UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO – PRPPG
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

REOBE FELIPE DA SILVA

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA: CONTRIBUIÇÕES PARA A EMERGÊNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

RECIFE, 2022.

REOBE FELIPE DA SILVA

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA: CONTRIBUIÇÕES PARA A EMERGÊNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado de Química Profissional em Rede Nacional (PROFQUI), no polo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Mestre em Química.

Orientadora: Prof.ª Dr.ª Verônica Tavares Santos Batinga
Coorientadora: Prof.ª Dr.ª Ivoneide de Carvalho Lopes Barros

RECIFE, 2022.

REOBE FELIPE DA SILVA

DISSERTAÇÃO DO MESTRADO

SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA: CONTRIBUIÇÕES PARA A EMERGÊNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

Aprovado em 26 de julho de 2022

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof.ª Dr.ª VERÔNICA TAVARES SANTOS BATINGA

Presidente da Banca

_____

Prof.ª Dr.ª ADJANE DA COSTA TOURINO E SILVA

Membro Externo à Universidade

_____

Prof.ª Dr.ª ANGELA FERNANDES CAMPOS

Membro Interno

_____

Prof.ª Dr.ª HELAINE SIVINI FERREIRA

Membro Externo ao Programa

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: CONTRIBUIÇÕES PARA A EMERGÊNCIA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO /
Reobe Felipe da Silva. - 2022.
148 f. : il.

Orientador: Veronica Tavares Santos Batinga.
Coorientador: Ivoneide de Carvalho Lopes Barros.
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

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

DEDICATÓRIA

Dedico minha dissertação aos meus pais Romário José e Maria Jorge. Essa dedicatória é resultado de uma gratidão enorme que eu tenho, por tudo que vocês dois fizeram por mim. Pelas orações, pelo cuidado, pelo apoio sempre que eu precisei. Só tenho a agradecer a Deus por seu filho, e por tudo que tão incansavelmente vocês realizaram, para eu ser o que eu sou hoje.

Amo muito vocês!

Os que semeiam em lágrimas cegarão com alegria.
– Salmos 126:5

Ó profundidade das riquezas, tanto da sabedoria, como da ciência de Deus! Quão insondáveis são os seus juízos, e quão inescrutáveis os seus caminhos! Por que quem compreendeu a mente do Senhor? ou quem foi seu conselheiro? Ou quem lhe deu primeiro a ele, para que lhe seja recompensado? ***Porque dele e por ele, e para ele, são todas as coisas; glória, pois, a Deus eternamente! Amém.***
– Romanos 11:33-36

A minha voz empodera a fala de alguém que nunca parou mediante às intempéries do cominho, representa meu grito de libertação em uma sociedade que queria me prender na mesmice. A minha fala tem um poder transformador, abrindo porta para vários outros jovens realizarem seus sonhos.
– Reobe Silva

AGRADECIMENTOS

"Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina."
– Cora Coralina

Quero iniciar agradecendo àquele que é o 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.

Aos meus pais Romário José e Maria Jorge pelo carinho, cuidado, apoio, investimento, atenção, força, orações e amor. Só sou o que eu sou hoje graças a vocês!

Aos meus irmãos Júnior e Ronny, às minhas cunhadas Taty e Any, pelo apoio sempre que eu precisei. Às minhas tias Alcione, Dolores, Lôra, Marli, Nalva e Patrícia, pelo amor e proteção. Aos meus primos Emilly, João, Jonathas e Tarcila pela alegria e amor.

Ao meu parceiro de vida, Ibson, que tem sido um amigo para todas as horas. Me apoiado nos piores e mais difíceis momentos. Muito obrigado por todo amor e compreensão que tem destinado a mim. Deus te abençoe muito!

Aos meus amigos da graduação, meus melhores LQ3, que estiveram e estão comigo desde o começo de tudo (lá em 2014), e sei que posso contar sempre. Aos meus amigos: Gaby, Nando, Ester, Jeane, Thiara, Zé, Lucas e Felipe, por sempre estarem por perto me enchendo de amor e cuidado.

Um obrigado especial aos meus colegas de trabalho, que têm sido um refúgio diário de felicidade. Ênfase para os colegas: Jailson, Davidson, Helcy, Juliana, Antony, Ivison, João e Isacc. Também às minhas ex-colegas de trabalho que são muito especiais e me ajudaram muito, Yaala, Ádria e Thamyres. Gratidão!

À direção e coordenação da minha escola, por todo suporte nos momentos que precisei para a realização do mestrado; e por possibilitar anuência da aplicação da atividade.

Aos meus alunos, que são a alegria e o estresse dos meus dias, em especial, a turma estudada que de bom grato aderiu ao projeto e fez bem feito.

À minha orientadora, professora Verônica Batinga, que foi uma pessoa crucial para minha conclusão. Obrigado por toda compreensão, orientação, atenção e cuidado dispensados a mim. Ao meu grupo de pesquisa, NUPEABRP. À minha coorientadora, professora Ivoneide Barros, pelo auxílio, palavras e alegria de sempre.

À professora Helaine Sivini, pelo auxílio e confiança na realização desta atividade. Às professoras Angela Campos e Adjane Taurino, por aceitarem estar compondo minha banca de qualificação e defesa, e por todas as indicações que foram cruciais para o desenvolver do projeto.

Aos professores do PROFQUI por todo apoio. Ao programa PROFQUI pela oportunidade de estar cursando o Mestrado Profissional em Química.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco que me deu apoio todos esses anos, desde a gestão até as coordenações e departamentos.

À banca examinadora que gentilmente aceitou o convite de participar de minha defesa, e também pelas importantíssimas contribuições, que são de grande valia.

A todos que de maneira direta ou indireta me ajudaram no desenvolvimento deste trabalho de dissertação.

Cordialmente, eu agradeço.

Gratidão!

RESUMO

O rápido avanço tecnológico, as diferentes formas de interações sociais, e a degradação do meio ambiente, ocorridos na atualidade têm influenciado nas mudanças e vivências que acontecem nas escolas. Nos últimos anos, um dos resultados da evolução tecnológica tem sido o desenvolvimento de materiais diversos, que se constituem de nanopartículas, e estão presentes no cotidiano da população. A constituição química e processos tecnológicos atrelados a estes materiais podem ser abordados por meio da Nanotecnologia e Nanociência. Esse tema pode ser estudado a partir da implementação de sequências didáticas baseadas no ensino por investigação. Segundo a literatura de pesquisa na área de ensino de ciências, esta abordagem de ensino possibilita a alfabetização científica no contexto escolar. Nessa perspectiva, o objetivo desta pesquisa centra-se em investigar contribuições de uma sequência didática investigativa sobre Nanotecnologia e Nanociência, elaborada com base no ensino por investigação, para a emergência da Alfabetização Científica pelos estudantes, em aulas de Química no 3º ano do ensino médio. A pesquisa é de caráter qualitativo, e envolveu a elaboração, implementação e análise de uma sequência, no âmbito de uma Escola Técnica Estadual de Recife, Pernambuco. A sequência contemplou cinco aulas de química, em que foram realizadas atividades pelos estudantes, a saber: resolução de problemas, leitura e discussão de textos de divulgação científica, debate, aula expositiva dialogada, experimentação investigativa e discussão usando imagens. As respostas dos estudantes a algumas atividades e as interações sociais entre estudantes e professor, ocorridas no desenvolvimento da sequência foram analisadas com base em categorias relativas aos indicadores de Alfabetização Científica. Os resultados apontam que houve indícios de desenvolvimento de Alfabetização Científica pelos estudantes sobre aspectos químicos, da ciência, tecnologia e sociedade, que envolvem a Nanotecnologia e Nanociência. Os estudantes tiveram a oportunidade de atuar de forma investigativa, a partir das ações de observação e questionamento, elaboração e testagem de hipóteses, comunicação e sistematização do conhecimento aprendido, e resolução de problemas.

Palavras-Chaves: Ensino por Investigação; Alfabetização Científica; Química; Nanotecnologia e Nanociência; Ensino de Química.

ABSTRACT

The rapid technological advance, the different forms of social interactions, and the degradation of the environment, occurring today, have influenced the changes and experiences that take place in schools. In recent years, one of the results of technological evolution has been the development of different materials, which are constituted of nanoparticles, and are present in the daily life of the population. The chemical constitution and technological processes linked to these materials can be approached through Nanotechnology and Nanoscience. This theme can be studied from the implementation of didactic sequences based on inquiry-based teaching. According to research literature in the area of science teaching, this teaching approach enables scientific literacy in the school context. In this perspective, the objective of this research focuses on investigating contributions of an investigative didactic sequence on Nanotechnology and Nanoscience, elaborated on the basis of teaching by investigation, for the emergence of Scientific Literacy by students, in Chemistry classes in the 3rd year of high school. The research is qualitative, and involved the elaboration, implementation and analysis of a sequence, within the scope of a State Technical School in Recife, Pernambuco. The sequence included five chemistry classes, in which activities were carried out by the students, namely: problem solving, reading and discussion of scientific texts, debate, dialogic expository class, investigative experimentation and discussion using images. The students' responses to some activities and the social interactions between students and teachers, which occurred in the development of the sequence, were analyzed based on categories related to Scientific Literacy indicators. The results indicate that there were signs of development of Scientific Literacy by students on chemical aspects, science, technology and society, which involve Nanotechnology and Nanoscience. Students had the opportunity to act in an investigative way, from the actions of observation and questioning, elaboration and testing of hypotheses, communication and systematization of learned knowledge, and problem solving.

Keywords: Inquiry-based Learning; Scientific Literacy; Chemistry; Nanotechnology and Nanoscience; Chemistry Teaching.

LISTA DE FIGURAS E ESQUEMAS

FIGURAS:

Figura 01: Esquematização da ZDP. 29
Figura 02: Pedagogia progressista versus Pedagogia tradicionalista. 30
Figura 03: Heurística que representa as fases da abordagem investigativa guiada. 34
Figura 04: Aspectos trabalhados com os estudantes em atividades investigativas. 36
Figura 05: Atributos das atitudes investigativa e científica. 38
Figura 06: Eixos estruturantes da Alfabetização Científica. 42
Figura 07: Representação das diferentes dimensões de diferentes espécies típicas. 48
Figura 08: Fotografias do Cálice de Licurgo. 49
Figura 09: Representação multidisciplinar da nanociência. 50
Figura 10: Nanopartículas em dermocosméticos e protetores solares. 50

ESQUEMAS:

Esquema 01: Principais etapas metodológicas do desenvolvimento de uma abordagem investigativa. 33
Esquema 02: Indicadores identificados na resolução de P1 e P2, no início, e no final da SDI. 111

LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADROS:

Quadro 01: Periódicos estudados na revisão da literatura. 9
Quadro 02: Artigos encontrados no levantamento bibliográfico, autores e ano de publicação. 11
Quadro 03: Tipologias de pesquisa, instrumentos de coleta de dados, objetivo de pesquisa e principais aspectos dos artigos analisados. 15
Quadro 04: Modelo de níveis de abertura para atividades investigativas. 33
Quadro 05: Dimensões da Alfabetização Científica. 41
Quadro 06: Indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente. 43
Quadro 07: Indicadores da Alfabetização Científica em atividades de EPI. 44
Quadro 08: Principais temas utilizados em pesquisas nos últimos anos. 47
Quadro 09: Sequência Didática Investigativa Sobre Nanotecnologia e Nanociência. 57
Quadro 10: Correlação entre os indicadores de AC de Sasseron e Machado, e as estratégias didáticas utilizadas nas aulas dentro da SDI desenvolvida. 74
Quadro 11: Estratégias didáticas utilizadas na SDI em correlação com os indicadores para AC. 75
Quadro 12: Retomada do quadro de indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente. 75
Quadro 13: Análise das respostas iniciais aos problemas P1 e P2, pelos grupos. 80
Quadro 14: Transcrição de trechos das interações sociais entre professores e alunos, na discussão baseada nas concepções prévias dos estudantes. 84
Quadro 15: Transcrição da discussão baseada na Leitura de Textos de Divulgação Científica. 89
Quadro 16: Categorização dos textos dentro dos Indicadores da AC atribuídos à aula nº 2. 97
Quadro 17: Transcrição das respostas dos estudantes ao Questionário Norteador da Experimentação. 103
Quadro 18: Análise das respostas à Questão Norteadora quatro. 106
Quadro 19: Análise das respostas finais aos problemas P1 e P2, pelos grupos. 109

TABELAS:

Tabela 01: Dados dos Periódicos obtidos no levantamento bibliográfico. 10
Tabela 02: Comparativo quantitativo nos indicadores emergentes nas respostas ao P1 e P2. 113

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIAÇÕES

AC	Alfabetização Científica
AIA	Ambiente Interativo de Aprendizagem
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BR	Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
EPI	Ensino por Investigação
ESP	Espanha
EUA	Estados Unidos da América
IES	Instituição de Ensino Superior
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MEX	México
N&N	Nanotecnologia e Nanociência
nm	Nanômetro (bilionésima parte do metro)
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Produto Educacional
PROFQUI	Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional
PROUNI	Programa Universidade para todos
RMR	Região Metropolitana do Recife
RU	Reino Unido
SDI	Sequência Didática Investigativa
SENAC	Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SISU	Sistema de Seleção Unificada
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
Tb	*terabyte*
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TDIC	Tecnologias digitais de Informações e Comunicação
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 1

OBJETIVOS 6

Objetivo Geral 6

Objetivos Específicos 6

CAPÍTULO 01: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 8

1.1 SITUANDO O OBJETO DE PESQUISA: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (EPI) 9

1.2 PRINCIPAIS MARCOS HISTÓRICOS DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA 23

1.3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO 28

1.3.1 Desenvolvimento Histórico do EPI 28

1.3.2 Orientações Metodológicas para o desenvolvimento do EPI 31

1.1.5 O papel do Professor e do Aluno no EPI 37

1.1.6 Atitudes Investigativas e Atitudes Científicas no EPI 37

1.4 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA 39

1.4.1 Pressupostos Teóricos e Metodológicos da Alfabetização Científica 39

1.4.2 Alfabetização Científica e o EPI 40

1.5 NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA NO ENSINO DE QUÍMICA 46

1.5.1 Delimitação da Temática Nanotecnologia no Contexto do Ensino Atual 46

1.5.2 Nanotecnologia e Nanociência 47

1.6 PRODUTO EDUCACIONAL 52

CAPÍTULO 02: METODOLOGIA DA PESQUISA 54

2.1 DESENHO METODOLÓGICO 55

2.2 TIPOLOGIA E ABORDAGEM DOS DADOS DA PESQUISA 55

2.3 DESCRIÇÃO DO PÚBLICO-ALVO DA PESQUISA 55

2.4 ETAPAS 1 E 2: ELABORAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA SDI 56

2.5 INSTRUMENTOS DE REGISTRO E COLETA DE DADOS 73

2.6 CUIDADOS COM A ÉTICA NA PESQUISA 73

2.5 ETAPA 3: ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA 74

CAPÍTULO 03: RESULTADOS E DISCUSSÃO 77

3.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS INICIAIS AOS PROBLEMAS P1 E P2 – REFERE-SE AO 1° OBJETIVO DE PESQUISA 78

3.2 ANÁLISE DA SDI – REFERE-SE AO 2° OBJETIVO DE PESQUISA 84

3.2.1 Análise da Discussão e Debate baseados nas Concepções Prévias dos estudantes 84

3.2.2 Análise da Discussão e Debate Baseados na Leitura de Textos de Divulgação Científica .. 89

3.2.3 Análise das Perguntas do Questionário da Experimentação Investigativa 102

3.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS FINAIS AOS PROBLEMAS P1 e P2 – REFERE-SE AO 1° OBJETIVO DE PESQUISA 107

3.4 ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE O TEMA NANOTECNOLOGIA – REFERE-SE AO 3° OBJETIVO DE PESQUISA 114

CAPÍTULO 05: CONSIDERAÇÕES FINAIS 116

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 119

ANEXOS E APÊNDICES 128

ANEXO I: Parecer Consubstanciado do Aceite do Projeto de Pesquisa junto à CEP/UFRPE.129

APÊNDICE I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). 130

APÊNDICE II: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE). 132

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A constante atualização e difusão dos materiais tecnológicos e meios de comunicação, que apresentaram um crescimento exponencial inicialmente no período da Guerra Fria, durante a corrida armamentista (nos anos 90), e se estende até os dias atuais, têm interferido diretamente na forma como as relações sociais são estabelecidas na contemporaneidade; com isso, também os objetivos educacionais no ambiente escolar. Nessa direção, este espaço passou a requerer novas características, tanto para os professores quanto para os alunos (GERALDO, 2018).

Surge então a necessidade de romper com paradigmas pré-estabelecidos, como o ensino por meio de práticas que utilizam apenas a transmissão e recepção – o qual o professor atua como detentor único do conhecimento em de sala de aula e o aluno é o receptor passivo –, para estratégias em que o professor passe a atuar como um mediador dos processos de ensino e aprendizagem. Esta mediação, além de ser essencial para os processos, faz com que os estudantes se tornem mais responsáveis pela sua aprendizagem em diferentes contextos de sala de aula (CASTRO; BEJARANO, 2013).

A representação do professor como detentor único de informações e do conhecimento científico numa sala de aula, não é mais uma realidade nos dias que correm, pois, o acesso a variadas informações está imensamente facilitado, seja pelos meios de comunicação mais comuns ou pelas vias digitais, como redes sociais, sites, blogs (AULER; BAZZO, 2001). Tal condição ressoa para que o professor assuma o papel de um mediador do processo de ensino e aprendizagem, orientado os estudantes a reflexões sobre o conhecimento científico articulado a aspectos tecnológicos, sociais e ambientais (FIRME; AMARAL, 2008).

Nessa perspectiva, pesquisas na área de Ensino de Ciências têm dado maior ênfase a responder questionamentos referentes ao "como ensinar", ao invés de apenas, "o que ensinar?" – prática que era muito comum no ensino por transmissão-recepção (SCHNETZLER, 2004); com a inserção de estratégias que discorrem sobre o desenho de sequências de ensino e aprendizagem (SILVA, 2020; OLIVEIRA, 2020), baseadas em diversas abordagens didáticas, que possibilitam o protagonismo dos estudantes, o papel mediador do professor e o desenvolvimento de mútuo de habilidades atitudinais, procedimentais e conceituais (SZALAY; TÓTH, 2016).

Essas novas abordagens didáticas, foram se desenvolvendo dentro da Didática das Ciências, abarcando consigo as principais considerações relacionadas aos estudos do como os perfis cognitivos dos indivíduos se estabelecem, desde o nascimento até à idade adulta, fundamentando-se, inicialmente, na teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget (RAMOS, 2008).

A teoria Piagetiana propõe que a internalização dos conhecimentos pelos sujeitos se dá a partir de conhecimentos preexistentes – também chamados de concepções alternativas ou conceitos espontâneos –, por meio de três etapas: equilibração, desequilibração e reequilibração. Na primeira etapa, o sujeito apresenta suas concepções alternativas e interage com o mundo por meio delas, porém,

quando se depara com um conhecimento novo, ocorre a segunda etapa, a desequilibração, o que cria zonas de aprendizagem no sujeito, levando-o a assimilar este novo conhecimento na terceira etapa, que é a reequilibração. Por meio desse processo, os níveis cognitivos dos indivíduos são elevados e os conhecimentos são adquiridos (CARVALHO, 2019; YAMAZAKI et al, 2019).

Essa teoria revelou a importância de se utilizar, em sala de aula, as concepções alternativas dos indivíduos, já que elas são consideradas a base inicial para qualquer processo de aprendizagem futuro (YAMAZAKI et al, 2019).

Outra teoria que foi altamente utilizada para fundamentar as novas propostas didáticas, foi a baseada nas concepções sociointeracionistas, proposta por Lev Vygotsky (SANTA; BARONI, 2014), em que a gênese do conhecimento está relacionada às práticas sociais e às relações que o indivíduo tem com o outros. À medida que as interações sociais acontecem, diferentes indivíduos, com diferentes níveis cognitivos, compartilham conhecimento. A chamada zona de desenvolvimento proximal[1] é como uma linha tênue que separa os conhecimentos já assimilados pelos sujeitos (zona de conhecimento real) e os conhecimentos que serão adquiridos nessas interações (zona de conhecimento potencial). Ao final do processo, o indivíduo exprimirá novos conhecimentos (CARVALHO, 2019).

Baseadas nas teorias relacionadas à aprendizagem dos indivíduos, de Piaget e Vygotsky, várias pesquisas em Ensino de Química (SILVA et al, 2018; CAVALCANTE et al, 2019; FERREIRA et al, 2018; CARVALHO, 2018; STAVROU et al, 2018) têm focado na discussão de abordagens didáticas que propiciem a formação de conceitos e desenvolvimento de habilidades, que emergem como essenciais para uma formação interdimensional dos estudantes, como a formação humanística, formação cidadã, formação tecnológica e formação socioambiental (CARVALHO, 2019).

Para elucidar essa realidade, Schnetzler (2004) elenca os principais temas/linhas de pesquisa em ensino de química na atualidade, são: ensino por investigação, identificação das concepções alternativas de alunos e do senso comum, resolução de problemas, ensino experimental, análise de materiais didáticos, relações CTS (e CTSA)[2], linguagem e comunicação em sala de aula, modelos e analogias, concepções epistemológicas dos professores, formação docente inicial e continuada, análise de currículos e métodos de avaliação, e tecnologias digitais da informação e comunicação no ensino (TDIC). No presente trabalho, será feito um estudo baseado no ensino por investigação (doravante EPI), o qual será melhor explanado posteriormente.

Os resultados ao longo dos anos referentes às pesquisas no ensino de ciências têm impactado na formulação de documentos oficiais que levam em consideração o fazer pedagógico, como exemplo, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), de 2018, é o atual documento norteador do ensino em todo território nacional, por meio dele, as competências e habilidades para a educação básica nacional são propostas. A BNCC elenca que para a efetivo resultado dos processos de ensino e aprendizagem no

[1] Comumente abreviada como ZDP.
[2] Linha de pesquisa que versa sobre a relação da ciência (C), tecnologia (T), sociedade (S) e meio ambiente (A).

ensino médio, é necessário o desenvolvimento de estratégias didáticas que consigam levar os estudantes a pensarem sobre o fazer científico em diversas situações, partindo da resolução de problemas e/ou questões sociocientíficas, que favoreçam o desenvolvimento de argumentação, reflexões críticas, investigação, autonomia e a compreensão de modelos que possam explicar/representar fenômenos científicos (BRASIL, 2018).

Como referido acima, neste trabalho, se dará um enfoque para a obtenção dos resultados de ensino e aprendizagem, no EPI, corroborando com a BNCC. O EPI é uma abordagem didática que propicia ao estudante o desenvolvimento de competências e habilidades, como: argumentação, reflexão, discussão e justificação de ideias e hipóteses (AZEVEDO, 2004); e, tomada de decisões e ações para resolução de problemas (CARDOSO; SCARPA, 2018.).

Pesquisas em Didática das Ciências mostram que essa abordagem é muito relevante na disseminação de concepções mais contemporâneas e coerentes sobre a natureza da ciência, por meio de várias articulações, como a experimentação investigativa (SILVA et al, 2018), a utilização de sequências didáticas com atividades investigativas ou com a abordagem do ensino por investigação (CARVALHO, 2018; STAVROU et al, 2018), articulações CTS (e CTSA) à abordagem investigativa (CAVALCANTE et al, 2019; FERREIRA et al, 2018), ambiente interativo de aprendizagem investigativo e colaborativo (PIZZATO et al, 2018; SANTOS et al, 2018), entre outros.

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, entre outros, desenvolvendo competências e habilidades como práticas epistêmicas (relações entre mundo material e conhecimento científico), aprendizagem autodirigida e colaboração (CARDOSO; SCARPA, 2018; GIL-PÉREZ; CASTRO, 1996, apud CLEOPHAS, 2016; MÉHEUT, 2005; SZALAY; TÓTH, 2016).

Metodologicamente falando, para o EPI, a utilização de Sequências Didáticas Investigativas (doravante SDI) pode possibilitar a emergência da Alfabetização Científica (doravante AC). 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, em situações do seu dia-a-dia (SASSERON, 2015).

SASSERON (2015) afirma que a AC transcorre baseada em 3 eixos, dados por meio [1] do desenvolvimento conceitual, onde o indivíduo se torna detentor do conhecimento obtido no processo de ensino e aprendizagem; [2] da dimensão epistêmica, trazendo à luz a importância do conhecimento científico em sua prática cotidiana; e, [3] da relação entre o social, material e científico, para a prática da tomada de decisões, posicionamento crítico, construção de materiais e protótipos que auxiliem seu trato social etc. Esses eixos serão nosso ponto de partida para analisar a AC dos indivíduos participantes da pesquisa.

As atividades investigativas devem “fazer sentido” para os estudantes, ou seja, devem ser escolhidos temas que eles consigam associar o conhecimento científico às suas práticas cotidianas, ou

às tomadas de decisões futuras (SASSERON; MACHADO, 2017). Surgem então as temáticas sociais e científicas que são estruturas de natureza questionadora, propostas para a discussão de determinado caso ou processo, fazendo relações entre a realidade cotidiana dos indivíduos com o conhecimento científico preestabelecido, possibilitando ambientes de argumentações, correções e defesas de pontos de vista (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; AGRASO, 2006).

Por meio da escolha da temática **Nanotecnologia** e **Nanociência** (doravante N&N) e da utilização de práticas do EPI, objetiva-se a emergência da AC em turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública da RMR, do curso Técnico de Desenvolvimento de Sistemas; haja visto que os Parâmetros Curriculares de Química para a Educação Básica do estado de Pernambuco a nível médio confirmam que é de extrema importância para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – na qual a Química está inserida –, "entender o impacto das tecnologias associadas às ciências naturais na sua vida pessoal, nos processos de produção, no desenvolvimento do conhecimento e na vida social"[3] e "aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais na escola, no trabalho e em outros contextos relevantes para sua vida"[4].

A **nanociência** são uma área da ciência que vêm se desenvolvendo bastante nos últimos anos, e já apresenta uma significativa importância na produção de materiais, tecnologias e ciência, porém, ainda é raramente trabalhada em salas de aula de Química e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A **nanotecnologia** parte de partículas em escala nanométrica (10^{-9} metros) para a produção de diversos materiais e compostos, com propriedades físico-químicas, como polaridade, interações intermoleculares e superfície de contato, bastante diferentes das não nanométricas (SHRIVER; ATKINS, 2008).

Mesmo sabendo da diversidade de conhecimentos sociocientíficos e tecnológicos que podem ser trabalhados utilizando essa área do conhecimento – conhecimentos como, por exemplo, os impactos na poluição e no meio ambiente, nanocatálise, biorremediação, produção de medicamentos, produção de tecidos e revestimentos, entre outros –, poucas vezes esses temas são explorados, sendo difícil encontrar docentes que se debrucem na utilização destes tópicos em salas de aula, tanto no ensino médio quanto superior, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CÂMARA et al, 2020).

Os estudantes participantes foram de uma turma do terceiro ano do curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas, de uma escola técnica da RMR. Além da temática, foram requeridos, durante a realização das atividades, alguns conceitos da Química, como, ligações químicas, interações intermoleculares, polaridade, oxidação e redução etc., que puderam ser retomados de maneira bastante satisfatória.

Diante deste cenário, delimitamos a seguinte questão de pesquisa: Quais as possibilidades de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre o tema N&N, baseada no Ensino por Investigação,

[3] Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco – Parâmetros Curriculares de Química Ensino Médio. PERNAMBUCO, Secretaria Estadual de Educação e Esportes de Pernambuco. Recife (PE), 2013, p. 24.
[4] Ibidem, 2013, p. 24.

para o desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes em aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio?

Visando responder esta questão foram estabelecidos os objetivos de pesquisa, a seguir:

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Investigar as possibilidades de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre o tema Nanotecnologia e Nanociência (N&N), para a análise dos indícios do desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) pelos estudantes em aulas de Química, no 3º ano do ensino médio.

Objetivos Específicos

- Elaborar e desenvolver uma SDI sobre N&N, com base no ensino por investigação;
- Identificar indícios de AC, nas concepções prévias dos estuantes, pela resolução de problemas propostos em uma SDI sobre N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do ensino médio;
- Identificar e analisar a emergência da AC pelos estudantes durante a aplicação da SDI sobre a temática N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio;
- Validar a SDI sobre N&N (Produto Educacional) no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio.

Para o desenvolvimento da pesquisa, o texto foi separado em cinco capítulos. No primeiro capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica acerca dos temas pertinentes ao objeto de estudo, iniciando-se com uma ambientação acerca do cenário em que a educação e o ensino de ciências se desenvolveram no Brasil. Paralelamente, são apresentados os principais marcos históricos, estado da arte e pressupostos teóricos e metodológicos mais relevantes do EPI. Por ser nosso objetivo de pesquisa, o tópico seguinte tratará da AC e suas correlações com o EPI. São apresentados em seguida os temas N&N e o ensino de química, e produto educacional, haja vista que são pontos relevantes para entendimento da pesquisa.

A metodologia é bem explicitada, abarcando as principais estratégias metodológicas, cuidados com a ética na pesquisa, e, instrumentos e métodos de coleta e análise dos dados. Para maior efetivação do processo, a SDI produzida é apresentada e todas as etapas metodológicas são indicadas no texto. Os

dois últimos capítulos tratam da análise dos dados coletados, após a aplicação da SDI, e das conclusões e considerações finais da pesquisa, de maneira a apresentar as perspectivas futuras para a mesma.

CAPÍTULO 01: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

CAPÍTULO 01: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado o EPI, inicialmente um levantamento bibliográfico realizado nas principais revistas em educação sobre o EPI e suas diversas metodologias e aplicações; os principais marcos históricos da educação brasileira que corroboram com as principais discussões tratadas acerca do ensino de ciências, e que levaram à inserção do EPI no Brasil; e, os principais aspectos metodológicos para o desenvolvimento de atividades investigativas, utilizando a SDI em salas de aula do ensino médio.

1.1 SITUANDO O OBJETO DE PESQUISA: REVISÃO DE LITERATURA SOBRE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO (EPI)

O EPI é uma abordagem muito relevante na área de ensino, que pode ser evidenciada pela significativa quantidade de publicações nos principais periódicos de ensino de ciências e química.

Para ambientação, entendimento e compreensão do estado da arte do tema, foi realizado um levantamento bibliográfico em 11 periódicos (doravante P1 a P11) observando as publicações de janeiro de 2016 até setembro de 2020. A pesquisa se deu por meio da investigação de palavras-chaves e/ou títulos dos artigos e foram utilizadas como base para a pesquisa: ensino por investigação, ensino ou abordagem baseada em investigação, sequências didáticas de ensino investigativas – também suas variações em inglês e espanhol: *inquiry-based learning or inquiry-based approach; enseñanza por investigación; inquiry-based learning sequences; metodología de investigación, metodología de enseñanza investigativa*. O **Quadro 01** apresenta os periódicos pesquisados na execução do levantamento.

Quadro 01: Periódicos estudados na revisão da literatura[5].

Codinome	Periódicos
P1	Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática (BR)
P2	Chemistry Education Research and Practice (RU)
P3	Educación Química (MEX)
P4	Experiências em Ensino de Ciências (BR)
P5	Investigações em Ensino de Química (BR)
P6	Journal of Research in Science Teaching (EUA)
P7	Química Nova na Escola (BR)
P8	Research in Science & Technological Education (RU)
P9	Revista de Educação e Matemática (BR)
P10	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (ESP)
P11	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (BR)

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020.

[5] Legenda do Quadro 01 – Países de publicação dos periódicos: BR= Brasil; RU= Reino Unido; MEX= México; EUA= Estados Unidos da América; ESP= Espanha.

O recorte temporal foi de 2016 até 2020, considerando que o tempo de 3 a 5 anos, é satisfatório para a compreensão do estado da arte do tempo ou área pesquisados. As revistas foram escolhidas pela relevância dentro da área de ensino de ciências, seus fatores de impacto, também pelo conhecimento prévio do autor.

A **Tabela 01** exibe os dados obtidos do levantamento bibliográfico nos periódicos. Na coluna 1, estão as revistas analisadas (P1 a P11), na coluna 2 o fator de impacto ou o conceito *Qualis* da CAPES[6] das respectivas revistas. Na coluna 3 encontram-se as quantidades de publicações encontradas ao utilizar os termos supracitados para a pesquisa. Vale ressaltar que a busca foi refinada e esses termos foram pesquisados apenas nos títulos e palavras-chaves dos artigos. Na coluna 4 é apresentado o percentual aproximado de publicações relacionadas ao tema, pelo total de publicações no período. Os valores foram obtidos de acordo com a Equação 01, e os números de publicações foram retirados dos sites oficiais dos periódicos.

Tabela 01: Dados dos Periódicos obtidos no levantamento bibliográfico.

Periódico	Fator de Impacto ou *Qualis*	Nº de publicações	Percentual de publicações
P1	A2	1	0,6%
P2	1,9	6	1,5%
P3	A1	2	1,0%
P4	B1	6	1,3%
P5	A2	1	0,5%
P6	A1	4	1,8%
P7	B1	7	3,7%
P8	1,1	1	0,8%
P9	A2	1	0,6%
P10	A2	2	1,5%
P11	A2	12	6,1%
Total		**44**	

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020.

Os dados foram contabilizados por meio da Equação 1 (Eq.1).

$$\%Publicações = \frac{Total\ de\ publicações\ relacionadas\ ao\ tema}{Total\ de\ publicações\ do\ periódico} \times 100 \qquad \textbf{(Eq. 1)}$$

A relevância dos 11 periódicos pesquisados pode ser justificada quanto à classificação e fator de impacto deles. O número de publicações nesse período nos mostra que ainda muita pesquisa pode ser feita, para discussão do tema e apresentações de novas possibilidades de estratégias para o EPI. O

[6] Disponível na Plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Classificação dos periódicos do quadriênio 2013-2016. <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>. Aces set 2020.

Quadro 02 apresenta os resultados do levantamento bibliográfico realizado no período, considerando a faixa temporal de 2016 a 2020.

Quadro 02: Artigos encontrados no levantamento bibliográfico, autores e ano de publicação.

Periódico	Artigo	Autor/Autores(as)	Ano
P1	S1: Ensino por investigação nas aulas de matemática do curso de licenciatura em química	SILVA; VERTUAN; SILVA	2018
P2	S2: An inquiry-based approach of traditional 'step-by-step' experiments	SZALAY; TÓTH	2016
	S3: Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners	STAVROU, MICHAILIDI; SGOUROS	2018
	S4: High school students' engagement in planning investigations: findings from a longitudinal study in Spain	CRUJEIRAS-PÉREZ; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE	2016
	S5: Implementing Collaborative Inquiry in a Middle School Science Course	ÖZKANBAŞ; KIRIK	2020
	S6: Step by Step Learning Using the I Diagram in the Systematic Qualitative Analyses of Cations within a Guided Inquiry Learning Approach	AKKUZU; UYULGAN	2017
	S7: We don't get any training: the impact of a professional development model on teaching practices of chemistry and biology graduate teaching assistants	MUTAMBUKI; SCHWARTZ	2017
P3	S8: Análisis del potencial del andamiaje insertado para promover la planificación de una Investigación científica en educación secundaria	CRUJEIRAS-PÉREZ; PÉREZ-VIDAL	2018
	S9: Determinação de níveis de letramento científico a partir da resolução de casos investigativos envolvendo questões sociocientíficas	LIMA; GARATE	2019
P4	S10: A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química	ASSAI; FREIRE	2017
	S11: Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação	GOMES; BILESSIMO; SILVA	2020
	S12: As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química	VIDRIK; ALMEIDA; MALHEIRO	2020
	S13: Contextualização do ensino de termoquímica por meio de uma sequência didática baseada no cenário regional "queimadas" com experimentos investigativos	LORENZONI; RECENA	2017

	S14: Investigação no ensino médio: sistemas de hidroponia em horta escolar para discussão de conceitos químicos	MOURA; DURÃES; SILVA	2019
	S15: O ensino de processos de separação de misturas a partir de situações-problemas e atividades experimentais investigativas	FRIGGI; CHITOLINA	2018
P5	S16: Identificação de atitudes investigativa e científica: um estudo de caso em um ambiente interativo de aprendizagem	PIZZATO; MARQUES; ROCHA; SOUZA; ESCOTT; HECK	2018
P6	S17: A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work	AKUMA; CALLAGHAN	2018
	S18: Coordinating scaffolds for collaborative inquiry in a game-based learning environment	SALEH; YUXIN; HMELO-SILVER; GLAZEWSKI; MOTT; LESTER	2020
	S19: Understanding the influence of intrinsic and extrinsic factors on inquiry-based science education at township schools in South Africa	RAMNARAIN	2016
	S20: Using a three-dimensional thinking graph to support inquiry learning	CHEN; WANG; GROTZER; DEDE	2018
P7	S21: A Camisinha como Artefato Tecnológico no Ensino de Química	SWIECH	2016
	S22: Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica	SANTOS; BATISTA; OLIVEIRA; CRUZ	2018
	S23: Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas	SILVA; SILVA; KASSEBOEHMER	2019
	S24: Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados	FERREIRA; ROCHA; SANTOS; SANTOS; PITANGA	2018
	S25: Limpando Moedas de Cobre: Um Laboratório Químico na Cozinha de Casa	FARIA; BERNARDINO; SETUBAL; NOVAIS; CONSTANTINO	2016
	S26: Ensino de Modelos para o Átomo por Meio de Recursos Multimídia em Uma Abordagem Investigativa	SILVA; FERREIRA; SILVEIRA	2016
	S27: Uma Sequência Investigativa Relacionada à Discussão do Conceito de Ácido e Base	SOUZA; SILVA	2018
P8	S28: Teachers' beliefs about inquiry-based learning and its impact on formative assessment practice	CORREIA; HARRISON	2019
P9	S29: O desastre de mariana como abordagem investigativa e CTSA no ensino de química	CAVALCANTE; TEIXEIRA; MARCELO	2019
P10	S30: Desempeños del alumnado de Educación Secundaria en la evaluación de una investigación científica en el contexto de la industria láctea	PÉREZ-VIDAL; CRUJEIRAS-PÉREZ	2019

	S31: Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio	PRSYBYCIEM; SILVEIRA; SAUER	2018
P11	S32: Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação	CARVALHO	2018
	S33: A Experimentoteca do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC-USP) e o Ensino por Investigação: Compromissos Teóricos e Esforços Práticos	MORI; CURVELO	2018
	S34: Atividades Investigativas na Educação Científica: Dimensões e Perspectivas em Diálogos com o ENCI	STRIEDER; WATANABE	2018
	S35: Contribuições do Design para o Ensino de Ciências por Investigação	BRUNO; CAROLEI	2018
	S36: Sequência Didática com Enfoque Investigativo: Alterações Significativas na Elaboração de Hipóteses e Estruturação de Perguntas Realizadas por Alunos do Ensino Fundamental I	SANTOS; GALEMBECK	2018
	S37: A Importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação	SILVA; GEROLIN; TRIVELATO	2018
	S38: A Relação entre o Conhecimento Conceitual e o Desempenho de Estudantes em Atividades Investigativas	NASCIMENTO; GOMES	2018
	S39: Ressignificação do Trabalho Docente ao Ensinar Ciências na Educação Infantil em uma Perspectiva Investigativa	MALINE; SÁ; MAUÉS; SOUZA	2018
	S40: Ação Mediada e Ensino por Investigação: Um Estudo Junto a Alunos do Ensino Médio em um Museu de Ciências	ROLDI; SILVA; TRAZZI	2018
	S41: Diagnóstico de Elementos do Ensino de Ciências por Investigação (DEEnCI): Uma Ferramenta de Análise de Propostas de Ensino Investigativas	CARDOSO; SCARPA	2018
	S42: Ensino de Ciências por Investigação e o Desenvolvimento de Práticas: Uma Mirada para a Base Nacional Comum Curricular	SASSERON	2018
	S43: O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula	FRANCO; MUNFORD	2020

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020.

