito importante para o resultado positivo da investigação, ele deve: *pesquisar, planejar e executar a atividade; discutir explicações; tomar de decisões e executar ações para a resolução do problema* (CARDOSO; SCARPA, 2018; CLEOPHAS, 2016).



O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

De acordo com Lorenzetti (2016), a Alfabetização Científica (AC) deve ser um processo permanente nas atividades em salas de aulas, podendo ser promovida pela adoção de variados recursos e estratégias didáticas, como: problemas, jogos, filmes, atividades experimentais, tecnologias da informação e comunicação, teatro, música, etc.

Nesse contexto, quando se pensa na inserção do EPI para o desenvolvimento da AC por meio de uma SDI, entende-se que esta abordagem pode proporcionar ao estudante um ambiente investigativo, que parte de discussões e resolução de problemas acerca de diversas temáticas (SASSERON, 2015).

Para isso é necessário que o professor planeje e organize as atividades da SDI, de forma que oportunize os estudantes elaborarem hipóteses, estratégias de resolução de problemas, coleta e avaliação dos dados, checagem e correção de erros, e comunicação dos resultados nos grupos de trabalho em sala de aula. Essa prática conduz o estudante a se apropriar de forma mais significativa dos conhecimentos científicos, torna-o mais autônomo e crítico, aumentando a possibilidade de mobilização dos conceitos aprendidos para além da escola, se efetivando na resolução de problemáticas de seu cotidiano, tanto as de cunho cognitivo, atitudinal, social e afetivo (SASSERON, 2015; BRASIL, 2018).

Sasseron (2019) expõe três eixos estruturantes da AC com as dimensões básicas para planejamento e elaboração de atividades que objetivem o desenvolvimento de indivíduos cientificamente alfabetizados:

Figura 02: Eixos estruturantes da Alfabetização Científica.





Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2021 (adaptado de SASSERON; MACHADO, 2017).

O **Eixo 1** se articula com a alfabetização científica prática, ele refere-se à compreensão básica dos termos, conhecimentos e conceitos científicos que circundam uma problemática, possibilitando aos alunos a compreensão e assimilação da ciência de maneira que eles consigam aplicar esses conhecimentos em diferentes áreas de sua vida, de forma crítica e apropriada (SASSERON; MACHADO, 2017; 2019; LAUGKSCH, 2000).

Já o **Eixo 2** remete à alfabetização científica cívica, referente à compreensão na natureza dos conhecimentos científicos e dos fatores éticos e políticos que envolvem essa prática, desenvolvendo nos estudantes a percepção da veracidade dos trabalhos científicos e como eles são eticamente construídos por um corpo de conhecimento, além disso, reverbera que a ciência está em constantes modificações por meio da construção, checagem e deliberação de novos resultados (SASSERON, 2018; 2019; LAUGKSCH, 2000).

Por fim, **Eixo 3** aponta a alfabetização científica cultural, refere-se à compreensão do entendimento das relações existentes entre a ciência e a tecnologia, e como esses saberes são refletidos na sociedade e meio ambiente, essa perspectiva é muito importante pois ao entender essas relações, os estudantes começarão a avaliar as implicações de suas atitudes, tanto em situações atuais, como também em problemáticas futuras, o que repercute no desenvolvimento sustentável a longo prazo (SASSERON, 2018; 2019; SASSERON; CARVALHO, 2011; LAUGKSCH, 2000).

Por meio da abordagem do EPI, a AC pode ser desenvolvida pela utilização de várias estratégias didáticas. Os resultados que indicam a efetividade desta abordagem já foram amplamente discutidos por Sasseron e Machado em seu livro: *Alfabetização Científica na Prática – Inovando a Forma de Ensinar Física*¹.

¹ Livro escrito por LÚCIA HELENA SASSERON e VITOR FABRÍCIO MACHADO. Divulgação e edição: Editora Livraria da Física, 2017.

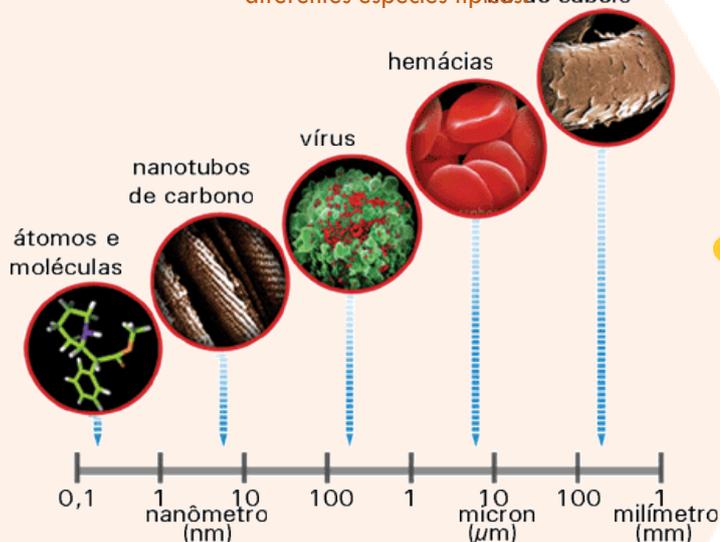


NANOTECNOLOGIA & NANOCIÊNCIA

Nanotecnologia pode ser definido como um conjunto de técnicas e procedimentos para a manipulação da matéria nanométrica, com o objetivo da produção de nanomateriais que possam ter variadas funcionalidades efetivas (SHRIVER; ATKINS, 2008).

Nanociência é a área da ciência que estuda os nanomateriais, apresentam dimensões críticas na escala 1 e 100 nm ($\cong 10^{-9}$ metros) (SHRIVER; ATKINS, 2008). Estas partículas apresentam propriedades físicas e químicas diferenciadas das partículas não nanométricas de mesma composição a nível molecular ou no estado sólido. Essas novas propriedades inerentes às nanopartículas, influenciam diretamente na funcionalidade dos produtos oriundos da nanociência (SHRIVER; ATKINS, 2008; BARREIROS, 2018; CASTRO et al, 2019).

Figura 03: Representação das diferentes dimensões de diferentes espécies típicas de cabelo



Fonte: TOMA, 2022.

Na contemporaneidade, a nanotecnologia é utilizada para o desenvolvimento de diversos nanomateriais em diversas áreas da ciência, como: engenharias, química, física, matemática, biologia, geografia, medicina etc., essa realidade justifica o constante aumento do número de pesquisas relacionadas à nanotecnologia (CASTRO et al, 2019). Diversos materiais são constantemente

A Figura 03, apresenta uma comparação das dimensões de diferentes partículas presentes na constituição dos seres vivos.





desenvolvidos com a adição de nanopartículas às suas composições, o que reforça a ideia de que as propriedades químicas e, conseqüentemente, físicas, são modificadas e melhoradas de acordo com o objetivo.

A temática **N&N** se apresenta como muito relevante para discussões de vários conceitos das áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Dentro das salas de aulas de química, já é possível encontrar alguns autores proporem utilizar o tema nanotecnologia, para discutir conceitos importantes de química, como: interações intermoleculares (CASTRO et al, 2019); reações químicas e reações de oxirredução (REBELLO et al, 2012; SAMPAIO, 2017); ligações químicas e materiais em escalas nanométricas (BARREIROS, 2018); química de materiais (MARCONE, 2015).