Baseado nos trabalhos estudados, foram observadas diversas características relacionadas à abordagem do EPI e como elas são postas nos periódicos atualmente. O **Quadro 03**, mostra uma análise

dos artigos, que exibe: a tipologia de pesquisa (se empírica ou teórica) [coluna 2]; o conteúdo, área de conhecimento ou tema abordados nos artigos [coluna 3]; as estratégias de ensino que foram articuladas à abordagem investigativa ou utilizadas em SDI [coluna 4]; os objetivos de pesquisa de cada artigo [coluna 5]; os sujeitos de pesquisa foco das abordagens [coluna 6]; o(s) instrumento(s) de coleta de dados das pesquisas, haja visto que 100% das investigações empíricas tratou de pesquisas qualitativas [coluna 7].

Quadro 03: Tipologias de pesquisa, instrumentos de coleta de dados, objetivo de pesquisa e principais aspectos dos artigos analisados.

Artigo	Tipologia	Conteúdo, Área ou Tema	Articulação	Objetivo de Pesquisa	Sujeitos	Instrumento de Coleta de Dados
S1	Empírico	Química Analítica; Cálculo Diferencial	Experimentação Investigativa; Modelagem Matemática	Realizar uma atividade investigativa com os estudantes do primeiro período de licenciatura em química articulada à modelagem matemática, que possibilite o aprendizado e o desenvolvimento de algumas habilidades.	Graduandos em Licenciatura em Química	Relatórios
S2	Empírico	Cinética das Reações	Laboratórios de Investigação Guiada	Apresentar as principais vantagens e desvantagens da abordagem investigativa em práticas de sala de aula, como, discutir a importância da prática investigativa guiada, o papel das abordagens construtivistas, entre outros, evidenciar a aprendizagem dos estudantes após a aplicação da atividade experimental investigativa.	Estudantes do Ensino Médio (grupo controle e teste)	Pré-testes e pós-testes
S3	Empírico	Nanociência e Nanotecnologia	Sequência Didática Investigativa	Desenvolver, analisar e avaliar uma sequência de didática com abordagem investigativa sobre nanotecnologia e nanociência, para posterior aplicação e estudo das concepções dos estudantes acerca do tema. Todo processo de construção, análise e organização da sequência é estruturado e estudado.	Estudantes do Ensino Médio e Fundamental	Questionário; Gravação de Vídeo
S4	Empírico	Física e Química	Experimentação e Planejamento baseados em Investigação	Analisar atividades experimentais e de planejamento, realizadas em aulas de química e física de escola do interior da Espanha. A análise se dá em dois aspectos atitudinais, quanto às ações e quanto autonomia e apresentação de propostas para a construção.	Estudantes do Ensino Médio	Gravações de Áudios e Vídeos; Escritos produzidos.
S5	Empírico	Matéria: mudanças físicas e química, e densidade.	Abordagem Investigativa Colaborativa; Experimentação	Analisar a proposta de abordagem investigativa colaborativa para o ensino da natureza da matéria (propriedades físicas e químicas). Foram utilizados grupos teste e controle para comparar a aprendizagem dos conteúdos.	Estudantes do Ensino Médio (grupo teste e controle)	Pré-testes e pós-testes
S6	Empírico	Química Analítica: análise qualitativa de cátions	Abordagem Investigativa Orientada; Experimentação	Entender o desenvolvimento de estratégias da pesquisa científica em estudantes da graduação em ensino de química, pela aplicação de atividades experimentais investigativas. Análise por meio dos métodos de diagrama, teste de desempenho e entrevistas semiestruturadas.	Graduandos em Licenciatura em Química	Diagrama de coleta de dados; Teste de desempenho SQAC; Entrevista semiestruturada
S7	Empírico	Biologia e Química	Experimentação Interdisciplinar	Estudar como os aspectos interdisciplinares de química e biologia podem influenciar na prática de futuros professores de ciências, a partir da aplicação de aulas experimentais investigativas e interdisciplinares, baseadas em perspectivas do desenvolvimento profissional.	Pós-graduandos em Biologia e Química	Observação; Questionários; Entrevistas
S8	Empírico	Física e Química: Indústrias Lácteas	Resolução de Problemas	Examinar o potencial da situação problema utilizada em uma tarefa de investigação para orientar os alunos na prática do planejamento da pesquisa por meio do desempenho dos alunos.	Estudantes do Ensino Médio	Respostas escritas às questões guia; Anotações coletadas
S9	Empírico	Diabete Mellitus; repelentes	Casos de Pesquisa com abordagem investigativa	Apresentar os níveis de alfabetização científica de uma turma do ensino médio a partir da leitura, escrita e argumentação utilizadas na resolução de casos de pesquisa.	Estudantes do Ensino Médio	Resumo da resolução do caso; Apresentação oral

S10	Empírico	Cinética das Reações	Sequência Didática; Representações; Experimentação Investigativa	Explicar a utilização uma sequência de ensino e aprendizagem apoiada em atividades experimentais investigativas e no uso de diferentes representações, para o desenvolvimento do tema velocidade das reações, em turmas do segundo ano do ensino médio.	Estudantes do Ensino Médio	Questionários; Prova escrita; Notas de bimestre; Diário do Professor
S11	Empírico	Densidade	Laboratórios *online*; Sequência Didática Investigativa; AVA	Mostrar a importância da utilização dos ambientes e laboratórios virtuais de aprendizagem para a aplicação de uma sequência didática investigativa sobre densidade, e apresentar as aprendizagens dos estudantes por meio dessas estratégias de ensino.	Estudantes do Ensino Médio	Questionários
S12	Empírico	Petróleo	Sequência Didática Investigativa	Exibir estratégias desenvolvidas para sanar as dificuldades apresentadas sobre conteúdos de química, por estudantes do ensino médio, por meio de uma sequência de ensino e aprendizagem investigativa.	Estudantes do Ensino Médio	Observação participante
S13	Empírico	Termoquímica	Sequência Didática; Experimentação Investigativa; Contextualização	Descrever as contribuições de uma sequência didática, com experimentos investigativos, contextualizada no tema "Queimadas", considerado um cenário regional no estado de Mato Grosso do Sul, com alunos do segundo ano do ensino médio de uma escola pública.	Estudantes do Ensino Médio	Gravação de áudio; Produções escritas; Questionários
S14	Empírico	Soluções; Condutividade e pH	Sequência Didática Investigativa; Experimentação	Apresentar a construção de uma sequência didática com abordagem investigativa para estudantes do 3º ano do Ensino Médio, tratando o tema soluções, sob seus aspectos qualitativos e quantitativos, no preparo e em sua utilização na horta hidropônica da própria instituição.	Estudantes do Ensino Médio	Questionário
S15	Empírico	Separação de Misturas	Situações-problema contextualizados; Experimentação Investigativa	Analisar a articulação das concepções prévias com os conhecimentos científicos em aulas de química do primeiro ano do ensino médio, e como elas auxiliam na construção de novas concepções e aperfeiçoamento de outras já preexistentes.	Estudantes do Ensino Médio	Questionários; Diário de bordo; Gravação de áudio
S16	Empírico	Química Forense	Ambiente Interativo de Aprendizagem	Identificar, por meio de uma atividade em um ambiente interativo de aprendizagem, as atitudes investigativas e científicas apresentadas pelos estudantes ao resolverem os problemas propostos.	Estudantes do Ensino Médio e Fundamental	Gravações de áudio e vídeo
S17	Teórico	-	-	Caracterizar e esclarecer os desafios intrínsecos do ensino ligados à concepção e implementação do trabalho prático baseado em investigação.	-	Revisão Bibliográfica
S18	Empírico	-	Ambiente de Aprendizagem baseado em Jogos – *Crystal Island: EcoJourneys*;	Observar a coordenação de esqueletos de abordagem baseada em problemas, articulada a jogos, e seus efeitos no apoio à investigação e à conversa responsável.	Estudantes do Ensino Médio	Gravação de Vídeo; Artefatos Escritos: planilhas e modelos

			Investigação colaborativa			
S19	Empírico	Abordagens Investigativas	Questionários sobre os fatores intrínsecos e extrínsecos das abordagens investigativas	Investigar as percepções dos professores sobre fatores intrínsecos (atributos pessoais do professor) e fatores extrínsecos (ambientais) que influenciam a implementação da aprendizagem de ciências baseada em investigação em escolas secundárias da área urbana subdesenvolvida na África do Sul.	Professores de Ciências	*Scientific Inquiry Implementation Questionnaire*
S20	Empírico	Biologia	Gráficos Pensamento Tridimensional	Apresentar uma comparação entre a aprendizagem apresentada por estudantes que participam de um design experimental investigativo utilizando apenas a estratégia do mapa mental, de outros que utilizaram pensamentos gráficos tridimensionais.	Estudantes do Ensino Médio	Questionários; Análise de Desempenho
S21	Empírico	Química e Tecnologia	Experimentação Investigativa	Mostrar como a atividade pôde contribuir com a formação dos educandos nos aspectos pessoais, sociais, éticos e cognitivos, por meio do objeto camisinha como contextualização das aulas de química, de maneira a desenvolver valores e competências necessárias ao desenvolvimento de sua autonomia intelectual e do pensamento crítico.	Estudantes do Ensino Médio	Observação participante; Fotos
S22	Empírico	Eletroquímica	Experimentação Investigativa	Expor uma metodologia experimental investigativa, utilizando materiais de baixo custo e não tóxicos, a exemplo de limões e batatas do tipo inglesa, de tal maneira que os alunos se voltem à experimentação para a construção de pilhas bioquímicas.	Estudantes do Ensino Médio/Técnico em Química	Questionário Diagnóstico; Discursos Escritos
S23	Empírico	Química; Método Científico; Materiais de Laboratório	Experimentação Investigativa	Apresentar uma experiência de aplicação de uma atividade investigativa que combina uma etapa teórica, em que os alunos devem dedicar-se apenas à elaboração de hipóteses, e uma etapa prática, em que os alunos elaboram hipóteses e as investigam por meio de um experimento.	Estudantes do Ensino Médio	Ficha de Respostas
S24	Empírico	Corantes; Processos Oxidativos	Abordagem CTS	Mostrar um relato de experiência da elaboração e aplicação de uma intervenção didática, fundamentada no enfoque CTS, usando corantes como temática.	Estudantes do Ensino Médio	Questionário; Texto escrito
S25	Teórico	Processos Oxidativos	Experimentação Investigativa	Propor um experimento a ser realizado usando apenas produtos disponíveis na cozinha de uma casa ou de fácil aquisição e baixo custo, além das moedas, e que explora diversos aspectos da reatividade química.	-	-
S26	Empírico	Constituição da Matéria	Sequência Didática Investigativa; Recursos Multimidias	Propor e descrever o desenvolvimento de uma sequência de ensino que utiliza recursos multimídia, articula animações, simulações e vídeos como fundamentação fenomenológica para o estudo das teorias atômicas.	Estudantes do Ensino Médio	Questionário

S27	Empírico	Ácido-base	Sequência Didática Investigativa; Experimentação	Mostrar e compreender como os estudantes de duas turmas de Ensino Médio de uma escola pública lidam com os conceitos de ácido e base, após utilização de uma sequência didática com uma abordagem investigativa.	Estudantes do Ensino Médio	Registros escritos
S28	Empírico	Abordagens Investigativas	Questionamento de crenças em ambiente reflexivo	Explorar as crenças defendidas por professores de ciências secundárias sobre a aprendizagem baseada em investigação e o impacto que isso tem em sua prática de avaliação formativa real em sala de aula.	Professores de Ciências com Experiência	Entrevistas semiestruturadas com professores; Notas de campo; Gravações de conversas professor-aluno
S29	Empírico	Química: soluções, misturas homogêneas e heterogêneas, pH	Sequência Didática; Abordagem CTSA; TIC	Propor o uso de recursos didáticos, como Tecnologia, Informação e Comunicação (TIC), Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e abordagem por investigação, para facilitar o ensino-aprendizagem da disciplina de Química, utilizando como tema gerador o desastre ocorrido no dia 5 de novembro de 2015 na cidade de Mariana, em Minas Gerais, devido ao rompimento de uma barragem de rejeitos da mineradora SAMARCO.	Estudantes do Ensino Médio/Técnico	Questionários
S30	Empírico	Física e Química: Indústrias Lácteas	Resolução de Problemas	Mostrar a avaliação do desenho de uma investigação sobre um problema precipitação identificada na indústria de laticínios, de estudantes do ensino médio.	Estudantes do Ensino Médio	Respostas escritas às questões guia; Anotações de campo
S31	Empírico	Chuva Ácida	Abordagem CTS; Interdisciplinarida de; Experimentação Investigativa	Analisar as contribuições e implicações de um estudo realizado com a utilização da experimentação investigativa em um enfoque CTS ─ Ciência-Tecnologia-Sociedade para o ensino de conceitos químicos por meio de um tema sociocientífico envolvendo a qualidade do ar e atmosfera.	Estudantes do Ensino Médio	Questionários; Produção escrita: história em quadrinhos e mapa conceitual
S32	Teórico	-	-	Apresentar os principais marcos do Ensino de Ciências por Investigação, por meio da análise e discussão das aplicações de Sequências de Ensino investigativa em turmas de diferentes níveis de instrução.	-	-
S33	Teórico	-	-	Analisar, por meio de um estudo documental, os compromissos teóricos de uma Experimentoteca, no trabalho com práticas investigativas, baseando-se em categorias previamente estabelecidas.	-	-
S34	Teórico	-	-	Pesquisa bibliográfica que visou a análise das diferentes perspectivas de atividades investigativas, suas visões de ciências e os objetivos formativos.	-	-
S35	Teórico	-	-	Explorar o potencial do *Design* para o Ensino de Ciências por Investigação, objetivando ampliar as maneiras de prática.	-	-

S36	Empírico	Temas elencados de acordo com a necessidade; Água	Sequências Didáticas Investigativas	Identificar o papel das Sequências Didáticas Investigativas dentro do Ensino de Ciências, na educação básica, anos iniciais, por meio da análise dos dados obtidos pós aplicação e da análise teórica.	Estudantes do Ensino Fundamental I	Questionário
S37	Empírico	Dinâmica Populacional	Sequência Didática baseada em práticas Investigativas	Reconhecer as interrelações existentes entre as práticas epistêmicas e a autonomia dos estudantes dentro de práticas investigativas, com o auxílio de uma sequencias didática investigativa.	Estudantes do Ensino Médio	Gravações/ transcrições das aulas
S38	Empírico	Equilíbrio Térmico e termologia; Movimento acelerado e Plano inclinado	Simulação Computacional / Experimentação	Identificar a relação dos conceitos científicos, ou seja, o conhecimento conceitual dos estudantes, e as práticas investigativas.	Estudantes do Ensino Médio	Observação e anotação da atividade; Questionários
S39	Empírico	-	-	Analisar o processo de aproximação, durante a prática de ensino de uma professora da educação básica, com as perspectivas do ensino por investigação.	Educação infantil	Observação participante
S40	Empírico	Répteis	Visita mediada ao museu de Ciências	Analisar o papel da mediação em atividades investigativas que foram desenvolvidas dentro de um museu de ciência, sobre a temática de répteis.	Estudantes do Ensino Médio	Gravação de áudio; anotações em diário de bordo
S41	Empírico	-	-	Apresentar e avaliar uma ferramenta de análise de propostas de ensino investigativas. Uma ferramenta que reúne aspectos relacionados à estrutura da investigação, ao nível de abertura de atividades investigativas e às ações docentes que oferecem suporte aos estudantes no seu envolvimento com processos investigativos.	-	-
S42	Teórico	-	-	Analisar as práticas do ensino por investigação, observando como as práticas científicas e epistêmicas emergem nessas situações, para a promoção da alfabetização científica em articulação com a BNCC.	-	-
S43	Empírico	Biologia de um inseto	Etnografia da Educação	Compreensão de como as relações discursivas foram construídas pelos estudantes do ensino fundamental, na dimensão da articulação entre os domínios conceituais, epistêmicos e sociais do conhecimento científico; na perspectiva dos pressupostos etnográficos.	Estudantes do Ensino fundamental	Observação participante; registros em áudio e vídeo; Artefatos produzidos

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020.

Quanto à tipologia de pesquisa, a maior parte dos artigos se desenvolveram por meio de pesquisa empírica, mostrando abordagens metodológicas práticas/aplicadas. Apenas os artigos S17, S25, S32, S33, S34, S35 e S42 apresentaram tipologia teórica, na qual a ênfase é apresentar o estado da arte ou as principais assertivas teóricas acerca do tema em questão. No artigo S17, os autores mostram a importância de se entender as características intrínsecas dos professores na concepção de práticas investigativas; os autores discutem que muitos professores sentem dificuldade na aplicação de abordagens investigativas por fatores relacionados à falta de clareza da relação entre a prática docente e científica, falta de confiança na proposição da investigação pela priorização do conteúdo, falta de criatividade na adaptação dos equipamentos comuns nas práticas investigativas, falta de capacidade orientadora para as investigações, entre outras (AKUMA; CALLAGHAN, 2018).

Mesmo que poucos artigos tenham se preocupados em apresentar revisões teóricas sobre temáticas relacionadas à abordagem de EPI, diversos autores dedicaram suas pesquisas para apresentar resultados empíricos que comprovassem a relevância da prática investigativa a partir de diversas estratégias didáticas. No artigo S16, Pizzato e colaboradores (2018), preocupam-se em mostrar a diferença entre as atitudes investigativas e científicas, expondo os aspectos que convergem e os que divergem entre essas concepções. Isto é realizado por meio uma atividade investigativa, em um Ambiente Interativo de Aprendizagem (AIA), baseada em propostas da química forense (PIZZATO et al, 2018). Para estes autores, as principais características que mudam das atitudes investigativas para as científicas são aquelas relacionadas ao trabalho científica e a ética na ciência, como por exemplo a precisão, a responsabilidade e a honestidade intelectual (PIZZATO et al, 2018).

Os instrumentos de pesquisa utilizados nos trabalhos analisados foram os mais diversos, porém, o mais comum foi o questionário, estando presente nos artigos S3, 7, 8, 10, 11, 13-15, 20, 22, 24, 26, 29, 31, 36, 38. Vale ressaltar que desde o aumento no número de pesquisas científicas qualitativas, o questionário tem sido uma ferramenta muito eficaz de coleta de dados pois, quando bem articulado, possibilita o enfrentamento direto aos sujeitos de pesquisa por meio de questionamentos subjetivos, porém, tona-se necessário um cuidado na formulação das questões para que não abra margem a interpretações errôneas e totalmente em desacordo com o sentido do questionário (FONTANELLA et al, 2006; MOYSÉS; MOORI, 2007).

Outros instrumentos de coleta de dados muito importantes são as gravações de áudios e vídeos durante a realização das atividades (vistos nos artigos S3, 4, 13, 15, 16, 18, 28, 37, 40, 43). Lorenzoni e Recena (2017) mostram que a utilização da estratégia de gravação de áudios para a coleta de resultados possibilitou uma análise e discussão mais detalhada dos dados pela transcrição das falas mais relevantes.

Com base no **Quadro 03**, é perceptível a possibilidade de se trabalhar diversificados temas/conteúdos a partir da utilização de abordagens investigativas, não se resumindo apenas àquelas que utilizam a estratégia de experimentação em laboratório ou sala de aula. Saleh e colaboradores (2020), por exemplo, utilizaram a abordagem investigativa atrelada a jogos virtuais para a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades de linguagem por estudantes do ensino médio estadunidenses.

Outra possibilidade de utilizar as abordagens investigativas é por meio da interdisciplinaridade de áreas do conhecimento (como exibem os artigos S1, 4, 7, 8, 30, 31). Silva et al (2018), realizaram uma atividade muito interessante ao se embasar na abordagem investigativa, para discutir conteúdos de química com foco na matemática, em turmas iniciais de cálculo diferencial, no curso de licenciatura em química. Essa articulação permitiu a vivência de aspectos investigativos e científicos pelos estudantes e possíveis futuros professores, como: a correlação correta do conhecimento teórico com o prático, a confirmação de hipóteses por meio de evidências experimentais, a correlação de aspectos científicos com socioculturais, a aplicação da linguagem matemática em diferentes situações, e entre outros.

A pesquisa realizada nos periódicos P4/P7/P9, refinou seus resultados na ênfase em atividades investigativas desenvolvidas no ou para o Ensino Médio (regular e técnico). Esse refinamento, possibilitou a compressão dos principais temas que estão sendo desenvolvidos por meio do EPI, com os estudantes do Ensino Médio, revelando as principais dificuldades no uso dessa metodologia para esse nível de ensino.

De acordo com Cardoso e Scarpa (2018), alguns artigos apresentam aparente confusão no real objetivo das abordagens investigativas, pois muitos veem apenas como a inserção de problemas ou questões no início da atividade e resolução no final, como é visto no artigo S29. Porém, a abordagem investigativa se preocupa muito mais com o processo de realização da atividade, ao invés de apenas o momento inicial ou final. O processo investigativo trata de levantamento de hipóteses, checagem das hipóteses, correção de erros, reelaboração de hipóteses para posterior resolução do problema (CARDOSO; SCARPA, 2018).

Autores como Stavrou et al (2018), Assai e Freire (2017), Gomes et al (2020), Vidrik et al (2020), Lorenzoni e Recena (2017), Moura et al (2019), Silva et al (2016), Souza e Silva (2018) e Cavalcante et al (2019) vislumbram a utilização de SDI. Elas são sequências de atividades ordenadas, bem articuladas às dimensões epistêmicas e pedagógicas, que possibilitam a utilização de diversas estratégias de ensino (MÉHEUT, 2005; ZABALA; 1998). Quando elaboradas com base no EPI, estas sequências propiciam vários momentos de construção e reconstrução de conhecimentos e o desenvolvimento de competências e habilidades de investigação por parte dos estudantes (STAVROU et al, 2018; VIDRIK et al, 2020).

Os artigos empíricos apresentados citados no **Quadro 03**, coluna 2, apontaram que em quase todas as pesquisas, a abordagem investigativa possibilitou o alcance ao objetivo de aprendizagem proposto inicialmente. Crujeiras-Pérez e Pérez-Vidal (2018) afirmam que a abordagem utilizada na atividade – experimentação investigativa por meio da construção de um andaime teórico –, exibiu baixa eficácia no processo, podendo ser um reflexo da inexperiência do estudante ao realizar a metodologia proposta.

Silva e colaboradores (2016) constataram que a utilização da abordagem investigativa possibilitou maior envolvimento dos estudantes e a construção de conhecimentos químicos sobre modelos atômicos. Prsybyciem et al (2018) constataram que a utilização de atividades investigativas,

com ênfase, nesse caso, na experimentação articulada à abordagem CTS, permitiu mudanças conceituais por parte dos alunos, para conceitos mais elaborados em relação à linguagem científica; também promoveu maior participação ativa no processo de ensino e aprendizagem e na elaboração e teste de hipóteses para o problema proposto.

Correia e Harrison (2019) afirmam que seus resultados reiteram que as concepções dos professores sobre o significado da investigação, ou seja, o que o professor prevê para as atividades investigativas, são consistentes com a forma como eles vão ensinar e avaliar a investigação realizada pelos estudantes. O mesmo ocorre para a promoção da autonomia do aluno nas atividades investigativas, que também é influenciada por essas concepções. Nesse sentido, é importante entender quais significados os professores atribuem para a abordagem do EPI no contexto escolar.

Além da estratégia didática, a escolha do tema que será abordado deve estar amplamente correlacionada à sequência de atividades que serão utilizadas por meio da abordagem investigativa. Stavrou e colaboradores (2018), por exemplo, utilizaram sequências de ensino e aprendizagem investigativas, para trabalhar com futuros professores em química, tópicos de nanotecnologia, e como eles devem ser abordados nos materiais pedagógicos. Além de ser um tema muito interessante para ser trabalhado com os estudantes do ensino médio, a nanotecnologia ainda abarca a possibilidade da divulgação científica e tecnológica no ambiente escolar (STAVROU et al, 2018.).

No ano de 2018, a Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (P11) publicou uma edição especial sobre o Ensino por Investigação, apresentando 10 artigos e 1 editorial sobre a abordagem didática. Nos anos anteriores (dentro do recorte temporal da pesquisa), não foram encontrados artigos que abrangessem os EPI, porém, essa edição foi de suma importância, pois abarca obras de elevada relevância dentro do ramo da pesquisa, contendo trabalhos das principais pesquisadoras contemporâneas na área do EPI, como, Sasseron (2018), Carvalho (2018), Cardoso e Scarpa (2018), entre outros. Os artigos S32 e S42 exibem aspectos muito importantes para o EPI, quanto ao seu desenvolvimento no Brasil, abordando, por exemplo, uma relação com os documentos oficiais que constam de orientações e diretrizes para a educação básica brasileira.

A revisão de literatura foi indispensável para o conhecimento das pesquisas desenvolvidas na atualidade sobre o ensino por investigação. Percebe-se que as pesquisas são bastante diversas e apresentam várias possibilidades de articulações, com diferentes estratégias de ensino e linhas de pesquisa. Os resultados da revisão apontam que ainda é pouco estudada a abordagem de ensino por investigação sobre a temática nanotecnologia, observando evidências do desenvolvimento da ciência e tecnologia, e atrelada ao desenvolvimento da alfabetização científica, no contexto de aulas de química do ensino médio. Esse aspecto contribuiu de forma relevante para a delimitação da questão e objetivos desta pesquisa. Contribuiu também para a seleção dos conteúdos de química abordados na sequência didática investigativa proposta, de modo articulado à nanotecnologia e nanociência, uma vez que conteúdos como cinética química e interações intermoleculares são muito mais comuns de serem abordados quando se trabalha com esta temática (CASTRO et al, 2019; BARREIROS, 2018).

1.2 PRINCIPAIS MARCOS HISTÓRICOS DA EDUCAÇÃO BRASILEIRA

Para se inferir no contexto educacional brasileiro contemporâneo, é necessário entender que o processo de desenvolvimento da educação no Brasil perdurou por mais de 500 anos, repleto de situações positivas e negativas, para poder chegar à realidade atual, com legislações já estabelecidas que regem a educação brasileira.

As primeiras evidências educacionais são vistas num período considerado como a "pré-história" para o Brasil, momento em que ainda não havia desembarcado nenhum colonizador nas terras brasileiras e que estavam presentes apenas os nativos brasileiros, indígenas que viviam para si mesmo e para a tribo, respeitando a hierarquia, e os cargos estabelecidos (TEIXEIRA; CORDEIRO, 2008).

Às mulheres adultas era incumbido o cuidado dos "lares", das crianças e da alimentação da tribo; aos homens adultos, o dever de caçar e pescar, para suprir as necessidades da comunidade; ao pajé e ao cacique, a liderança religiosa e da tribo, respectivamente. Esse modelo é considerado o primeiro sistema educacional não-formal brasileiro. O modo de educar por meio da hierarquia e divisão de tarefas, foi bastante eficaz para as necessidades da época (TEIXEIRA; CORDEIRO, 2008).

No ano de 1500 houve a chegada das primeiras navegações portuguesas ao Brasil, com ideias autoritárias e impondo nessa nova terra sua cultura. Nesse período acontecia um evento histórico muito importante na Europa: a reforma protestante e a contrarreforma católica. Esses episódios religiosos implicaram na elevada perda de devotos pela igreja católica, a qual, com o intuito de reestabelecer sua relevância religiosa, instituiu as companhias de Jesus, caravanas que eram enviadas nas missões, com o objetivo de converter os não adeptos ao catolicismo, por meio da catequização. A companhia de Jesus chegou ao Brasil cerca de 50 anos após a chegada dos colonizadores, encontrando uma realidade totalmente diferente da europeia no modo de vida dos indígenas. (GHIRALDELLI, 2001; TEIXEIRA; CORDEIRO, 2008).

Com intuito econômico, para os colonizadores, e evangelístico, para os integrantes da companhia de Jesus, chamados de jesuítas, foram iniciadas as catequizações dos nativos brasileiros. Porém, diversas dificuldades foram encontradas, sendo o principal, os diferentes dialetos falados pelos indígenas, o que fez com que fosse imprescindível não só a conversão católica, mas também, o ensino da língua portuguesa e de costumes europeus (GHIRALDELLI, 2001).

Esse momento na história, é considerado como segundo modelo de educação no Brasil, o chamado *Ratio Studiorium*, não mais uma educação hierárquica familiar, mas o ensino das letras, filosofia, ciências e teologia, pelos jesuítas. Pode-se depreender que esse foi, talvez, o primeiro momento em que a avaliação da aprendizagem foi realizada de forma integral, ou seja, de acordo com a evolução cognitiva observada pelos indivíduos nos ambientes das aulas. Vale ressaltar que a presença dos Jesuítas no Brasil levou ao impedimento da utilização da mão de obra indígena pelos portugueses, o que resultou no regime escravista negro (BORTOLOTI, 2003).

Os principais nomes desse período de catequização no Brasil foram os Padres Manuel de Nóbrega e José de Anchieta, os quais propuseram que a melhor forma de ensinar a religião a esses novos membros, era se adaptando à cultura deles, unindo os louvores sagrados aos rituais e mitos próprios dos povos indígenas. Diversos recursos metodológicos eram utilizados para a efetivação da aprendizagem, como a música, a dança, as artes etc. (TEIXEIRA; CORDEIRO, 2008; GHIRALDELLI, 2001). Os Jesuítas tiveram o monopólio da educação brasileira por mais cem anos, construindo diversas escolas de ensino de teologia, letras, ciências e filosofia. Nessa época os que tinham oportunidade de estudar nas escolas jesuíticas, eram a elite, ou seja, os filhos dos donos de terras e engenhos (MONLEVADE, 1997; BORTOLOTI, 2003).

Já no século XVIII, por motivos econômicos e culturais, a Companhia de Jesus foi expulsa do Brasil, pelo Marquês de Pombal – Sebastião José de Carvalho e Melo, diplomata e primeiro-ministro português. Nessa saída diversas pessoas morreram e outras tantas tiveram que fugir às pressas para não serem executadas (TEIXEIRA; CORDEIRO, 2008). Até os dias atuais o legado dos Jesuítas surte um grande efeito para a educação brasileira, com escolas e universidades voltadas ao ensino científico e religioso (MONLEVADE, 1997).

Pombal, baseado em ideias Iluministas europeias, acreditava que o modelo de ensino Jesuíticas representava um perigo eminente para o governo e a economia de Portugal e de sua colônia. Com isso, a Reforma Pombalina propõe, por volta de 1759, uma nova forma de ensino: as **aulas régias**. Eram aulas avulsas, descentralizadas e desqualificadas de latim, grego, filosofia e retórica, mantidas pelo governo para a promoção da cidadania, sendo consideradas o primeiro modelo de ensino público no Brasil (MONLEVADE, 1997; GHIRALDELLI, 2001).

A chegada do rei D. João VI e da família real ao Brasil em 1807 pode ser considerado com um dos momentos mais importantes para a história do Brasil, e do desenvolvimento educacional. Com a chegada da comitiva real, o país passou por diversas mudanças sociais. O sistema educacional passou a agrupar três níveis: primário, secundário e superior, além disso, uma série de cursos profissionalizantes começaram a surgir (MONLEVADE, 1997; GHIRALDELLI, 2001).

Em 1822 a independência é proclamada através do D. Pedro I, e o Brasil passa a seguir com uma política educacional distinta de Portugal. Foi publicada, então, a Carta Magna, contendo um tópico específico para a educação, neste haviam as novas diretrizes para o sistema educacional brasileiro. Começou no país uma educação com o modelo *lancasteriano* de ensino, modelo que dava ênfase a uma educação cooperativa entre os alunos. A metodologia, para a época, foi muito boa, porém não havia investimento suficiente por parte do estado, para dar uma educação de real qualidade para a população (MELO, 2012).

Alguns anos mais tarde, posteriormente à Proclamação da República, surge nesse sistema um modelo de educação liberal, no qual houve o repasse de responsabilidade do ensino primário e secundário públicos para as províncias existentes, tirando a responsabilidade do governo central ou federal, em um ato constitucional (MONLEVADE, 1997).

Quando se refere à educação, nesse período histórico, observou-se o seguinte panorama: o tema educação já integra a constituição, o governo federal é responsável pelo ensino superior e de mandar verbas para cada província, e cabe ao estado se responsabilizar com o ensino primário e secundário públicos. Em contrapartida, a falta dos recursos necessários enviados para cada província resultou num número muito baixo de escolas por províncias (MONLEVADE, 1997).

A partir da década de 30, foi possível ver um Brasil mais emergente, um país com uma economia capitalista crescente, o que refletiu na educação. Nesse momento, houve a criação do sistema nacional de educação federativo, aumentaram-se os investimentos, tanto federais com a criação de universidades em cada unidade federativa, como também os estados e municípios ampliam a quantidade vagas nas escolas de alfabetização, primária e secundária. Por outro lado, o ensino começa a se apresentar deficitário, com a qualidade cada vez menor (SILVA, 2007). Na década de 40, houve a criação do ensino profissionalizante com o SENAI e o SENAC, para tentar suprir muitas necessidades sociais e culturais do país (GHIRALDELLI, 1990; MONLEVADE, 1997).

No ano de 1932, ainda no governo do presidente Getúlio Vargas, escritores e artistas influentes na época, propuseram o Manifesto da Educação Nova. De acordo com Ghiraldelli (1990), este manifesto trazia em suma tudo o que era necessário para uma renovação das leis e de todos os demais âmbitos referentes à educação brasileira. Um dos integrantes desse manifesto, o escritor Fernando de Azevedo, afirmava que era imprescindível levar em consideração a real relação existente entre escola e sociedade, confirmando que o contexto social é de extrema importância para os processos educacionais, haja visto que o ambiente escolar está intimamente ligado com as práticas cotidianas (AZEVEDO, 1932).

> Lançado o Manifesto dos Pioneiros da Educação Nova, que propõe um sistema escolar público, gratuito, obrigatório e leigo para todos os brasileiros até os 18 anos. O documento foi redigido por Fernando de Azevedo e assinado por 24 renomados educadores e intelectuais, que defendiam a reconstrução do sistema educacional menos elitista e aberto à interpenetração das classes sociais com vistas às necessidades de um Brasil que se industrializava[7].

Nesse momento da história, de guerras mundiais instauradas, os objetivos da educação global começaram a tomar um rumo diferente, para uma educação mais reflexiva e voltada às questões sociais do meio (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Um dos pontos mais interessantes desse manifesto é que eles estipularam a escola como sendo laica e sem distinção de classe, qualquer um poderia frequentá-la, desde o mais pobre ao mais rico, e independente da condição, o aluno seria avaliado de acordo com o seu resultado pedagógico e suas aptidões (o chamado caráter biológico), apresentados dentro da sala de aula. A separação de gênero também seria banida da escola, por meio do manifesto (AZEVEDO, 1932; GHIRALDELLI, 1990; MONLEVADE, 1997).