Adotando os pressupostos do EPI, a temática N&N foi utilizada como ponto de partida para o desenvolvimento da SDI, a qual visa a discussão de conhecimentos científicos e tecnológicos, nas aulas de Química do 3º ano do Ensino Médio.

Nesse contexto, variados conteúdos de química podem ser abordados, para abarcar as concepções, sendo os mais relevantes: composição da matéria, ligações químicas, interações intermoleculares, polaridade das moléculas e materiais, processos redutivos e oxidativos, e química ambiental (FERREIRA; RANGEL, 2009).



SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE N&N

A SDI se baseou nas 06 Etapas para a realização de atividades, de acordo com Cardoso e Scarpa (2018), tentando a possibilidade de desenvolvimento de indicadores de AC pelos alunos.

São previstas no total cinco aulas, sendo três de 50 minutos e duas de 100 minutos, tendo como estratégias didáticas: discussões e debates, leitura interpretativa de textos de divulgação científica, aula expositiva dialogada com auxílio de slides e experimentação investigativa com apresentação de imagens capturadas em um equipamento químico.

Nesta SDI, o nível de abertura é da Investigação Estruturada, nela os estudantes recebem o problema para ser discutido, e indicações de métodos que auxiliem no processo de resolução, buscando resolver baseando-se nos dados coletados na atividade e na sua análise e discussão (BELL et al, 2005).

A seguir são explanadas as atividades propostas na SDI.

Apresentação da SDI

TEMA SOCIOCIENTÍFICO (TSC): Nanotecnologia.

TÍTULO DA SDI: Desenvolvimento científico e tecnológico, da nanotecnologia, e seus impactos sociais e ambientais.



AULA Nº 1: Apresentação dos Problemas e Discussões Iniciais Baseadas nas Concepções Prévias

Na Aula nº 1 ocorrerá a identificação das concepções prévias, para resgate dos conhecimentos e ambientação ao tema, para isto serão apresentados os problemas elaborados previamente.

Para as práticas investigativas essa retomada das concepções prévias é muito importante, pois permite o desenvolvimento das primeiras hipóteses para a resolução dos problemas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Divide-se os estudantes em grupos de até 06 componentes, os quais deverão discutir entre si quais as principais concepções que são relevantes para resolução dos problemas apresentados.

Após a discussão em grupo, eles terão que apresentar as suas ideias acerca do tema para o resto da turma. Neste momento da Aula nº 1, são previstas as Etapas 01 e 02 do desenvolvimento da atividade investigativa, propostas por Cardoso e Scarpa (2018). Na Etapa 01 há a apresentação do problema para os estudantes, já na Etapa 02 ocorrem as primeiras discussões, baseadas nas concepções prévias.

Em continuidade, os alunos em grupos devem formular hipóteses que consigam resolver as problemáticas apresentadas inicialmente acerca da utilização da tecnologia, impactos sociais e ambientais, e como eles veem o avanço da tecnologia de acordo com suas visões de mundo.

Eles devem escrever essas hipóteses de forma verbal escrita. Este momento é a Etapa 03 do desenvolvimento de atividades investigativas indicados por Cardoso e Scarpa (2018), onde os estudantes formularão hipóteses e proposições para a resolução do problema. Posteriormente, os estudantes devem entregar as suas resoluções iniciais para o problema. Eles as revisitarão revisitadas no final da SDI.

Após a resolução dos problemas e indicação dos pontos mais relevantes para resolvê-lo, de forma escrita, é levantado um momento de discussão e reflexão, no qual os estudantes poderão ter suas concepções prévias confrontadas para



checagem e correção de algumas concepções iniciais. Essas discussões ocorrem através de um debate entre grupos.

É indicado que esse momento se suceda de maneira verbal oral, e seja guiado pelo professor/mediador da atividade.

AULA Nº 2: Utilização de Textos de Divulgação Científica para a discussão sobre N&N e sua relevância na sociedade atual

Littig et al (2020) apontam que a linguagem é uma das principais ferramentas utilizadas para a compreensão e expressão de ideias e opiniões. A linguagem coloquial e cotidiana é muito comum de ser vista nas salas de aulas, a realização de leituras e discussões de textos científicos aproxima dos estudantes, não só os conceitos científicos, mas também a linguagem utilizada na ciência.

Inicialmente, na Aula nº 2, cada grupo recebe dois textos de divulgação científica que trabalha a utilização da nanotecnologia em duas áreas da ciência e sociedade. O primeiro trata da utilização de nanopartículas de Óxido de Ferro para a biorremediação de derramamentos de petróleo nos mares. Salienta-se que nesse texto, várias conceituações relevantes relacionadas à nanotecnologia são realizadas. Já no segundo texto, é trazida a realidade da utilização de nanopartículas em aparelhos eletrônicos, e como isso auxilia no desenvolvimento de equipamentos menores e mais potentes.

Nesse momento da leitura, é solicitado aos estudantes que cada grupo elenque os três pontos mais interessantes relacionados ao texto, marcando com uma caneta ou marcador de textos, para discussão posterior.

Após toda leitura e discussão em grupo, o professor guia os estudantes para um debate entre grupos, com o objetivo de contrapor as ideias e os pontos acerca da nanotecnologia, e criar de forma coletiva concepções sobre o tema.

Nesse momento, eles podem analisar quais as hipóteses e dados que foram levantadas inicialmente que não se justificam mais, baseando-se nos novos conhecimentos adquiridos, o que caracteriza como a Etapa 05 do desenvolvimento de atividades investigativas indicados por Cardoso e Scarpa



(2018), onde os estudantes refletem e checam suas hipóteses e argumentos, com o objetivo de corrigir possíveis erros.

AULA Nº 3: Aula Expositiva Dialogada sobre Nanotecnologia

Na Aula nº 3, é realizada uma aula expositiva dialogada, com o auxílio de uma apresentação de slides, construído na plataforma CANVA. O slide conta com a apresentação de subtemas relevantes à nanotecnologia, observando sempre a relação dos conteúdos, com conceitos químicos essenciais para a atividade.

A abordagem investigativa traz intrinsecamente em sua metodologia, as discussões CTS e CTSA bem articuladas, nela os estudantes entendem as principais relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Para um maior entendimento, é necessário observar como a ciência se desenvolve ao longo do tempo, e como isso impacta nos – e é impactado pelos – avanços tecnológicos e sociais (CAVALCANTE et al, 2019).

Além do desenvolvimento histórico das ciências, na aula serão abordadas as principais características das nanopartículas, comparando-as às partículas não nanométricas. É realizada uma síntese de conteúdos de química, sobre constituição da matéria, modelos atômicos e moleculares, ligações químicas, carga parcial de moléculas etc. Além disso, é dada ênfase nas principais propriedades modificadas nas partículas nanométricas, que são as interações intermoleculares, polaridade e reatividade. São apresentados aos estudantes slides contendo variadas áreas de atuação da N&N na atualidade, algumas delas estão expostas a seguir:



Em vários ramos das ciências, engenharias, indústrias;

Nanopigmentos metálicos utilizados para marcação de biomoléculas como o DNA e na coloração de materiais vítreos; nanopartículas fotossensíveis utilizadas em fotografias ou em impressões à laser;

Nanocatalisadores de reações químicas e processos industriais;

Nanopartículas adsorventes magnéticas para biorremediação da poluição de águas;

Produtos nas indústrias têxtil, na medicina, na produção de alimentos, na produção de energia, na confecção de materiais hidrofóbicos e antimicrobianos, nos transportadores de medicamentos, na indústria de cosméticos, entre outras.



Também é de grande importância a explicação sobre a *biomimética* ou *biomimetismo* na nanotecnologia, e os avanços que pode trazer à sociedade.

Em seguida, é apresentado aos estudantes um vídeo breve do canal do *Youtube Nerdologia*, nesse vídeo o apresentador discute os aspectos reais e fictícios nas cenas apresentadas sobre as armaduras dos personagens **Homem de Ferro** e **Pantera Negra**, por meio da utilização de nanotecnologia; seguido de um a reportagem do *Jornal Nacional*, da emissora Rede Globo, sobre a utilização de nanotecnologia em utensílios médicos à prova de Coronavírus.

Por fim, os estudantes recebem o seguinte questionamento para pensar e discutir na próxima posterior: *Como as lagartixas conseguem andar pelas paredes e tetos sem cair?*

AULA Nº 4: Experimentação Investigativa e Apresentação e Discussão de Imagens ampliadas referentes à Nanociência

Para as atuais demandas da educação, é imprescindível que o professor desenvolva atividades que permitam a participação ativa dos estudantes. A experimentação investigativa é uma estratégia didática que permite a participação dos estudantes de forma enérgica por meio de contextualizações, problematizações e práticas epistêmicas, desenvolvendo habilidades de fala, levantamento de hipóteses, reflexão e avaliação, o que interfere diretamente na aprendizagem (PRSYBYCIEM et al, 2018).

Por ser uma atividade com **nível de investigação guiada**, o professor inicialmente separa a turma em grupos para a realização da atividade experimental e coleta de dados. Em seguida, os estudantes são levados a discutir e entender quais as principais relações dos propostos com a nanotecnologia.

A atividade investigativa se dá orientada pelo professor de forma indireta, e por um questionário norteador, que leva os estudantes a investigarem e obterem respostas aos questionamentos.



Serão realizadas duas atividades práticas: Investigação das propriedades dos Ferrofluidos e da Areia Hidrofóbica.

Nos experimentos, além de serem vislumbrados conceitos de polaridade das moléculas, e como elas podem ser manejadas com nanomateriais, também pode ser confirmada a contribuição para a compreensão dos nanomateriais super hidrofóbicos que foram/são construídos por meio do biomimetismo.

Todos os grupos tem tempo suficiente para o trato com o material de forma tranquila e adequada. Concomitante à realização da prática investigativa, o professor passa em cada grupo, instigando os estudantes acerca das imagens ampliadas da pata de uma lagartixa, começando da maior ampliação até a menor.

Por meio de suas cerdas de espessura na faixa de 5-100 μm , as lagartixas conseguem se movimentar de maneira ágil e muito eficiente por superfícies lisas como paredes e tetos, isso é devido a uma força resultante de atrito gigantesca, mediante a sua enorme área de contato. As interações de *Van Der Waals*, mesmo sendo consideradas fracas para o mundo macroscópico, são altamente relevantes quando cumulativas. Nesse cenário, diversos cientistas têm se baseado na estrutura da pata desses pequenos lagartos para o desenvolvimento de materiais cada vez mais aderentes, utilizando como base principal a nanotecnologia (PANIZZUTTI; ANJOS; BRAUN, 2009).

Nesse momento os estudantes são instigados a responderem ao questionamento realizado na aula anterior, a saber: *Como as lagartixas consegue andar pelas paredes e tetos sem cair?* Esse questionamento é respondido após a observação e análise das imagens apresentadas.

AULA Nº 5: Retomada dos Problemas, visando processos de Reflexão, Checagem e possíveis modificações das respostas iniciais aos problemas propostos

Procedimentos como reflexão, checagem dos erros, correção e avanços das concepções iniciais para concepções mais próximas do conhecimento científico



escolar – Etapa 05 do desenvolvimento da atividade investigativa, propostas por Cardoso e Scarpa (2018) –, são essenciais em práticas investigativas.

Na Aula nº 5, os estudantes recebem novamente a ficha com as respostas propostas para a resolução do problema, tendo uma última oportunidade para (re)escrevê-la, em grupo.

Posterior a este momento, todos os grupos tem que apresentar o seu resultado de como resolveriam o problema, de acordo com tudo que foi realizado na sequência de aulas. Assim é caracterizado o último momento das etapas para do desenvolvimento de atividades investigativas indicados por Cardoso e Scarpa (2018), a Etapa 06, nessa etapa, os conhecimentos são consolidados por meio das interações que ocorrem entre os grupos. Cada grupo tem a oportunidade de apresentar seus pontos fortes e fracos na atividade, e como conseguiram sanar estas problemáticas.

Recursos Didáticos

PROBLEMAS NORTEADORES DA SDI



Problema 1:

Com o passar do tempo e a evolução da tecnologia, os aparatos tecnológicos têm apresentado tamanhos cada vez menores, por exemplo, os que são encontrados em celulares, computadores, smart TVs, geladeiras, inteligências artificiais etc. Como você entende e explica essa necessidade e como isto tem impactado no cotidiano da população e no meio ambiente?

Problema 2:

A sociedade moderna tem apresentado elevada dependência de materiais tecnológicos, com isto a utilização, descarte e produção desses produtos se torna mais rápida e a demanda por matéria prima, ou produção de resíduos cada dia mais elevada. Você considera que este ciclo é autossuficiente? Quais seriam as estratégias que poderiam ser utilizadas para otimizar estes processos?





TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Texto 01:

Novas nanopartículas adsorvem petróleo das profundezas do oceano

Nanopartículas que adsorvem petróleo como esponjas foram projetadas por cientistas da Universidade do Texas A&M, nos Estados Unidos (EUA). As nanoesponjas servem para retirar o óleo derramado que afundou no mar. Para efetuar a limpeza da superfície de oceanos quando acidentes com petróleo acontecem, já existem certos métodos tradicionais de remoção, mas eles não funcionam para purificar o fundo dos oceanos contaminados. Para se livrar da poluição que estava alojada nas profundezas, produtos químicos dispersantes eram utilizados. Mas esses compostos não removiam as impurezas do oceano, apenas tornavam o petróleo derramado na hidrosfera menos danoso ao meio ambiente.

As nanopartículas usadas para limpar o oceano são 100 vezes mais finas do que um fio de cabelo humano e capturam dez vezes o seu próprio peso de poluição de óleo no mar. Depois de completar o serviço, as esponjas nanicas podem ser retiradas da água, usando um ímã para atrair o ferro presente no óxido, e terem o óleo removido através de uma lavagem com etanol. Após esses processos, as nanopartículas podem ser reutilizadas para outras atividades.

A arquitetura das nano-limpadoras é baseada em nanopartículas de óxido de ferro com revestimento de um polímero que usa isopor e o absorvente utilizado em fraldas de bebê. Quando empregada para despoluir o oceano, um pouco de água é assimilado, mas o principal é a grande quantidade de óleo absorvido. Quando está cheia, a nanopartícula muda de cor, indo do castanho claro para o preto, e flutua para a superfície.