[7] BRASIL. Conheça a história da educação brasileira: 1932. **Ministério da Educação**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/pet/33771-institucional/83591-conheca-a-evolucao-da-educacao-brasileira>. Acesso em: 17 mar. 2022.

A existência deste manifesto culminou na instituição da lei que rege as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), até hoje. Já existiram três versões da LDB promulgadas em nosso país. A primeira de 1961 (Lei nº 4.024/61), e a que perdura até hoje de 1996 (Lei nº 9.394/96)[8]. Essa é a lei que assegura o funcionamento e a normalidade da educação brasileira (CERQUEIRA et al, 2013).

É possível ver a evolução das regulamentações educacionais brasileiras, graças a existência da LDB. A criação de fundos específicos para a educação e seu desenvolvimento; também a criação de projetos que estimulam o ensino superior como o ENEM, SISU ou PROUNI; e a capacitação dos professores, norteando-os em diversas áreas de pesquisa e ensino, são estratégias vigentes na LDB. Em suma, esta é considerada a mais completa legislação em favor da educação já redigida (CERQUEIRA et al, 2013).

Atrelado à LDB, foi desenvolvido um documento que trata dos parâmetros dos currículos de aprendizagem nacional, homologado no ano de 2018, para o ensino médio, a **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**[9]. Nesse documento, é possível entender as principais necessidades de ensino na atualidade, e como desenvolver estratégias didáticas que possam sanar problemas de perspectivas epistêmicas, culturais, sociais, tecnológicas etc. (SASSERON, 2018).

Partindo desse parâmetro orientador, são formulados os Currículos para a educação básica, contendo os principais eixos temáticos, que orientam o professor em suas práticas docentes, e objetivos de aprendizagem que resultam em habilidades e competências desenvolvidos pelos estudantes no final do processo. Os currículos hoje são os principais documentos norteadores do processo de ensino e aprendizagem, sendo formulados por especialistas nas áreas (como professores, acadêmicos e formadores), e seguidos por todos os docentes da educação básica (SCHNETZLER, 2010; SASSERON, 2018).

O ensino de química no Brasil, por sua vez, teve uma gênese muito conturbada. Por anos, não se havia distinção das ciências dentro das instituições. O governo português era indiferente aos desenvolvimentos tecnológicos recorrentes na Europa após a revolução industrial, e no início do século XIX. Com isso, as ciências no Brasil foram ganhando espaço a passos lentos nas instituições de formação inicial. Há indícios que as áreas das ciências da natureza só começaram a tomar forma com a chegada do Rei D. João VI ao Brasil, o qual com sua caravana realizou variadas atividades relacionadas às ciências no Brasil colônia. Por anos, o ensino de ciência continuou sem prestígio, os conceitos eram muito técnicos, objetivando a formação de mão de obra, e sem ligação aos cotidianos dos indivíduos (SCHNETZLER, 2010; 2004).

> No entanto, foi somente a partir de 1887 que conhecimentos de Ciências Físicas e Naturais começaram a ser exigidas nos exames de acesso aos cursos superiores,

[8] BRASIL. Presidência da República: **Casa Civil**. LEI Nº 9.394, DE 20 DE DEZEMBRO DE 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em: 04 nov. 2020.

[9] BRASIL. 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.

> principalmente ao de Medicina. Até esta data, as disciplinas que abordavam esses conhecimentos não eram procuradas, ainda mais que eram disciplinas avulsas[10].

No ano de 1931, a Química foi inserida nos currículos do ensino regular brasileiro, já no Brasil República, por meio da reforma na educação realizada pelo primeiro ministro da educação no brasil, o mineiro Francisco Campos (BRASIL, 2022; SCHNETZLER, 2010).

Inicialmente os objetivos educacionais da química eram a formação de indivíduos que compreendessem a ciência, tivesse o interesse despertado e conseguisse relacionar os conhecimentos químicos com aspectos de seu dia-a-dia. Porém, com o advento da LDB, e da educação profissionalizante, foram atenuados à química os aspectos voltados ao ensino técnico-científico, formando indivíduos apenas para o mercado de trabalho (SCHNETZLER, 2010).

Com a reforma da LDB e a instituição dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio, começou a se refletir acerca dos modelos de educação mundiais, para as Ciências da Naturais e suas Tecnologias, possibilitando a discussão de como o modelo de ensino brasileiro estava ultrapassado e não atendia às demandas da sociedade (SCHNETZLER, 2010; 2004). Surgiram então as competências e habilidades básicas que os estudantes devem desenvolver dentro do processo de ensino e aprendizagem, baseadas na educação interdimensional, a qual eles irão aprender a ser, a conhecer, a fazer e a conviver (SCHNETZLER, 2010; 2004).

Para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, no Ensino Médio, a BNCC propõe que o ensino deve se pautar na discussão de temas que envolvem Matéria e Energia, por uma visão mais fenomenológica, com o objetivo de desenvolver nos estudantes competências e habilidades que os tornem mais críticos e autônomos dentro da sociedade (BRASIL, 2018; SASSERON, 2018). Essas concepções devem emergir de práticas mais investigativas e de resolução de problemas, para uma educação integral interdimensional (BRASIL, 2018).

Nos dias atuais, a Química aparece dentro dos currículos de ensino como uma área de elevada importância para a didática das ciências, atuando na compreensão do mundo e de diversos aspectos da natureza; como ciência crítica na remediação de problemas ambientais e sociais; na produção de novas tecnologias, materiais e compostos; na utilização histórico-crítica para se entender a evolução da humanidade; etc. (PERNAMBUCO, 2013; 2021; BRASIL, 2018; SCHNETZLER, 2010; 2004).

A Química quando é vista como uma ciência social e presente no cotidiano dos estudantes, abarca uma quantidade elevadíssima de questões sociocientíficas que podem ser discutidas por meio dos conhecimentos científicos já difundidos. Além disso, possibilita a utilização bastante eficaz do EPI na construção de concepções e conhecimentos (SCHNETZLER, 2004). Essas afirmativas são melhor confirmadas nos levantamentos posteriores, apresentados na revisão de literatura, que foi realizada em periódicos nacionais e internacionais sobre o EPI.

[10] CHASSOT, 1996, apud SCHNETZLER, 2010, p. 371.

1.3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

1.3.1 Desenvolvimento Histórico do EPI

Desde o seu desenvolvimento, a educação se apresenta como um instrumento social de muita relevância; além de impactar na sociedade e no modo de vida dos cidadãos que a ela compõe, também é impactada pelas mudanças sociais resultantes da evolução humana. O ensino de ciências, por sua vez, tem apresentados diferentes objetivos educacionais nos últimos anos, em consequência das constantes mudanças que a sociedade contemporânea tem apresentado, essas mudanças impactam diretamente na forma como as diferentes abordagens didáticas vão sendo produzidas (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

O EPI é uma abordagem didática que versa da utilização de problemas para discussão de diversos temas e conteúdos nas aulas de ciências da natureza e humanas. Estas discussões devem estar baseadas em elaboração de hipóteses para a resolução do problema, com argumentos e justificativas, reflexão sobre as hipóteses e avaliação da sua relevância, checagem de erros e correções; tudo isso, resultando na construção de conhecimentos científicos (CARDOSO; SCARPA, 2018; BAPTISTA, 2010; AZEVEDO, 2004).

Para se entender como essa definição foi formulada, é necessário voltar um pouco na história e perceber que nem sempre a educação apresentou este caráter tão reflexivo ou discursivo. É possível perceber um marco na educação que começou no início do século XIX, quando as guerras mundiais se instauraram. Nesse contexto de extrema aflição, ocorreram mudanças políticas, históricas e filosóficas na sociedade, que impactaram diretamente na educação (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

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 começassem a ser ativos e reflexivos quanto aos conceitos científicos, desenvolvendo estratégias para resolver problemas presentes no seu meio social (SASSERON, 2018).

Dewey acreditava que a experiência era a principal fonte de aprendizagem, mas não a experiência como prática científica, ele via muito mais como uma prática social. Quanto maior e mais diversas fossem as relações nas quais os indivíduos participassem, maior seria a assimilação de diferentes experiências e, consequentemente, de aprendizagem. Pois, a experiência que iria ditar o agir ou reagir dos sujeitos, por meio de uma reflexão contínua (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

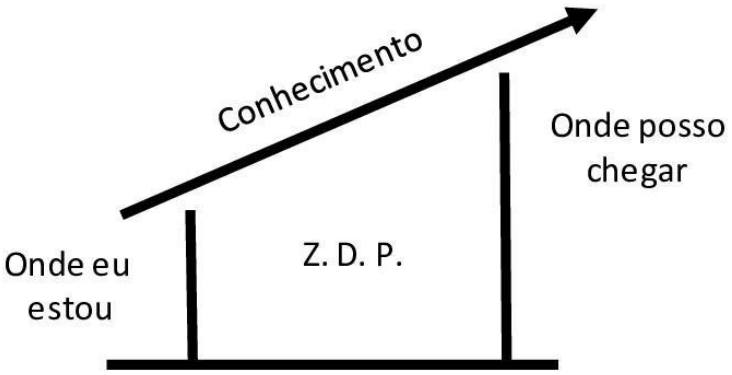
Os pressupostos de Dewey apresentavam fortes relações com as teorias cognitivistas, em ênfase na época, sendo os principais teóricos destas teorias Piaget e Vygotsky. As concepções

cognitivistas se debruçam no estudo do processo cognitivo da aprendizagem, ou seja, como os conhecimentos são assimilados nas mentes dos indivíduos (GIL-PÉREZ, 1993; CARVALHO, 2019).

Para Piaget, os sujeitos adquirem conhecimentos por meios de processos de equilibração, desequilibração e reequilibração. Carvalho (2019) afirma que este pressuposto corrobora com a ideia de que os conhecimentos que são adquiridos pelos indivíduos, emergem de conhecimentos prévios que eles já carregam. Sem esses conhecimentos prévios, não seria possível desequilibrar, para poder reequilibrar, logo, não ocorreria a aprendizagem de novas concepções.

Vygotsky, por sua vez, propôs que a aprendizagem se dá por meio de práticas sociais, sendo assim, os indivíduos inseridos em ambientes sociais irão aprender novos conhecimentos por meio de interações entre si, isto traz uma relação com as ideias de Dewey, em que o aluno para adquirir experiências (conhecimento) deve se relacionar com outros sujeitos (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2019; SANTA; BARONI, 2014). Na teoria sociointeracionista, Vygotsky assume que os conhecimentos são amadurecidos numa ZDP, que é definida como a distância entre a zona de desenvolvimento real (onde estou) e a zona de desenvolvimento potencial (onde posso chegar), de acordo com a **Figura 01**. O nível potencial só pode ser atingido por meio de resoluções de problemas de forma colaborativa e com outros indivíduos mais capazes (SILVA; CASTILLO, 2009).

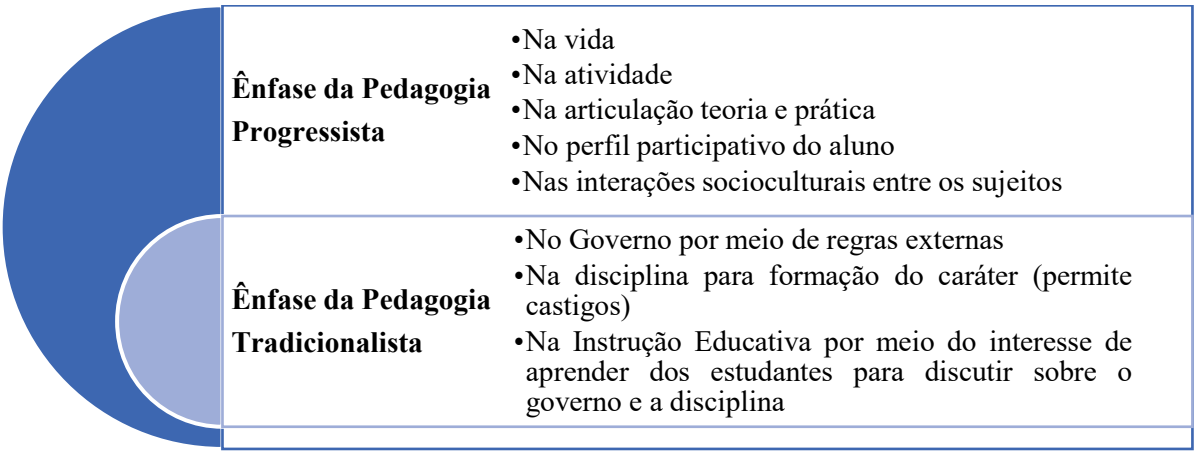
Figura 01: Esquematização da ZDP.



Fonte: SILVA; CASTILLO, 2009.

Dewey se baseou nas perspectivas cognitivistas e progressistas, para postular o ensino baseado em atividades investigativas, porém, existia um outro viés educacional que era muito forte na época. Eram as ideias do filósofo e pedagogo Herbart, com a pedagogia tradicionalista. Esta pedagogia dava ênfase na instrução educativa voltada para a disciplina e o governo, com foco no respeito às concepções morais, como elucida o **Figura 02**. Diferentemente, as ideias progressistas focavam nas interações socioculturais, por meio da atividade, articulando a teoria à prática, onde o aluno apresentava o perfil participativo e ativo de sua aprendizagem (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Figura 02: Pedagogia progressista *versus* Pedagogia tradicionalista.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020 (baseado em ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Já no século XX, o lançamento do satélite Sputnik pela União Soviética, reverberou em um impacto social muito significativa nos EUA, nesse sentido, fazendo-se questionar o perfil que os estudantes apresentavam ao sair das instituições de ensino, e como estes atuavam na sociedade. Observou-se que não era mais possível manter uma formação aplicada à sociedade, era imprescindível desenvolver competências acadêmicas, para melhor se resolver questões sociais. Essa realidade levou à intensificação do rigor acadêmico nas formações, com o objetivo de começar a preparação científica desde cedo, visando o desenvolvimento futuro de mais tecnologias e de segurança para a população dos EUA (SASSERON, 2018; PIZZATO et al, 2018; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Essa perspectiva criou um contraponto entre os aspectos da relevância social e as práticas de formação de cientistas na educação básica. Já que era requerido dos estudantes um perfil de observar, classificar, inferir e controlar variáveis, para resolução de problemas, dentro de sala de aula (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2018). Começou-se então a tornar as abordagens investigativas cada vez mais presentes nas salas de aulas, já que essas abordagens possibilitavam a formação crítico-cidadã dos indivíduos estadunidenses, com ênfase no trato social dentro da perspectiva do desenvolvimento científico e tecnológico (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

O ensino baseado em atividades investigativas só começou a instituir-se, no modelo que se apresenta hoje, e ser requerido pela didática das ciências, no final do século XX, nos EUA, após a publicação do documento denominado *Science For All Americans*. No documento, a natureza do ensino de ciências deveria estar em consonância com as práticas investigativas de observação, manipulação de dados, postulação e checagem de hipóteses, análises de resultados e conclusões etc. (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Trazendo para o cenário nacional brasileiro, por volta dos anos 70, com a chegada dos modelos construtivistas de ensino, muito se questionava sobre os objetivos educacionais daquela época, e se a abordagem didática atual sanava todas as lacunas (GHIRALDELLI, 1990; MONLEVADE, 1997; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

O EPI chegou anos mais tarde, de maneira muito sutil, dentro das discussões da didática das ciências no Brasil, sendo considerado nos discursos curriculares nacionais apenas em 1997 com a inserção das atividades investigativas nos Parâmetros Curriculares Nacionais. Com o tempo, e essa abordagem didática tem tomado forma dentro dos ambientes escolares. Ratz e colaboradores (2014), justificam essa realidade pela falta de ambientes de discussões que os professores, em formação ou em exercício, possam participar e discutir sobre essas atividades com abordagens investigativas, por meio de práticas epistêmicas. Essas práticas epistêmicas possibilitam o contato dos indivíduos numa comunidade, com os conhecimentos científicos que possam auxiliar a solucionar problemáticas existentes (BATINGA; SILVA, 2018).

Nos dias atuais, o documento máximo orientador dos processos educacionais no Brasil, a 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. 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 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).

Os currículos de ensino de química delimitam, nessa perspectiva, como habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes do ensino médio, indicadores que emergem das atividades investigativas, como por exemplo: a elaboração de hipóteses, a testagem das hipóteses, a observação e previsão de resultados por meio da utilização de variados instrumentos, a checagem das hipóteses e análise de dados obtido, entre outros (PERNAMBUCO, 2013; 2021). Além disso, a abordagem investigativa dentro das aulas de ciências, devem auxiliar no desenvolvimento protagonista dos estudantes, para que eles possam, de forma satisfatória, elaborar, intervir e solucionar problemáticas do mundo real, por mais complexas que elas sejam. Levando em consideração discussões sobre a matéria e a energia, suas transformações e conservações, de maneira crítica e autônoma (BRASIL, 2018; PERNAMBUCO, 2013; 2021).

1.3.2 Orientações Metodológicas para o desenvolvimento do EPI

O EPI requer do professor, a formulação de ambientes que propiciem o levantamento de hipóteses, justificativas, argumentos, ideias etc., onde o estudante é o ser-ativo que busca a resolução de problemas propostos a princípio (BAPTISTA, 2010). De acordo com Bell e colaboradores, “os Padrões Nacionais de Educação em Ciências caracterizam o ensino de investigação como envolvendo os alunos

em uma forma de aprendizagem ativa que enfatiza o questionamento, a análise de dados e o pensamento crítico"[11].

Cardoso e Scarpa afirmam que o EPI "busca inserir na sala de aula a utilização de práticas de questionamentos e de resolução de problemas"[12], objetivando a inserção do estudante na realidade científica para entendimento de como ocorrem as tomadas de decisões dos pesquisadores.

Munford e Lima (2007) indicam três equívocos que as pessoas costumam ter quando visam elaborar atividades investigativas em sala de aula: [1] A abordagem deve conter atividades práticas e/ou experimentais; [2] As discussões devem partir de situações unicamente "abertas"; [3] Durante a atividade deve-se ensinar todo o conteúdo por meio da investigação.

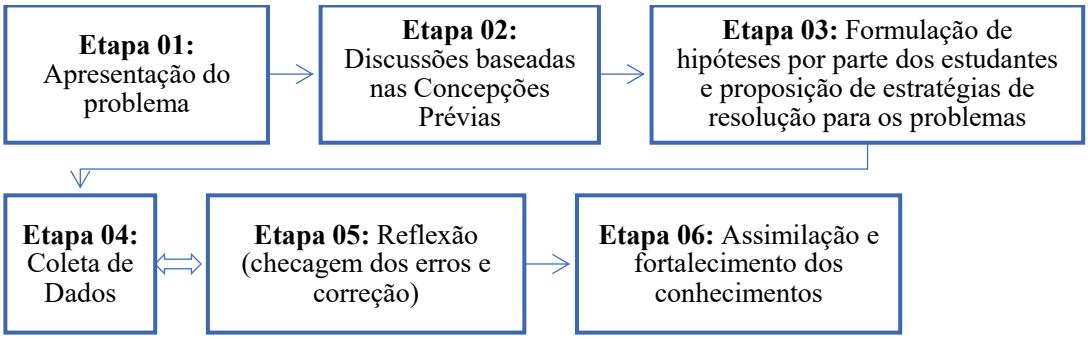
De maneira geral, o processo investigativo acontece em seis etapas, como descritos no **Esquema 01**. Na etapa 01, o professor indica qual o problema que será trabalhado na atividade investigativa, vale ressaltar que este problema deve ser escolhido em função dos estudantes, ou seja, deve fazer sentido 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 terceira etapa 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 (CARDOSO; SCARPA, 2018; CARLSON et al, 2003).

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 compra seu papel de "suportar, revisar ou refutar ideias científicas"[13]. Nesse sentido, é de suma importância que os problemas elaborados façam parte de suas realidades, ou das discussões sociais vigentes (CARDOSO; SCARPA, 2018).

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 quinta etapa, 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 (CARDOSO; SCARPA, 2018; CARLSON et al, 2003).

[11] BELL; SMETANA; BINNS, 2005, p. 30.
[12] CARDOSO; SCARPA, 2018, p. 1026.
[13] CARDOSO; SCARPA, 2018, p. 1027.

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



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020 (baseado em CARDOSO; SCARPA, 2018).

Cada etapa do EPI é de extrema importância, pois possibilita a o desenvolvimento de variadas competências e habilidades por parte dos estudantes (CLEOPHAS, 2016). Porém, antes de descrever essas competências e habilidades, é importante discutir sobre como o professor vai construir as atividades investigativas. O professor deve estar atento ao nível de abertura da atividade proposta, Cardoso e Scarpa[14] afirmam que 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.

Bell e colaboradores (2005) explicam que diferentes abordagens investigativas podem se apresentar de formas diversificadas, de acordo com a quantidade de informações que são fornecidas pelo professor durante a realização da atividade. Esses níveis investigativos – também chamados de níveis de abertura –, foram primeiramente propostos por Schwab em 1962 e, posteriormente, revisados por Herron em 1971, e, Rezba, Auldridge e Rhe em 1999 (BELL et al, 2005). Atualmente, o modelo mais difundido contém quatro níveis de abertura, de como as atividades investigativas podem se apresentar de acordo com a orientação e direcionamento do professor. Estes níveis expressam qual o montante de informações será fornecido aos estudantes (BELL et al, 2005). O modelo é referenciado no **Quadro 04**.

Quadro 04: Modelo de níveis de abertura para atividades investigativas.

Nível de Investigação	**Informações fornecidas**		
	Questão?	Métodos?	Solução?
(1) Confirmação	x	x	x
(2) Investigação Estruturada	x	x	
(3) Investigação Guiada	x		
(4) Investigação Aberta			

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020 (adaptado de Bell et al, 2005).

[14] DEBOER, 2016, apud CARDOSO; SCARPA, 2018.

No nível de investigação 01, os estudantes já têm a solução da questão e vão apenas realizar a confirmação de acordo com as evidências investigativas; esse processo é muito comum de ser visto na maioria das atividades experimentais que são realizadas em sala de aula, o professor chega com a solução do problema e pede para os estudantes confirmarem por meio de evidências experimentais. No nível de investigação 02, os alunos investigam uma questão dada pelo professor, por meio de métodos já preestabelecidos, para encontrar uma solução (BELL et al, 2005).

No 03, o professor apresenta uma quantidade menor de informações para os estudantes; nele, os alunos terão que planejar um método ou procedimento para solucionar uma questão dada inicialmente pelo professor. Já no nível de investigação aberta, os estudantes irão investigar o problema, desenvolvendo questões pertinentes sobre o tema, criando métodos de responder essas questões e chegando à solução de forma autônoma (BELL et al, 2005). À medida que o grau de abertura vai aumentando, os estudantes precisam desenvolver mais estratégias para resolver o problema inicial (CARDOSO; SCARPA, 2018).

Bell et al afirmam que "em sua essência, a investigação é um processo de aprendizagem ativo no qual os alunos respondem a perguntas de pesquisa por meio da análise de dados"[15]. Diante desse cenário, as práticas investigativas mais autênticas são aquelas nas quais os estudantes respondem seus próprios questionamentos por meio da análise dos dados coletados na atividade. Entretanto, as atividades investigativas podem ser realizadas guiando os estudantes a tirarem suas próprias conclusões, por meio da apresentação substancial de alguns dados, que os levem a construir suas próprias concepções de forma mais eficaz (BELL et al, 2005).

Figura 03: Heurística que representa as fases da abordagem investigativa guiada.

Fonte: MAGNUSSON; PALINCSAR; TEMPLIN, 2004, p. 140 (tradução nossa).

[15] BELL; SMETANA; BINNS, 2005, p. 30.

Como é apresentado na **Figura 03**, Magnusson, Palincsar e Templin (2004) propuseram uma heurística para descrever a instrução da abordagem investigativa guiada e orientar a tomada de decisão do professor. Nessa heurística, presume-se que cada ciclo começa com o envolvimento em torno de uma questão (problema), em seguida, prossegue-se para a investigação da qual se deriva afirmações de conhecimento sobre o mundo físico (levantamento de hipóteses) e termina com o relato dessas afirmações e suas evidências associadas (discussão final).

A motivação é essencial e deve ser alcançada de maneira que os estudantes se sintam participantes ativos do processo de investigação. Zômpero e Laburú (2011) afirmam que para que os alunos tenham interesse na atividade e se sintam motivados em resolvê-la, o problema deve fazer sentido para eles, ou seja, deve ser um tema escolhido em função dos estudantes e de suas realidades.

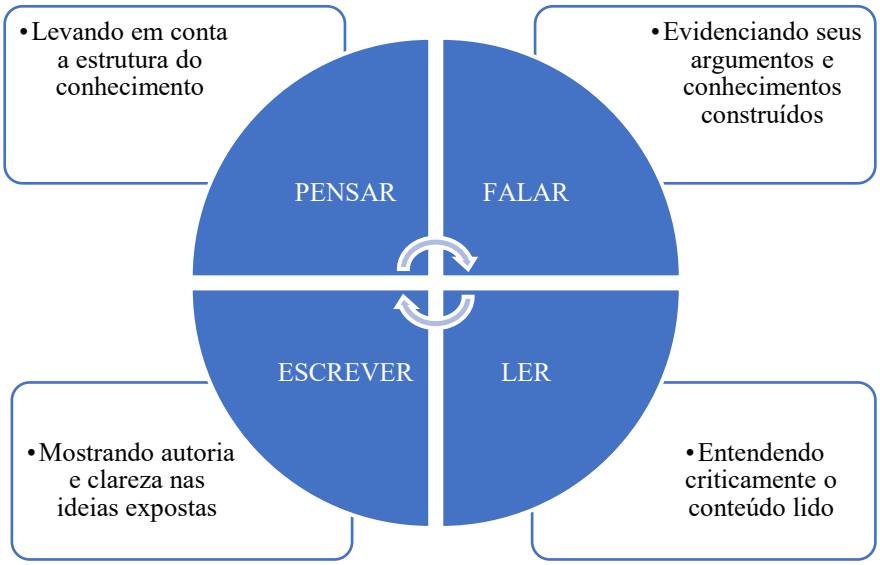
Dentro de uma abordagem investigativa, a comunicação é essencial para que as evidências sejam apresentadas e os argumentos sejam defendidos, nesse sentido, a fala se torna um instrumento de elevada importância durante a atividade. Para Littig et al, o processo de comunicação leva o indivíduo a "estabelecer contato, perceber, reconhecer, posicionar-se, pensar alto, reformular, desafiar e avaliar"[16]. O processo de enunciação oral – que é a discussão verbal entre os sujeitos da investigação –, permite que os dados sejam externalizados, os pensamentos compreendidos, além da organização do pensamento e formulação dos conceitos (LITTIG et al, 2020). Para Littig e colaboradores,

> Outra função da linguagem é a compreensão. Por meio da leitura de expressões, da enunciação oral e dos conteúdos das discussões é possível compreender o contexto social, cultural, as relações entre os sujeitos e os elementos do currículo que subsidiaram a investigação[17].

Nesse cenário, Carvalho (2018) argumenta que as atividades investigativas são ferramentas que dão ao professor condições em sala de aula de possibilitar nos alunos o desenvolvimento e aprimoramento de alguns aspectos cognitivos que são extremamente importantes para o desenvolvimento social, na área do pensamento, leitura, fala e escrita, estes estão mostrados na **Figura 04**.

[16] ALRO; SKOVSMOSE, 2010, apud LITTIG; COSTA; LORENZONI, 2020, p. 320.
[17] LITTIG; COSTA; LORENZONI, 2020, p. 320.

Figura 04: Aspectos trabalhados com os estudantes em atividades investigativas.



Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2020 (baseado em CARVALHO, 2018).

Atualmente, as atividades investigativas em sala de aula estão sendo realizadas com o objetivo de desenvolver nos estudantes variadas habilidades, que o auxiliem no trato com o mundo, por exemplo, habilidades sociais, cognitivas, epistêmicas, tecnológicas, argumentativas e entre outras (SUART; MARCONDES, 2009; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Para Carvalho (2018), as atividades investigativas devem dar aos estudantes condições para que eles participem em sala de aula sem medo de errar, permitindo-os explicar com suas próprias concepções os fenômenos ocorridos, levantar hipóteses com a articulação de diferentes variáveis, discutir de forma interdisciplinar os conhecimentos obtidos e relacionar o aprendido na atividade com sua vivência de mundo.

Os resultados de aprendizagem do EPI, geralmente são vistos em competências e habilidades que os estudantes desenvolvem durante e após as atividades investigativas. Sasseron e Machado (2017) indicam que esses resultados corroboram com a AC dos estudantes, por meio de 3 eixos principais: [1] compreensão de conceitos e princípios; [2] compreensão da natureza da ciência; e, [3] compreensão das relações CTS e CTSA. Esses 3 eixos serão mais bem explanados posteriormente.

Salienta-se 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.

1.1.5 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).

Littig et al (2020) advertem para quatro pontos que devem ser observados por professores durante a aplicação de uma atividade investigativa: [1] Apresentar elementos necessários – discussões, dados, problemas, questionamentos etc. – para que o aluno inicie o processo de reflexões, com exceção da investigação aberta; [2] Ficar atentos a todos os apontamentos dos alunos, eles evidenciam o nível de compreensão sobre o objeto investigado e se conseguem estabelecer algum contato com o conteúdo que se pretende abordar; [3] Observarem se todos os integrantes estão sendo ouvidos e todas as hipóteses estão sendo analisadas, pois às vezes alguns não conseguem participar por causa da timidez, ou não são levados em consideração; [4] Provocar discussões em torno das afirmações trazidas pelos alunos, para que o aluno analise novas variáveis e outros pontos de vista. De acordo com Cardoso e Scarpa (2018), o EPI permite que o professor adeque suas propostas de acordo com a necessidade da turma e do contexto no qual ela está inserida.

1.1.6 Atitudes Investigativas e Atitudes Científicas no EPI

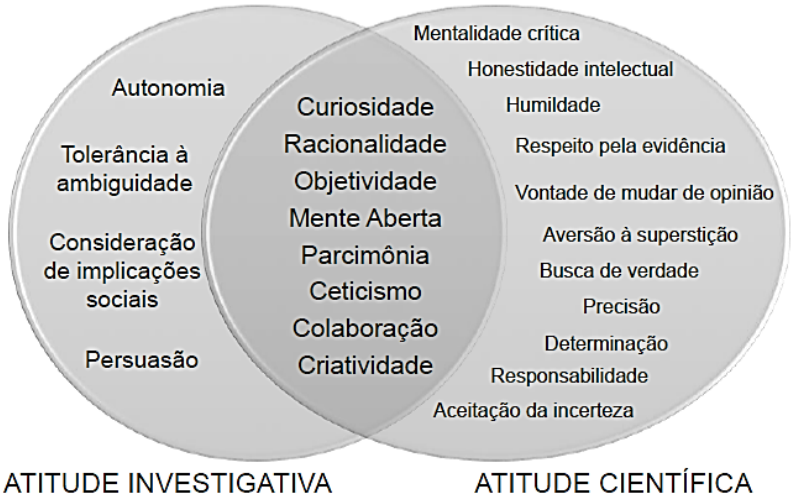
Muito se discutiu acerca das aproximações e distanciamentos das práticas de ensino investigativas, com as investigações científicas realizadas nas academias e centros de pesquisa, já que a investigação, do ponto de vista epistemológico é simplesmente o processo de fazer ciência (SANDOVAL, 2005).

É possível inferir, que as práticas do EPI desenvolvem nos estudantes várias habilidades do fazer científico (SASSERON, 2018; PIZZATO et al, 2018). Além de competências e habilidades, as abordagens investigativas desenvolvem nos estudantes atitudes científicas e investigativas que são as atitudes do século XXI, uma vez que "são importantes para o desenvolvimento de pensadores inovadores necessários para uma economia baseada no conhecimento"[18].

Em seu artigo, Pizzato et al (2018) elencaram alguns atributos de atitudes investigativas e científicas, eles podem ser vistos na **Figura 05**.

[18] GOBERT et al, 2015, apud PIZZATO; MARQUES; ROCHA; SOUZA; ESCOTT; HECK, 2018, p. 259.

Figura 05: Atributos das atitudes investigativa e científica.



Fonte: PIZZATO; MARQUES; ROCHA; SOUZA; ESCOTT; HECK, 2018, p. 262.

Pizzato et al (2018) discutem que mesmo alguns atributos aparecendo em exclusividade nas atitudes científicas, é possível inferir que nas atividades investigativas algumas dessas características estão bem presentes, também, isto mostra que a utilização de abordagens investigativas, desenvolvem nos estudantes características de atitudes científicas, mesmo que esta última seja mais comumente vista em pesquisas de cunho acadêmico.

Ao confrontar as atitudes investigativas e científicas, os autores elencam que apenas aquelas que são estritamente pertinentes ao trabalho científico e à ética na ciência, são raramente vistas nas abordagens investigativas em salas de aula, já que o EPI objetiva a aprendizagem dentro da didática, são exemplos atitudes científicas como precisão, responsabilidade, humildade, honestidade intelectual e aversão à superstição (PIZZATO et al, 2018).

Os tópicos acima mostraram que o EPI proporciona, dentro da sala de aula, a aplicação de abordagens que trabalhem diversas perspectivas científicas com os estudantes, desenvolvendo competências e habilidades necessárias para a formação humana e cidadã dos indivíduos (CAVALCANTE et al, 2019).

Diante do exposto, será desenvolvida dentro da perspectiva do EPI, uma SDI (CARVALHO, 2018; 2019; STAVROU et al, 2018) sobre Nanotecnologia e Nanociência (BARREIROS, 2018) para investigar as possibilidades da AC (SASSERON, 2015; 2018; SASSERON; MACHADO, 2017; SASSERON; CARVALHO, 2011) durante aulas de Química, dentro do ambiente escolar, com estudantes do 3º ano do Ensino Médio.

1.4 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

1.4.1 Pressupostos Teóricos e Metodológicos da Alfabetização Científica

Partindo de todo um arcabouço teórico, é de extrema importância dar o pontapé inicial neste capítulo entendendo que as ciências – ênfase nas Ciências da Natureza e suas Tecnologias por serem o ramo central deste trabalho – são instrumentos muito importantes apresentados aos indivíduos, primordialmente na sua formação inicial, que os auxiliam no entendimento de mundo, e facilitam o trato com questões e problemas do cotidiano (CHASSOT, 2003; SASSERON; CARVALHO, 2011; MÉHEUT, 2005; RATZ et al, 2014).

À vista disso, assim como para Chassot, o autor do corrente texto também considera a ciência como uma linguagem de mundo, a qual o indivíduo deve utilizar para compreender a natureza e os fenômenos resultantes de sua manipulação, "entender a ciência facilita, também, contribuir para controlar e prever as transformações que ocorrem na natureza"[19], quem assim a assimilar, estará alfabetizado cientificamente.

A Alfabetização Científica – também denominada por alguns autores de *Letramento Científico* ou *Enculturação Científica*[20] –, dentro da Didática das Ciências, remete à formação dos estudantes visando o aspecto social, por meio de práticas educacionais que possibilitem a formação cidadã para ação e atuação em diferentes contextos da vida (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Historicamente, o termo base para a AC surgiu na Europa, inicialmente na Grã-Bretanha, em seguida foi muito utilizado na França, que foi *"La Culture Scientifique"*. Por volta da década de 50, nos Estados Unidos da América, foi adotado o termo *"Scientific Literacy"*, expresso primeiramente por Paul Hurd em 1958, usado exaustivamente nos decorrentes anos. Posteriormente esse termo foi traduzido ao português como Alfabetização Científica ou, para alguns autores, Letramento Científico (LAUGKSCH, 2000; SASSERON; CARVALHO, 2011). Estes termos refletem a ideia dos autores acerca da importância de a população adquirir a cultura científica, conhecendo as limitações, objetivos e natureza da ciência, e como ela repercute na sua vida cotidiana (LAUGKSCH, 2000).

O termo alfabetização, utilizado para descrever esse processo de ensino por meio de temáticas sociocientíficas se relaciona às ideias apresentadas por Paulo Freire, o qual assume que o ato de alfabetizar vai além do ensino apenas da leitura ou escrita, mas surge da tomada de consciência dos indivíduos acerca de uma nova cultura e de como ela pode interferir na vida humana, atuando como uma forma de escrever, reescrever e interpretar o mundo e seus contextos (FREIRE, 2005; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Para Paulo Freire,

[19] CHASSOT, 2003, p. 91 (adaptado).
[20] KLEIMAN, 1995, apud SASSERON; CARVALHO, 2011; SOARES, 1998.

> [...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica uma autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto.[21]

É comum observar nas salas de aulas uma separação entre os conteúdos científicos que são abordados com o que realmente os estudantes precisam saber para desenvolver habilidades e competências de cidadãos ativos, críticos e responsáveis dentro de seus contextos sociais (SILVA et al, 2019); essa realidade torna o desenvolvimento da AC um dos objetivos centrais para ensino de ciências há muitos anos (SASSERON, 2019; 2015).