Adaptado de eCycle. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/8-tecnologia-a-favor/1934-novas-nanopartículas-adsorvem-petroleo-das-profundezas-do-oceano.html>>. Acessado em: maio de 2021.



Texto 02:

Principais aplicações da nanotecnologia na eletrônica

Muitas substâncias em fases condensadas já tiveram propriedades como cor, densidade e condutividade elétrica determinadas em estudos químicos e físicos. Por exemplo, a substância simples metálica, ouro (Au), a 25 °C e 1 atm., é um sólido que reflete bem a luz e apresenta coloração amarela. O composto químico benzeno (C₆H₆), nas mesmas condições, é líquido, incolor e isolante elétrico. Contudo as propriedades típicas da coletividade de átomos, íons ou moléculas nas fases condensadas podem ser bem distintas daquelas apresentadas se uma amostra for fragmentada em porções de dimensões nanométricas. O nanômetro (nm) é uma unidade de medida de comprimento que equivale à bilionésima parte do metro.

Os chips eletrônicos utilizados em computadores, tablets e telefones celulares são pequenas lâminas que apresentam circuitos eletrônicos em tamanho muito reduzido e que incluem componentes miniaturizados chamados transistores, constituídos de materiais semicondutores, que controlam seletivamente a passagem de corrente elétrica. A progressiva miniaturização desses dispositivos tem sido marcante nas últimas décadas. A continuidade dos progressos nessa área depende de técnicas desenvolvidas pela nanotecnologia. Uma das mais significativas é a nanolitografia (do grego líthos, “rocha”, e grápho, “escrever” ou “registrar”).

Atualmente, processadores usados em computadores pessoais podem conter cerca de 5 bilhões de transistores, e já existem técnicas que possibilitam inserir em chips detalhes com dimensões de 5 nm. Esse progresso é decorrente dos esforços colaborativos de muitos pesquisadores em várias partes do mundo, envolvendo estudos sobre as propriedades eletrônicas dos materiais e suas diversas aplicações práticas. Certos materiais com elevada área superficial podem ser usados para reter em sua superfície moléculas de substâncias tóxicas. Assim, podem ser usadas em processos de purificação de água ou em máscaras para bombeiros e equipes de resgate que atuam em acidentes com vapores ou gases tóxicos. Exemplos desse tipo de material são as diversas variedades de carvão ativado (ou carvão ativo) produzidas por técnicas desenvolvidas em nanociência. Alguns nanomateriais absorventes podem ser empregados no tratamento de efluentes industriais e na despoluição de lagos. Superfícies recobertas com nanopartículas de prata têm efeito bactericida (matam bactérias ao contato). Existem produtos constituídos de soro fisiológico (solução aquosa com 0,9% em massa de cloreto de sódio) que são destinados à limpeza e ao descongestionamento nasal. Nanopartículas de prata são usadas no revestimento interno da válvula que borrifa o produto, impedindo a contaminação do produto por bactérias e aumentando a segurança para o usuário.

Adaptado de AMABIS, J. M.; et al. *Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor*. São Paulo: Moderna, 1 ed., p. 146-155, 2020.



SLIDES DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA

A seguir são apresentadas as imagens do Slide construído para a Aula nº 3, vale ressaltar que os professores podem adaptar e modificar de acordo com sua necessidade, no momento da aplicação da SDI.

NANOTECNOLOGIA

PROF REOBE SILVA

DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

DESENVOLVIMENTO HISTÓRICO

Característico 1

Os primeiros nanomateriais foram naturalmente desenvolvidos pelos organismos vivos. O DNA possui sequências de ordem nanométrica, as quais abrem uma quantidade gigantesca de informações genéticas, uma sequência de DNA com aproximadamente 0,3 nm de largura, pode chegar a armazenar mais de 10⁹ de informações.

Imagem 08 Comparação da largura das lâminas biológicas

EGITO ANTIGO (SÉCULO V A.C.)

Elixir da Longa Vida:
Nanopartículas de Ouro

CÁLICE DE LYCURGUS

Aproximadamente 1600 anos atrás utilizava-se um cálice que era constituído por nanopartículas de ouro e prata em uma superfície vítrea.

Richard Feynman escreveu a famosa palestra "Há mais espaço lá em baixo".
1959

- 1980 Os físicos suíços criaram o microscópio de tunelamento.
- 1986 Ganharam o prêmio Nobel da Física, pela criação do mesmo.

Gerd Binnig Heinrich Rohrer

CARACTERÍSTICA DOS NANOMATERIAIS

ESCALA NANOMÉTRICA

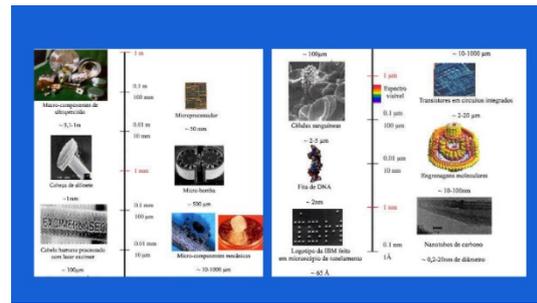
Nanociência é a área da ciência que estuda os nanomateriais, que são materiais que apresentam dimensões críticas na escala 1e 100 nm

Alumina e rutilo (100 nm), nanotubos de carbono (100 nm), vírus (100 nm), hemácias (10 micrometers), ferro (100 micrometers).



A Nanotecnologia pode ser definida como um conjunto de técnicas e procedimentos para a manipulação da matéria nanométrica, com o objetivo da produção de nanomateriais que possam ter variadas funcionalidades efetivas

NANO -> ANÃO



PROPRIEDADES QUÍMICAS DOS NANOMATERIAIS

COMPOSIÇÃO DA MATÉRIA

Interações Intermoleculares

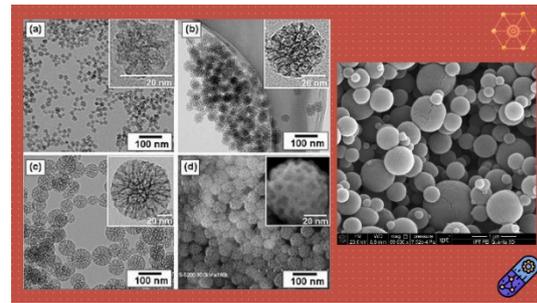
Tipos de Ligações Intermoleculares

- Ligações ou Pontes de Hidrogênio
- Dipolo - dipolo permanente
- Dipolo instantâneo - dipolo induzido ou ligação de Van der Waals

INTERAÇÕES INTERMOLECULARES

Como as lagartixas conseguem subir pelas paredes e caminhar no teto?

POLARIDADE



ÁREAS DE ATUAÇÃO

ÁREAS DE ATUAÇÃO

- É possível identificar a utilização da nanotecnologia em vários ramos das ciências, engenharias, indústrias etc.
- Nanopartículas metálicas utilizadas para manipulação de biomoléculas como o DNA e na construção de materiais vítreos (BARRER & ATKINS, 2008).
- Nanopartículas fotossensíveis utilizadas em fotografias ou em impressoras a laser (GOSG, 2006).
- Nanopartículas catalisadoras de reações químicas e processos industriais (VARELA & RAMÍREZ, 2009).
- Nanopartículas adsorventes magnéticas para bioremediação da poluição de águas (RODOVALHO, 2008).
- Produtos nas indústrias têxtil, na medicina, na produção de alimentos, na produção de energia, na construção de materiais, antibióticos e antimicrobianos, nos transportadores de medicamentos, na indústria de cosméticos, entre outras (BARRER, 2008; SAMPAIO, 2009; CASTRO et al. 2009).



Nanotubos de Carbono

Dependendo da maneira com que os átomos de carbono estão dispostos na estrutura, o Nanotubo de carbono pode ser condutor ou semicondutor. Um nanotubo condutor é até 1000 vezes mais eficiente na transmissão de eletricidade do que os fios de cobre utilizados atualmente. Já um nanotubo semicondutor, por suas dimensões reduzidas, pode ser utilizado para incluir - em objetos de dimensões mínimas - circuitos eletrônicos refinados.

(13,0) (13,1) (10,-4) (8,6) (8,8)

BIOMIMÉTICA OU BIOMIMETISMO

PRODUÇÃO DE TECIDOS SINTÉTICOS HIDROFÓBICOS

PRODUÇÃO DE TINTAS E SUPERFÍCIES HIDROFÓBICAS / AUTOLIMPANTES

BIOMIMÉTICA OU BIOMIMETISMO

Planta ARCTIUM VELCRO

UTILIZAÇÃO EM FÁRMACOS E COSMÉTICOS

Diferença entre

Cosmético Convencional Nanocosméticos

UTILIZAÇÃO EM FÁRMACOS E COSMÉTICOS

Os slides podem ser encontrados no **Link:** https://www.canva.com/design/DAE-afcasA/ZqLcm2BQffhcWocBx0Qb0w/view?utm_content=DAE-afcasA&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton.

VÍDEO 1: A armadura de nanorobôs do Homem de Ferro | Nerdologia | Youtube – Canal Nerdologia. **Link:** https://www.youtube.com/watch?v=g-PStpg4gG0&ab_channel=Nerdologia. Acesso em 2022.

VÍDEO 2: Jornal Nacional - Pesquisadores de universidade desenvolvem roupa à prova de coronavírus | Youtube – Canal CDMF FAPESP. **Link:** <https://www.youtube.com/watch?v=XiXLZVw1BCc>. Acesso em 2022.





ROTEIRO EXPERIMENTAÇÃO INVESTIGATIVA

Ferrofluidos

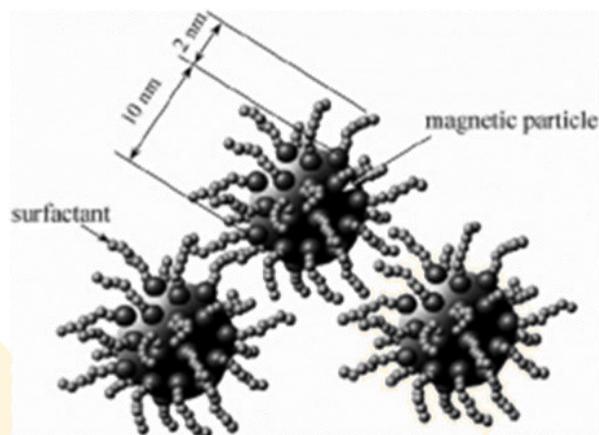
A atividade envolvendo ferrofluidos é uma atividade manipulativa que explora distintos comportamentos de um material em função do tamanho de suas partículas. Nela, os estudantes investigam as propriedades do ferrofluido, e aprendem que as diferenças marcantes no comportamento desses dois materiais ocorrem devido ao tamanho.

O ferrofluido é um material único que atua como um sólido magnético e como um líquido. O ferrofluido é feito de partículas de magnetita de tamanho nanométrico suspensas em um fluido. Quando não há ímã ao redor, o ferrofluido age como um líquido. As partículas de magnetita se movem livremente no fluido. Mas quando há um ímã por perto, as partículas são temporariamente magnetizadas. Formam estruturas dentro do fluido, fazendo com que o ferrofluido aja mais como um sólido. Quando o ímã é removido, as partículas são desmagnetizadas e o ferrofluido atua como um líquido novamente.

Além de entender as possibilidades de utilização do ferrofluido, eles poderão comparar com o texto 1, utilizado na aula nº 2, reconhecendo a relevância do uso desse material para a biorremediação de despejos de petróleo ao mar.

Materiais:

-  Tubo de ensaio plástico com tampa, contendo 10 ml de ferrofluido;
-  Ímã forte.



Fonte: Reprodução NANOKIT. Instagram @nanokitpe.
Disponível em: <https://www.instagram.com/nanokitpe/>.
Acesso em: 10 fev. 2022.



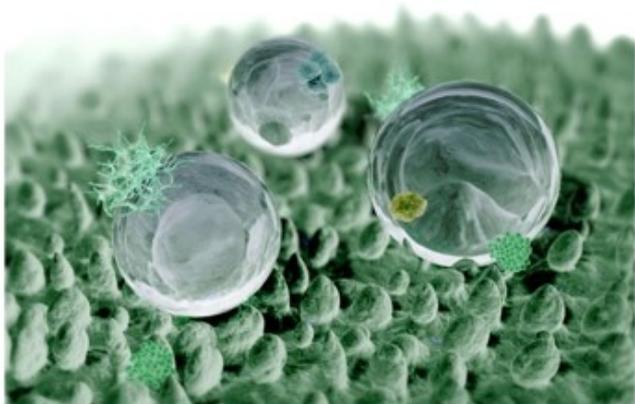
Areia Hidrofóbica

Esta é uma atividade manipulativa que explora distintos comportamentos da areia de praia e dos grãos de areia cobertos com uma nanocamada de silicone. Os estudantes investigam e fazem correlações com as propriedades da areia hidrofóbica com o da areia de praia comum e aprendem que a diferenças marcantes entre os dois tipos de areia ocorre devido a aplicação de uma nanocamada.

A areia colorida é uma areia especial que foi tratada quimicamente para repelir a água. Cada grão desta areia foi revestido com um composto do silicone, que tem a espessura de um nanômetro. Assim, a areia hidrofóbica parece com a areia normal da praia, contudo, se comporta de maneira muito diferente. Ao pingarmos as gotas de água na área hidrofóbica elas não são absorvidas, como na areia da praia, pelo contrário, assumem a forma esférica e rolam por cima da areia, a proporção de inclinamos a bandeja. Esse efeito foi inicialmente observado nas folhas da flor de Lótus e de Capuchinha. As gotas de água rolavam na superfície das folhas removendo a sujeira e outros contaminantes no processo.