Ao exibir as possibilidades e limitações da AC no ensino de ciências, Sasseron e Carvalho (2011) elencam alguns outros teóricos que já realizaram uma discussão prévia acerca das falhas do modelo tradicional de ensino e mostraram as perspectivas de um ensino baseado na AC. Na citação a James Wilkinson (1847), por exemplo, é discorrido sobre a problemática dos modelos mais tradicionais de ensino em apresentar nas aulas de ciências, apenas conceitos científicos já formulados, desprezando a forma como estes conceitos foram pensados e produzidos, algo que torna o processo de compreensão menos tangível para os estudantes.

Por sua vez Rüdiger Laugksch entende que "não é necessário que a população em geral saiba fazer pesquisa científica, mas deve saber como os novos conhecimentos produzidos pelos cientistas podem trazer avanços e consequências para sua vida e sociedade"[22].

As atividades e discussões em sala de aula que partem de temáticas e problemas para introduzir o EPI, dependendo da forma como forem desenvolvidas, podem levar à AC dos estudantes, uma vez que possibilita interações entre os conhecimentos científicos, a utilização da tecnologia e os impactos à sociedade, possibilitando a leitura da natureza por meio da linguagem científica (SASSERON, 2018).

1.4.2 Alfabetização Científica e o EPI

Mediante às constantes (re)leituras dos objetivos educacionais na atualidade e da cisão aos modelos tradicionalistas de ensino e aprendizagem, o EPI vem tomando espaço cada vez maior, pela possibilidade da aplicação de estratégias didáticas que vislumbram o desenvolvimento crítico-cidadão dos estudantes, partindo de práticas investigativas, não somente ligadas ao ato de fazer/construir, mas por ações, atitudes, questionamentos de valores, análise e avaliação de resultados, tomada de decisões, entre outros (SASSERON; MACHADO, 2017).

Dentro do EPI, esses aspectos podem ser trabalhados por meio da resolução de problemas, que trazem à luz as principais implicações da ciência e tecnologia na sociedade, analisando impactos das decisões a curto e longo prazo (DEL-CORSO et al, 2017; SASSERON, 2019). De acordo com Lorenzetti

[21] FREIRE, 1980, p. 111.
[22] HAZEN; TREFIL, 1991, apud LAUGKSCH, 2000, p. 62 (tradução nossa).

(2016), a AC deve ser um processo permanente nas atividades em salas de aulas, podendo ser promovida pela articulação a variados recursos didáticos, como: jogos, filmes, atividades experimentais, tecnologias da informação e comunicação, teatro, música etc.

De fato, é perceptível a importância do entendimento da promoção da AC para as práticas pedagógicas, pois vislumbra aos estudantes a realidade das ciências e do como as pesquisas científicas ocorrem, além de popularizar resultados científicos e práticas científico-tecnológicas, por meio da utilização de diferenciadas estratégias didáticas (SASSERON; CARVALHO, 2011), como por exemplo, a SDI (SASSERON, 2015).

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 das temáticas (SASSERON, 2015).

Para isso é necessário que o professor planeje e organize as atividades científico-metodológicas inseridas à 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).

O desenvolvimento de competências e habilidades pelos estudantes para uma atuação crítico-social mais expressiva, é a chave para a AC. Laugksch[23,24] indica que a AC ocorre mediante a três categorias, a saber: alfabetização científica prática, cívica e cultural, estas categorias não se apresentam como mutualmente excludentes, elas dependem do objetivo, público, conteúdo e formato de entrega; nesse sentido, ele delimita inicialmente sete dimensões (D1-D7) em que consiste a definição da AC. Os quais foram organizados no **Quadro 05**.

Quadro 05: Dimensões da Alfabetização Científica.

Dimensões da Alfabetização Científica	
D1	A pessoa alfabetizada cientificamente entende a natureza do conhecimento científico.
D2	A pessoa alfabetizada cientificamente aplica com precisão os conceitos, princípios, leis e teorias científicas apropriados ao interagir com seu universo.
D3	A pessoa alfabetizada cientificamente usa processos da ciência para resolução de problemas, tomada de decisões e promoção de sua própria compreensão do universo.
D4	A pessoa alfabetizada cientificamente interage com variados aspectos do seu universo de modo consistente com os valores que fundamentam a ciência.

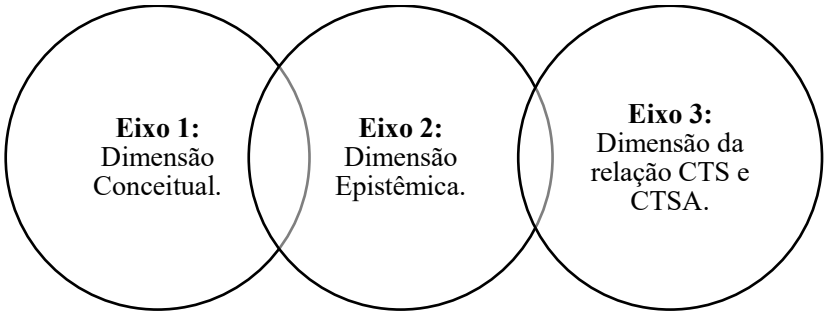
[23] SHEN, 1975, apud LAUGKSCH, 2000.
[24] SHOWALTER, 1974, apud LAUGKSCH, 2000.

D5	A pessoa alfabetizada cientificamente compreende e aprecia as relações entre a ciência e a tecnologia e a inter-relação destes com cada um e com outros aspectos da sociedade.
D6	A pessoa alfabetizada cientificamente desenvolveu uma visão mais rica, mais satisfatória e mais emocionante do universo como resultado de sua educação científica e continua a estender essa educação por toda a vida.
D7	A pessoa alfabetizada cientificamente desenvolveu inúmeras habilidades de manipulação associadas à ciência e tecnologia.

Fonte: LAUGKSCH, 2000, p. 76-77 (tradução nossa).

Fundamentada nessas concepções previamente propostas, Sasseron (2019) e Sasseron e Machado (2017) balizaram três eixos estruturantes da AC com as dimensões básicas para planejamento e formulação de atividades que objetivem o desenvolvimento de indivíduos cientificamente alfabetizados. Esses três eixos estruturantes são exibidos na **Figura 06**. Observa-se uma grande relação entre os eixos estruturantes propostos por Sasseron e as categorias apresentadas por Laugksch.

Figura 06: 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).

O **Quadro 06** foi construído baseado no que Sasseron e Carvalho (2011), assumem como indicadores que os indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente devem apresentar (A1-14).

Quadro 06: Indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente.

Indicador	Descrição do Indicador
A1	Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia.
A2	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
A3	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
A4	Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.
A5	Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los.
A6	Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.
A7	Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
A8	Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
A9	Reconhecimento a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.
A10	Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
A11	Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
A12	Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
A13	Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
A14	Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2021 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

Para práticas de EPI que visem a AC, todos os indicadores supracitados são de extrema relevância, por exemplo, os indicadores A2 e A3 enfatizam no entendimento da relação de como a ciência e a tecnologia influenciam e são influenciados por questões sociais. O entendimento deles resulta na confirmação da Alfabetização Científica, já que os indivíduos que criticamente fazem essas relações entendem que a ciência e tecnologia trabalham em prol do bem-estar social, e é a partir dele que

emergem as problemáticas focos de investigações (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON; MACHADO, 2017).

O indicador A10 trata do entendimento do como o uso da tecnologia tem afetado o cotidiano, e as consequências dessas utilizações, essa perspectiva elabora uma compreensão de que a tecnologia é o desenvolvimento de instrumentos essenciais para a relação do ser humano com o mundo material. Os indicadores A11 e A12, propõem que a ciência deve ser vista como uma construção cultural dos indivíduos, ela se dá por meio da checagem e proposição imparável de novos dados e resultados, com o incremento dos aparatos tecnológicos, possibilitando à sociedade mais conhecimento para o relacionamento com o universo (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON; MACHADO, 2017).

Realizando uma articulação das práticas do EPI com atividades desenvolvidas objetivando a AC dos estudantes, Sasseron e Machado (2017) apresentam dez indicadores que as atividades investigativas devem apresentar, para possibilitarem resultados mais direcionados. Os indicadores são mostrados a seguir no **Quadro 07**. Ressalta-se que esses indicadores surgem das práticas de investigações científicas mais acadêmicas, porém, podem ser comparados e correlacionados facilmente às estratégias do EPI em salas de aula.

Quadro 07: Indicadores da Alfabetização Científica em atividades de EPI.

Indicador	Descrição do Indicador
Seriação de Informações	Surge por meio da busca do estabelecimento das bases para a ação investigativa, sem necessitar, necessariamente, de uma ordenação para as informações.
Organização de Informações	Ocorre nos momentos em que se discute como o como foi realizado o trabalho, por meio da busca de um arranjo das informações disponíveis na proposição de um tema ou na retomada da questão.
Classificação de Informações	Surge da busca pelas características comum para os dados obtidos, podendo estabelecer uma hierarquia para as informações. Constitui um indicador voltado à ordenação e a relação dos elementos com os quais se trabalha.
Raciocínio Lógico	Relaciona-se diretamente com a forma que o pensamento é exposto, por meio da compreensão de como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. É um indicador que emerge por meio do entendimento da estruturação do pensamento e de como as falas dos estudantes são moldadas.
Raciocínio Proporcional	Refere-se às relações que os estudantes fazem entre as variáveis apresentadas no processo e como elas são interdependentes. Também é um indicador que emerge por meio do entendimento da estruturação do pensamento e de como as falas dos estudantes são moldadas.
Levantamento de Hipóteses	Acusa o momento em que as proposições e suposições são levantadas sobre um determinado tema, que pode ser na forma de pergunta ou afirmação.
Teste de Hipóteses	Momento em que se colocam as hipóteses previamente levantadas à prova, que pode ser por meio de manipulações com objetos, ou por meio das atividades do pensamento.
Justificativa	Ocorre quando uma afirmação é garantida por meio da justificação ao problema proposto. Com isso, a afirmação se torna mais segura.

Previsão	Quando as afirmações são confirmadas por meio de fenômenos ou acontecimentos observados na atividade investigativa.
Explicação	Quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. As primeiras explicações vão adquirindo mais autenticidade ao longo das discussões.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2021 (baseado em SASSERON; MACHADO 2017).

Os indicadores da Alfabetização Científica em práticas de EPI, são agrupados em três grupos. Grupo 1: indicadores relativos aos dados empíricos, são os indicadores seriação de informações, organização de informações e classificação de informações. Grupo 2: indicadores referentes à estruturação do pensamento de forma lógica e objetivo, são os indicadores raciocínio lógico e proporcional. Grupo 3: indicadores vinculados à checagem e entendimento dos conhecimentos obtidos emergentes na atividade, são eles levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação (DEL-CORSO et al, 2017; SASSERON; MACHADO, 2017).

Dentro da abordagem do EPI, a AC pode ser desenvolvida pela utilização de variadas estratégias didáticas como já visto *a priori*. Os resultados que comprovam a efetividade dessa prática já foram amplamente discutidos (SASSERON; MACHADO, 2017).

No corrente texto, serão utilizadas para análise dos dados, categorias teóricas estabelecidas com base nos estudos realizados por Sasseron e Carvalho (2011), e Sasseron e Machado (2017), acerca dos indicadores, e de resultados de AC dentro de práticas do EPI, visando o desenvolvimento de competências e habilidades dos estudantes do ensino médio, nas aulas de química, sobre o tema N&N.

1.5 NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA NO ENSINO DE QUÍMICA

1.5.1 Delimitação da Temática Nanotecnologia no Contexto do Ensino Atual

De uma maneira geral, a relação dos impactos resultantes dos avanços tecnológicos e as mudanças de paradigmas sociais na contemporaneidade, já vem se tornando uma discussão obsoleta. É impossível encarar a sociedade atual e não se deparar com diversos exemplos de materiais científicos e tecnológicos que foram desenvolvidos, tão brevemente, e que agora fazem parte do nosso cotidiano, como por exemplo, polímeros plásticos, resinas, tecidos sintéticos, revestimentos, chips, sensores e entre outros (BARREIROS, 2018).

Na realidade do ensino não é diferente, a cada dia torna-se mais indispensável promover, dentro de sala de aula, mecanismos que popularizem as práticas científicas e tecnológicas, apresentando seus avanços, suas funcionalidades, sua importância etc. (BRASIL, 2018).

As temáticas com um cunho social e científico, surgem nessa perspectiva, pois podem fazer sentido para os estudantes por estarem relacionadas de forma direta às diversas áreas de seu dia-a-dia. Por meio delas é possível debater os impactos da ciência sobre a tecnologia, o meio ambiente e a sociedade na qual os indivíduos estão inseridos, e vice-versa (BORBOLETTO; CARVALHO, 2009).

Em alguns casos, é possível o uso de problemáticas que estão em evidência na mídia que trate de uma realidade próxima do estudante. Porém, podem também significar uma perspectiva científica que impacta indiretamente a realidade dos estudantes (SOUSA; GEHLEN, 2017; BORTOLETTO e CARVALHO, 2009).

Nesse sentido, Nunes-Neto e Conrado (2018), versam as temáticas com impacto social e científico como uma abordagem multi ou interdisciplinar de ensino, por meio de questões, problemas ou situações contextualizadas que façam sentido aos estudantes. Faz-se necessário "para sua resolução [...] a mobilização do conhecimento científico escolar, de valores, habilidades, atitudes e admitem mais de um ponto de vista acerca de sua compreensão"[25].

Problemas utilizando esses temas sociais, partem de questões com caráter social, visando o desenvolvimento da argumentação pelos estudantes, por meio do confronto de posicionamentos, que pode levar a interações discursivas argumentativas (NUNES-NETO; CONRADO, 2018; PLATIN, 2008; SILVA; BARBOSA; BATINGA, 2021).

Existe uma diversidade de temáticas atuais, que estão sendo utilizados nas aulas de ciências e química. Sousa e Gehlen (2017), em seu levantamento, indicaram alguns temas sociais amplamente utilizados nos últimos anos em artigos científicos. Alguns desses temas foram elencados no **Quadro 08**.

[25] SILVA; BARBOSA; BATINGA, 2021, p. 1.

Quadro 08: Principais temas utilizados em pesquisas nos últimos anos.

Temas sociais e científicos	Autor/Ano de Publicação
Mudanças Climáticas	Lima; Silva, 2011; Ramos; Silva, 2009.
Radioatividade / Energia nuclear	Silva; Pessanha; Bouhid, 2011.
Aquecimento Global	Silva e colaboradores, 2013.
Combustíveis	Oliveira; Pierson; Zuin, 2009.
E-lixo (resíduo eletroeletrônico)	Melo; Prímola; Machado, 2013.
Legalização da maconha na Colômbia	Vargas; Martínez Pérez, 2011.
Agrotóxicos	Lopes; Carvalho; Faria, 2013; Lenharo; Lopes, 2013.
Ciência, religião e magia	Santos; Mortimer; Scott, 2001.
Nanotecnologia	Santos; Kato, 2013

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2021 (baseado em SOUSA; GEHLEN, 2017).

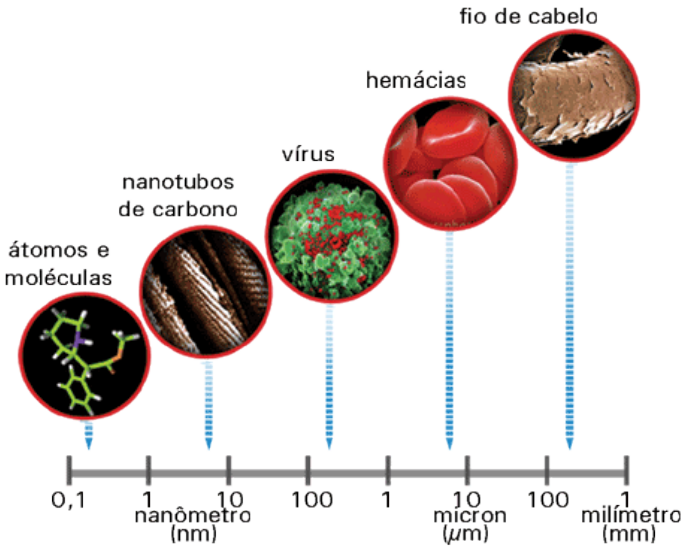
O **Quadro 08** apresenta os principais temas trabalhados em sala de aula nos últimos anos, dentre eles é possível ver que eles são bastante variados, desde temas que são importantes no momento, até questões gerais, porém importantes para a ciência. Uma das temáticas que vem estando cada vez mais presentes nas aulas de química, física, biologia, engenharias, matemática e outras áreas da ciência é a nanotecnologia. Santos e Kato (2013), por exemplo, investigaram os limites e as possibilidades da utilização de temas controversos sobre nanotecnologia em turmas de ciências da educação básica, entendendo como se dá a articulação do tema científico com as tecnologias desenvolvidas.

1.5.2 Nanotecnologia e Nanociência

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 (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). A **Figura 07**, apresenta uma comparação das dimensões de diferentes partículas presentes na constituição dos seres vivos.

Figura 07: Representação das diferentes dimensões de diferentes espécies típicas.



Fonte: TOMA, 2022.

Historicamente falando, os primeiros nanomateriais foram naturalmente desenvolvidos pelos organismos vivos, como exemplo o DNA, que possui sequências de ordem nanométricas, as quais obtêm uma quantidade gigantesca de informações genéticas, superando a maior parte dos bancos de armazenamento de dados conhecidos atualmente. Uma sequência de DNA com aproximadamente 0,3 nm de tamanho, pode chegar a armazenar mais de 1Tb de informações (SHRIVER; ATKINS, 2008).

As concepções de nanotecnologia, por meio da manipulação de nanomateriais são bem antigas. Alguns estudiosos datam que desde o Egito antigo (século V a.C.) já eram utilizadas nanopartículas de ouro para a preparação de um elixir, considerado o "elixir da longa vida", para recuperação da mente e juventude (CASTRO et al, 2019; MIRANDA, 2020).

Anos após, foi encontrado um artefato que era constituído por nanopartículas de ouro e prata em uma superfície vítrea, chamado cálice de Licurgo. Este material, de mais de 1600 anos atrás, tinha a característica de apresentar diferentes colorações à medida que mudasse a exposição à luz. Quando o cálice é atingido por radiação luminosa, as nanopartículas dos metais presentes na sua composição são excitadas de maneira que alteram a cor dependendo da posição do observador, como é apresentado na **Figura 08**. Esse é considerado um dos primeiros materiais desenvolvidos utilizando as percepções da nanociência (SHRIVER; ATKINS, 2008; CASTRO et al, 2019; MIRANDA, 2020).

Figura 08: Fotografias do Cálice de Licurgo.

À esquerda o cálice está em condições ambientais de iluminação (verde) e na imagem à direita foi iluminado por dentro (vermelho).

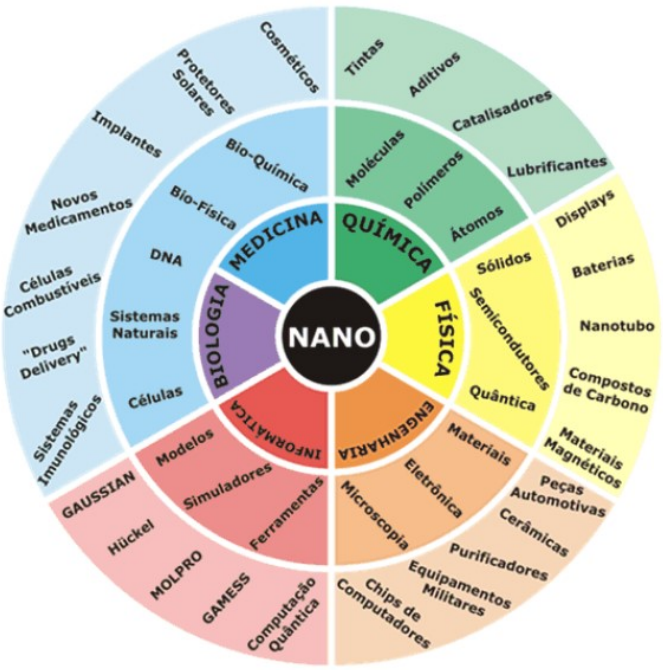
Fonte: Disponível em: < https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/calice-de-1600-anos-mostra-que-romanos-foram-pioneiros-em-nanotecnologia.html>. Acesso em: 25 maio 2021.

Em 1959 a célebre fala "há mais espaço lá em baixo", atribuída ao físico teórico norte-americano Richard Feynman, levou a ciência por um rumo até então obscuro. Após o desenvolvimento do primeiro microscópio de tunelamento por varredura, por Gerd Binning e Heinrich Rohrer, em meados do século XX, a nanotecnologia e nanociência começou a receber um foco maior da ciência e engenharia, pois essa tecnologia possibilitou a confirmação da concepção de que seria possível manipular e caracterizar as nanopartículas (SHRIVER; ATKINS, 2008).

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).

É possível apontar a utilização da nanotecnologia em vários ramos das ciências, engenharias, indústrias etc., como, nanopigmentos metálicos utilizados para marcação de biomoléculas como o DNA e na coloração de materiais vítreos (SHRIVER; ATKINS, 2008); nanopartículas fotossensíveis utilizadas em fotografias ou em impressões à laser (GOBO, 2019); nanocatalisadores de reações químicas e processos industriais (FERREIRA; RANGEL, 2009); e, nanopartículas adsorventes magnéticas para biorremediação da poluição de águas (RODOVALHO, 2015). Pode-se identificar, também, em alguns 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 (BARREIROS, 2018; SAMPAIO, 2017; CASTRO et al, 2019). A **Figura 09** configura uma representação das áreas multidisciplinares da nanociência.

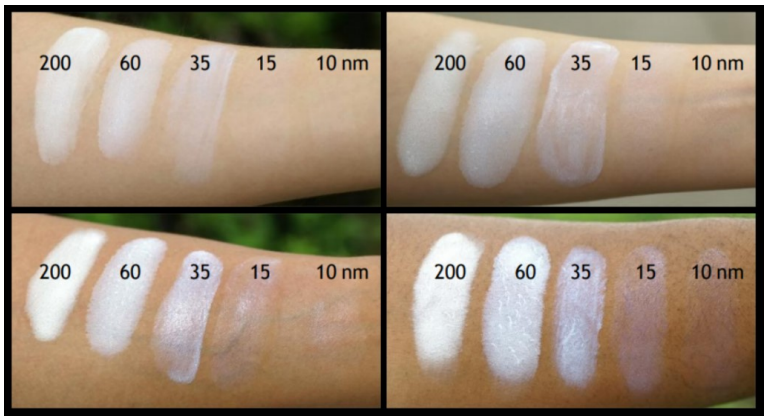
Figura 09: Representação multidisciplinar da nanociência.



Fonte: Disponível em: <https://redes-e-servidores.blogspot.com/2011/01/nanotecnologia.html>. Acesso em: 25 maio 2021.

Diversos materiais são constantemente desenvolvidos com a adição de nanopartículas às suas composições, o que reforça a ideia de que as propriedades químicas e, consequentemente, físicas, são modificadas e melhoradas de acordo com o objetivo. A **Figura 10**, exibe uma comparação quanto ao uso de protetores solares que contêm e não contêm nanopartículas, e claramente se percebe que com nanomateriais a absorção pela pele é mais eficiente. Nesses protetores solares são utilizadas nanopartículas de dióxido de Titânio (TiO_2), que além de ser insolúvel em água, ainda apresenta uma excelente absorção de raios ultravioletas, e uma fácil dispersão e incorporação na pele (CAMPOS, 2019).

Figura 10: Nanopartículas em dermocosméticos e protetores solares.



Fonte: CAMPOS, 2019.

Além de ter um aspecto histórico relevante, a utilização da nanociência em salas de aula possibilita a discussão de várias temáticas científicas, como, propriedades coligativas, forças intermoleculares, cinética química, modelos atômicos, nanomateriais e polímeros, propriedades físicas e químicas da matéria, poluição e desastres ambientais etc.; sem falar da possibilidade de se usar variadas estratégicas didáticas de forma contextualizada, interdisciplinar e multidisciplinar (BARREIROS, 2018).

A nanotecnologia possibilita aos cientistas o trabalho com partículas a nível em escala celular e molecular, essa característica, faz com que a matéria apresente propriedades totalmente distintas de quando se utiliza a mesma matéria em escala não-nanométrica, propriedades como área superficial, transições eletrônicas, condutividade térmica e elétrica são visivelmente modificadas quando a partícula é nanométrica. Isto eleva a importância desta ciência e faz com que seja imprescindível discussões relacionadas a essa temática dentro da sala de aula (REBELLO et al, 2012; SHRIVER e ATKINS, 2008).

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). Barreiros (2018), desenvolveu uma sequência didática com o objetivo de discutir o conceito de Cinética Química, com ênfase na propriedade de superfície de contato elevada dos materiais nanométricos.

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, dentro de aulas de Química do 3º ano do Ensino Médio, para análise da emergência da AC. Nesse contexto, variados conteúdos de química foram 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).

1.6 PRODUTO EDUCACIONAL

Com o passar dos anos, é comum que alguns professores percam o contato direto com novas publicações e teorias científicas e/ou pedagógicas, devido à sua formação inicial completada. Isso reflete diretamente no como os estudantes serão **formados**, pois, um professor desatualizado, oferecerá conceitos ultrapassados e insuficientes, para que o aluno consiga se desenvolver em sociedade (SILVA; FERREIRA, 2018).

Nessa perspectiva, a prática de 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, palestras, formações, etc., precisam se apresentar atrativos aos professores, e próximos às suas realidades (SILVA; FERREIRA, 2018).

Objetivando a extrapolação dos conhecimentos científicos vistos em sala de aula, os Produtos Educacionais (doravante PE) surgem como ferramentas metodológicas que possibilitam a discussão científica de forma embasada, estruturada e contextualizada (RIZZATTI et al, 2020). Eles se configuram como instrumentos de popularização tecnológica e científica em espaços formais e não-formais, permitindo ao professor o desenvolvimento de práticas articuladas à sua realidade por meio da adaptação e readaptação dos PE desenvolvidos (MEC, 2017; RIZZATTI et al, 2020).

Diversas abordagens/estratégias metodológicas podem ser utilizadas durante a elaboração de um PE, tais como, sequências didáticas (SENA; ROCHA, 2018; FREIRE et al, 2020); questões sociocientíficas (COSTA; FIRME, 2019); jogos, vídeos, experimentos, aplicativos etc. (RIZZATTI et al, 2020). Essas estratégias devem estar bem acertadas com os objetivos propostos pelo PE, à medida que este de apresenta como um material que pode ser facilmente aplicado e abre margem para adaptações.

Os PE podem ser classificados de acordo com os seus objetivos, como: material didático/instrucional, curso de formação profissional, tecnologia social, *software*/*app*, evento organizados, relatório técnico, acervo, produto de comunicação, manual/protocolo ou carte (mapa ou similar) (RIZZATTI et al, 2020).

Para o Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, os egressos devem apresentar como resultado de suas pesquisas, um Produto Educacional, objetivando auxiliar na prática docente de outros professores da área.

Na corrente pesquisa, foi elaborado um PE baseado no EPI. O PE será uma Sequência de Didática Investigativa, contendo 5 aulas, sendo três de 100 minutos e duas de 50 minutos. O objetivo da SDI é investigar a Alfabetização Científica de estudantes do Ensino Médio, por meio de aulas sobre o tema N&N.

A SDI vai abordar variadas estratégias didáticas, como, discussões e debates, leitura interpretativa de textos de divulgação científica, experimentação investigativa, apresentação de imagens para discussão, aula expositiva dialogada. As estratégias de aprendizagem que são objetivos da atividade, foram desenvolvidas relacionado os Indicadores da AC de Sasseron e Carvalho (2011).

A validação do PE, é uma etapa muito importante, pois esta etapa "consiste em identificar evidências que permitam avaliar a adequação e a interpretação de resultados desse (produto/processo), a partir de critérios previamente estabelecidos"[26].

Para o PE produzido, a validação se deu por meio da aplicação da SDI, em uma Escola Técnica da RMR, no mês de maio de 2022. Os principais resultados relacionados ao material foram analisados, considerando os limites e possibilidades do PE, e as devidas modificações foram efetivadas.

[26] COOK; HATALA, 2016, apud RIZZATTI et al, 2020, p. 6.

CAPÍTULO 02: METODOLOGIA DA PESQUISA

CAPÍTULO 02: METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 DESENHO METODOLÓGICO

No corrente tópico são apresentados os caminhos metodológicos que foram utilizados no desenvolver da pesquisa, elencando a tipologia e abordagem de pesquisa; o público-alvo da pesquisa; os instrumentos de coleta e análise de dados; os cuidados com a ética na pesquisa; e, os referenciais de análise dos dados.

2.2 TIPOLOGIA E ABORDAGEM DOS DADOS DA PESQUISA

O estudo se aproxima de uma pesquisa de tipologia descritiva. Este tipo de pesquisa vislumbra a descrição e interpretação de fenômenos (*in loco* ou não) pela observação, a partir de várias fontes de dados, com predominância de dados qualitativos, como opiniões, respostas, falas dos estudantes, fenômenos, indicadores (SCARPA; MARANDINO, 1999). Nesse trabalho, especificamente, visa um estudo sobre as possíveis contribuições do EPI, concretizado por meio de uma SDI sobre N&N, para a apropriação da AC pelos estudantes em aulas de Química no ensino médio.

Para análise dos dados foi utilizada a perspectiva da abordagem qualitativa, que permite uma maior aproximação do pesquisador com a realidade social e cultural dos sujeitos investigados. A análise dos dados, seguindo uma abordagem qualitativa, para pesquisas na área de ensino de ciências, se apresenta como relevante, pois visa descrever e interpretar os dados por meio da análise de falas dos participantes (na linguagem verbal oral e/ou escrita, ações, gestos, modos etc.), relativas a fenômenos de ensino e aprendizagem, no contexto escolar, buscando compreender as interações sociais resultantes das atividades da pesquisa, possibilitando uma análise mais reflexiva (MOL, 2007).

2.3 DESCRIÇÃO DO PÚBLICO-ALVO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada com uma turma do 3º ano do Ensino Médio integrado ao curso técnico de Desenvolvimento de Sistemas de uma Escola Técnica Estadual de Pernambuco, levando em consideração as orientações de segurança e saúde públicas vigentes, para conter a disseminação da COVID-19, de acordo com os documentos oficiais do Ministério da Saúde. A escola situa-se no Cabo de Santo Agostinho, município da Região Metropolitana de Pernambuco.

A pesquisa envolveu três etapas: 1) Elaboração da SDI; 2) Desenvolvimento e validação da SDI e 3) Análise dos dados da SDI, e contou com a participação de 42 estudantes de forma presencial. Foram incluídos os 30 estudantes da turma que preencheram e entregaram em tempo hábil o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) assinados e datados, sendo excluídos os que assim não fizeram.

Os estudantes incluídos, participaram da aplicação e desenvolvimento de uma sequência didática investigativa (SDI) sobre N&N, baseada no EPI, visando a emergência de indicadores de AC, e que resultou na discussão de conteúdos científicos, suas aplicações e implicações no contexto social. A participação dos estudantes neste ambiente de ensino propiciou uma discussão relacionada à ciência e tecnologia.

O tema da pesquisa foi delineado com base na experiência do autor, que também é o professor das turmas. Por serem do curso de Desenvolvimento de Sistemas, é comum ouvir na fala dos estudantes a solicitação de temas que envolvem a química e o desenvolvimento de tecnologias para tratamento de doenças, meio ambiente e produção de materiais. Nesse sentido, a nanotecnologia se apresentou relevante para discutir as questões elencadas pelos estudantes.

Por se tratarem de estudantes do curso técnico em Desenvolvimento de Sistemas, é importante que eles entendam as implicações da ciência e tecnologia, no seu meio social e ambiental, para que por meio dessas discussões eles sejam capazes de se tornar, não só profissionais preparados, mas cidadãos necessários à sociedade, atuando de maneira responsável para um bom trato social.

2.4 ETAPAS 1 E 2: ELABORAÇÃO, DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DA SDI

Esta seção refere-se a um dos objetivos específicos de pesquisa. O desenho de uma sequência didática investigativa deve ser bem pensado e estruturado, para que haja uma articulação coerente entre todas as atividades propostas (MÉHEUT, 2005). Como discutido anteriormente, o tema e conteúdo foram delimitados com base na realidade dos estudantes, de suas aspirações conhecidas previamente e do curso em vigor.

A SDI se baseou nas 06 Etapas para o desenvolvimento de atividades, de acordo com Cardoso e Scarpa (2018), intentando a evidência do desenvolvimento da AC pelos alunos, a ser contemplada por meio da emergência dos indicadores elencados por Sasseron e Carvalho (2011), Sasseron e Machado (2017), os quais foram indicados como possíveis indicadores de AC, dentro das aulas.

Foram 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.

No **Quadro 09** é apresentada a SDI como instrumento de pesquisa. Para sua elaboração foram considerados os principais objetivos e caminhos metodológicos destacados pelos autores: Carvalho (2019); Zômpero e Laburú (2011); Stavrou et al (2018); Santos e Schnetzler (2010); Shriver e Atkins (2008); Sasseron e Carvalho (2011); Sasseron e Machado (2017).

Quadro 09: Sequência Didática Investigativa Sobre Nanotecnologia e Nanociência.

SDI	
PERFIL ESCOLAR	
Instituição: Escola Técnica Estadual da RMR de Pernambuco **Turma:** 3º Ano do Ensino Médio **Horário de Aulas:** Quarta-Feira, 15h50 às 16h40min.; Quinta-Feira, 08h às 09h20min. **Quantidade de Participantes:** 42 estudantes	
Nível de Investigação: 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 da questão problemática, para resolverem baseando-se nos dados coletados na atividade e na sua análise e discussão (BELL et al, 2005).	
PERFIL DA ATIVIDADE	
Tema: Nanotecnologia e Nanociência (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 81). **Título da SDI:** Desenvolvimento científico e tecnológico, da nanotecnologia, e seus impactos sociais e ambientais.	
PLANEJAMENTO DA AULA Nº 1 Apresentação dos Problemas e Discussões Iniciais Baseadas nas Concepções Prévias	
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.
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.	
Estratégias Didáticas	
Tempo Previsto: 50 minutos	**Aula nº 1:** Apresentação dos dois problemas produzidos previamente pelo professor, para identificação das concepções prévias dos estudantes por meio da resolução, através do trabalho em grupo, com posterior momento para discussões no grande grupo.

Metodologia

Na Aula nº 1 ocorreu a identificação das concepções prévias, para resgate dos conhecimentos e ambientação ao tema, para isto serão apresentados os problemas elaborados previamente (indicados no tópico Recursos Didáticos). Como define Gondim e Mendes (2007), os estudos que pesquisam as concepções dos alunos identificam duas características importantes: a aprendizagem ocorre através do envolvimento do aluno no processo de construção de conhecimento, e que as ideias prévias que os alunos trazem consigo desempenham um papel crucial no processo de ensino e aprendizagem. 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).

Os estudantes serão divididos em 7 grupos e 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 (*vide* **Esquema 01**).

Em continuidade, os alunos em grupos deverão 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 deverão descrever essas hipóteses de modo escrito. Este momento será 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 deverão entregar as suas resoluções iniciais para o problema. Eles as revisitarão ao final da SDI.

Após a resolução dos problemas e indicação dos pontos mais relevantes para resolvê-lo, de forma escrita, será levantado um momento de discussão e reflexão, no qual os estudantes poderão ter suas concepções prévias contrapostas, para checagem e correção de algumas concepções inicias. Essas discussões ocorrerão por meio de um debate entre grupos, com questionamentos como: "G2, você acredita que a explicação do G1 para determinado fato é coerente? Justifique e diga (caso necessário) o que vocês mudariam." (sendo G1-2 grupos de estudantes distintos) Este momento ocorrerá todo de forma oral e será guiado pelo professor/mediador da atividade.

Espaço Físico	Sala de aula.
Organização dos Alunos	Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes.

Recursos Didáticos

As atividades investigativas devem fazer sentido para os estudantes (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Dessa feita, foram produzidos **dois problemas**, que objetivaram a discussão da tecnologia, dentro da realidade dos participantes, com a utilização da temática Nanotecnologia, aplicada ao desenvolvimento, utilização e descarte de aparelhos eletrônicos.

Os dois problemas relacionados à utilização da Nanotecnologia e seus impactos na atualidade, foram:

> **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?

Roteiro da Atividade

Aula nº 1 (50min.)

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.

Referências	Bell et al, 2005; Cardoso; Scarpa, 2018; Castro et al, 2019; Gatti, 2009; Gondim; Mendes, 2007; Santos; Schnetzler, 2010; Sasseron, 2018; Shriver; Atkins, 2008; Zômpero; Laburú, 2011.

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

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.

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.	
Estratégias Didáticas	
Tempo Previsto: 100 minutos.	**Aula nº 2:** Leitura e interpretação de textos científicos pelos estudantes, em grupo, com posterior discussão e apresentação sobre as diferentes áreas das ciências em que a nanotecnologia tem impactado. Discussão para checagem das concepções e hipóteses propostas para a resolução do problema inicial.
Metodologia	
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 receberá dois textos de divulgação científica que trabalha a utilização da nanotecnologia em duas áreas da ciência e sociedade (indicados na seção Recursos Didáticos). 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, será solicitado dos estudantes que cada grupo elenque os três pontos mais interessantes relacionados ao texto, mancando com uma caneta ou marcador de textos, para discussão posterior. Após toda leitura e discussão em grupo, o professor guiará 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 também vão poder analisar quais as hipóteses e dados que foram levantadas 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 irão refletir e checar suas hipóteses e argumentos, com o objetivo de corrigir possíveis erros.	
Espaço Físico	Sala de aula, laboratório ou auditório.