Materiais:

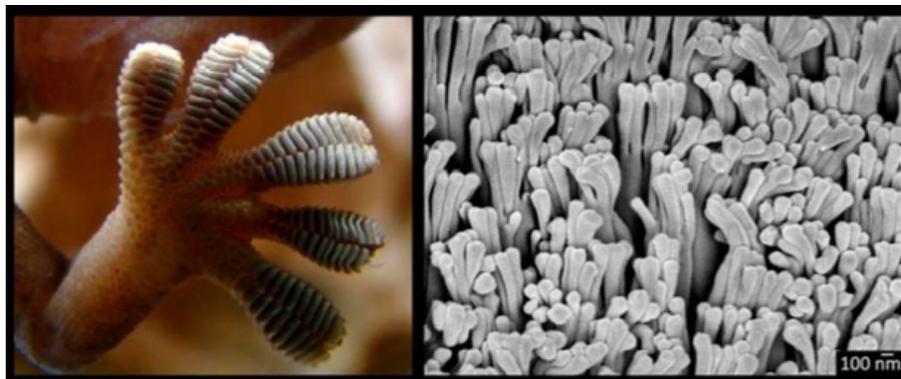
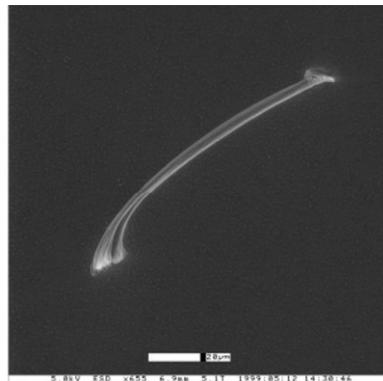
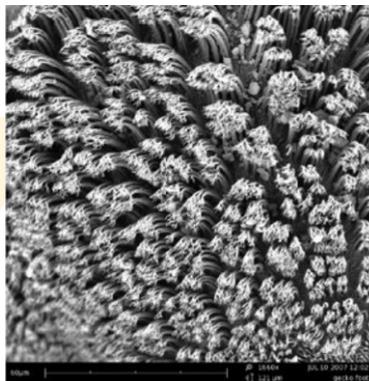
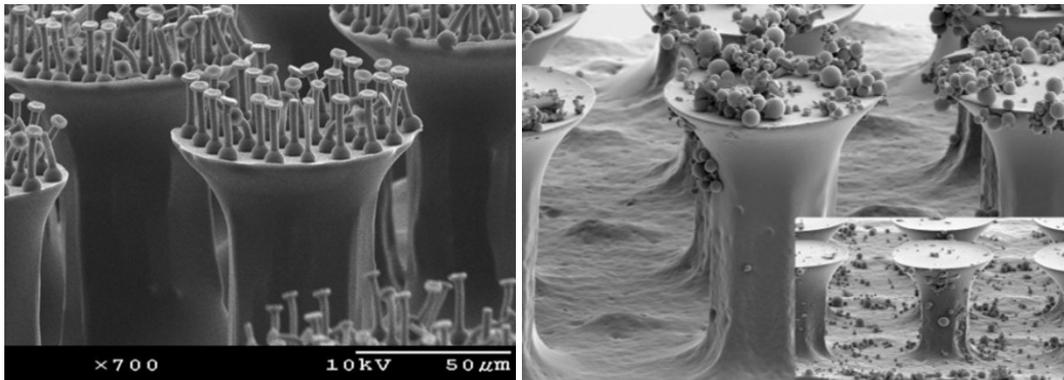
-  Bandeja com areia hidrofóbica amarela;
-  Colher de plástico;
-  Copo de plástico pequeno com água;
-  Papel toalha ou guardanapo;
-  Frasco conta-gotas com água.



Fonte: Reprodução NANOKIT. Instagram @nanokitpe.
Disponível em: <https://www.instagram.com/nanokitpe/>.
Acesso em: 10 fev. 2022.



IMAGENS AMPLIADAS DA PATA DA LAGATIXA



Fonte: Reprodução NANOKIT. Instagram @nanokitpe.
Disponível em: <https://www.instagram.com/nanokitpe/>.
Acesso em: 10 fev. 2022.



QUESTIONÁRIO NORTEADOR

Experimentos sobre N&N

Q1. De que forma as lagartixas conseguem andar nas paredes e teto? Justifique sua resposta.

Q2. Como se dá a interação entre a água e a areia amarela? Justifique sua resposta.

Q3. Como você caracteriza as partículas que são atraídas pelo ímã? Justifique sua resposta.

Q4. Quais interações intermoleculares você atribui aos resultados experimentais e como elas são alteradas quando o tamanho da partícula é modificado? Justifique sua resposta.



DESENHO DA SDI

Aqui apresentaremos a síntese das atividades propostas para os 05 momentos da SDI.

QUADRO REFERENTE À AULA Nº 1

| | |
|--|--|
| Título da Atividade: O que você compreende por nanotecnologia e quais as suas principais contribuições para a sociedade na atualidade? | |
| Conteúdos Sugeridos | Compreensão sobre a nanotecnologia e seus impactos na atualidade; Concepções sobre descarte de materiais, reciclagem e reuso. |
| Possíveis Objetivos de Aprendizagem | |
| Compreender as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade, para o desenvolvimento de equipamentos tecnológicos de acordo com a necessidade humana; Discutir os impactos resultantes do desenvolvimento e utilização de novas tecnologias para o meio ambiente; Utilizar o saber da experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, suas contribuições e limitações; Interagir com as principais concepções prévias sobre o tema por meio de uma visão de mundo adequada e responsável. | |
| Possíveis Indicadores da AC | |
| Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia; Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano; Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los; Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal; Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações; Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante. | |
| Espaço Físico: Sala de aula. | |
| Organização dos Alunos: Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes. | |
| Roteiro da Atividade | |
| Tempo Didático: 50 Minutos. 05 min. Organização do ambiente didático. Os alunos serão organizados em grupos e receberão os problemas para tentarem respondê-los de acordo com as concepções prévias; 30 min. Tempo reservado para o trabalho em grupo, objetivando o surgimento das concepções prévias acerca dos problemas pelos participantes; 10 min. Socialização do problema. Tempo reservado para o debate e apresentação e discussão das concepções prévias acerca dos problemas com toda a turma de acordo com as concepções dos grupos individualmente; 05 min. Encerramento da atividade. | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



QUADRO REFERENTE À AULA Nº 2

| | |
|--|---|
| Título da Atividade: Compreendendo como a nanotecnologia pode mudar a produção e tratamento de materiais na atualidade. | |
| Conteúdos Sugeridos | Compreensão sobre a nanotecnologia e seus impactos na atualidade; Conceitos bases de constituição da matéria, modelos atômicos, estruturas moleculares, partículas, íons, ligações químicas, e interações intermoleculares; Concepções sobre descarte de materiais, reciclagem e reuso. |
| Possíveis Objetivos de Aprendizagem | |
| Compreender como ciência e tecnologia tem se desenvolvido a passo de desenvolver ferramentas e estratégias que consigam ser menos prejudiciais ao meio ambiente, ou que auxiliem na biorremediação de desastres ambientais; Compreensão sobre as áreas de atuação da nanotecnologia e entender termos como nanociência, nanopartículas, nanomateriais etc.; Entender como a nanotecnologia tem atuado em processos tecnológicos, sociais e ambientais; Desenvolver a criticidade por meio do julgamento de fatos (checagem dos argumentos e hipóteses) e, criar meios de resolução de problemas relacionados ao lixo de materiais eletrônicos; Interagir de forma mais eficaz com os alunos e professor durante a atividade, por meio da exposição de pontos de vista. | |
| Possíveis Indicadores da AC | |
| Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade; Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede; Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam; Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos; Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal; Reconhecimento a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados; Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações; Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico; Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões. | |
| Espaço Físico | Sala de aula, laboratório ou auditório. |
| Organização dos Alunos | Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes. |
| Roteiro da Atividade | |
| Tempo Didático: 100 minutos. 10 min. Organização do ambiente didático. Organização dos alunos em grupos. Distribuição dos textos e explicação da atividade. 40 min. Leitura dos textos e discussão em grupo, com ênfase nos pontos principais observados. 45 min. Apresentação dos pontos principais observados nos textos com posterior discussão sobre os limites e possibilidades da nanotecnologia. Checagem e correção de argumentos e hipóteses apresentados inicialmente. 05 min. Encerramento da atividade. | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