Organização dos Alunos	Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes.

Recursos Didáticos

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 imã 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-nanoparticulas-absorvem-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 1atm., é um sólido que reflete bem a luz e apresenta coloração amarela. O composto químico benzeno (C_6H_6), 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**, 1ed., p. 146-155, 2020.

Roteiro da Atividade

Aula nº 2 (100min.)

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.

Referências	Amabis et al, 2020; Bell et al, 2005; Cardoso; Scarpa, 2018; Castro et al, 2019; Gatti, 2009; Gondim; Mendes, 2007; Litting et al, 2020; Santos; Schnetzler, 2010; Shriver; Atkins, 2008.

PLANEJAMENTO DA AULA Nº 3

Aula Expositiva Dialogada sobre Nanotecnologia e Nanociência

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.

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.

Estratégias Didáticas

Tempo Previsto: 50 minutos	**Aula nº 3:** Aula expositiva dialogada com auxílio de apresentação em slides, sobre o desenvolvimento histórico-social da nanotecnologia, as principais características físico-químicas dos nanomateriais e suas modificações quando comparadas às não nanométricas, propriedades das nanopartículas podem auxiliar em variados processos e usos, articulando essas características com os fatores que alteram relacionados às interações intermoleculares e polaridade das moléculas.

Metodologia

Na Aula nº 3, será realizada uma aula expositiva dialogada, com o auxílio de uma apresentação de slides, construído na plataforma *Canva.* O slide contará com a apresentação de subtemas relevantes à nanotecnologia, observando sempre a relação dos conteúdos, com conceitos químicos base 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).

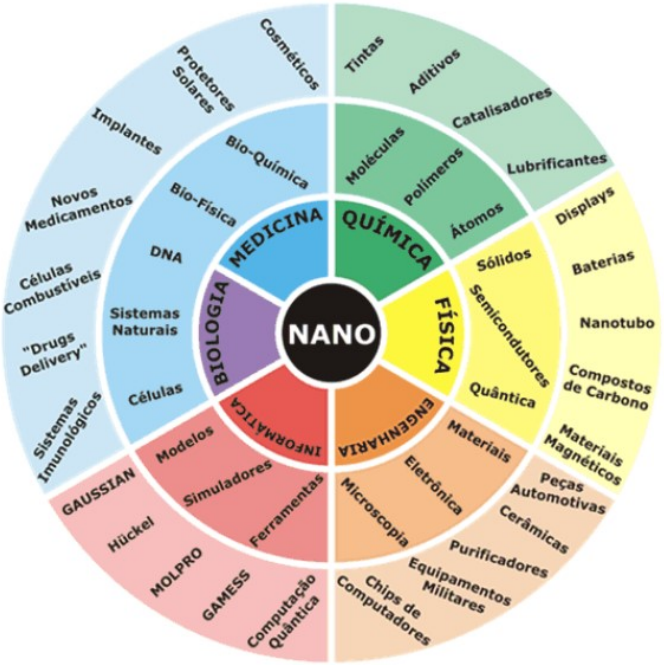
Além do desenvolvimento histórico das ciências, na aula serão abordadas as principais características das nanopartículas, comparando-as às partículas não nanométricas. Será realizada uma síntese de conteúdos de química, sobre constituição da matéria, modelos atômicos e moleculares, ligações químicas, carga parcial de moléculas etc. Além disso, será dada ênfase nas principais propriedades modificadas nas partículas manométricas, que são as interações intermoleculares, polaridade e reatividade.

Figura 01: Exemplificação do slide sobre o desenvolvimento histórico da nanotecnologia.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Serão apresentados aos estudantes slides destacando a atuação da nanotecnologia em variadas áreas da ciência, conforme ilustrado na **Figura 02**.

Figura 02: Representação multidisciplinar da nanociência.



Fonte: Disponível em: <https://redes-e-servidores.blogspot.com/2011/01/nanotecnologia.html>. Acesso em: 25 maio 2021

Áreas De Atuação:

- É possível identificar a utilização da nanotecnologia em vários ramos das ciências, engenharias, indústrias etc.;
- Nanopigmentos metálicos utilizados para marcação de biomoléculas como o DNA e na coloração de materiais vítreos (SHRIVER; ATKINS, 2008);
- Nanopartículas fotossensíveis utilizadas em fotografias ou em impressões à laser (GOBO, 2019);
- Nanocatalisadores de reações químicas e processos industriais (FERREIRA; RANGEL, 2009);
- Nanopartículas adsorventes magnéticas para biorremediação da poluição de águas (RODOVALHO, 2015);
- 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 (BARREIROS, 2018; SAMPAIO, 2017; CASTRO et al, 2019).

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

Figura 03: Exemplificação do slide sobre o desenvolvimento *biomimetismo*.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Em seguida, será 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.

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 do Vídeo 2: <https://www.youtube.com/watch?v=XiXLZVw1BCc>. Acesso em 2022.

Ao final, os estudantes receberão o seguinte questionamento para pensarem e discutirem na próxima atividade: ***Como as lagartixas consegue andar pelas paredes e tetos sem cair?***

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.
Recursos Didáticos	
Slide de aulas produzidos previamente; Televisão ou *Datashow*; Computador.	
Roteiro da Atividade	
Aula nº 3 (50min.) **05 min.** Organização do ambiente didático. **40 min.** Aula expositiva dialogada. **05 min.** Encerramento da Atividade.	
Referências	Barreiros, 2018; Bell et al, 2005; Cardoso; Scarpa (2018); Castro et al, 2019; Cavalcante et al, 2019; Ferreira; Rangel, 2009; Gatti, 2009; Gobo, 2019; Gondim; Mendes (2007); Rodovalho, 2015; Sampaio, 2017; Santos; Schnetzler (2010); Shriver; Atkins (2008); Silva; Rosa (2013).

PLANEJAMENTO DAS AULAS Nº 4
Experimentação Investigativa e Apresentação e Discussão de Imagens ampliadas referentes à Nanociência

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.
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.

Estratégias Didáticas

Tempo Previsto: 100 minutos	**Aula nº 4:** Experimentação investigativa guiada com nanomateriais, para a compreensão das propriedades físico-químicas que são alteradas à medida que as partículas são vistas na escala nanométrica. Apresentação de imagens de nanoestruturas resultantes da ampliação, por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), da pata de uma lagartixa, ampliada em 50μm (mais).

Metodologia

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 grau de abertura guiada, o professor inicialmente separará a turma em grupos para a realização da atividade experimental. Em seguida, os estudantes serão levados a discutir e entender quais as principais relações dos propostos com a nanotecnologia.

A atividade investigativa se dará orientada pelo professor de forma indireta, e por um questionário (indicado na seção Recursos Didáticos), que levará os estudantes a investigarem para obterem a resposta aos questionamentos.

Serão realizadas práticas baseadas em 02 materiais:

- **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.

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.

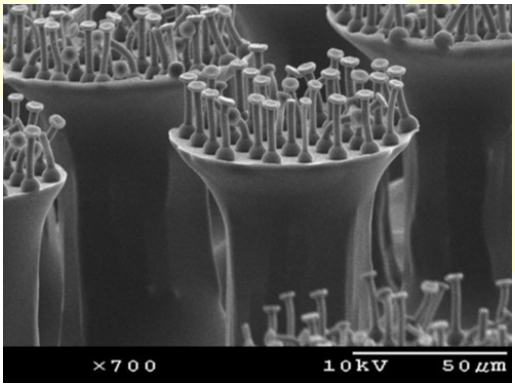
A areia colorida é uma areia especial que foi tratada quimicamente para repelir a água. Cada grão desta areia foi revestido com um composto do silicone, que tem a espessura de um nanômetro. Assim, a areia hidrofóbica parece com a areia normal da praia, contudo, se comporta de maneira muito diferente. 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 sujeita e outros contaminantes no processo.

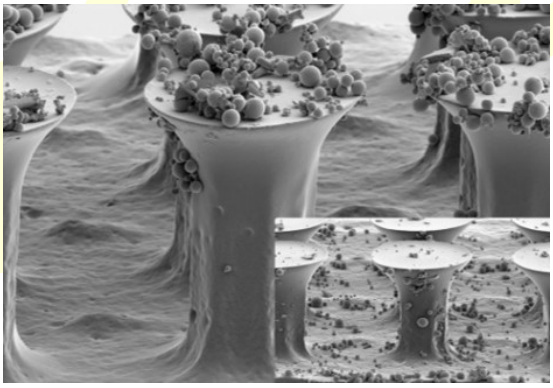
Nesse experimento, além de vislumbrar conceitos de polaridade das moléculas, e como elas podem ser manejadas com nanomateriais, também pode ser confirmada a contribuição para a compreensão dos nanomateriais super hidrofóbicos que foram/são construídos por meio do *biomimetismo*.

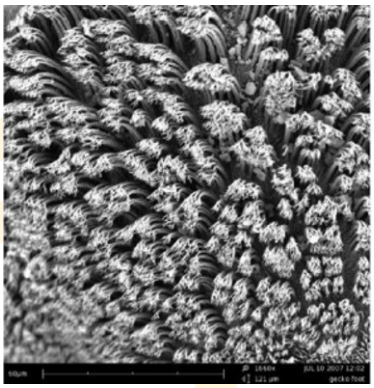
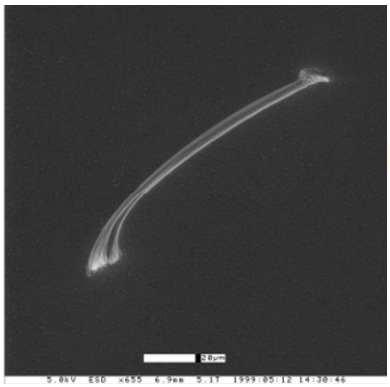
Todos os grupos terão tempo suficiente para o trato com o material de forma tranquila e adequada. Concomitante à realização da prática investigativa, o professor passa em cada grupo, instigando os estudantes acerca das imagens ampliadas da pata de uma lagartixa, começando da maior ampliação até a menor.

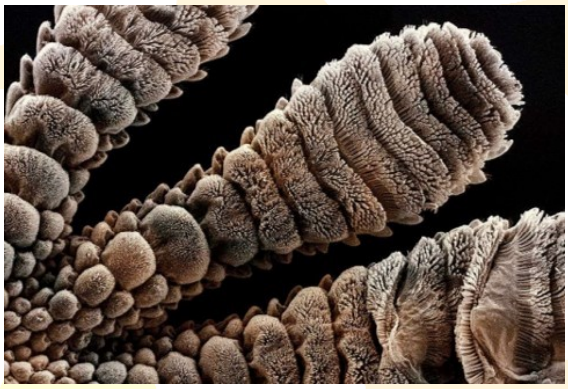
As imagens estão a seguir:

Figuras 04-07: Imagens ampliadas da pata de uma lagartixa.







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

Por meio de suas cerdas de espessura na faixa de 5-100μm, 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 à sua enorme área de contato. As interações de Van Der Waals, mesmo sendo consideradas fracas para o mundo macroscópicos, 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 serão instigados a responderem ao questionamento que será realizado na aula anterior, que foi: ***Como as lagartixas consegue andar pelas paredes e tetos sem cair?***
Esse questionamento será respondido após a observação e análise das imagens apresentadas.

Espaço Físico	Laboratório de Química.

Organização dos Alunos	Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes.

Recursos Didáticos

Para a realização dos experimentos investigativos serão necessários os seguintes materiais:

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

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

Os estudantes deverão que responder, durante a realização o questionário exposto a seguir:

QUESTIONÁRIO ATIVIDADE PRÁTICA - Experimentos Nanotecnologia

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.

Roteiro da Atividade

Aula nº 4 (100min.)

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.

Referências	Cardoso; Scarpa, 2018; Castro et al, 2019; Gatti, 2009; Gondim; Mendes, 2007; Panizzutti; Anjos; Braun, 2009; Prsybyciem et al, 2018; Santos; Schnetzler, 2010; Shriver; Atkins, 2008; Silva; Rosa, 2013.

PLANEJAMENTO DA AULA Nº 5

Reapresentação dos Problemas com Checagem, Afirmações e/ou Correções

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.
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.	
Estratégias Didáticas	
Tempo Previsto: 50 minutos	**Aula nº 5:** Reaplicação dos problemas para que, após toda atividade investigativa, os estudantes possam apresentar os crescimentos conceituais, atitudinais e procedimentais obtidos no processo.
Metodologia	
Procedimentos como reflexão, checagem dos erros, correção e mudança de concepções – Etapa 05 do desenvolvimento da atividade investigativa, propostas por Cardoso e Scarpa (2018) –, são essenciais em práticas investigativas. Um pesquisador que não está aberto a avaliar concepções prévias e, se for o caso, modifica-las ou melhorá-las, não terá bons resultados de pesquisa, pois na maior parte dos casos, o erro sempre resulta em uma mudança mais satisfatória para a ciência, que o acerto (SASSERON; MACHADO, 2017).	

Na Aula nº 5, os estudantes receberão novamente o papel 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 terão que apresentar o seu resultado de como resolveriam o problema, de acordo com tudo que foi visto 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 fortificados por meio das interações que ocorrem entre os grupos. Cada grupo terá a oportunidade de apresentar seus pontos fortes e fracos na atividade, e como conseguiram sanar essas problemáticas.	
Espaço Físico	Sala de Aula.
Organização dos Alunos	Atividade cooperativa em grupos de até 6 participantes.
Recursos Didáticos	
Para a entrega do argumento final, será disponibilizado uma folha resposta para os estudantes preencherem de acordo com o resultado das discussões do grupo.	
Roteiro da Atividade	
Aula nº 5 (50min.) **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.	
Referências	Bell et al, 2005; Cardoso; Scarpa, 2018; Santos e Schnetzler (2010); Sasseron; Machado, 2017; Shriver e Atkins (2008).

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

2.5 INSTRUMENTOS DE REGISTRO E COLETA DE DADOS

Os dados foram obtidos por meio das resoluções de questionários e problemas, gravações de áudio das aulas, fotos e diários de bordo anotados pelo professor pesquisador. É importante salientar que não houve nenhuma outra forma de comprometimento neste estudo. Em caso de riscos como: cansaço ou aborrecimento ao responder os questionários, constrangimento ao se expor durante a realização de testes, desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio e vídeo, os participantes não precisavam realizar a atividade, sendo a participação completamente voluntária. A SDI proposta se constituiu como um instrumento para a coleta e registro de dados da pesquisa, com o desenvolvimento de variadas estratégias didáticas (MÉHEUT, 2005).

Foram utilizados os seguintes instrumentos de Coleta de Dados:

- Gravação de áudio das aulas nº 1, 2 e 3 (transcrição de trechos de interações sociais entre estudantes e professor);
- Diário de bordo do professor, que observará os principais fenômenos resultantes da realização das atividades – ênfase aula nº 4;
- Respostas às perguntas do questionário aplicado durante a realização da atividade experimental investigativa;
- Problemas norteadores: argumentos e hipóteses por escrito como estratégia de resolução dos problemas apresentados no início e no final da SDI, como também suas checagens e correções.

Após coleta, esses dados foram organizados e analisados.

2.6 CUIDADOS COM A ÉTICA NA PESQUISA

O projeto de pesquisa foi enviado para avaliação do Comitê de Ética na Pesquisa (CEP) da UFRPE, órgão competente da IES que responde ao Conselho Nacional de Ética na Pesquisa (CONEP). Após apreciações, o projeto foi aceito sem pendências, e o Parecer Consubstanciado do Aceite consta no **Anexo 01**.

Todos os sujeitos participantes da pesquisa, foram convidados a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), quando maior de 18 anos, ou um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), quando menos de 18 anos, de acordo com a Resolução 510/2016 sobre a ética na pesquisa com seres humanos. Salienta-se que os termos serviram como instrumentos esclarecedores, para os indivíduos não se exporem a risco de danos associados ou em decorrência da pesquisa, sejam imediatos ou posteriores (BRASIL, 2016). Os **Apêndices I** e **II** apresentam o TCLE e TALE, respectivamente.

2.5 ETAPA 3: ANÁLISE DOS DADOS DA PESQUISA

Os dados coletados por meio da SDI foram analisados por meio de categorias teóricas, a priori, delimitadas a partir do referencial teórico da pesquisa, a saber: pressupostos e indicadores de AC, com base nos autores Sasseron e Carvalho (2011) e Sasseron e Machado (2017). O **Quadro 10** exibe a correlação de indicadores da AC, com as estratégias didáticas utilizadas nas aulas SDI.

Quadro 10: Correlação entre os indicadores de AC de Sasseron e Machado, e as estratégias didáticas utilizadas nas aulas dentro da SDI desenvolvida.

Indicadores da AC	Descrição do Indicador	Aula da SDI
Seriação de Informações	Surge por meio da busca do estabelecimento das bases para a ação investigativa, sem necessitar, necessariamente, de uma ordenação para as informações.	Aula nº 1
Organização de Informações	Ocorre nos momentos em que se discute como o como foi realizado o trabalho, por meio da busca de um arranjo das informações disponíveis na proposição de um tema ou na retomada da questão.	
Classificação de Informações	Surge da busca pelas características comum para os dados obtidos, podendo estabelecer uma hierarquia para as informações. Constitui um indicador voltado à ordenação e a relação dos elementos com os quais se trabalha.	Aulas nº 1, 2 e 3
Raciocínio Lógico	Relaciona-se diretamente com a forma que o pensamento é exposto, por meio da compreensão de como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. É um indicador que emerge por meio do entendimento da estruturação do pensamento e de como as falas dos estudantes são moldadas.	
Raciocínio Proporcional	Refere-se às relações que os estudantes fazem entre as variáveis apresentadas no processo e como elas são interdependentes. Também é um indicador que emerge por meio do entendimento da estruturação do pensamento e de como as falas dos estudantes são moldadas.	
Levantamento de Hipóteses	Acusa o momento em que as proposições e suposições são levantadas sobre um determinado tema, que pode ser na forma de pergunta ou afirmação.	Aulas nº 1, 4 e 5
Teste de Hipóteses	Momento em que se colocam as hipóteses previamente levantadas à prova, que pode ser por meio de manipulações com objetos, ou por meio das atividades do pensamento.	Aulas nº 4 e 5
Justificativa	Ocorre quando uma afirmação é garantida por meio da justificação ao problema proposto. Com isso, a afirmação se torna mais segura.	
Previsão	Quando as afirmações são confirmadas por meio de fenômenos ou acontecimentos observados na atividade investigativa.	
Explicação	Quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. As primeiras explicações vão adquirindo mais autenticidade ao longo das discussões.	Aula nº 5

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

O **Quadro 11** delimita as Estratégias didáticas utilizadas na SDI em cada aula, com os possíveis indicadores de AC, de acordo com os propostos por Sasseron e Carvalho (2011).

Quadro 11: Estratégias didáticas utilizadas na SDI em correlação com os indicadores para AC.

Aula	Estratégias Didáticas da SDI	Possíveis Indicadores de AC
Aula nº 1	Apresentação dos problemas produzidos previamente pelo professor para resolução por parte dos estudantes; Discussão inicial baseada nas concepções prévias dos estudantes e das respostas aos problemas.	A1, A4, A5, A8, A10, A12
Aula nº 2	Apresentação de dois textos de divulgação científica, acerca da utilização de nanomateriais ou nanopartículas, em questões sociais e ambientais; Discussão, com debate entre grupos de estudo, acerca dos textos por meio da mediação do professor.	A2, A3, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A13
Aula nº 3	Apresentação de aula expositiva dialogada, sobre o tema N&N, abordando aspectos do conhecimento químico científico, desenvolvimento histórico social, aplicações da nanotecnologia e impactos na atualidade.	A4, A5, A6, A7, A9, A14
Aula nº 4	Realização de atividade experimental investigativa, com o auxílio de materiais nanoparticulados; Apresentação e discussão de imagens relacionadas à microscopia eletrônica de varredura (MEV) da pata de uma lagartixa; Entrega de questionário norteador, para investigação dos estudantes.	A4, A5, A6, A7, A12
Aula nº 5	Reapresentação dos problemas aos estudantes, para releitura, checagem, reafirmação ou correção de hipóteses, por meio dos dados obtidos na sequência de aulas investigativas.	A1, A2, A3, A4, A5, A8, A10, A11, A12, A13

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

Para ambientação, os indicadores A1-14, são explicitados no **Quadro 12** a seguir.

Quadro 12: Retomada do quadro de indicadores apresentados pelos indivíduos alfabetizados científica e tecnologicamente.

Indicador	Descrição do Indicador
A1	Utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia.
A2	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias, bem como as ciências e as tecnologias refletem a sociedade.
A3	Compreensão de que a sociedade exerce controle sobre as ciências e as tecnologias por meio do viés das subvenções que a elas concede.
A4	Reconhecimento dos limites da utilidade das ciências e das tecnologias para o progresso do bem-estar humano.

A5	Conhecimento dos principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e capacidade de aplicá-los.
A6	Apreciação das ciências e das tecnologias pela estimulação intelectual que elas suscitam.
A7	Compreensão que a produção dos saberes científicos depende, ao mesmo tempo, de processos de pesquisas e de conceitos teóricos.
A8	Realização da distinção entre os resultados científicos e a opinião pessoal.
A9	Reconhecimento a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório, e sujeito a mudanças a depender do acúmulo de resultados.
A10	Compreensão das aplicações das tecnologias e as decisões implicadas nestas utilizações.
A11	Dispor de saber e experiência para apreciar o valor da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico.
A12	Extração da formação científica uma visão de mundo mais rica e interessante.
A13	Conhecimento das fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrência a elas quando diante de situações de tomada de decisões.
A14	Compreensão da maneira como as ciências e as tecnologias foram produzidas ao longo da história.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2021 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

Além de analisar a emergência dos indicadores da AC, serão também observados e discutidos os indicadores da AC vistos nos dados obtidos.

CAPÍTULO 03: RESULTADOS E DISCUSSÃO

CAPÍTULO 03: RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos pelo desenvolvimento e validação da SDI, bem como as discussões relativas aos objetivos específicos da pesquisa, a saber:

- Identificar indícios de AC, nas concepções prévias dos estuantes, pela resolução de problemas propostos em uma SDI sobre N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do ensino médio;
- Identificar e analisar a emergência da AC pelos estudantes durante a aplicação da SDI sobre a temática N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio;
- Validar a SDI sobre N&N (Produto Educacional) no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio.

Ressalta-se que a SDI sobre N&N visou o desenvolvimento da AC pelos estudantes do 3° ano do Ensino Médio de uma Escola Técnica Estadual da RMR.

A seguir são apresentadas as análises das atividades/estratégias da SDI, que se referem ao primeiro objetivo de pesquisa.

3.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS INICIAIS AOS PROBLEMAS P1 E P2 – REFERE-SE AO OBJETIVO DE PESQUISA: Identificar indícios de AC, nas concepções prévias dos estuantes, pela resolução de problemas propostos em uma SDI sobre N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do ensino médio:

A resolução dos problemas sobre N&N foi feita em grupos de até 06 componentes. Ao total, sete grupos participaram desta atividade, doravante nomeados de grupos de G1 a G7. Apenas um grupo não está incluso na análise dos dados, pois o mesmo não entregou a resolução final dos problemas com a checagem das respostas. Também foram excluídos os 12 estudantes que não preencheram e entregaram o TALE e TCLE.

O **Quadro 13** exibe a análise das respostas iniciais dos estudantes nos grupos, referente aos dois problemas, com base nos indicadores de AC de Sasseron e Carvalho (2011).

Os problemas são indicados a seguir, para uma maior apreensão da análise. O primeiro, P1, remete à diminuição no tamanho dos equipamentos eletrônicos, e os impactos relacionados à sociedade e ao meio ambiente, pela maior produção de lixo eletrônico. O segundo problema (P2) é relativo à elevada dependência, e consequentemente, demanda de aparatos tecnológicos, relacionando a produção (uso de matérias-primas), uso e descarte deles.

P1 *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?*

P2 *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?*

Os enunciados foram construídos de maneira aberta, objetivando instigar os estudantes a responderem de maneira ampla, relacionando vários conhecimentos (NUNES-NETO; CONRADO, 2018; SASSERON; CARVALHO, 2011). As questões não citaram diretamente a temática, porém requereram um olhar claro sobre a dimensão dos equipamentos produzidos e como isso interfere no ciclo processual, o que se associa à nanotecnologia.

Quadro 13: Análise das respostas iniciais aos problemas P1 e P2, pelos grupos[27].

Grupo	Resposta ao P1	Indicador da AC	Resposta ao P2	Indicador da AC
G1	Com o *avanço da tecnologia*, *a população se torna* cada vez mais ligada a estas questões tecnológicas, assim *os criadores tendem a deixar* esses produtos cada vez próximo da população, *diminuir os aparatos facilita sua utilização, sua locomoção e até seu descarte*, isso aumenta cada vez mais o consumo desses produtos, faz com que as pessoas se sintam mais próximas de questões globais, apenas com um aparelho em mãos.	**A2 e A3:** Na compreensão de que o avanço tecnológico influencia na sociedade e que a sociedade influencia às questões tecnológicas. **A14:** Compreensão do desenvolvimento da ciência e tecnologia ao logo dos anos.	Não. Para melhorar isto é preciso *prestar conhecimento de descarte para as pessoas*, além de aumentar a quantidade de pontos de coleta.	**A1 e A6:** Concepção que o conhecimento científico é importante para tomada de decisões adequadas dentro da sociedade.
G2	É perceptível que *quanto menor os objetos* usados no nosso cotidiano *contribuímos* assim *com o processo de descarte e utilização*.	**A10:** Por meio da ciência de que é necessário pensar a tecnologia em todos os seus aspectos, desde a produção, utilização e descarte.	Dependente do caso da tecnologia do material, *pode ser reutilizável ou não*. Já *uma solução* para isso seria o *aumento do tempo de vida de um aparelho*, por exemplo, ou *tornar os componentes de tal aparelho reutilizáveis*.	**A12:** Compreender as realidades científicas e tecnológicas e avaliar o mundo material. **A1:** Tomada de decisão baseada nas concepções de ciência e tecnologia prévias.
G3	No *decorrer do tempo* as empresas foram desenvolvendo *novos tipos de tecnologias* que ocupam menos espaços nos eletrônicos, e assim, acaba gerando uma maior procura das atualizações de tais aparelhos, e ocasiona,	**A2, A3 e A14:** Entendimento de como as tecnologias se desenvolveram ao passar do tempo, e como refletiu na atitude social.	Não, pois tal ciclo *exige dos recursos naturais*, que se encontram *cada vez mais escassos*, para isso poderia se usar materiais utilizados em	**A1 e A6:** Implicações da ciência e tecnologia na tomada de decisões mais adequadas na resolução de

[27] Legenda do Quadro: A coluna dois exprime as respostas ao P1, e a coluna quatro ao P2. As colunas três e cinco discutem quais os Indicadores de AC que são evidenciados nesta primeira atividade.

	automaticamente, *um maior número de descarte irresponsável*.	**A10:** Compreensão de como a aplicação e utilização das tecnologias impactam.	outras produções, diminuindo gradativamente a sobrecarga em cima das matérias primas. *Reciclagem é a solução mais viável*.	problemáticas do cotidiano. **A10:** Relacionando a utilização exacerbada de matérias primas com impactos ambientais.
G4	Como os *aparelhos eletrônicos de menor porte* facilita a locomoção devido a sua menor espessura, *beneficia os usuários*. Como os aparelhos eletrônicos emitem (mais) radiação dos fabricados em menor porte, pode reduzir o alcance dele.	**A2:** Observação da relação necessidade social-produção tecnológica.	Sim. *Com o descarte correto* as empresas podem reutilizar o material descartado cooperando com o processo de reprodução ambiental, acelerando o ciclo de produção.	**A1:** Entendimento de que é necessária atuar de forma adequada à sociedade.
G5	Quanto *mais a tecnologia avança*, *menores os aparelhos se tornaram* para assim *melhor portabilidade dos usuários*. Com a diminuição dos aparelhos o transporte poderá ser feito com maiores demandas e menos viagens, *reduzindo a emissão de gases poluentes*.	**A2 e A3:** Insere-se uma relação direta entre ciência, tecnologia e sociedade e suas interrelações.	Não. *Tem lugares específicos para melhor reciclagem* desses materiais eletrônicos.	**A13:** Conhecimento de fontes válidas de aplicação dos conhecimentos científicos para uma atitude social mais coerente.
G6	Em relação ao *avanço tecnológico*, no que diz respeito ao *impacto causado no cotidiano da população*, os *aparelhos eletrônicos ficaram mais acessíveis*, radio, livros, informações, tudo isso cabe no nosso bolso, porém, para o aumento da produção e da *qualidade destes produtos*, aparelhos como *a bateria de utensílios eletrônicos liberam componentes prejudiciais*.	**A2 e A3:** Compreensão de que os avanços tecnológicos impactam a sociedade e o meio ambiente e vice-versa. **A4:** Reconhecer que o desenvolvimento científico e tecnológico tem limitações e que é necessário entendê-las para um melhor trato.	Não, esse ciclo não é autossuficiente, o motivo para isso se deve a suas falhas, primeiro que a demanda nunca irá diminuir, e só aumentar, cada dia mais a tecnologia vem sendo fonte de renda para população, porém, prejudicam o meio ambiente devido a isso, *é de extrema importância pensarmos*	**A1 e A6:** Utilizar conhecimentos científicos para a tomada de decisões de forma mais coerente e mais interessante.

		A10: Entendimento de que a tecnologia deve ser utilizada de maneira adequada, pois produz materiais nocivos à sociedade.	*a respeito de itens reutilizáveis*, para que os materiais não sejam descartados e assim diminuindo o aumento da demanda.	
G7	É necessário a compactação desses recursos, de modo que se tornem *mais acessível às pessoas no dia-a-dia* e, além disso, *mais sustentáveis* ao meio ambiente.	**A10:** Apreensão da aplicação da tecnologia e dos impactos relacionados às decisões tomadas por meio delas.	Não, porque a matéria *usada é finita*, sendo *necessária a reciclagem* do material para diminuir o descarte da tecnologia.	**A4:** Reconhecimento das limitações da ciência por meio da utilização de matérias finitas. **A1:** Compreensão da utilização a ciência para a tomada de decisões cotidianas.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (grifo nosso).

Dentro da perspectiva do EPI, inicialmente os estudantes devem apresentar suas concepções prévias sobre o tema. Essa concepção é muito importante pois é a base para toda a discussão e crescimento conceitual (CARDOSO; SCARPA, 2018). Nessa primeira aula, os estudantes tiveram que responder os problemas, apenas por meio de suas concepções iniciais, sem nenhuma pesquisa ou nenhum dado.

É possível pressupor, por meio das respostas, que eles ainda não tinham a compreensão da nanotecnologia, ou da nanociência, ou de nanomateriais, nanopartículas, etc., isso é assumido considerando que as respostas vislumbram materiais de tamanhos pequenos, só que não em nanoescala. Como por exemplo no trecho da resposta ao P1 do G7, que remete à necessidade da compactação dos materiais tecnológicos: "é necessário a compactação desses recursos, de modo que se tornem mais acessível às pessoas no dia-a-dia" (grifo nosso); porém, essa fala é modificada quando a gente analisa a resposta do G3 ao P1, no trecho: "um maior número de descarte irresponsável".

Infere-se nessa discussão que os estudantes ainda têm a noção de que a produção de materiais cada vez menores vai aumentar a quantidade de lixo eletrônico devido ao fato de essas partículas não serem tão degradáveis, ou mais contaminantes que partículas em escala macroscópica. Salienta-se que a utilização da nanotecnologia pode levar à produção de materiais que sejam mais biodegradáveis, já que ela apresenta uma superfície de contato maior, consequentemente, pode ser degradada mais facilmente, além da possibilidade de modificar as estruturas para o desenvolvimento de propriedades menos degradantes ao meio-ambiente (SHRIVER; ATKINS, 2008; CASTRO et al, 2019; MARCONE, 2015).

Algumas afirmativas, também podem ser melhoradas em relação às concepções prévias dos estudantes apresentadas nessa primeira atividade, como por exemplo, o G4 relaciona que o impacto mais relevante causado pela produção de materiais eletrônicos cada vez menores é a emissão de radiação, no trecho: "Como os aparelhos eletrônicos emitem (mais) radiação dos fabricados em menor porte, pode reduzir o alcance dele" (grifo nosso). Sabe-se que a quantidade de radiação emitida pelos materiais tecnológicos é irrelevante, sendo medida dentro dos níveis naturais de radiação. Quando esta passa a ser nociva, significa que o indivíduo se expôs a ela por um gigantesco período de tempo (BUONOCORE et al, 2019).

Para o P2, foi emergente a concepção de descarte adequado de lixo eletrônico, reciclagem e reuso de peças e equipamentos, diminuição na utilização de matérias-primas. Considerando ao Indicador da AC atribuídos à a atividade, a retomada da concepção prévia possibilitou aos estudantes a emergência dos indicadores relacionados ao entendimento das implicações da ciência e tecnologia, na sociedade e meio ambiente, por meio da correlação que a eles pertencem (A2, A3 e A6). O G1 mostrou compreensão da importância do desenvolvimento histórico para a ciência e tecnologia, e que esse desenvolvimento é resultante da necessidade humana.

Relacionado à aplicação da ciência e da tecnologia, suas limitações, seus impactos na sociedade e suas possibilidades, os grupos G2, G3, G3 e G7, exibiram compreensão de que é imprescindível observar a ciência e a tecnologia, quanto às suas aplicações, e que dependendo do uso, pode resultar em aspectos positivos ou negativos à sociedade. Esse é muito importante, pois retoma ao reuso, reciclagem e descarte consciente de materiais tecnológicos, em contrapartida, nenhum dos grupos indicou a produção de materiais pequenos mais degradantes, que reduzam o montante do lixo produzido.

3.2 ANÁLISE DA SDI – REFERE-SE AO OBJETIVO DE PESQUISA: Identificar e analisar a emergência da AC pelos estudantes durante a aplicação da SDI sobre a temática N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio:

3.2.1 Análise da Discussão e Debate baseados nas Concepções Prévias dos estudantes

Após a resolução dos problemas, os grupos foram incentivados a participarem de uma discussão inicial, orientada pelo professor, que resultou em um debate entre grupos. A atividade foi gravada e transcrita integralmente. O **Quadro 14**, expõe a transcrição da aula. A transcrição foi feita de modo sequencial baseada nas falas dos estudantes e professores. Os códigos M1-7 refere-se aos sete momentos elencados para as discussões, como forma de organização dos trechos.

Quadro 14: Transcrição de trechos das interações sociais entre professores e alunos, na discussão baseada nas concepções prévias dos estudantes[28].

PR: Boa tarde, pessoal. Vamos estar iniciando a nossa sequência de aulas hoje. O tema da nossa sequência de aulas é sobre nanotecnologia. E a nossa primeira atividade é para que se entenda o que vocês compreendem por nanotecnologia. E aí, nesse primeiro momento, irei passar 02 problemas e preciso que vocês se dividam em grupos de 6 pessoas. Separem-se em círculos, por favor. Vou estar dando de 20 a 30 minutos para que vocês respondam. Depois nós realizamos uma pequena discussão, está certo? Sem pesquisar na internet, certo? *- Momento de discussão em grupo e resolução dos problemas –*	
PR: Beleza? Agora a gente tem 10 minutinhos para discutir essas questões. E aí, eu vou precisar que vocês comentem sobre o que foi discutido em grupo? Eu vou estar sempre fazendo um bate-bola entre os grupos para ver se as ideias foram iguais, relacionadas aos 2 problemas. Então peço a participação de todos. Na primeira questão, vocês viram que a gente fala sobre questões ambientais relacionadas a materiais eletrônicos, que a gente fala sobre cada vez mais materiais eletrônicos menores. Por que vocês acham que esse texto fez essa articulação de materiais tecnológicos menores com questões ambientais?	***M1***

[28] Legenda do Quadro: PR= Professor; E1-9= Estudantes enumerados de 1 a 9.