QUADRO REFERENTE À AULA Nº 3

| | |
|--|---|
| Título da Atividade: Desenvolvimento histórico-social, principais características físico-químicas dos nanomateriais e áreas de aplicação da nanotecnologia. | |
| Conteúdos Sugeridos | Compreensão sobre a nanotecnologia e seus impactos na atualidade; Compreensão de que a ciência se desenvolve baseada na necessidade social e vice-versa, e é um desenvolvimento histórico e não finito; Conceitos bases de constituição da matéria, modelos atômicos, estruturas moleculares, partículas, íons, ligações químicas, polaridade das moléculas e interações intermoleculares; Compreensão sobre as principais biomoléculas dos organismos vivos; Entendimento sobre dimensões e escalas de medições. |
| Possíveis Objetivos de Aprendizagem | |
| Realizar articulações entre os conceitos químicos de constituição da matéria, modelos atômicos e moleculares, partículas, íons e ligações químicas, com as modificações estruturais vistas para as nanopartículas; Entender todas as interações intermoleculares – dispersões de London (interações de Van Der Waals), dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, íon-dipolo – e a polaridade das moléculas, na utilização de estruturas nanométricas, por meio do reconhecimento de como o tamanho da partícula pode influenciar nessas propriedades; Compreender o desenvolvimento histórico da nanotecnologia à medida que a ciência e sociedade foram suscitando de equipamento tecnológicos novos; Aprofundar os conhecimentos acerca da nanociência e nanotecnologia por meio de discussões emergentes durante a aula; Desenvolver a criticidade por meio do julgamento de fatos (checagem dos argumentos e hipóteses elaborados) e, criar meios de resolução de problemas; e, Buscar uma interação de forma mais engajada entre alunos e professor durante a atividade. | |
| Possíveis Indicadores da AC | |
| Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano; Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los; Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam; Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos; Reconhecimento a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados; Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história. | |
| Espaço Físico | Sala de Aula, Sala de Multimídia ou Laboratórios. |
| Organização dos Alunos | Organizados de maneira aleatória; não foi necessária a separação de grupos nesta atividade. |
| Roteiro da Atividade | |
| Tempo Didático: 50 minutos. 05 min. Organização do ambiente didático. 40 min. Aula expositiva dialogada. 05 min. Encerramento da Atividade. | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



QUADRO REFERENTE À AULA Nº 4

| | |
|--|--|
| Título da Atividade: Modelando a nanotecnologia. | |
| Conteúdos Sugeridos | Compreensão sobre a nanotecnologia e seus impactos na atualidade; Conceitos bases de constituição da matéria, modelos atômicos, estruturas moleculares, partículas, íons, ligações químicas; Entendimento das principais e interações intermoleculares: dispersões de London (interações de Van Der Waals), dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, íon-dipolo; Domínio de polaridade das moléculas e partículas químicas e suas (inter)relações; Ciência dos fatores que impactam na reatividade dos compostos químicos: como superfície de contato, temperatura, concentração, espécie do composto, etc.; Concepções sobre descarte de materiais, reciclagem e reuso. |
| Possíveis Objetivos de Aprendizagem | |
| Realizar articulações entre os conceitos atrelados ao experimento realizado e a resolução do problema envolvendo o descarte do lixo eletrônico; Aprofundar os conhecimentos acerca da nanotecnologia e nanociência por meio de discussões emergentes durante as atividades; Desenvolver a criticidade por meio do julgamento de fatos (checagem dos argumentos e hipóteses elaborados) e, criar meios de resolução de problemas; e, Buscar uma interação de forma mais engajada entre alunos e professor durante a atividade. | |
| Possíveis Indicadores da AC | |
| Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano; Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los; Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam; Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos; Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante. | |
| Espaço Físico | Laboratório de Química. |
| Organização dos Alunos | Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes. |
| Roteiro da Atividade | |
| Tempo Didático: 100 minutos. 05 min. Organização do ambiente didático. Os alunos serão organizados em grupos e receberão os questionários norteadores da atividade prática; 80 min. Tempo reservado para o trabalho em grupo e, concomitantemente, para a apresentação das imagens grupo a grupo; 10 min. Socialização de questões relevantes ao tema. 05 min. Encerramento da atividade. | |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



QUADRO REFERENTE À AULA Nº 5

| | |
|---|--|
| Título da Atividade: O que você compreende por nanotecnologia e quais as suas principais contribuições para a sociedade na atualidade? | |
| Conteúdos Sugeridos | Compreensão sobre a nanotecnologia e seus impactos na atualidade; Compreensão de que a ciência se desenvolve baseada na necessidade social e vice-versa, e é um desenvolvimento histórico e não finito; Conceitos bases de constituição da matéria, modelos atômicos, estruturas moleculares, partículas, íons, ligações químicas; Entendimento das principais e interações intermoleculares: dispersões de London (interações de Van Der Waals), dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, íon-dipolo; Domínio de polaridade das moléculas e partículas químicas e suas (inter)relações; Ciência dos fatores que impactam na reatividade dos compostos químicos: como superfície de contato, temperatura, concentração, espécie do composto, etc.; Compreensão sobre as principais biomoléculas dos organismos vivos; Entendimento sobre dimensões e escalas de medições; Concepções sobre descarte de materiais, reciclagem e reuso. |
| Possíveis Objetivos de Aprendizagem | |
| Compreender as relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade, para o desenvolvimento de equipamentos tecnológicos de acordo com a necessidade humana; Discutir os impactos resultantes do desenvolvimento e utilização de novas tecnologias para o meio ambiente; Utilizar o saber da experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico, suas contribuições e limitações; Interagir com as principais concepções prévias sobre o tema por meio de uma visão de mundo adequada e responsável; Relacionar o conhecimento químico de constituição da matéria, para compreender impactos relacionados ao descarte de materiais eletrônicos. | |
| Possíveis Indicadores da AC | |
| Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia; Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade; Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede; Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano; Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los; Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal; Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações; Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico; Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante; Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões. | |
| Espaço Físico | Sala de Aula. |
| Organização dos Alunos | Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes. |
| Roteiro da Atividade | |
| Tempo Didático: 50 minutos. | |



15 min. Releitura das resoluções dos problemas, com a possibilidade de checagem e formulação de novas propostas baseadas ou não nas previamente propostas.

30 min. Culminância da sequência didática com apresentação das respostas para o problema, retirada de dúvidas e discussão sobre a relevância das atividades realizadas.

05 min. Encerramento da atividade.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).



CONSIDERAÇÕES

A validação da SDI (PE) se deu a partir da análise de alguns indicadores de AC, que emergiram durante sua aplicação em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da Região Metropolitana do Recife.