E1: Tem um projeto ambiental que é justamente para o uso de objetos mais compactos, uso de objetos mais compactos, objetos menores. Que tenham atividade maior. Eles ocupam um lugar menor na natureza *após o descarte, isso facilita ele ir embora*. **PR:** Então a ideia é utilização de materiais menores para que você consiga ter uma decomposição mais fácil? **E1:** Otimizar o processo.	
PR: Certo. O grupo do E2. Estamos falando aqui sobre como articular essas questões acerca de materiais tecnológicos cada vez menores e problemas ambientais. O E1 falou que a utilização desses materiais cada vez menores vai ser objetivado pelo fato de que, quanto menor é o material, mais fácil é a sua decomposição, ou mais otimizada, vai ser a sua decomposição. **E2:** Mas ainda assim, na produção desses materiais cada vez menores, são utilizados materiais diferentes, que muitas das vezes são materiais nocivos ou que têm componentes nocivos na sua composição, como é o caso dos materiais de chips ou utilizados em baterias. Enfim, aí se não tiver o descarte correto, esses materiais podem acabar se destruindo e causando prejuízos maiores, ou se tornando obsoletos, que não tem tantas peças assim, que as tecnologias utilizadas são mais antigas e difíceis de ser utilizadas, como por exemplo, a bateria de lítio, que é muito difícil de ser utilizada; e é isso, ou seja, caso a gente queira realmente um resultado positivo, o descarte correto e a logística reversa deve ser um ponto extremamente importante de se pensar.	***M2***
PR: Então, no caso, utilizar materiais pequenos não vai resolver o problema da poluição? **E2:** Não diretamente, não está diretamente relacionado. **PR**: Então não está diretamente relacionado, você contrapõe a ideia do E1? **E2:** De certo modo. **PR:** E3, você gostaria de trazer alguma concepção?	***M3***
E3: Sim. Ele falou o que eu também concordo, mas não vou me concentrar no que ele falou. Quero falar também na constituição, quero falar é que quanto menor, menos peso, e vai resultar num menor local de descarte. Até o aterro. Muitos desses materiais não "dá" para reciclar porque muitas vezes são materiais fundidos, e acabam ficando às vezes até nocivos para a saúde do ser humano e não dá de nenhum jeito para reciclar. Então para onde vai? Para o aterro. Se eu vou para um aterro, o quê que é melhor? Um bloco de metal do tamanho de caminhão ou um bloco metálico do tamanho de uma caneta? Se for para descartar, quanto menor, melhor. Então, essa parte da nanotecnologia é muito importante não só pelo poder de processamento dos processadores, mas também para o meio ambiente, quanto menor, melhor. Também mais prático de ser usado.	***M4***
PR: Certo. O grupo de E4, concorda que de forma indireta, esses materiais menores são menos poluentes? Ou mais fáceis de serem reciclados, ou descartadas, ou reutilizados?	***M5***

E4: Sim, e também porque, professor, a gente sabe que uma das perguntas fala: no que isso vai impactar? Todo o material tecnológico emite radiação, não é assim? **E5:** Não. Todos não. **PR:** Só afirmação. Se liberar, no que isso impacta? **E4:** Os equipamentos tecnológicos, eles emitem radiação. Porque ele vai ser descartado. A gente teorizou que, tipo assim, quanto menor porte, menor vai ser a ampliação da radiação, ou seja, ele não vai danificar tanto o meio ambiente porque já que ele é menor, sua área de radiação que vai ser emitida, ele vai ser "reduzida". **PR:** Então, no caso, a resposta de vocês foi pautada no problema em relação à radiação emitida pelos materiais tecnológicos. Mas você acredita que todas as peças que são descartadas de um material eletrônico vão emitir essa radiação? **E4:** Não. Nem todas as peças. **PR:** Então aquelas peças que não emitem radiação, quais seriam os problemas resultantes desse descarte? **E4:** Seria como se fosse um plástico ou um resíduo comum, que vai demorar para se decompor, não é? Aí eu pego o que E1 falou: se ele for menor, ele vai se decompor de forma mais rápida.	
PR: Certo. O grupo de E6. Vocês acreditam que a sociedade atual está extremamente dependente de tecnologias? **E6:** Sim. **PR:** Se vocês acreditam, vocês acham que esse ciclo: do que é produzido, do que é utilizado e do que é descartado, ele é um ciclo que consegue ser fechadinho? Ou tem uma parte que tem mais e uma parte que tem menos? **E6:** Tem uma parte que tem menos. Usando a lógica de muitos materiais. Digamos que eu compre um celular e eu não posso mais utilizar ele, vou jogar fora, certo? Se eu descartar da maneira correta alguns materiais que foram utilizados para produzir, poderão ser reutilizados. Mas se eu descartei, é porque alguma coisa há de errado, então, eu acredito que há peças que não vão poder ser reutilizadas. Até porque <u>a maioria deles são descartados em lugares errados e acaba que nenhuma das peças pode ser reutilizada</u>. Mas é necessário que seja feito mais, para que eu possa ter um novo aparelho? **PR:** Certo, então o ciclo não é autossuficiente. **E6:** Não. **PR:** O grupo de E7, em relação ao que E6 falou. Quais seriam os impactos desse montante de peças que não podem ser reutilizadas? **E7:** Depende muito do destino que é dado a elas. Eu acredito que se é levado para reciclagem, é retirada essas peças, os que forem úteis e as peças que não forem úteis, devem ter o destino para as peças que não forem mais utilizadas. Sei lá, podem ser utilizadas para triturar e fazer	***M6***

algum material industrial. Fundem materiais e criar novos materiais. Porém, acredito que haja um destino próprio para essas peças, se descartadas da maneira correta. **PR:** Você conhece algum processo que poderia ser utilizado? **E7:** Não.	
PR: Para o grupo de E8 o que seria nanotecnologia? Quando eu falo nanotecnologia, nanomateriais, nanociência, o que é que surge na cabeça de vocês? **E8:** Coisas que são muito menores que as naturais, mas que têm a mesma eficiência. **PR:** O grupo de E9, para você, a mesma pergunta. **E9:** Uso de nanorrobôs para benefício de determinadas coisas. **PR:** Ok, pessoal, obrigado pelas falas, próxima aula, continuaremos.	***M7***

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (grifo nosso).

No momento marcado como **M1**, é a primeira vez que a ideia da produção de materiais tecnológicos cada vez menores, objetivando menor produção de lixo, e matérias mais degradáveis emerge nas discussões, isso é muito importante, pois mostra que eles têm concepções sobre essa propriedade, mas não indicaram nos textos escritos.

No **M2**, o E2 faz outro contraponto, a matéria-prima utilizada para a produção dos materiais tecnológicos. É perceptível o cuidado que os estudantes apresentam na relação: matéria-prima, produto fabricado, descarte; essa realidade é muito relevante, pois indica uma visão crítica do mundo material, por meio da reflexão dos impactos da ciência e tecnologia em variados parâmetros do cotidiano. Dentre os indicadores de AC, elaborados por Sasseron e Machado (2017), o M2 se caracteriza como o momento da **Seriação de Informações**, **Organização de Informações** e **Classificação de Informações**, na qual eles julgam os dados propostos previamente, retomam o problema e entendem que cada informação vai ter um valor na discussão do problema.,

Analisando a fala dos estudantes, pode-se indicar dois trechos importantes no M2, o primeiro é a emergência da relevância social das discussões, quando o E2 cita: que a produção/utilização exacerbada de materiais tecnológicos, aumenta a possibilidade deles "se tornarem obsoletos"; isso reflete na sociedade do consumo, em que são produzidos aparatos tecnológicos cada vez mais descartáveis e com obsolescência programada (ZANATTA, 2013).

O segundo trecho mostra o aspecto científico, porém de forma bastante sutil, quando o E2 indica o conhecimento químico de produção de alguns materiais eletrônicos, como a "bateria de lítio, que é muito difícil de ser utilizada". A utilização de conhecimentos da ciência é um ponto crucial para o investigador, por meio dele é possível justificar argumentos e hipóteses. Isso pode ser visto como o

indicador A8 de Sasseron e Carvalho (2011), para a AC, no qual o indivíduo compreende a diferenciação entre conhecimento científico e opinião pessoal.

Nesse cenário, percebe-se que o professor tem papel crucial na busca de ideias que contraponham ou corroborem, para que os estudantes consigam justificar e checar suas hipóteses, para posteriormente construir conhecimentos, como é visto no **M3**, quando o professor faz julgamento de valor das hipóteses levantadas pelos estudantes, objetivando maior discussão acerca dele.

A fala do E3, traz dados muito pertinentes. Inicialmente, ele vai pôr um viés novo do pensamento, onde podem ser visualizados os indicadores do **Raciocínio Lógico** e **Raciocínio Proporcional**. Numa comparação, ele apresenta: "o quê que é melhor? Um bloco de metal do tamanho de caminhão ou um bloco metálico do tamanho de uma caneta? Se for para descartar, quanto menor, melhor"; por fim ele conclui: "nanotecnologia é muito importante não só pelo poder de processamento dos processadores, mas também para o meio ambiente, quanto menor, melhor". Identifica-se nessas duas falas, um crescimento de argumentos, que promovem a confirmação de sua hipótese. Considerando as Etapas para o desenvolvimento do EPI, é de extremo valor, o estudante desenvolver argumentos, baseados nos dados propostos ou não, que justifiquem suas hipóteses (AZEVEDO, 2004).

No **M5**, houve uma confusão acerca dos impactos da tecnologia e nanotecnologia; os estudantes indicaram como a radiação ser a principal problemática do montante de aparelhos eletrônicos, nada relacionado à produção e descarte. De uma forma geral, fazendo uma aproximação, eles pensaram de forma lógica a questão dos montantes, porém, ainda precisam apreender que para materiais em escala nanométrica, nem sempre é possível fazer relação de suas propriedades com os não nanométricos (CASTRO et al, 2019).

A relação de autossuficiência de eletrônicos, também foi muito importante de ser discutido, pois, assim como visto na seção anterior, as opiniões foram bastante diversas. O **M6** serviu para discutir com um grupo suas concepções em relação ao ciclo. Nesse momento, foi vista a introdução dos 5R's da sustentabilidade: Reduzir, Repensar, Reciclar, Recusar e Reutilizar[29]. De maneira indireta, o E6, abarcou a sua fala na importância de se levar em consideração os 5R's em todo o processo produtivo e de descarte de materiais eletrônicos.

No **M7** quando o professor questionou acerca da Nanotecnologia e Nanociência, as concepções prévias dos estudantes acerca dessa área do conhecimento ainda eram muito sutis. A resposta do E8, por exemplo, "coisas que são muito menores que as naturais, mas que têm a mesma eficiência" indica que eles compreendem a nanotecnologia, mas não assimilaram ainda as modificações das propriedades resultantes. Está indicado de maneira muito superficial.

Já a resposta do E9, trouxe uma das utilizações da nanotecnologia na atualidade, que são no "uso de nanorrobôs para benefício de determinadas coisas". Existem diversas áreas de atuação da

[29] Citação a SILVA et al, 2017.

nanotecnologia, desde a utilização na produção de aparelhos tecnológicos, até na construção de espécies condutoras, ou na catálise de reações químicas (AMABIS et al, 2020). Essas discussões mais aprofundadas terão foco nas atividades posteriores.

3.2.2 Análise da Discussão e Debate Baseados na Leitura de Textos de Divulgação Científica

Na Aula nº 2 foram utilizados dois textos de divulgação científica, para leitura e discussão dos estudantes por meio dos grupos. Os textos de divulgação científica são instrumentos altamente pertinentes dentro da sala de aula, pois, mesmo sem apresentarem objetivo pedagógico, propriamente dito, eles indicam ao leitor todo o panorama das pesquisas científicas atuais, trazendo a linguagem científica para a sociedade. Vale ressaltar que dentro da sala de aula, os textos de divulgação científica auxiliam em processos de ensino e aprendizagem por meio da aproximação do mundo real, com as perspectivas do mundo acadêmico das pesquisas científicas, trazendo à luz variadas possibilidades de aplicação (MARTINS; BRAIBANTE, 2021).

Um dos textos utilizado tinha como título: "Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano", nele, foram abordados indicadores relevantes à nanotecnologia e à biorremediação de desastres ambientais com o petróleo em mares. Também havia uma breve descrição de nanomateriais, e relações entre nanopartículas e partículas não-nanométricas (ECYCLE, 2021).

No segundo texto houve uma abordagem das "Principais aplicações da nanotecnologia na eletrônica", discutindo a miniaturização de chips e equipamentos eletrônicos, emergindo conceitos de superfície de contato e atividade físico química (AMABIS et al, 2020).

Toda atividade se baseou em discussões e debates orientados pelo professor, por meio de questionamentos verbais norteadores. O **Quadro 15** aduz a transcrição, na íntegra, das discussões realizadas.

Quadro 15: Transcrição da discussão baseada na Leitura de Textos de Divulgação Científica[30].

PR: Bom dia, pessoal. Vamos continuar? Ontem apresentei 02 problemas para vocês, e aí, nesses problemas, vocês precisavam de alguns conhecimentos prévios para responderem. Lembrando que para responder ou para resolver a questão, vocês deveriam colocar a resposta que vocês consideram mais coerente em relação ao que vocês mais já conheciam. Para a atividade de hoje, eu quero que vocês se juntem aos mesmos grupos de ontem, nesses grupos, eu vou passar uns textos. Nesses textos, eu quero que vocês elenquem os 5 principais tópicos dos textos. Vocês vão ter 20 minutos para realizar esse levantamento dos 5 principais tópicos do texto. Vocês podem riscar as folhas, utilizarem marca textos, do jeito que acharem melhor. *- Momento para leitura em grupo -*

[30] Legenda do Quadro: PR= Professor; E1-12= Estudantes enumerados de 1 a 12.

PR: Pronto, vocês tiveram 02 textos aí. Cada um desses textos "trouxeram" pontos relacionados à utilização da nanotecnologia. O primeiro texto teve como título: Novas nanopartículas absorvem petróleo do fundo dos oceanos; e, o segundo texto teve como título: Principais aplicações da nanotecnologia na eletrônica. O grupo do E1, qual a relação que você encontrou entre o texto 1 e os 2 problemas que foram resolvidos ontem, na nossa aula?

E1: Eu acho que a maior relação encontrada entre esse texto e o de ontem é sobre os benefícios que podem trazer, a tecnologia, para o meio ambiente. No caso, para o planeta em si. *A tecnologia sempre foi muito vista como agressiva e poluente, sempre teve esse extremo, por conta dos materiais que utilizam. Então, ver a tecnologia sendo utilizada, agora, de forma positiva para o meio ambiente, eu acho que é uma novidade que os textos trazem.*

PR: Certo. Ontem, você respondeu, em grupo, quando eu perguntei sobre a produção de materiais tecnológicos cada vez menores, se esse ciclo seria autossuficiente, vocês responderam sim ou não?

E1: Não.

PR: Disse que não. Então hoje você percebe que pode ser, é isso a sua ideia?

E1: É porque eu não lembro um pouco da resposta.

PR: Algum grupo lembra da sua resposta?

E2: A gente colocou que, dependendo do caso ou do material, ele pode ser ou não, já que tem materiais que podem ser reutilizados e tem materiais que não podem ser reutilizados. Por exemplo, *os metais não são autossuficientes, já alguns são autossuficientes, como materiais de celulares que podem ser autossuficientes, por exemplo, para a produção de chapas de ferro ou algo assim, a gente pode reutilizar e diminuir o estoque de resíduos*.

PR: Mas no caso, seria o processo, ou formato de descarte, ou o formato de utilização do ser humano? O que estou dizendo é o seguinte, digamos, a gente tem lá o material, a nanotecnologia, e como você disse, dependendo do material, pode ser autossuficiente ou pode não ser. Esse que é autossuficiente, sempre vai ser autossuficiente, independente da utilização, ou ele vai depender desta utilização humana para ser autossuficiente?

E3: Professor, talvez seja a falta de conhecimento da minha parte, mas no momento eu não lembro nenhum material eletrônico, no caso, que seja, por exemplo, a gente joga no mar e se dissolve totalmente. Isso seria autossuficiente. Ou seja, independente, até onde eu sei, é preciso processo humano. Que é o descarte correto. *Porque até onde eu sei, a tecnologia ainda não avançou a ponto de termos um material eletrônico, por exemplo, pegar uma placa mãe, jogar no mar, ela se dissolver completamente*. Então, até hoje todos os materiais eletrônicos precisam de um descarte correto e do tratamento correto também.

E2: Seria difícil utilizar, tipo, uma chapa de ferro queimada.

PR: Certo. O grupo do E4 queria comentar.

E4: A questão da autossuficiência para eletrônicos, eu acho que seja possível, uma boa parte se degradar naturalmente, por causa dos materiais biodegradáveis, por exemplo, *temos plásticos que já são produzidos a partir do etanol, da cana-de-açúcar, que se difere da produção dos plásticos normais. Outros materiais que a gente possa encaixar dentro dos materiais eletrônicos, como bambu, que os microtubos de bambu, são bons condutores elétricos, este poderia utilizar até mesmo para fazer as ligações elétricas nas casas*. Até agora, não todos, mas boa parte dos materiais e os

eletrônicos poderiam ser biodegradáveis, mas não todos. *Aí entra a questão do E3, que é a utilização e descarte dos metais*.

PR: Certo. Grupo do E5, me diga aí dois pontos do texto que vocês acharam essenciais, pontos chaves, do texto que fala sobre a utilização de nanopartículas e a biorremediação do petróleo.

E5: Primeiro ponto: As nanoesponjas servem para guiar o óleo derramado que afundou no mar, esse é o nosso primeiro ponto destacado aqui, o segundo: Já existem certos métodos tradicionais de remoção, mas eles não funcionam para purificar o fundo dos oceanos contaminados.

PR: Certo. Diante desses dois pontos que o grupo apresentou, o grupo do E6 vai dizer se concorda ou se discorda com o que foi apressado por eles, como o ponto principal do texto.

E6: Sim, foram os 2 pontos que nós também destacamos.

PR: E por que vocês acham que esses pontos são cruciais para o texto? São pontos importantes para se entender o tema do texto?

E6: Eu acho que é porque o primeiro justifica, o que as nanoesponjas fazem, no caso, elas servem para retirar os óleos derramados nos fundos dos oceanos.

E7: No caso, o segundo ponto não fala dos nanomateriais, mas *fala dos métodos tradicionais que são utilizados, mas esses métodos, eles não purificam o fundo do mar. Já a essa nanotecnologia ela consegue purificar os oceanos contaminados*.

PR: O grupo do E1, vocês consideram derramamento de petróleo no mar como tendo impactos positivos ou negativos em todo o contexto?

E1: Negativos.

PR: Negativos, porque?

E1: *Negativo em todos os sentidos, até porque acaba prejudicando a vida marinha, como também, não se resume só aos animais, mas também a corais, o habitat natural de diversas formas vidas, destruindo todo o ecossistema em si. Prejudicando muitos processos naturais.*

PR: Grupo do E8, vocês já conheciam a nanotecnologia?

E8: Não.

PR: O que vocês acharam de mais interessante em relação à nanotecnologia no texto 1?

E8: Sim, a questão é que ela pode ser utilizada para melhorar a tecnologia. Mas a gente pode tratar dos pontos destacados?

PR: Sim.

E8: A gente destacou alguns pontos do primeiro parágrafo, e também *a gente achou interessante o fato de ela ser cem vezes mais finas que um fio de cabelo humano e capturam dez vezes o seu próprio peso, ou seja, ela é de um tamanho pequeno, que consegue ser mais fino que um fio de cabelo em cem vezes, e nessa mesma proporção captura dez vezes o seu próprio peso, então apesar de ter essa diminuição do tamanho, pode ser espalhada em muito mais locais, captura muito mais do que poderia um outro que fosse maior*. Além disso, a gente também destacou que usando um ímã para atrair o ferro presente no óxido, e terem o óleo removido através de uma lavagem, essa é mais a parte

de como ele contribui para isso, depois que essas nanopartículas são espalhadas no mar, como elas são retiradas.

PR: Certo. Então, além do processo de que ele tem tamanho muito pequeno, auxiliam, no caso, tanto o processo de limpeza, quanto o processo de remoção é facilitado.

E8: Isso. É facilitado.

PR: Grupo do E4, pode falar sobre isso e sobre o questionamento que irei fazer agora ao grupo: vocês conhecem algum outro processo que não utilize uma partícula nanométrica, que são essas nanopartículas, para fazer a questão da biorremediação do petróleo? No caso, a biorremediação é essa a retirada da poluição.

E4: Assim, até agora o grupo não conhecia outros métodos, além do manual mesmo. A gente veio conhecer agora por meio do texto, a questão da dissolução do petróleo no mar, e essas nanopartículas. *Mas a preocupação central é a questão da logística desse íon até os centros, como seriam colocadas essas nanopartículas, e como seriam retiradas também. Também a logística do carregamento dessas nanopartículas até um centro que pudesse fazer um descarte correto. Se realmente seria uma distribuição igualitária, ou somente países mais desenvolvidos e investir nisso, e os países mais pobres ficariam à mercê do óleo no mar.* Não somente isso, mas também o impacto dessas nanopartículas, que por mais que elas fossem muito benéficas, ainda há o caso de algum animal presente naquele meio, por ventura, acabar engolindo uma destas nanopartículas. Como seria o efeito dessas nanopartículas dentro do organismo do animal? Caso o animal fosse utilizado para pesca, quais os impactos se ele for consumido sem querer? A minha preocupação é sobre essa questão.

PR: Você acha que haveria mais problemas se esse animal ingerir se uma nanopartícula? ou uma partícula não nanométrica?

E4: É que a questão é que não apenas uma nanopartícula, mas várias até se retirar o óleo. *Mas eu não creio que os danos seriam maiores que os benefícios*. Sendo o principal problema se essas nanopartículas seriam realmente para limpar os óleos do mar, ou para os países super desenvolvidos

PR: Então teria um impacto social muito relacionado a isso? Questão do capital?

E1: Ela mencionou que essa nanotecnologia, poderia ser prejudicial às vidas, certo? Mas antes de ela falar, eu ia contrapor, *o que ela explicou, que os benefícios são maiores que os malefícios, mas ela já destacou isso*.

PR: Certo. Grupo do E9. Gostaria que vocês destacassem 2 pontos do texto 2, que vocês acharam relevantes?

E9: Destacamos primeiro: superfícies recobertas com nanopartículas de Prata tem efeito bactericida, matam bactérias ao contato. O outro foi: O composto químico benzeno (C_6H_6), nas mesmas condições é líquido, incolor e isolante elétrico.

PR: O Grupo do E10, eu quero que vocês comparem se os tópicos são os mesmos e me digam se concordam ou discordam dos tópicos citados pelo grupo anterior, sendo os principais dos textos.

E10: A gente concorda, e tem a questão dessa nanopartícula, *ela ser a apolar, já que ela quebra petróleo, que é uma molécula apolar, as bactérias também, que tem lipídio, que é um elemento apolar, ou seja, a gente ainda pode adicionar a esta tecnologia, metais apolares e elas serem utilizadas para degradar esses metais. Ela tem características suficientes para a reciclagem dos eletrônicos, porque quebraria os metais apolares, e outros elementos apolares.*

PR: Você considera essa partícula como apolar, porque você considera que ela tem características iguais ou parecidas às partículas não nanométricas? Ou essas propriedades, elas vão estar sendo apresentadas ou estabelecidas de maneiras diferentes.

E10: Depende. Ela é apolar porque ela interage com o petróleo, que é apolar. Com as bactérias, já que ela é um bactericida, geralmente os bactericidas atuam quebrando a parede celular, com a camada de fosfolipídio, quebrando ela a bactéria morre. Ou seja, ela interage com esses elementos. Por isso que eu "tiro ela" como apolar.

PR: O Grupo do E11, digam dois tópicos que vocês acham importantes no texto 2 e digam porquê.

E11: Primeiro: a substância simples metálica, é um sólido que reflete bem a luz e apresenta coloração amarela, já o composto químico benzeno (C_6H_6), nas mesmas condições é líquido, incolor e isolante elétrico. O segundo tópico é: 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 da corrente elétrica.

PR: O que vocês acham desse tópico que vocês elencaram?

E12: A gente não entende muito bem os termos técnicos, mas a gente sabe que é de extrema importância, devido aos resultados que são apresentados no texto. Por exemplo, os nanomateriais que são empregados em processos industriais, tratamentos de doenças etc.

PR: Quando vocês citaram no segundo tópico ele fala de transistores, né? E esses materiais, eles têm alguns circuitos que são nanométricos. Quando E4, falou de impacto social, ela trouxe que talvez essa tecnologia não seja acessível a determinada população? Me corrija caso eu não tenha entendido direito. Você acha que esses materiais, eles estão próximos ou distantes da nossa realidade? Na questão de Acessibilidade, o que podemos adquirir hoje?

E12: Eu acho que estão distantes.

PR: Todos?

E11: Todos, não. Eu acho que eles estão distantes, até porque é algo mais avançado, do que a gente que tá mais embaixo.

PR: Mais alguém quer comentar?

E3: Eu. Eu discordo da fala anterior. Porque como se fala aqui no texto, no segundo parágrafo na primeira linha, os chips eletrônicos utilizados em computadores, tablets e telefones celulares são pequenas lâminas que apresentam circuitos eletrônicos em tamanho muito reduzido, ou seja, *já nos nossos celulares, qualquer um que a gente utilizar já vai ter esses pequenos transistores. Porque, na prática, o que eles são, eu conheço um pouco sobre isso, eles são pequenos, pequeniníssimos transistores, que controlam a energia por impulsos elétricos. Como nós sabemos, os computadores utilizam 0 e 1 para se comunicar, então, mesmo fazendo um 'pi' 'pi' na corrente elétrica, vai ser um comando para ele ligar a ventoinha, para ele ligar o cooler para resfriar a máquina. Isso é controlado principalmente por esses pequenos transistores, nanotransistores, que controlam as correntes elétricas, principalmente*. Então, em qualquer celular que a gente utilizar, ah, mas até meu Android ruim, meu pocket não usa. Claro que usa.

E2: Aproveitando o que E3 falou, o funcionamento dele é basicamente como algo que nós temos, que é basicamente como os neurotransmissores, no qual, impulsos elétricos, assim como E3 falou, são utilizados para ligar o cooler, é pra isso que ele serve.

PR: Aí você acha que os nossos neurotransmissores não são nanopartículas? Ou não têm?

E2: Eu acho que nanopartículas funcionam de modo que possa cooperar com isso. Já que ela pode ser, tipo, um exemplo de um filme que talvez todo mundo conhece, é o Vingadores, Guerra Infinita, no qual o Homem de Ferro utiliza nanopartículas por meio dos neurotransmissores. Então acho que ela pode cooperar, de alguma forma, a mais com isso.

E3: Eu não sei em questão de talvez do termo da coisa, *mas nossos neurônios podem se comparar a transistores, no tamanho, nossos neurônios podem se comparar ao tamanho dos transistores*. Diferente do que muita gente pensa, que só tem no cérebro nosso corpo inteiro tem neurotransmissores. Um exemplo é a nossa memória, que do nada a gente tem alguns flashes na cabeça, resultado de quando neurônios piscam e abrem corrente para as nossas memórias e aí a gente consegue ter a lembrança na nossa cabeça. Isso se dá por meio desses impulsos elétricos. Então, *nossos neurônios são transistores também, recebem a corrente elétrica e transmitem a informação. Isso é muito importante. Então a gente pode ter a ideia de que esses neurotransmissores comparam a essas nanopartículas.*

PR: E4 pode falar.

E4: Sobre as nanopartículas, eu achei interessante a nanopartícula de prata que é utilizada como bactericida. Eu me perguntei *se a gente poderia utilizar nanopartículas, talvez para, de algum modo, consumir os vírus, ou até mesmo em processos de células mortas ou células cancerígenas, auxiliar no processo de estourar as células, para que elas comecem a fagocitar. Eu acho um ponto muito interessante a gente utilizar nanopartículas na saúde, que pode ser que dê certo não só com vírus, mas também com células cancerígenas.*

PR: Ontem, E13 falou sobre nanorrobôs, lembram? Onde foi que você viu a utilização dos robôs e como funciona? Explica um pouquinho aí para a gente.

E13: Para falar a verdade, a gente viu isso aí, em um trabalho de TCC, de um componente curricular. A gente foi falar sobre nanotecnologia na medicina. Foi lá que a gente ouviu falar, quando a gente fez a pesquisa. A utilização de nanorrobôs na medicina, só que hoje em dia, como E4 falou, *ainda tem muita questão de classe social, quem tem mais condições financeiras, consegue ter acesso a nanotecnologia, que não tem, não consegue*.

PR: Mas alguém gostaria de trazer algum comentário sobre o que estamos discutindo? (...) Agora eu vou trazer uma pergunta para todos os grupos. Enfim, o que seria nanopartícula?

E2: É uma tecnologia recente que está ganhando mais visibilidade, mais funções, de certo modo. *Apesar de ser uma tecnologia recente, a tecnologia é muito importante*. Como por exemplo, no texto um que fala sobre uma forma de biorremediação do petróleo. Vale lembrar que em 2019 a gente teve, no Brasil, um vazamento de petróleo nas praias que até hoje traz prejuízos, se a gente tivesse essa tecnologia naquela época, isso virou notícia internacional, o país foi mobilizado, *se a gente tivesse esse avanço naquela época, poderíamos ter algo que ajudaria, de certo modo, a sanar esse problema no litoral brasileiro*. Acho que o nosso presidente…

E3: Eu acho que a gente pode ver, pelos dois textos que a nanopartícula pode ser aplicada em duas áreas, uma mais orgânica, como foi dado o exemplo do petróleo, e a outra ali no meio tem uma parte mais tecnológica, dos chips. Então acredito que seja uma partícula, formada por qualquer coisa que seja, para assumir certa finalidade. Certo? Então, eu acho que é qualquer nanopartícula, nano, pequeno, uma partícula pequena que funcione para uma certa coisa que ela foi criada. Eu acho que não tem a ver com o que é feito, mas sim com o seu tamanho e finalidade.

PR: Concorda E14?

E14: É praticamente o caso de não serem os materiais que compõem e como são utilizados, e também o tamanho. É basicamente o que ela é, essa dimensão de tamanho, *para que talvez a gente consiga aumentar a quantidade do que a gente possa utilizar*. Concordo.

PR: O grupo do E15, ontem a gente teve 2 problemas, né? Puxando os dois problemas, e diante de todas as discussões que a gente teve, no que esses textos mudou a concepção de vocês e o que vocês responderam diferente em relação aos problemas de ontem? Aos dois questionamentos?

E15: No caso, foi mais para a relacionar, por exemplo, no texto de ontem "tava" falando a tendência que a gente estava começando a diminuir o tamanho dos aparelhos todos. Além da portabilidade que a gente destacou como benefício, para esses materiais, também tem a utilização da nanotecnologia, a tendência que a gente vá cada vez mais até ela. *A nanotecnologia é pequena, mas ela ainda tem desempenho. Se ela é pequena, a gente vai gastar menos recursos para "fazer elas", então com a quantidade de materiais que a gente utilizaria para criar uma coisa só, a gente vai poder criar mais coisas, ou seja, vai aumentar a acessibilidade para mais usuários, além da portabilidade.* Então essa é uma das coisas que a gente alteraria na resposta de ontem, primeiro quesito.

PR: Em relação à questão do descarte, da reciclagem, do processo se é autossuficiente ou se não é, se é degradante, se não é, se é poluente ou se não é. Se causa mais impactos do que as não nanométricas.

E15: Outra coisa, aqui no texto 1, que ele faz um comparativo, na parte: 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*** *(ênfase do E15) utilizados. Mas esses compostos não removiam as impurezas do oceano, apenas tornavam o petróleo derramado na hidrosfera menos danoso ao meio ambiente. Então, baseados no uso dessas nanoesponjas, eles já podem desenvolver um sistema para purificar o oceano, enquanto outros petrolíferos não usam esse sistema.* Então, por exemplo, *isso traz benefícios até para o meio ambiente, porque as nanotecnologias já têm um sistema para purificar o mar, quando eles removem o petróleo, enquanto os petrolíferos que não usam esse sistema, eles degradam mais, eles trazem mais malefícios ao meio ambiente.* Então, a tendência, além do benefício da produção ser maior nas tecnologias, pode trazer esse benefício ao meio ambiente. Vai diminuir a poluição do mar… é outra coisa que eu alteraria também a nossa primeira questão.

PR: Alguém mais alteraria alguma coisa na resposta que deu ontem em relação aos problemas, de acordo com o que foi visto ontem nos textos?

E12: Ontem, quando a gente estava discutindo, e tal, *a gente acha que estávamos focando muito na questão, por exemplo, do tamanho do material, quanto menor ele for, mais rápido vai ser para se decompor, e assim vai prejudicar um pouco menos o meio ambiente. Se a gente for comparar hoje a ontem, a gente vai perceber que não é só a questão do tamanho. O fato dele ser pequeno, ele pode ser implementado em outras funcionalidades, e assim, trará mais benefícios ao meio ambiente. Então, a gente não está focando mais só no tamanho, mas também na funcionalidade dele.*

PR: Ok. O grupo do E16, está muito calado, que ver vocês falando. Eu perguntei, o que são nanomateriais. Agora eu quero saber o que seria nanotecnologia?

E16: Na minha concepção, seria a utilização de nanorrobôs em escala nanométrica, em função ao benefício de alguma coisa?

PR: Aí seriam só nanorrobôs?

E16: Esse é meu entendimento, né, não sei se tem mais.

PR: Alguém adicionaria alguma outra coisa que poderia ser utilizado? Inclusive tem no texto.

E3: Eu. Ele está certo, mas assim, não é só nanorrobôs, que a gente pode ver, aqui no texto 2, ele utiliza a prata como bactericida, utiliza o óxido de ferro para revestimento de polímeros e utiliza em outras áreas. Não é um robô, mas é nanotecnologia. Ou seja, é uma tecnologia desenvolvida pelo homem que é pequena, que é na escala nanométrica.

E2: Eu estava pesquisando aqui agora, em 2020, no início da pandemia. No início do desenvolvimento de pesquisa, eles fizeram estudos com a nanotecnologia, para fazer tipo nanoesponjas que neutralizasse o vírus. O vírus era revestido de membrana plasmática. Assim, como o E3 mencionou, não importa exatamente de que ela é feita, mas sim a função dada a ela.

PR: Inclusive, para adicionar, existiu ou existe uma linha de pesquisa aqui no Brasil, se eu não estou enganado, foi na Universidade de Campinas ou na Universidade de São Paulo, que eles estavam tentando desenvolver uma vacina com a nanotecnologia. Que foi a *versamune*. Aí, essa vacina teria basicamente essa ideia, de utilizar essas nanopartículas para que a partir dessas nanopartículas, você tivesse um tratamento mais eficiente e com menores efeitos colaterais. Que é isso que a gente quer das vacinas. Volto agora para o E1. Eu quero depois de toda essa discussão que você me diga: É positivo ou negativo utilizar nanopartículas? Justifique o que você responder. Se a utilização traz benefícios ou malefícios, qual seria o nível disso.

E1: Eu acho que *considerando como a tecnologia evoluiu, e como tudo começou, os materiais. A gente fala também os materiais que a tecnologia usou para se desenvolver. Então se a gente considerar como começou esse processo, como os computadores utilizavam materiais pesados, e até os dias atuais, com todas essas atualizações e essa dependência de materiais pesados diminuindo.* Isso em consideração ao evento atual que está acontecendo, que é o aquecimento global, os recursos naturais estão se tornando escassos. *O fato da tecnologia está se adaptando e tentando minimizar a utilização destes materiais, está agregando ainda mais com a inserção de materiais tão pequenos*. Eu acho que é sim, é muito positivo, muito importante para o meio ambiente e para a sociedade em geral.

PR: Ok. Obrigado pelo seu acréscimo. Mais algum grupo gostaria de acrescentar alguma opinião?

E17: Os chips de celulares são nanotecnologias?

PR: E3, responda essa questão para mim, por favor.

E3: Depende do chip, porque existem chips que são, de certa forma, "grande" e não tem essa nanotecnologia. Mas como a gente viu, como eu dei o exemplo, existem os chips de controle de tensão, que geralmente são os chips nanotecnológicos, são bem pequenininhos. Mas a gente tem também os chips de memórias, que são maiores, que não utilizam a tecnologia. O chip que a gente usa no celular, por exemplo, o microchip da OI.

E2: Hoje em dia eles são chamados de nanochips, né?

E17: Então, a gente vê a evolução do chip de celular, que ele era macro, depois o micro sim, hoje já tá no nano, não sei se diminui mais.

PR: Alguém consegue enxergar na nossa vida coisas que têm diminuído de tamanho, mas que tenham a mesma ou até maior eficiência?

E18: Celular.

E19: Não só celular, mas também computadores, notebooks.

E20: Isso. Tem até o telefone que dobra. Estão cada vez mais finos. Antes era um tijolo.

PR: Ok. Muito obrigado pela participação de todos nessas discussões.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (grifo nosso).

Por ser uma atividade bastante extensa, o autor se deteve em analisar a relação entre as falas dos estudantes, mediadas pela discussão dos textos de divulgação científica e os indicadores de AC, apresentadas nos **Quadros 15** e **16**, a seguir.

Quadro 16: Categorização dos textos dentro dos Indicadores da AC atribuídos à aula nº 2.