As atividades presentes na SDI contribuíram para o desenvolvimento das competências e habilidades, relacionadas aos indicadores da AC. Houve uma vivência pelos estudantes do processo de autonomia, a articulação do conhecimento espontâneo com o científico escolar, o entendimento do desenvolvimento tecnológico por meio da experiência e o julgamento de valores.

Além disso, a SDI possibilitou a defesa de argumentos e ideias dos estudantes, por meio das discussões, o que é uma característica de suma importância para os indivíduos da sociedade contemporânea, fazendo com que a comunicação dos resultados fosse possível e eficiente.

A temática N&N se evidenciou como relevante no desenvolver da SDI, pois os estudantes conseguiram relacionar bem os avanços tecnológicos, os impactos sociais, os problemas ambientais e os objetivos científicos, por meio de discussões relativas ao uso de nanomateriais em aparatos tecnológicos, ou de sua ampla utilização no dia-a-dia da população.

É imprescindível buscar romper com as práticas de ensino e aprendizagem que focam na transmissão e memorização de conhecimentos, de modo a contribuir para a formação de cidadãos atuantes na sociedade. Desse modo, o manual desenvolvido (PE) desenvolvido, é relevante por buscar atender a necessidade atual do Ensino de Química no Ensino Médio de diversas escolas do Brasil.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. Ensino de ciências: Unindo a pesquisa e a prática / Ana Maria Pessoa de carvalho, (org.). São Paulo: **Pioneira Thomson Learning**, 2004.
- BAPTISTA, M. L. M. Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico. **TESE DE DOUTORADO** – Universidade de Lisboa, 2010.
- BARREIROS, Y. Educação em Nanociência e Nanotecnologia: Uma abordagem contextualizada no ensino de química. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Tubarão (SC): UNISUL, 2018.
- BELL, R. L.; SMETANA, L.; BINNS, I. Simplifying Inquiry Instruction. **The Science Teacher**, **NTSA**, p. 30-33, 2005.
- BASIL. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: **MEC**, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf>. p. 547-560. Acesso em: 23 set. 2020.
- BASIL. Conselho Nacional de Saúde. Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 maio 2016. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- CARDOSO, M. J. C.; SCARPA, D. L. Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1025–1059, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. 1. Ed. São Paulo: **Cengage Learning**, cap. 1, p.1-20, 2019.
- CASTRO, D. L.; CAVALCANTE, M. P.; PEDROSA, M. C. G. Nanotecnologia e polímeros: revisão dos temas visando a abordagem em aulas de Química. **Revista Thema**, v. 16, n. 2, p. 313-330, 2019.
- CASTRO, D. L.; CAVALCANTE, M. P.; PEDROSA, M. C. G. Nanotecnologia e polímeros: revisão dos temas visando a abordagem em aulas de Química. **Revista Thema**, v. 16, n. 2, p. 313-330, 2019.
- CAVALCANTE, B. P.; TEIXEIRA, A. M. S.; MARCELO, L. R. O desastre de mariana como abordagem investigativa e CTSa no ensino de química. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 9, n. 2, p. 173-185, 2019.
- CLEOPHAS, M. G. Ensino por investigação: concepções dos alunos de licenciatura em Ciências da Natureza acerca da importância de atividades investigativas em espaços não formais. **Revista Linhas**, Florianópolis, v. 17, n. 34, p. 266-298, 2016.
- FERREIRA, H. S.; RANGEL, M. C. Nanotecnologia: Aspectos gerais e Potencial de Aplicação em Catálise. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1860-1870, 2009.
- GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de Enseñanza/aprendiza je como investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 11, n.2, p. 197-212, 1993.
- GONDIM, M. S. C.; MENDES, M. Concepções alternativas na formação inicial de professores de química: pressuposto para uma reflexão sobre o processo ensino / aprendizagem (reapresentação). In: **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**. Florianópolis, 2007.
- LITTIG, J.; COSTA, K. M.; LORENZONI, L. L. A comunicação e aprendizagem em um cenário de investigação: uma análise a partir de um ambiente de aprendizagem. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 312-340, 2020.
- LORENZETTI, L. A Alfabetização Científica na Educação em Ciências. Curitiba (PR): **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 1, n. 1, p. 1-3, 2016.



- MARCONE, G. P. S. Nanotecnologia e Nanociência: Aspectos Gerais, Aplicações e Perspectivas no Contexto do Brasil. **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**, v.7, n. 2, 2015.
- MEC. Ministério da Educação. PORTARIA Nº 389, DE 23 DE MARÇO DE 2017. **Associação Brasileira de Mantenedoras de Ensino Superior**. Brasília (DF), 2017.
- MÉHEUT, M. Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. In: BOERSMA, K.E.A. (Ed). **Research and quality of science education**. Netherlands: Springer, p. 195-207, 2005.
- PANIZZUTTI, E.; ANJOS, R.; BRAUN, T. A busca da explicação para a pegada da Família Gekkonidae (**Online**). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis01038/trabalhos/Por%20que%20a%20lagartixa%20nao%20se%20desprende%20da%20parede.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; SAUER, E. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 602-625, 2018.
- REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **QUÍMICA NOVA NA ESCOLA**, v. 34, n. 1, p. 3-9, 2012.
- RIZZATTI, I. M.; MENDONÇA, A. P.; MATTOS, F.; RÔÇAS, G.; SILVA, M. A. B. V.; CAVALCANTI, R. J. S.; OLIVEIRA, R. R. Os produtos e processos educacionais dos programas de pós-graduação profissionais: proposições de um grupo de colaboradores. Curitiba (PR): **ACTIO**, v. 5, n. 2, p. 1-17, 2020.
- SAMPAIO, R. A. Ensino de Nanotecnologia no Ensino Médio por meio de Diferentes Metodologias Teórico-Práticas. **Trabalho de Conclusão de Curso**. FORTALEZA (CE): UFCE, 2017.
- SANTA, F. D.; BARONI, V. As raízes marxistas do pensamento de Vygotski: contribuições teóricas para a psicologia histórico-cultural. **Kínesis**, v. VI, n. 12, p.1-16, 2014.
- SASSERON, L. H. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: Relações entre Ciências da Natureza e Escola. Belo Horizonte (MG): **Revista Ensaio**, v.17, n. especial, p. 49-67, 2015.
- SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, 2018.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.
- SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. Alfabetização Científica na Prática: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Editora Livraria da Física, ed. 1, v. 1, 2017.
- SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. Química Inorgânica. 4. ed. Livro: trad. BARROS, F. R. Porto Alegre: **Bookman**, p. 665-701, 2008.
- SILVA, R. F.; Formação continuada do professor em exercício a partir da experiência com um estagiário de química. In: Anais do V CONEDU, 2018.
- SILVA, R. S. G.; CASTILLO, L. A. M. Uma proposta de representação da mediação nas comunidades de prática para a efetividade da gestão do conhecimento. In: Anais do **XVI SIMPEP**, 2009.
- SZALAY, L.; TÓTH, Z. An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 17, p. 923-961, 2016.
- TOMA, H. E. O Mundo Nanométrico: A Dimensão do Novo Século (**online**). Disponível em: https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/ofitexto/arquivos/deg_230778.htm. Acesso em: 25 fev. 2022.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Belo Horizonte (MG): **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.