Trechos da Transcrição	Indicadores da Ac
"[...] os metais não são autossuficientes, já alguns são autossuficientes, como materiais de celulares que podem ser autossuficientes, por exemplo, para a produção de chapas de ferro ou algo assim, a gente pode reutilizar e diminuir o estoque de resíduos." (**E2**) "[...] temos plásticos que já são produzidos a partir do etanol, da cana-de-açúcar, que se difere da produção dos plásticos normais. Outros materiais que a gente possa encaixar dentro dos materiais eletrônicos, como bambu, que os microtubos de bambu, são bons condutores elétricos, este poderia utilizar até mesmo para fazer as ligações elétricas nas casas". (**E4**) "[...] ela ser a apolar, já que ela quebra petróleo, que é uma molécula apolar, as bactérias também, que tem lipídio, que é um elemento apolar, ou seja, a gente ainda pode adicionar a esta tecnologia, metais apolares e elas serem utilizadas para degradar esses metais. Ela tem características suficientes para a reciclagem dos eletrônicos, porque quebraria os metais apolares, e outros elementos apolares." (**E10**) "[...] se a gente tivesse esse avanço naquela época, poderíamos ter algo que ajudaria, de certo modo, a sanar esse problema no litoral brasileiro." (**E2**)	**A1**
"A nanotecnologia é pequena, mas ela ainda tem desempenho. Se ela é pequena, a gente vai gastar menos recursos para fazê-las, então com a quantidade de materiais que a gente utilizaria para criar uma coisa só, a gente vai poder criar mais coisas, ou seja, vai aumentar a acessibilidade para mais usuários, além da portabilidade." (**E15**) "[...] isso traz benefícios até para o meio ambiente, porque as nanotecnologias já têm um sistema para purificar o mar, quando eles removem o petróleo, enquanto os	**A2**

petrolíferos que não usam esse sistema, eles degradam mais, eles trazem mais malefícios ao meio ambiente." (**E15**) "O fato da tecnologia está se adaptando e tentando minimizar a utilização destes materiais, está agregando ainda mais com a inserção de materiais tão pequenos." (**E1**)	
"Mas a preocupação central é a questão da logística desse íon até os centros, como seriam colocadas essas nanopartículas, e como seriam retiradas também. Também a logística do carregamento dessas nanopartículas até um centro que pudesse fazer um descarte correto. Se realmente seria uma distribuição igualitária, ou somente países mais desenvolvidos e investir nisso, e os países mais pobres ficariam à mercê do óleo no mar." (**E4**) "[...] ainda tem muita questão de classe social, quem tem mais condições financeiras, consegue ter acesso a nanotecnologia, que não tem, não consegue." (**E13**)	**A3**
"A tecnologia sempre foi muito vista como agressiva e poluente, sempre teve esse extremo, por conta dos materiais que utilizam. Então, ver a tecnologia sendo utilizada, agora, de forma positiva para o meio ambiente, eu acho que é uma novidade que os textos trazem." (**E1**) "Porque até onde eu sei, a tecnologia ainda não avançou a ponto de termos um material eletrônico, por exemplo, pegar uma placa mãe, jogar no mar, ela se dissolver completamente." (**E3**)	**A4**
"Para se livrar da poluição que estava alojada nas profundezas, produtos químicos dispersantes ***eram*** (ênfase do E15) utilizados. Mas esses compostos não removiam as impurezas do oceano, apenas tornavam o petróleo derramado na hidrosfera menos danoso ao meio ambiente. Então, baseados no uso dessas nanoesponjas, eles já podem desenvolver um sistema para purificar o oceano, enquanto outros petrolíferos não usam esse sistema." (**E15**)	**A5**
"Tem até o telefone que dobra. Estão cada vez mais finos. Antes era um tijolo" (**E20**)	**A6**
"[...] se a gente poderia utilizar nanopartículas, talvez para, de algum modo, consumir os vírus, ou até mesmo em processos de células mortas ou células cancerígenas, auxiliar no processo de estourar as células, para que elas comecem a fagocitar. Eu acho um ponto muito interessante a gente utilizar nanopartículas na saúde, que pode ser que dê certo não só com vírus, mas também com células cancerígenas." (**E4**)	**A7**
"[...] a gente acha que estávamos focando muito na questão, por exemplo, do tamanho do material, quanto menor ele for, mais rápido vai ser para se decompor, e assim vai prejudicar um pouco menos o meio ambiente. Se a gente for comparar hoje a ontem, a gente vai perceber que não é só a questão do tamanho. O fato dele ser pequeno, ele pode ser implementado em outras funcionalidades, e assim, trará mais benefícios ao meio ambiente. Então, a gente não está focando mais só no tamanho, mas também na funcionalidade dele." (**E12**)	**A8**
"[...] considerando como a tecnologia evoluiu, e como tudo começou, os materiais. A gente fala também os materiais que a tecnologia usou para se desenvolver. Então se a gente considerar como começou esse processo, como os computadores utilizavam materiais pesados, e até os dias atuais, com todas essas atualizações e essa dependência de materiais pesados diminuindo." (**E1**)	**A9**

"Aí entra a questão do E3, que é a utilização e descarte dos metais." (**E4**) "Negativo em todos os sentidos, até porque acaba prejudicando a vida marinha, como também, não se resume só aos animais, mas também a corais, o habitat natural de diversas formas vidas, destruindo todo o ecossistema em si. Prejudicando muitos processos naturais." (**E1**)	**A10**
"Apesar de ser uma tecnologia recente, a tecnologia é muito importante". (**E2**)	**A11**
"[...] fala dos métodos tradicionais que são utilizados, mas esses métodos, eles não purificam o fundo do mar. Já a essa nanotecnologia ela consegue purificar os oceanos contaminados." (**E12**) "[...] a gente achou interessante o fato de ela ser cem vezes mais finas que um fio de cabelo humano e capturam dez vezes o seu próprio peso, ou seja, ela é de um tamanho pequeno, que consegue ser mais fino que um fio de cabelo em cem vezes, e nessa mesma proporção captura dez vezes o seu próprio peso, então apesar de ter essa diminuição do tamanho, pode ser espalhada em muito mais locais, captura muito mais do que poderia um outro que fosse maior." (**E8**)	**A12**
"Mas eu não creio que os danos seriam maiores que os benefícios." (**E4**) "[...] o que ela explicou, que os benefícios são maiores que os malefícios, mas ela já destacou isso." (**E1**)	**A13**
"[...] já nos nossos celulares, qualquer um que a gente utilizar já vai ter esses pequenos transistores. Porque, na prática, o que eles são, eu conheço um pouco sobre isso, eles são pequenos, pequeniníssimos transistores, que controlam a energia por impulsos elétricos. Como nós sabemos, os computadores utilizam 0 e 1 para se comunicar, então, mesmo fazendo um 'pi' 'pi' na corrente elétrica, vai ser um comando para ele ligar a ventoinha, para ele ligar o cooler para resfriar a máquina. Isso é controlado principalmente por esses pequenos transistores, nanotransistores, que controlam as correntes elétricas, principalmente." (**E1**) "[...] mas nossos neurônios podem se comparar a transistores, no tamanho, nossos neurônios podem se comparar ao tamanho dos transistores. [...] nossos neurônios são transistores também, recebem a corrente elétrica e transmitem a informação. Isso é muito importante. Então a gente pode ter a ideia de que esses neurotransmissores comparam a essas nanopartículas." (**E3**) "[...] para que talvez a gente consiga aumentar a quantidade do que a gente possa utilizar." (**E14**)	**A14**

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022 (baseado em SASSERON; CARVALHO, 2011).

A construção do **Quadro 16** foi essencial para a análise dos dados da atividade. Nele são encontrados os textos dos estudantes, com trechos separados pela correlação dentro das semelhanças às categorias, que foram os indicadores da AC de Sasseron e Carvalho (2011).

Vale salientar que nas transcrições, surgem alguns erros conceituais comuns em aulas de química, como por exemplo, na fala do E10 (Quadro 15), quando cita que "*ela quebra petróleo, que é uma molécula apolar*". A transcrição foi realizada na íntegra respeitando às falas dos alunos que emergiram na atividade. É sabido que o petróleo é uma mistura complexa de hidrocarbonetos[31]. A atividade não levou inicialmente à correção imediata destes erros, já que indicava uma perspectiva mais espontânea das ideias dos estudantes. Ao longo de outras atividades da SDI algumas discussões foram levantadas, e estes erros conceituais foram retomados e discutidos de forma mais clara.

A discussão dos textos teve previamente objetivos de aprendizagem definidos e possíveis indicadores de AC atribuídos. Compreende-se que esta atividade contribuiu para o desenvolvimento da AC, pois nas falas dos estudantes foram identificados indícios dos 14 indicadores de AC. Para o A1, por exemplo, é possível encontrar uma relação entre os trechos, por meio da preocupação que os estudantes tiveram em mobilizar conceitos científicos, de áreas multidisciplinares, para tentar resolver algumas problemáticas, isso repercute na confirmação do desenvolvimento de competências significativas, como a utilização da ciência para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Apesar de não ser o objetivo direto da atividade, viu-se a emergência de vários aspectos da AC, como o A7, A9 e A14, que tratam do desenvolvimento da ciência. Percebe-se que os estudantes entendem que a ciência não é algo imutável, mas que é desenvolvida com o passar dos anos, e os avanços tecnológicos surgem por meio dessas pesquisas científicas, e na necessidade da população. Como pôde-se ver no trecho da fala do E4, ao perceber que as necessidades sociais podem influenciar a ciência e a tecnologia, no desenvolvimento de futuras pesquisas no ramo da medicina, para o tratamento de câncer, por meio das modificações das propriedades físico-químicas dos nanomateriais ou nanocompostos.

Isso é evidenciado no trecho: "Eu me perguntei se a gente poderia utilizar nanopartículas, talvez para, de algum modo, consumir os vírus, ou até mesmo em processos de células mortas ou células cancerígenas, auxiliar no processo de estourar as células, para que elas comecem a fagocitar. Eu acho um ponto muito interessante *a gente utilizar nanopartículas na saúde*, que pode ser que dê certo *não só com vírus*, mas também *com células cancerígenas*" (grifo nosso).

Também é percebido, mais uma vez, o julgamento de valores da utilização da tecnologia, no que diz respeito às limitações e possibilidades da nanotecnologia. Quando E1 afirma "que os benefícios são maiores que os malefícios", e E4: "que os danos seriam maiores que os benefícios"; isso culmina de uma avaliação prévia dos dados obtidos pelos textos na atividade, que foi possibilitado pela prática investigativa. Bizzo (2009) enfatiza que a parcimônia do ensino de ciências é o desenvolvimento de competências e habilidades, dentre elas o julgamento e tomada de decisões.

[31] Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br>. Acesso em: 16 jun. 2022.

No EPI é importante que os estudantes compreendam etapas que eles deverão seguir para a resolução de problemas. Nessa segunda atividade, com a mediação do professor, eles puderam analisar e checar as respostas construídas para os dois problemas, e por meio disso, modificá-las ou criar argumentos que as justifiquem. Ressalta-se que essas novas informações foram surgindo na discussão, embasadas nos dados presentes nos textos, ou nas falas dos colegas. A elaboração e comunicação de argumentos são essenciais nas atividades investigativas (LITTIG et al, 2020). Nesse cenário foram identificados os indicadores da AC, por meio das falas dos estudantes:

- **Seriação das Informações**: "[...] até onde eu sei, é preciso processo humano. Que é o descarte correto. Porque até onde eu sei, a tecnologia ainda não avançou a ponto de termos um material eletrônico, por exemplo, pegar uma placa mãe, jogar no mar, ela se dissolver completamente. Então, até hoje todos os materiais eletrônicos precisam de um descarte correto e do tratamento correto também." (**E3**) – Pode ser visto como a base que norteia a investigação, entendimento sobre como a ação do homem pode impactar nas problemáticas propostas.

- **Organização das Informações**: "Eu acho que a maior relação encontrada entre esse texto e o de ontem é sobre os benefícios que podem trazer, a tecnologia, para o meio ambiente." (**E1**) – Momento em que se expressa a estratégia da coleta dos dados, neste caso se deu por meio da contraposição dos textos e os problemas.

- **Classificação das Informações**: "Destacamos primeiro: superfícies recobertas com nanopartículas de Prata tem efeito bactericida, matam bactérias ao contato. O outro foi: O composto químico benzeno (C_6H_6), nas mesmas condições é líquido, incolor e isolante elétrico." (**E9**) – Nele, estudantes puderam julgar a relevância dos dados obtidos.

- **Raciocínio Lógico**: "Então, nossos neurônios são transistores também, recebem a corrente elétrica e transmitem a informação. Isso é muito importante. Então a gente pode ter a ideia de que esses neurotransmissores comparam a essas nanopartículas." (**E3**) – Esta fala remete ao formato de organização das ideias dos estudantes, podendo ser vistas relações muito significativas, relacionadas à lógica e aos conhecimentos que eles demonstram.

- **Raciocínio Proporcional**: "Eu acho que considerando como a tecnologia evoluiu, e como tudo começou [...] A gente fala também os materiais que a tecnologia usou para se desenvolver. Então se a gente considerar como começou esse processo, como os computadores utilizavam materiais pesados, e até os dias atuais, com todas essas atualizações e essa dependência de materiais pesados diminuindo." (**E1**) – Exibe o entendimento de como as falas dos estudantes são moldadas, considerando-as como dependentes ou independentes.

- **Levantamento de Hipóteses:** "[...] a questão dessa nanopartícula, ela ser a apolar [...]" (**E10**) – Aparecimento de suposições que expliquem os processos.

- **Teste de Hipóteses:** "Você considera essa partícula como apolar, porque você considera que ela tem características iguais ou parecidas às partículas não nanométricas? Ou essas propriedades, elas vão estar sendo apresentadas ou estabelecidas de maneiras diferentes" (**PR**) – A hipótese é colocada à prova.

- **Justificativa:** "Ela é apolar porque ela interage com o petróleo, que é apolar. Com as bactérias, já que ela é um bactericida, geralmente os bactericidas atuam quebrando a parede celular, com a camada de fosfolipídio, quebrando ela a bactéria morre. Ou seja, ela interage com esses elementos. Por isso que eu "tiro ela" como apolar" (**E10**) – Dados são propostos, para fundamentar a hipótese proposta inicialmente.

3.2.3 Análise das Perguntas do Questionário da Experimentação Investigativa

Na Aula nº 4 foi realizada uma experimentação investigativa com os estudantes, por meio da utilização de materiais nanométricos, e imagens relacionadas às dimensões de determinados elementos. Nesta atividade foi articulado um questionário, que orientou pistas que deveriam ser seguidas pelos estudantes durante a investigação. O questionário foi construído previamente pelo professor, sendo esta atividade investigativa guiada, e os estudantes de maneira autônoma realizaram a coleta de dados (BELL et al, 2005).

Partindo dos problemas (PRSYBYCIEM et al, 2018), proposta na aula anterior, que foi: "Como as lagartixas consegue andar pelas paredes e tetos sem cair?", os estudantes tiveram a possibilidade de realizar a prática, com objetivo de entender as principais modificações estruturais das nanopartículas, quando comparadas às partículas não-nanométricas. Nesse cenário, foi possível a discussão de conteúdos químicos como, interações intermoleculares (forças de Van Der Waals, dipolo-dipolo, ligação de hidrogênio, íon-dipolo), polaridade das moléculas e compostos químicos, superfície de contato e reatividade, característica dos compostos metálicos e perfis de oxidação/redução. O questionário norteador contou com 4 questões abertas, que estão indicadas a seguir:

- **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.

As questões enunciadas acima, foram propostas com o objetivo de nortear a realização da atividade prática. Elas se relacionam aos problemas por meio da compreensão da modificação nas propriedades dos nanomateriais em relação aos não nanométricos, podendo ser realizadas correlações com os textos lidos e as discussões iniciais. A partir do questionário, os estudantes foram direcionados a investigarem as características dos materiais utilizados no processo, e também as modificações nas propriedades físico-químicas relacionadas ao tamanho destes. O **Quadro 17** foi produzido para expor a transcrição das respostas que os estudantes, em grupo, apresentaram às perguntas.

Quadro 17: Transcrição das respostas dos estudantes ao Questionário Norteador da Experimentação[32].

Questão	Grupo	Respostas
Q1	*G1*	Nas suas pontas possuem ventosas que lhes dão aderência para escalar com facilidade.
	G2	A lagartixa tem pelos extremamente pequenos em suas patas, isso vai causar uma atração, possibilitando uma aderência com a superfície.
	G3	Elas realizam essa ação a partir de interação intermolecular.
	G4	As lagartixas conseguem andar nos tetos e nas paredes devido as suas patas que grudam e desgrudam com facilidade dessas superfícies por causa das forças de Van Der Waals. Van Der Waals – forças intermoleculares que estabelecem entre as moléculas.
	G5	Suas ventosas são divididas em bilhões de outras partes, aumentando a superfície de contato para a interação com paredes e outras superfícies.
	G6	Porque suas patas têm ventosas nanométricas.
	G7	A força de dipolo induzido se estabelece entre as patas da lagartixa e a superfície em que ela anda permitindo que ela ande nas paredes e no teto.
Q2	*G1*	Quando a água entra em contato com o pó amarelo, ocorre uma reação apolar, formando uma mistura heterogênea.
	G2	O pó amarelo é hidrofóbico, logo, a água não mistura com ele.
	G3	O pó amarelo é hidrofóbico, então não interage com a molécula de água.
	G4	As moléculas do pó amarelo não interagem com as moléculas de água fazendo com que o pó amarelo se torne impermeável.
	G5	O pó se comporta como um material impermeável, visto sua característica hidrofóbica e apolar, enquanto a água é polar.
	G6	A água se torna impermeável, sendo assim o pó amarelo é apolar.
	G7	O pó amarelo é apolar e a água é polar, o pó repele a água, por causa de suas propriedades.
Q3	*G1*	São atraídas pelo ímã através da ligação metálica.

[32] Legenda do Quadro: Q1-3 – Questões norteadoras; G1-7 – Grupos de até 6 estudantes.

	G2	A água é polar, ela não se mistura com o solvente (apolar). A solução metálica mesmo na água pode ser atraída pelo ímã.
	G3	São esferas metálicas que interagem cem com o ímã pela força magnética.
	G4	Caracterizada como resina de metais, por são atraídas por uma força eletromagnética.
	G5	Todo material magnético é atraído de acordo com o movimento do ímã ligando umas com as outras no processo.
	G6	São ligados pela ligação metálica que gera magnetismo.
	G7	Eles são ligados pela ligação metálica, que gera magnetismo, entre os metais.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Na aula expositiva dialogada, anterior à atividade experimental investigativa, o professor apresentou e discutiu com estudantes conceitos científicos que tratam das propriedades que são modificadas nos materiais e compostos nanométricos, devido à diminuição de suas dimensões. O objetivo da atividade experimental foi o de que os estudantes compreendessem a relação da realidade científica e da prática experimental, não apenas para justificar, mas para discutir e inferir criticamente. No quadro 17, as respostas se apresentaram como satisfatória, ao mostrar discussões bastante relevantes em relação ao tema.

Para a primeira questão (*Q1*), foram apresentadas as imagens das cerdas nanométricas nas patas das lagartixas, seguindo com alguns questionamentos, anotados em diário de bordo. Os questionamentos se basearam em entender qual a relação entre as imagens, e como o fato estava relacionado à questão-problema, sabendo que esta questão é a norteadora da atividade (PRSYBYCIEM et al, 2018).

As respostas dos estudantes se basearam no tamanho de suas cerdas/pelos/ventosas, como por exemplo na resposta do G2: "A lagartixa tem pelos extremamente pequenos em suas patas, isso vai causar uma atração, possibilitando uma aderência com a superfície". Dos sete grupos, seis grupos conseguiram relacionar o tamanho das cerdas com o aumento da aderência à parede e teto, desses, três grupos citaram diretamente interações intermoleculares como fator crucial para essa aderência. Um dos grupos citou que o aumento na quantidade de ventosas, é devido à elevação da superfície de contato entre as cerdas e as superfícies.

Sabe-se que a presença de uma quantidade relativamente alta de nanocerdas, na extremidade das patas das lagartixas, aumentam as forças de atração resultantes das dispersões de Van Der Waals (dipolo-induzido), com as superfícies, isso é resultado do aumento na superfície de contato nas patas do animal (PANIZZUTTI et al, 2009). Consequentemente, foi necessário coletar dados das imagens, e das concepções sobre nanotecnologia, para a construção das respostas.

Outras respostas foram bastante sutis, as quais não foram possíveis inferir muito sobre a aprendizagem dos estudantes pertencentes ao grupo, como por exemplo, o G6: "Porque suas patas têm ventosas nanométricas". Littig et al (2020), expressam que a comunicação é essencial para as práticas

investigativas. Talvez, o fato de a resposta ter sido coletada de maneira escrita, tenha levado à maior desconforto aos estudantes. Porém, é necessário desenvolver competências e habilidades de fala, mas também de escrita, para uma formação cidadã mais completa.

A questão dois (*Q2*) serviu para discutir as interações entre duas espécies químicas com polaridades diferentes. A areia hidrofóbica é formada por uma quantidade de areia revestida por uma quantidade elevada de um nanomaterial hidrofóbico. Para isso, os estudantes tiveram que realizar os testes experimentais de maneira autônoma e investigativa. As respostas foram satisfatórias, pois todas trouxeram a relação da polaridade das moléculas e suas interações. Exemplifica-se pelo G5: "O pó se comporta como um material impermeável devido sua característica hidrofóbica e apolar, enquanto a água é polar".

Nessa etapa, pôde ser observado o indicador da AC de **Previsão**, neste, os estudantes confirmam suas afirmativas por meio dos fenômenos observados na atividade experimental (SASSERON; MACHADO, 2017). É possível realizar uma relação entre as respostas desta segunda questão, com alguns argumentos que emergiram na discussão da aula nº 2, sobre a polaridade dos nanomateriais. Quando o G7 cita "O pó amarelo é apolar e a água é polar, o pó repele a água, por causa de suas propriedades", por exemplo, é cabível uma correlação com a afirmação no Quadro 14, do E10: "Ela é apolar porque ela interage com o petróleo, que é apolar. Com as bactérias, já que ela é um bactericida, geralmente os bactericidas atuam quebrando a parede celular, com a camada de fosfolipídio, quebrando ela a bactéria morre. Ou seja, ela interage com esses elementos. Por isso que eu "tiro ela" como apolar".

De maneira geral, a previsão se dá pela confirmação resultante das (inter)relações que são construídas na mente dos estudantes e são, posteriormente, externalizadas para explicar os fenômenos observados, e para corroborar com a resolução dos problemas P1 e P2.

Para a questão três (*Q3*), a resposta mais satisfatória foi a do G3: "São esferas metálicas que interagem cem com o ímã pela força magnética". A natureza dos nanomateriais é diversa, mas a certeza é que as interações resultantes são modificadas pelo tamanho das partículas formadoras. No caso do ferrofluido, eles são suspensões coloidais que se apresentam como sólidos magnéticos, quando atraídos por um ímã, e como líquido, quando não submetido ao campo eletromagnético. Essas modificações são resultantes da superfície de contato, tensões superficiais e dimensões das partículas (KILNER et al, 1984). As outras respostas são consideradas incompletas. Isso pode ser justificado pela novidade a qual o experimento trouxe, já que os estudantes o realizaram de maneira autônoma.

Já para a questão quatro (*Q4*), os discentes precisaram realizar uma relação entre os conceitos científicos vistos e as evidências experimentais, para conseguir explicar as modificações observadas nas propriedades das partículas nanométricas, comparando-as com as não-nanométricas.

O **Quadro 18**, a seguir, apresenta uma análise das respostas dos estudantes à Q4. Essa ênfase foi dada, por que os dados se apresentaram como bastante pertinentes à análise.

Quadro 18: Análise das respostas à Questão Norteadora quatro[33].

Questão	Grupo	Respostas	Análise
Q4	*G1*	Foi observado uma forte ligação metálica na areia e na nanopartícula metálica. No pó aparelho e a água ocorreu uma reação apolar. Se seus tamanhos fossem maiores a ligação metálica perderia sua força.	**Conteúdos abordados:** Ligações químicas, polaridade. O grupo apresenta compreensão da modificação resultante da dimensão das nanopartículas, e como isso altera as evidências macroscópicas. Há uma consideração errônea, quando é afirmado que a interação intermolecular dipolo-induzido, é uma reação química.
	G2	Quando as partículas são menores, aparentemente ficam mais separadas, quando menores, mais juntas parecem. As pequenas partículas quando atraídas pelo ímã, a movimentação é mais fluida, do contrário quando são grandes.	**Conteúdos abordados:** Interações intermoleculares, forças eletromagnéticas. Por meio da caracterização do nível de agregação da matéria, os estudantes desenvolvem a percepção das modificações nas propriedades dos materiais nanométricos.
	G3	A interação das nanopartículas dos animais com o ambiente, a interação do pó amarelo e a molécula da água e o ímã em contato com o líquido a as esferas metálicas. Quando as moléculas são menores elas conseguem interagir melhor com o ambiente exposto.	**Conteúdos abordados:** Interações intermoleculares. Apresenta entendimento das iterações das modificações nas interações dos materiais nanométricos. O grupo não apresentou discussão aprofundada acerca do tema.
	G4	Quando a atração magnética é efetuada na resina, se misturam entre si; não se dissolvem completamente na água; se mostram apolar; se comportam como pequenos fragmentos atraídos pelo ímã. Embora seja um metal (sólido) eles se comportam de forma flexível e maleável, se assemelhando a uma estrutura física.	**Conteúdos abordados:** Interações intermoleculares, forças eletromagnéticas. O grupo apresentou propriedade ao discutir as características do ferrofluido, por meio da comparação com as partículas não nanométricas. Vale ressaltar que foi o único grupo que entendeu como nanopartículas apresentam características diferentes em relação ao nível de agregação das moléculas (sólido, líquido, gasoso).
	G5	Quando o pó amarelo é posto num recipiente contendo volume maior de água, as substâncias não se misturam e são separadas em fases, revelando suas propriedades	**Conteúdos abordados:** Misturas, polaridade**,** forças eletromagnéticas. Esse grupo realizou outro teste, ao colocar a areia hidrofóbica em um recipiente com bastante água, eles perceberam que a

[33] Legenda do Quadro: Q4 – Questão norteadora; G1-7 – Grupos de até 6 estudantes.

		heterogêneas. Quando tem o tamanho aumentado, a força de atração diminui junto com a superfície de contato.	interação não existe e que é muito fácil realizar a separação deles. Além disso, o grupo compreende a modificação da propriedade a partir do tamanho das partículas.
	G6	Nos experimentos é possível notar o magnetismo no exemplo da areia e a água, a mesma não interagiu com o pó. No caso do ímã e a areia de ferro, a areia foi atraída pelo ímã.	**Conteúdos abordados:** forças eletromagnéticas. O grupo não apresentou comparação entre as partículas nanométricas e as não-nanométricas.
	G7	Nos experimentos foram observadas interações de magnetismo e polaridade, se a partícula for menor ela terá maior área de contato podendo interagir com uma maior quantidade de matéria.	**Conteúdos abordados:** Interações intermoleculares, forças eletromagnéticas e polaridade. O G7 se preocupou em apresentar a propriedade, se baseando no tamanho das partículas, algo muito importante para a compreensão da nanotecnologia.

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Os dados apresentados refletem na importância da atividade experimental investigativa. Percebe-se que várias conceituações apresentadas pelos estudantes foram modificadas e/ou melhoradas com o passar das atividades. Na aula nº 1, praticamente não foi observado o aparecimento da relação tamanho-propriedades dos materiais nanométricos, já nesta atividade, foi comum observar que os estudantes efetuaram várias relações de conceitos científicos químicos, com a realidade investigada e as propriedades dos nanomateriais, como foi percebido na resposta do G5 à Q4, "Quando o pó amarelo é posto num recipiente contendo volume maior de água, as substâncias não se misturam e são separadas em fases, revelando suas *propriedades heterogêneas*. Quando tem o tamanho aumentado, *a força de atração diminui junto com a superfície de contato*" (grifo nosso).

Nesta atividade foi percebida também a emergência do indicador **Explicação**, em que os estudantes utilizam mais argumentos e dados para justificar suas hipóteses, por meio da revisão dos argumentos propostos inicialmente (SASSERON; MACHADO, 2017).

3.3 ANÁLISE DAS RESPOSTAS FINAIS AOS PROBLEMAS P1 e P2 – REFERE-SE AO OBJETIVO DE PESQUISA: Identificar e analisar a emergência da AC pelos estudantes durante a aplicação da SDI sobre a temática N&N, no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio:

Na última aula da SDI, os estudantes receberam novamente os problemas, com o objetivo de desenvolverem novas estratégias de resolução mais pertinentes por meio da modificação e/aprofundamento das respostas iniciais. A análise desta atividade auxiliou na validação da SDI,

considerando que processo de aprendizagem por meio do ensino por investigação, visou desenvolver a AC pelos estudantes, no contexto do tema nanotecnologia. Vale salientar, que durante a aplicação da SDI foram requeridas checagens dos argumentos e hipóteses propostas pelos estudantes nas atividades realizadas.

No **Quadro 19** são apresentadas as respostas dos estudantes aos problemas. Com base na análise destas respostas foi possível perceber um aprofundamento na compreensão sobre aspectos relativos ao estudo da nanotecnologia, seus impactos de uso na atualidade, os limites e possibilidades no uso das tecnologias, a influência da ciência e tecnologia na sociedade e meio ambiente, e vice-versa, por meio de suas inter-relações e posicionamentos críticos dos estudantes, que apontam para o desenvolvimento da alfabetização cientifica (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON; MACHADO, 2017; STAVROU et al, 2018; BRASIL, 2018).

A seguir, no **Quadro 19** são apresentadas as respostas dos estudantes a P1 e P2, e sua relação com os indicadores de AC (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Quadro 19: Análise das respostas finais aos problemas P1 e P2, pelos grupos[34].

Grupo	Resposta ao P1	Indicadores da AC	Resposta ao P2	Indicadores da AC
G1	Após as últimas aulas assistidas e atividades realizadas, ficou explicita a necessidade e importância dos aparatos tecnológicos em seu tamanho reduzido. Seu impacto, antes considerado quase que totalmente maléfico, agora é bem interessante. Este benefício vai além da facilidade de transportar – citado na atividade anterior – e entra no quesito do meio ambiente. A quantidade de lixo eletrônico é drasticamente diminuída, sua matéria prima é menos tóxica, entre outros.	**A1** **A4** **A6** **A8** **A10** **A11**	Talvez sim, talvez não! Não há uma resposta concreta sobre o assunto, pois a demanda é dependente da conscientização e educação da sociedade. Com os materiais cada vez menores, pode-se ser autossuficiente, contudo, sem o descarte adequado o meio ambiente continuará sofrendo.	**A1** **A4** **A6** **A8** **A10** **A11**
G2	Com a diminuição desses eletrônicos, podemos facilitar os deslocamentos junto a esses objetos e também acelerando seu processo de decomposição, pelo seu tamanho reduzido.	**A1** **A4** **A10**	O ciclo não é autossuficiente. Uma forma de torna-lo autossuficiente seria, por exemplo, tornar os materiais de produção mais ecológicos e recicláveis, facilitar o acesso ao lixeiro eletrônico e, por fim, criar industrias para reciclagem de materiais eletrônicos.	**A1** **A4** **A10**
G3	A necessidade de termos coisas menores surge por sempre precisarmos de versáteis, móveis e ao mesmo tempo mais potentes. O impacto no meio pode vir na degradação mais rápida na natureza tanto pelo tamanho ou pelos materiais usados na produção. Já na população pode vir no consumismo, pois as empresas estão criando e lançando coisas novas e as pessoas sempre vão querer os equipamentos mais modernos.	**A1** **A2** **A3** **A4** **A6** **A10**	Não. A própria inovação, nanotecnologia, é uma ótima estratégia para otimizar esse processo pois quando os dispositivos diminuem o tamanho e aumentam a potência, automaticamente diminui os impactos ambientais que as tecnologias anteriores ocasionam.	**A1** **A2** **A3** **A4** **A6** **A9** **A10**

[34] Legenda do Quadro: A coluna dois exprime as respostas ao P1, e a coluna quatro ao P2. As colunas dois e cinco demonstram quais os indicadores de AC que são evidenciados nesta atividade.

G4	Com a tecnologia ficando com o tamanho cada vez mais reduzido, auxilia na locomoção dos aparelhos, porém no mundo moderno, ocorre a obsolescência programada, que as empresas acabam produzindo aparelhos para pouca duração de tempo, que acaba impactando no meio ambiente, gerando um descarte excessivo de lixo eletrônico, pois não jogando corretamente causa danos.	**A1** **A6** **A9** **A10** **A14**	Sim. Pois os ciclos de produção se baseiam em produto, consumo e descarte. Porém, com os pontos de reciclagem, poderia reutilizar um material descartado, acelerando a produção, já que não começaria do zero.	**A1** **A6** **A10** **A12**
G5	A portabilidade dos usuários dessa tecnologia é melhorada e também com a diminuição do tamanho, o número de transportes de frete reduziu, evitando o aumento da emissão de gases poluentes que corroem o meio ambiente.	**A1** **A4** **A6** **A8** **A10**	Não. A implementação de lixeiras com o objetivo específico de incentivar o descarte correto do lixo eletrônico, por exemplo.	**A1** **A4** **A6** **A10**
G6	Produtos menores gerados de maneira mais rápida, e tornando mais possível o transporte dos produtos.	**A1** **A4** **A6**	Sim, em certas situações específicas se torna autossuficiente, logo como são em escala nanométrica até mesmo o tempo de degradação é mais curto. O problema é a radiação dessa tecnologia que é emitida, basta criar novos meios de contornar a radiação que é prejudicial.	**A1** **A4** **A10** **A12**
G7	Há uma grande necessidade de acesso a dados para população, devido à globalização, logo é necessário a compactação dos meios de acesso a dados, a fim de facilitar o acesso ao mesmo. Com recursos menores, afetamos menos o meio ambiente.	**A1** **A2** **A3** **A4** **A10**	Não. Através da reciclagem podemos diminuir o lixo eletrônico e utilizá-lo para substituir a matéria prima, a fim de fabricar novos materiais.	**A1** **A6** **A12**

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Observando o **Quadro 19** pode-se inferir sobre a presença de um crescimento conceitual (dimensão conceitual), as interações que os estudantes conseguiram construir entre a nanotecnologia e sua prática social (dimensão epistêmica), e as implicações da ciência, tecnologia, na sociedade e meio ambiente (dimensão da relação CTS e CTSA), que remetem aos indicadores que derivam dos três eixos estruturantes da AC (SASSERON; MACHADO, 2017). No **Esquema 03** foi feita uma comparação entre os indicadores identificados no início e final da sequência de aulas.

Esquema 02: Indicadores identificados na resolução de P1 e P2, no início, e no final da SDI.

INDICADORES RELACIONADOS COM AS RESPOSTAS DE P1 E P2 (Esperados e Emergentes)	**Inicial Esperado**	A1, 4, 5, 8, 10, 12	
	Final Esperado	A1, 2, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12, 13	
	G1	Inicial Emergente	A1, 2, 3, 6, 9,14
		Final Emergente	A1, 4, 6, 8, 10, 11
	G2	Inicial Emergente	A1, 10, 12
		Final Emergente	A1, 4, 10
	G3	Inicial Emergente	A1, 2, 3, 6, 10, 14
		Final Emergente	A1, 2, 3, 4, 6, 9, 10
	G4	Inicial Emergente	A1, 2
		Final Emergente	A1, 6, 9,10,12,14
	G5	Inicial Emergente	A2, 3, 13
		Final Emergente	A1, 4, 6, 8, 10
	G6	Inicial Emergente	A1, 2, 3, 4, 6, 10
		Final Emergente	A1, 4, 6, 10,12
	G7	Inicial Emergente	A1, 4, 10
		Final Emergente	A1, 2, 3, 4, 6, 10, 12

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Realizando uma comparação entre as resoluções dos problemas pelos estudantes nos dois momentos da SDI (inicial e final), e considerando a contribuição das outras atividades realizadas na aplicação da sequência, foi possível perceber que no momento final, houve uma maior presença de outros indicadores relacionados com as respostas na maioria dos grupos, como por exemplo, na resposta final do G7 a P1 e P2.

Infere-se que este resultado é atribuído a apropriação de novos conhecimentos ao longo da participação na SDI, que contribuiu para o desenvolvimento de novos indicadores de AC pelos estudantes. Por exemplo, na resposta do G7 – Quadro 19 – P1: "Há uma *grande necessidade de acesso a dados para população*, devido à globalização, logo *é necessário a compactação dos meios de acesso*

a dados, a fim de facilitar o acesso ao mesmo. Com *recursos menores, afetamos menos o meio ambiente*" (grifo nosso), identifica-se a compreensão da relação CTS e CTSA, também da crítica à utilização exacerbada da tecnologia de maneira não sustentável. Complementando, na resposta a P2 "*Através da reciclagem* podemos diminuir o lixo eletrônico e utilizá-lo para *substituir a matéria prima*, a fim de fabricar novos materiais" (grifo nosso), identifica-se que os estudantes mobilizaram conceitos científicos (sobre reciclagem e química ambiental), atrelados à tecnologia, para solucionar um problema do dia-a-dia. Isso é muito importante, pois um indivíduo alfabetizado cientificamente consegue aplicar conceitos científicos para resolver problemas reais, atuando de maneira crítica e autônoma, por meio de uma leitura de mundo mais ampla (SASSERON; CARVALHO, 2011; BRASIL, 2018).

Nas respostas iniciais, nenhum dos grupos de estudantes apresentou a compreensão de que os produtos/materiais de tamanhos menores, no contexto da nanotecnologia poderiam ter maior potência e serem mais degradáveis consequentemente, menos prejudiciais ao meio ambiente (SAMPAIO, 2017; MARCONE, 2015).

Já nas respostas finais, alguns grupos compreenderam esta perspectiva e responderam de maneira mais satisfatória, como por exemplo o G1, no trecho: "[...] ficou explicita *a necessidade e importância dos aparatos tecnológicos em seu tamanho reduzido*. Seu impacto, antes considerado quase que totalmente maléfico, agora é bem interessante. Este benefício vai além da facilidade de transportar – citado na atividade anterior – e entra no quesito do meio ambiente. A quantidade de lixo eletrônico é drasticamente diminuída, sua matéria prima é menos tóxica, entre outros" (grifo nosso). Neste discurso, entende-se que os estudantes partiram de concepções prévias (relacionadas à diminuição das dimensões para facilitar o transporte), e ampliaram as ideias/conceitos estudados sobre nanotecnologia, para melhor justificarem seus argumentos.

Para além disso, o G1 também apresentou uma visão crítica na resolução do P2, atribuindo que, mesmo com a necessidade do desenvolvimento de materiais eletrônicos cada vez menores, cabe à sociedade em geral se conscientizar de que eles podem ser reciclados e reutilizados, diminuindo a quantidade de lixo eletrônico produzido. Isto foi evidenciado pelo G1: "[...] a demanda é *dependente da conscientização e educação da sociedade*. Com os materiais cada vez menores, pode-se ser autossuficiente, contudo, sem o descarte adequado o meio ambiente continuará sofrendo" (grifo nosso).

O G6 foi muito assertivo na resposta ao P2, quando trouxe que "em certas situações específicas se torna autossuficiente, logo como são em escala nanométrica até mesmo o tempo de degradação é mais curto". A afirmação, em relação ao tempo de degradação dos nanomateriais, é relevante, já que trata das diferentes funcionalidades que podem ser modificadas para os nanomateriais em relação aos não-nanométricos. Porém, o trecho "O problema é a radiação dessa tecnologia que é emitida, basta criar novos meios de contornar a radiação que é prejudicial", percebe-se que a concepção prévia dos estudantes acerca do problema ambiental não ser resultante, primordialmente, da radiação emitida pelos

equipamentos tecnológicos, continuou. O que pode sugerir uma limitação da SDI para este aspecto do problema.

Em todas as respostas foi possível identificar o A1: utilização de conceitos científicos para integrar valores e saber tomar decisões responsáveis no dia-a-dia. Este indicador remete diretamente aos objetivos educacionais da nova BNCC (BRASIL, 2018), e do Currículo de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2021), os quais sugerem que a formação cidadã dos estudantes pode ser baseada na discussão de conceitos científicos que integrem valores no dia-a-dia dos estudantes, para formar indivíduos ativos, autônomos e críticos na sociedade, que atuem de maneira positiva, respeitando as limitações da tecnologia para a conservação do meio ambiente.

Realizando um comparativo quantitativo do número de indicadores que foram vistos nas respostas iniciais e finais, com os indicadores esperados propostos durante o desenvolvimento da SDI, surge um panorama muito positivo como resultado de análise. É possível inferir, que para os grupos G1/3/4/5, nas respostas iniciais, o número de indicadores vistos dentro dos propostos como objetivos anteriormente, é bastante baixo. Porém, quando comparado às respostas finais esse valor cresce relativamente. A Tabela 02 a seguir exibe os dados obtidos nesta análise.

Tabela 02: Comparativo quantitativo nos indicadores emergentes nas respostas ao P1 e P2.

Grupo	Total Indicado	Indicadores no P1 e P2 antes	Total Indicado	Indicadores no P1 e P2 depois
G1		1		5
G2		3		3
G3		2		5
G4	6	1	10	3
G5		0		4
G6		3		4
G7		3		6

Fonte: Elaborado pelo AUTOR, 2022.

Para o G3/5/7 é perceptível uma elevação nas quantidades dos indicadores emergentes, o que é muito significativo para os resultados, pois mostra que os objetivos propostos inicialmente foram alcançados, quase que em sua totalidade. A análise aponta a presença do termo nanotecnologia na fala de todos os grupos investigados, relacionando com os impactos ambientais resultantes da utilização das tecnologias, com os ganhos que os nanomateriais podem trazer quando utilizados nos equipamentos eletrônicos.

Percebe-se na análise da SDI, a emergência de indicadores de AC nas respostas e interações entre os estudantes e professor nas atividades realizadas.

3.4 ANÁLISE DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE O TEMA NANOTECNOLOGIA – REFERE-SE AO OBJETIVO DE PESQUISA: Validar a SDI sobre N&N (Produto Educacional) no contexto de aulas de Química, no 3º ano do Ensino Médio.

A Sequência Didática foi construída baseada no EPI, considerando os pressupostos teóricos e metodológicos desta abordagem de ensino (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Nesse sentido, o EPI emergiu na inserção das cinco etapas metodológicas para o desenvolvimento de uma abordagem investigativa, ilustrada no **Esquema 01**, embasando-se em Cardoso e Scarpa (2018). Cada atividade da SDI foi pensada na perspectiva das cinco etapas metodológicas.

A Etapa 01 se deu na apresentação do problema, que acontece na atividade da Aula nº 1; a Etapa 02 surge nas discussões baseadas nas concepções prévias, assim como a Etapa 03, que é a formulação de hipóteses iniciais por parte dos estudantes para a resolução dos problemas P1 e P2. Essas duas últimas etapas acontecem também na Aula nº 1. Durante o processo investigativo, os estudantes tiveram a oportunidade de coletarem variados dados que os auxiliaram na produção de uma revolução mais adequada aos problemas, nas Aulas nº 2-4.

As Etapas 04 e 05, foram propostas para a Aula nº 5, a qual os estudantes tiveram a oportunidade de rever os problemas P1 e P2, checar suas respostas, avaliar por meio do que foi aprendido na atividade, modificar e/ou melhorá-las. Vale ressaltar que esse processo metodológico é de suma importância para as atividades do EPI, pois possibilita o desenvolvimento de várias competências e habilidades relacionadas ao processo de ensino e aprendizagem.

Para a pesquisa, as competências e habilidades objetivos das atividades são as relacionadas à AC, caracterizadas de duas maneiras: Sasseron e Machado (2017) propõem dez indicadores que devem emergir nas atividades que relacionam o EPI à AC, indicadores indicados no **Quadro 07**. Os resultados apontam que a SDI desenvolvida possibilitou que os estudantes apresentassem os dez indicadores de maneira bastante satisfatória, o que confirma que o desenho metodológico proposto é altamente relevante para o EPI.

Da mesma maneira, Sasseron e Carvalho (2011) apresentam quatorze indicadores que uma pessoa cientificamente e tecnologicamente alfabetizado deve apresentar, os quais foram apresentados no **Quadro 06**. Esses indicadores se correlacionam diretamente aos objetivos educacionais apresentados pelos documentos oficiais orientadores do ensino, que são a BNCC (BRASIL, 2018) e o Currículo do Ensino Médio (PERNAMBUCO, 2021), haja visto que estas são as competências e habilidades mais relevantes para um indivíduo socialmente inserido, que consiga avaliar os impactos da ciência e tecnologia, no seu cenário social e ambiental.

Nesse sentido, a validação da SDI se dá de maneira positiva, considerando que os objetivos da pesquisa propostos inicialmente foram alcançados e os estudantes apresentaram o desenvolvimento da

AC, não só na resolução dos problemas, mas na fala, análise, checagem e correção de ideias nas discussões propostas.

A SDI desenvolvida resultará no PE, como um novo material pedagógico, que estará disponível para que outros professores possam utilizar em suas aulas de química, objetivando cada vez mais estudantes alfabetizados científica e tecnologicamente, o que pode reverberar no desenvolvimento de indivíduos mais críticos, cidadãos mais ativos e uma sociedade cada vez mais igualitária, respeitosa e sadia.

Na perspectiva do Ensino de Química do 3º Ensino Médio, há uma necessidade iminente de se inserir temáticas científicas e sociais, que façam sentido para os estudantes, com isso, a N&N é relevante para levantar essas discussões e possibilitar mais crescimento nos processos de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO 05: CONSIDERAÇÕES FINAIS

CAPÍTULO 05: CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de SDI se apresentou bastante satisfatória no desenvolvimento do EPI, para a AC de estudante do Ensino Médio, por meio de aulas de Química sobre N&N. Esta afirmação pode ser confirmada por meio dos dados obtidos e explicitados no capítulo anterior.

Inicialmente, foram propostos como objetivos da atividade, a emergência da AC, partindo de práticas investigativas. A AC se evidencia por meio de 3 eixos: conceitual, epistêmico e das relações CTS e CTSA. Diante desses eixos, foram delimitados indicadores publicados por Sasseron e Carvalho (2011), e Sasseron e Machado (2017).

As atividades presentes na SDI contribuíram para o desenvolvimento e/ou amadurecimento de competências e habilidades, relacionadas aos indicadores da AC. Por meio da perspectiva da observação, foram vistos vários conhecimentos que foram obtidos ou melhorados na prática, como a autonomia, a construção de linhas correlacionais entre conhecimento científico e as evidências emergidas, o entendimento do desenvolvimento tecnológico por meio da experiência, o julgamento de valores, entre outras.

A Tabela 02 apresenta dados que nos leva a confirmar a emergência de indicadores da AC, que foram de extrema importância para a confirmação da eficiência da SDI em propiciar um ambiente de discussão, debate, participação ativa e desenvolvimento de competências e habilidades importantes para a vida.

Além disso, a SDI possibilitou a defesa de argumentos e ideias, por meio das discussões, o que é uma característica de suma importância para os indivíduos da sociedade contemporânea, fazendo com que a comunicação de ideias, dados ou resultados se tornasse mais eficiente.

Na atividade os estudantes apresentaram todos os dez indicadores de AC (SASSERON; MACHADO, 2017), o que valida a sequência realizada. É muito importante que a prática investigativa seja uma realidade nas salas de aula, pois por meio dela a realidade das metodologias de pesquisas científicas acadêmicas se tora mais clara aos estudantes. Foi identificado na aplicação da SDI: seriação de informações, organização de informações, classificação de informações, raciocínio lógico, raciocínio proporcional, levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão, explicação.

Da mesma maneira, os estudantes estavam sempre buscando modificar e/ou melhorar as afirmações dadas na resolução dos problemas iniciais, isto só foi possível porque à medida que a atividade foi acontecendo, dados foram surgindo nas discussões, estes dados foram essenciais para a compreensão de variados aspectos da ciência.

A temática N&N se evidenciou como significativa no desenvolver da SDI, pois, como foi visto no capítulo anterior, 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. Apesar

disto, foi visto que concepções do desenvolvimento da ciência (**A14**) e das pesquisas científicas (**A7**), foram aspectos raramente evidenciados nas discussões.

Como aspecto negativo, indica-se insistência conceitual que o G6 apresentou na atividade, mesmo que o tema tenha sido amplamente discutido na aula nº 2. É necessário que haja uma adaptação na SDI, para que problemáticas como essa sejam sanadas em aplicações futuras da SDI como PE. Não obstante, o G6 também continuou com a mesma linha de pensamento para a resposta ao P1 nos dois momentos, o que mostra que talvez eles não sentiram a necessidade de robustecer sua resposta para apresentar uma aprendizagem mais significativa dentro das discussões.

A AC dos estudantes foi bem evidente na atividade, o conhecimento foi adquirido por meio de um processo, não em momentos específicos, mas por meio da checarem e correção de concepções previamente estabelecidas. O EPI possibilita trabalhar várias estratégias didáticas, o que corrobora com uma educação mais ampla, interdimensional e multidisciplinar.

Esta pesquisa contribuiu para o entendimento de como a utilização de SDI, na perspectiva do EPI, podem possibilitar o desenvolvimento de competências e habilidades, propostas pelos documentos oficiais da educação básica, que emergiram dentro da concepção da AC. Além de produzir e validar o PE. É imprescindível romper com as práticas tradicionais, que se mostram cada dia mais ineficientes quanto à formação de cidadãos atuantes na sociedade. Desse modo, o PE desenvolvido, é muito relevante para suprir essa necessidade atual da educação. Se utilizado de maneira articulada com a realidade de cada ambiente escolar, pode proporcionar avanços significativos para a Educação Básica brasileira.

Como perspectiva, ficam as modificações a serem realizadas na SDI, por meio dos resultados de sua validação apresentada nesta pesquisa. A organização da SDI como um manual didático (PE) para a submissão a plataforma CAPES. Elaboração de artigos científicos como produtos da pesquisa para disseminação e divulgação dos conhecimentos científicos produzidos na área de Ensino de Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKUMA, F. V.; CALLAGHAN, R. A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. **J Res Sci Teach**, v. 30, n. 1, p. 1–30, 2018.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; FERRARO, N. G.; PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A.; SOARES, J.; CANTO, E. L.; LEITE, L. C. C. PNLD Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias: manual do professor. São Paulo: **Moderna**, 1ed., vol. 5, p. 146-155, 2020.

ASSAI, N. D. S.; FREIRE, L. I. F. A utilização de atividades experimentais investigativas e o uso de representações no ensino de cinética química. **Experiências em Ensino de Ciências,** v. 12, n. 6, p. 153-172, 2017.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.1-13, 2001.

AZEVEDO, F.; et al. O manifesto dos pioneiros da educação nova revista brasileira 1932. Brasília (DF): **R. Bras. Est. Pedag.**, v. 65, n. 150, p. 407-425, 1932.

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 Nanoctecnologia: Uma abordagem contextualizada no ensino de química. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Tubarão (SC): UNISUL, 2018.

BATINGA, V. T, S.; SILVA, M. G. L. POE como possibilidade de desenvolvimento de práticas epistêmicas pelos licenciandos de Ciências/Química. Bogotá: **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**, 2018.

BELL, R. L.; SMETANA, L.; BINNS, I. Simplifying Inquiry Instruction. **The Science Teacher**, **NTSA**, p. 30-33, 2005.

BIZZO, N. Ciências: fácil ou difícil? 1ª. ed. São Paulo: **Biruta**, 2009.

BORBOLETTO, A.; CARVALHO, W. L. P. Temas Sociocientíficos: análise dos processos questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras argumentativos num contexto escolar. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis-SC, 2009.

BORTOLOTI, K. F. S. O *Ratio Studiorium* e a missão no Brasil. São Paulo (SP): **Revista História Hoje**, n. 2, p. 1-21, 2003.

BRASIL. 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.

BRASIL. Conheça a história da educação brasileira: 1932. **Ministério da Educação,** 2022. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/pet/33771-institucional/83591-conheca-a-evolucao-da-educacao-brasileira>. Acesso em: 17 mar. 2022.

BRASIL. 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.

BUONOCORE, T. C. C.; OLIVEIRA, A. I. B.; FARIAS, D. S.; MARTINEZ, F. A.; SILVA, G. E.; LEZO, T. C.; ROCHA-LIMA, A. B. C. Energia das radiações: radioatividade natural e artificial, radiações ionizantes e excitantes. **UNISANTA Bioscience**, v. 8 n. 4, p. 447-457, 2019.

CÂMARA, M. S. C.; BARROS, J. D. S.; FILHO, R. B. A.; CARVALHO, F. M. S. A. Utilização de um adsorvente nanométrico a base de grafeno aplicado ao ensino médio de química. **International Journal Education And Teaching**, v. 3, n. 1, p. 48-64, 2020.

CAMPOS, P. O uso de nanopartículas em protetores solares (online). NANOEACH, 2019. Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/?p=1755>. Acesso em: 25 fev. 2022.

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.

CARLSON, L.; HUMPHREY, G.; REINHARDT, K. Weaving science inquiry and continuous assessment. Thousand Oaks, CA: **Corwin Press**, 2003.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765–794, 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. R.; BEJARANO, N. R. R. Os conhecimentos alternativos e científicos na área de ciências naturais: uma revisão a partir da literatura internacional. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2013.

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.

CERQUEIRA, A. G. C.; CERQUEIR, A. C.; SOUZA, R. C.; MENDES, P. A. A trajetória da LDB: um olhar crítico frente à realidade brasileira. 2013. Ilheus (BA): UESC. Disponível em: https://www.yumpu.com/pt/document/read/12712762/a-trajetoria-da-ldb-um-olhar-critico-frente-a-uesc. Acesso em: 14 nov. 2020.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, n. 22, p. 89-100, 2003.

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.

CORREIA, C. F.; HARRISON, CHRIS. Teachers' beliefs about inquiry-based learning and its impact on formative assessment practice. **Research in Science & Technological Education**, v. 38, n. 3, p. 355-376, 2019.

COSTA, J.; FIRME, R. Sururu, vivenciando uma questão sociocientífica – **Produto Educacional PROFQUI**. 2019. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/575155/2/CONTOS%20DO%20LIVRO%20SURURU.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2022.

CRUJEIRAS-PÉREZ, B.; PÉREZ-VIDAL, D. Análisis del potencial del andamiaje insertado para promover la planificación de una investigación científica en educación secundaria. **Educación Química**, v. 29, n. 4, p. 109 – 119, 2018.

DEL-CORSO, T. M.; TRIVELATO, S. L. F.; SILVA; M. B. Indicadores de Alfabetização Científica em Relatórios Escritos no Contexto de uma Sequência de Ensino Investigativo. In: **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em** Ciências – XI ENPEC. Florianópolis, SC Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

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.

FERREIRA, W. M.; ROCHA, L. B.; SANTOS, L. D.; SANTOS, B. L. S. R.; PITANGA, A. F. Corantes: Uma Abordagem com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) Usando Processos Oxidativos Avançados. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 249-257, 2018.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 2, p. 251-269, 2008.

FONTANELLA, B. J.; CAMPOS, C. J. G.; TURATO, E. R. Data collection in clinical-qualitative research: use of non-directed interviews with open-ended questions by health professionals. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, USP: Ribeirão Preto, v. 14, p. 812-820, 2006.

FRANÇA, S. F.; FREITAS, K. C.; SOUZA, S. R. Manual de Sequência Didática – MSD elaborado como produto da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional – PROFQUI/UFRPE como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre – **Produto Educacional PROFQUI**. 2020. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/586562/2/Sequ%C3%AAncia%20Did%C3%A1tica%20sobre%20o%20Estudo%20de%20Corros%C3%A3o%20Eletroqu%C3%ADmica%20Proposta%20para%20o%20Ensino%20T%C3%A9cnico%20em%20Qu%C3%ADmica.pdf>. Acesso em: 23 de jun. 2021.

FREIRE, P. A importância do ato de ler – em três artigos que se completam. São Paulo: **Editora Cortez**, 23 ed., 2005.

FREIRE, P. Educação como prática da liberdade. São Paulo: **Paz e Terra**, 1980.

GATTI, B. A. Avaliação em sala de aula (Divulgação Eletrônica). **Revista Brasileira de Docência, Ensino e Pesquisa em Turismo**, n.1, v. 1, p. 61-77, 2009.

GERALDO, A. C. H. História da ciência: dos primórdios da formação humana até a era moderna, uma síntese didática (**livro eletrônico**) / Antonio Carlos Hidalgo Geraldo. - 1ª edição - Cuiabá, MT: Edição do Autor, 117 p., 2018.

GHIRALDELLI JR., P. História da educação. O manifesto dos pioneiros da educação nova. São Paulo: **Cortez**, p. 54-77, 1990.

GHIRALDELLI JR., P. Introdução à Educação Escolar Brasileira: História, Política e Filosofia da Educação. Colônia e império (**Online**). 2001. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Introdu-Edu-Bra.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2020.

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.

GOBO, G. G. Desenvolvimento de Nanopartículas Poliméricas pelo método Nano *Spray Dryer* para encapsulação de Corantes Fotossensíveis (**Dissertação de Mestrado Profissional**) – Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2019.

GOMES, A. L.; BILESSIMO, S. M. S.; SILVA, J. B. Aplicação de sequência didática investigativa com uso de laboratórios online no ensino de química em turmas do ensino médio em escola pública: uma pesquisa-ação. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, v. 1, p. 499-519, 2020.

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.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; AGRASO, M. F. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. **Educação em Revista**, v. 43, p. 13-33, 2006.

KILNER, M.; HOON, S. R.; LAMBRICK, D. B.; POTTON, J. A.; TANNER, B. K. Preparation and proprieties of metallic iron ferrofluids. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 20, n. 5, p. 1735-1737, 1984.

LAUGKSCH, R.C. Scientific Literacy: A Conceptual Overview. **Science Education**, v.84, n.1, p. 71-94, 2000.

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.

LORENZONI, M. B.; RECENA, M. C. P. Contextualização do ensino de termoquímica por meio de uma sequência didática baseada no cenário regional "queimadas" com experimentos investigativos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 1, p. 40-65, 2017.

MAGNUSSON, S. J.; PALINCSAR, A. S.; TEMPLIN, P. M. Community, culture, and conversation in inquiry-based science instruction. **Scientific Inquiry And The Nature Of Science: Implications for Teaching, Learning and Teacher Education**, p. 131-155, 2004.

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.

MARTINS, J. L. C.; BRAIBANTE, M. E. F. A utilização de textos de divulgação científica no ensino de Química: um olhar para dissertações e teses brasileiras. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 7, n. 1, p. 105-133, 2021.

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.

MELO, J. M. S. História da Educação no Brasil – Aula 2: Período Imperial. Fortaleza (CE): **UAB/IFCE**, ed. 2, p. 25-35, 2012.

MIRANDA, J. Cálice de 1.600 anos mostra que romanos foram pioneiros em nanotecnologia. Site de Curiosidade (**Online**). 2020. Disponível em: <https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/calice-de-1600-anos-mostra-que-romanos-foram-pioneiros-em-nanotecnologia.html>. Acesso em: 12 nov. 2020.

MOL, G. S. Pesquisa Qualitativa em Ensino de Química. São Paulo (SP): **Revista Pesquisa Qualitativa**, v. 5, n. 9, p. 495-513, 2007.

MONLEVADE, J. Educação pública no Brasil: contos & descontos. Ceilândia (DF): **Ideia Editora**, p. 16-50, 1997.

MOURA, K. F. A.; DURÃES, J. A. S.; SILVA, F. C. Investigação no ensino médio: sistemas de hidroponia em horta escolar para discussão de conceitos químicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 2, p. 582-592, 2019.

MOYSÉS, G. L. R.; MOORI, R. G. Coleta de dados para a pesquisa acadêmica: um estudo sobre a elaboração, a validação e a aplicação eletrônica de questionário. In: **Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Foz do Iguaçu, 2007.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n.1, 2007.

NUNES-NETO, N; CONRADO, D. M. Apresentação. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org). Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: **Edufba**, 2018.

OLIVEIRA, M. C. C. Sequência didática investigativa para o ensino de eletroquímica abordando o descarte de pilhas e baterias (**Dissertação de Mestrado em Química**) – Universidade federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2020.

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.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação e Esportes de Pernambuco. **Parâmetros para a Educação Básica do Estado de Pernambuco** – Parâmetros Curriculares de Química Ensino Médio. Recife (PE), 2013.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação e Esportes de Pernambuco. **Currículo de Pernambuco 2021 para o Ensino Médio**. Recife (PE), 2021.

PIZZATO, M. C.; MARQUES, L. C.; ROCHA, P. S.; SOUZA, M. D.; ESCOTT, C. M.; HECK, K. X. Identificação de atitudes investigativa e científica: um estudo de caso em um ambiente interativo de aprendizagem. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 3, p. 258-279, 2018.

PLATIN, C. Argumentação: histórias, teorias e perspectivas. 1. ed. São Paulo: **Parábola Editorial**, 2008.

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.

RAMOS, M. Epistemologia e Ensino de Ciências: compreensões e perspectivas. In: Roque Moraes. (Org.). Construtivismo e ensino de ciências. 3ed.Porto Alegre: **EDIPUCRS**, p. 13-36, 2008.

RATZ, S. V. S.; FREIRE, C. C.; MOTOKANE, M. T. Os movimentos epistêmicos e as práticas epistêmicas: um estudo de caso em uma situação de formação de professores de ciências. Bogotá: **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**, 2014.

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.

RODOVALHO, F. L. Elaboração de Nanosorbentes Magnéticos à base Nanopartículas de Co_0,5Mn_0,5Fe_2O_4 Funcionalizadas com Polidimetilsiloxano como Protótipos para remediação de Águas Contaminadas com derivados de Combustíveis Fósseis (**Dissertação de Mestrado em Nanociências e Nanobiotecnologia**) – Universidade de Brasília. Brasília, 2015.

SALEH, A.; YUXIN, C.; HMELO-SILVER, C. E.; GLAZEWSKI, K. D.; MOTT, B. W.; LESTER, J. C. Coordinating scaffolds for collaborative inquiry in a game-based learning environment. **J Res Sci Teach**, v. 29, n. 1, p. 1-29, 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.

SANDOVAL, W. A. Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. **Wiley Periodicals, Inc.**, p. 634-656, 2005.

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.

SANTOS, C. G. M. M.; KATO, D. S. Limites e possibilidades do uso de situações problemas como recurso pedagógico: os temas controversos sócio científicos e as relações CTSA como perspectiva para o ensino de ciências. In. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2013.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Aprendizagem Ativo-Colaborativo-Interativa: Inter-Relações e Experimentação Investigativa no Ensino de Eletroquímica. **Química nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 258-266, 2018.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Educação em química: compromisso com a cidadania. **Revista Atual**, Ijuí: Ed. Unijuí, 4 ed., p. 61-97, 2010.

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. Interações Discursivas e Investigação em Sala de Aula: o Papel do Professor. 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.41-61, 2019.

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.

SCARPA, D. L.; MARANDINO, M. Pesquisa em ensino de ciências: um estudo sobre as perspectivas metodológicas. In: **II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-15, 1999.

SCHNETZLER, R. P. A pesquisa no Ensino de Química e importância da Química Nova na Escola. **Química Nova na Escola**, n. 20, p. 49-54, 2004.

SCHNETZLER, R. P. Apontamentos sobre a história do ensino de química no Brasil, cap. 2, p. 51 a 73, 2010. In: SANTOS, L. P. dos.: MALDANER, O. A. Ensino de Química em Foco. **Ed. Unijuí**: Ijuí, p. 368, 2010.

SENA, J. Y.; ROCHA, Z. F. D. C. Produto Educacional para o Ensino de Ciências como proposta para Aprendizagem Mediada. **REnCiMa**, v. 9, n.5, p. 205-219, 2018.

SHRIVER, D. F.; ATKINS, P. Química Inorgânica. 4. ed. Livro: trad. BARROS, F. R. Porto Alegre: **Bookman**, p. 665-701, 2008.

SILVA, A. M. P. Processos de construção da escolarização em Pernambuco, em fins do século XVIII e primeira metade do século XIX. Recife: **Editora Universitária da UFPE**, 2007.

SILVA, A. P. L. Elaboração, aplicação e avaliação de uma sequência didática sobre a função álcool para o ensino de química orgânica no ensino médio (**Dissertação de Mestrado em Química**) – Universidade federal Rural de Pernambuco. Pernambuco, 2020.

SILVA, E. T.; SÁ, R. A.; BATINGA, V. T. S. A resolução de problemas no ensino de ciências baseada em uma abordagem investigativa. **ACTIO**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 169-188, 2019.

SILVA, K. A. P.; VERTUAN, R. E.; SILVA, J. M. G. Ensino por investigação nas aulas de matemática do curso de licenciatura em química. **Amazônia: Revista de Ensino em Ciências e Matemática** – Especial Saberes Profissionais do Professor de Matemática, [S.l.], v. 14, n. 31, p.54-72, 2018.

SILVA, N. S.; FERREIRA, A. C.; SILVEIRA, K. P. Ensino de modelos para o átomo por meio de recursos multimídia em uma abordagem investigativa. **Química Nova na Escola**, v. 38, n. 2, p. 141-148, 2016.

SILVA, P. S.; ROSA, M. F. Utilização da ciência forense do seriado CSI no ensino de Química. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia**, vol. 6, n. 3, p. 148-160, 2013.

SILVA, R. F.; BARBOSA, T. V. S.; BATINGA, V. T. S. O Desenvolvimento da Argumentação em Aulas de Química a Partir de uma Questão Sociocientífica. **In: XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2021, Caldas Novas/GO. Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2021.

SILVA, R. F.; Formação continuada do professor em execício 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.

SILVA, S.; FERREIRA, E.; ROESLER, C.; BORELLA, D.; GELATTI, E.; BOELTER, F.; MENDES, P. Os 5 R's Da Sustentabilidade. In: **Anais do V Seminário de Jovens Pesquisadores em Economia & Desenvolvimento**, 2017.

SOUSA, P. S.; GEHLEN, S. T. Questões Sociocientíficas no Ensino de Ciências: algumas características das pesquisas brasileiras. Belo Horizonte (MG): **Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 1-22, 2017.

SOUZA, C. R.; SILVA, F. C. Uma sequência investigativa relacionada à discussão do conceito de ácido e base. **Química Nova na Escola**, v. 40, n. 4, p. 276-286, 2018.

STAVROU, D.; MICHAILIDI, E.; SGOUROS, G. Development and dissemination of a teaching learning sequence on nanoscience and nanotechnology in a context of communities of learners. **Chem. Educ. Res. Pract.**, v. 19, p. 1065-1080, 2018.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 50-74, 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.

TEIXEIRA, O. S.; CORDEIRO, R. Q. Educação Jesuíta: objetivo, metodologia e conteúdos nos aldeamentos indígenas do Brasil colônia. In: **Anais do II Encontro Internacional de Histórica Colonial**. MNEME – Revista de Humanidades. UFRN, Caicó (RN), v. 9, n. 24, 2008.

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.

VIDRIK, E. C. F.; ALMEIDA, N. C.; MALHEIRO J. M. S. As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 488-498, 2020.

YAMAZAKI, S. C.; YAMAZAKI, R. M. O.; LABARCE, E. C. Piaget como referencial teórico para o ensino e aprendizagem de adolescentes e adultos. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [S.l.], v. 15, n. 34, p. 66-79, 2019.

ZABALA, A. A Prática Educativa: como ensinar. Porto Alegre: **Artmed**, 1998.

ZANATTA, M. A Obsolescência Programada Sob A Ótica do Direito Ambiental Brasileiro (**Online**). 2013. Disponível em: <https://www.pucrs.br/direito/wp-content/uploads/sites/11/2018/09/marina_zanatta.pdf>. Acesso em: 21 jun. 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.

ANEXOS E APÊNDICES

ANEXO I: Parecer Consubstanciado do Aceite do Projeto de Pesquisa junto à CEP/UFRPE.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO - UFRPE

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA COMO POSSIBILIDADE DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA

Pesquisador: REOBE FELIPE DA SILVA

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 52391921.5.0000.9547

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO- UFRPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.378.321

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O Pesquisador resolveu todas as inadequações solicitadas.

Não há mais pendências e inadequações.

O projeto atende às normas do sistema CEP/CONEP/CNS/MS.

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RECIFE, 29 de Abril de 2022

Assinado por:
ANNA CAROLINA SOARES ALMEIDA
(Coordenador(a))

APÊNDICE I: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos você **(nome do participante)**, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: SEQUÊNCIA DIDÁTCA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA COMO POSSIBILIDADE DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador REOBE FELIPE DA SILVA, residente à RUA ARENÓPOLIS 760, QUINTAS MAR, CANDEIAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE, CEP 54.430-131; com Fone: (81) 98343.4249 e e-mail: reobefelipe@gmail.com.

Também participam desta pesquisa como orientadora a profa. VERÔNICA TAVARES BATINGA. Telefone: (81) 99900-9862, e-mail veratsb@gmail.com e como coorientadora a profa. IVONEIDE DE CARVALHO LOPES BARROS com contato: (81) 98101-2801.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Essa pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento e aplicação de uma Sequência da Ensino Investigativo sobre Nanotecnologia, para a emergência da Alfabetização científica com estudantes do Ensino Médio de uma escola técnica estadual da Região Metropolitana do Recife. Você será avaliado dentro de práticas docentes para posterior análise, por meio da coleta e dados pelos instrumentos de questionários, gravações de áudios, fotos, anotações etc. Estes dados serão coletados durante as atividades, não sendo necessário nenhum desconforto à priori ou à posteriori.

Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A coleta de dados será realizada no primeiro bimestre letivo do ano de 2022, na instituição de ensino, sendo previstas.

RISCOS diretos para o voluntário: Os dados serão obtidos por meio de resoluções de questionários e problemas, gravações de áudio das aulas realizadas e diários de bordo anotados pelo professor aplicador da atividade. É importante salientar que não haverá nenhuma outra forma de comprometimento neste estudo. Em caso de riscos como: cansaço ou aborrecimento ao responder os questionários, constrangimento ao se expor durante a realização de testes, desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio e vídeo, você não precisa realizá-lo, sendo a sua participação completamente voluntária e, dessa forma, você tem o direito a recusar esse convite ou, posteriormente, se necessário, se retirar do estudo a qualquer momento. A tipologia da pesquisa, quando comparada às anteriores, apresenta riscos mínimos para os participantes, possíveis constrangimentos serão amenizados da melhor forma possível, sendo passível o pagamento de indenização por danos eventuais, cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, ou ressarcimento de despesas, pagos pelo pesquisador.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários: Você presenciará o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, para a avaliação da alfabetização científica por meio do estudo da nanotecnologia na perspectiva do Ensino por Investigação, isso resultará na discussão de conteúdos científicos e suas aplicações.

A participação possibilitará a presença em um ambiente de ensino e aprendizagem possibilitando maiores discussões relacionadas à ciência e tecnologia.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (questionários, gravações de áudio, fotos, anotações etc.), ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador e no *Google Drive* pessoais, sob a responsabilidade do pesquisador REOBE FELIPE DA SILVA, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos, de acordo com a Resolução CNS n° 466 de 2012, item III.2.i, prevendo procedimentos que asseguram a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou do grupo, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

_____
(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, **(nome do participante)**, CPF **(CPF do participante)**, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo SEQUÊNCIA DIDÁTCA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA COMO POSSIBILIDADE DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA, como voluntário (a). Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

_____
Assinatura

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE II: Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE).

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)

OBS: Este Termo de Assentimento para o menor de 7 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.

Convidamos você **(nome do participante)**, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário(a) da pesquisa: SEQUÊNCIA DIDÁTCA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA COMO POSSIBILIDADE DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA. Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador REOBE FELIPE DA SILVA, residente à RUA ARENÓPOLIS 760, QUINTAS MAR, CANDEIAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES – PE, CEP 54.430-131; com Fone: (81) 98343.4249 e e-mail: reobefelipe@gmail.com.

Também participam desta pesquisa como orientadora a profa. VERÔNICA TAVARES BATINGA. Telefone: (81) 99900-9862, e-mail veratsb@gmail.com e como coorientadora a profa. IVONEIDE DE CARVALHO LOPES BARROS com contato: (81) 98101-2801.

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concordar com a realização do estudo, pedimos que, ao final deste documento que está em duas vias, rubrique as folhas e assine. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guardá-la e a outra ficará com o pesquisador responsável.
Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Descrição da pesquisa: Essa pesquisa tem como objetivo investigar o desenvolvimento e aplicação de uma Sequência da Ensino Investigativo sobre Nanotecnologia, para a emergência da Alfabetização científica com estudantes do Ensino Médio de uma escola técnica estadual da Região Metropolitana do Recife. Você será avaliado dentro de práticas docentes para posterior análise, por meio da coleta e dados pelos instrumentos de questionários, gravações de áudios, fotos, anotações etc. Estes dados serão coletados durante as atividades, não sendo necessário nenhum desconforto à priori ou à posteriori.
Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa: A coleta de dados será realizada no primeiro bimestre letivo do ano de 2022, na instituição de ensino, sendo previstas.
RISCOS diretos para o voluntário: Os dados serão obtidos por meio de resoluções de questionários e problemas, gravações de áudio das aulas realizadas e diários de bordo anotados pelo professor aplicador da atividade. É importante salientar que não haverá nenhuma outra forma de comprometimento neste estudo. Em caso de riscos como: cansaço ou aborrecimento ao responder os questionários, constrangimento ao se expor durante a realização de testes, desconforto, constrangimento ou alterações de comportamento durante gravações de áudio e vídeo, você não precisa realizá-lo, sendo a sua participação completamente voluntária e, dessa forma, você tem o direito a recusar esse convite ou, posteriormente, se necessário, se retirar do estudo a qualquer momento. A tipologia da pesquisa, quando comparada às anteriores, apresenta riscos mínimos para os participantes, possíveis constrangimentos serão amenizados da melhor forma possível, sendo passível o pagamento de indenização por danos eventuais, cobertura material para reparação a dano, causado pela pesquisa ao participante da pesquisa, ou ressarcimento de despesas, pagos pelo pesquisador.

BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários: Você presenciará o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, para a avaliação da alfabetização científica por meio do estudo da nanotecnologia na perspectiva do Ensino por Investigação, isso resultará na discussão de conteúdos científicos e suas aplicações. A participação possibilitará a presença em um ambiente de ensino e aprendizagem possibilitando maiores discussões relacionadas à ciência e tecnologia.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa (questionários, gravações de áudio, fotos, anotações etc.), ficarão armazenados em pastas de arquivo no computador e no *Google Drive* pessoais, sob a responsabilidade do pesquisador REOBE FELIPE DA SILVA, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos, de acordo com a Resolução CNS n° 466 de 2012, item III.2.i, prevendo procedimentos que asseguram a confidencialidade e a privacidade, a proteção da imagem e a não estigmatização dos participantes da pesquisa, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou do grupo, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

_____

Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, **(nome do responsável legal do participante)**, portador (a) do documento de Identidade **(RG do responsável legal do participante)**, abaixo assinado, concordo em participar do estudo SEQUÊNCIA DIDÁTCA INVESTIGATIVA SOBRE NANOTECNOLOGIA COMO POSSIBILIDADE DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA EM AULAS DE QUÍMICA, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data _____

Assinatura do (da) menor: _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	**Nome:**
Assinatura:	**Assinatura:**