

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

REGIANE ROCHA SANTANA LOPES

**NANOQUÍMICA E NANOTECNOLOGIA POR MEIO DE QUESTÕES
SOCIOCIENTÍFICAS: PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

CURITIBA

2023

REGIANE ROCHA SANTANA LOPES

**NANOQUÍMICA E NANOTECNOLOGIA POR MEIO DE QUESTÕES
SOCIOCIENTÍFICAS: PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

**Nanochemistry and Nanotechnology through Socioscientific Issues: Proposal
for chemistry teaching**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Dr. Marcelo Lambach

Coorientador: Dr. Adriano Lopes Romero

CURITIBA

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba



REGIANE ROCHA SANTANA LOPES

**NANOQUÍMICA E NANOTECNOLOGIA POR MEIO DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS: PROPOSTA
PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Ciências E Matemática da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciência, Tecnologia E Sociedade E Meio Ambiente.

Data de aprovação: 30 de Agosto de 2023

Adriano Lopes Romero, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Everton Bedin, Doutorado - Universidade Federal do Paraná (Ufpr)

Dra. Silmara Alessi Guebur Roehrig, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 30/08/2023.

Dedico este trabalho à minha família e amigos, pelos
vários momentos de ausência, pela paciência e
compreensão, pelo apoio e pelo colo muitas vezes.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ser meu alicerce, por ser minha Rocha, por ter me dado força de continuar, mesmo quando queria desistir.

Agradeço a minha família, meus pais, meus avós, meus irmãos e cunhadas, por serem a base dos meus melhores e maiores valores.

Agradeço ao meu marido, Deived Alen, por ser em todo esse processo, e em toda nossa vida juntos, meu maior incentivador de minhas loucuras acadêmicas. Mesmo muitas vezes não entendendo nada, me ajudou muitas vezes. Te amo mais do que você possa imaginar.

A minha filha, meu tudo, acho que o projeto mais lindo, perfeito e maravilhoso que já fiz na vida. Você é sem sombra de dúvidas minha primavera em tempos de inverno. Querer ser um bom exemplo para você, foi o que sempre me motivou e ainda me motiva todos os dias, te amo!

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Lambach e ao coorientador Prof. Dr. Adriano Lopes Romero, pela paciência em me fazer chegar até aqui, por me ajudar a entender como funciona a mente de professor-pesquisador, por me ajudar a ir atrás do meu trabalho, por enxugar minhas lágrimas mesmo que a distância, com suas palavras de compreensão, por me fazer chorar algumas vezes me colocando a devida pressão para terminar os trabalhos. Agradeço também a banca examinadora, professora Silmara Alessi Guebur Roehrig e professor Everton Bedin, pois além de fazer a leitura do meu trabalho, auxiliou no aprimoramento dele. Às minhas colegas neste tempo de mestrado, Ana Beatriz, Debora, Bruna e Edneia, por serem inspiração, conforto e carinho nesse tempo difícil.

Agradeço aos professores João Amadeus, por ser um grande mestre que sempre soube passar seu conhecimento para nós. Obrigada por me permitir ser sua aluna e colega no Grupo de Pesquisa em QSC, CTSA e Formação de Professores.

Agradeço aos meus amigos mais chegados que irmãos Arlen, Rafaela, o pequeno Liam, Rafael, Lilian, Ana Gabrielle, Noah, Theo, Luiz, Daniela, Franciele, Fatima, Luciana, que me incentivaram a não desistir.

Aos meus alunos (os que já foram, e os que ainda virão), com certeza o desejo de me tornar melhor professora, em primeiro lugar é para vocês, para que de fato, vocês tenham uma educação digna, eficaz e transformadora.

Pois estou convencido de que nem morte nem vida, nem anjos nem demônios, nem o presente nem o futuro, nem quaisquer poderes, nem altura nem profundidade, nem qualquer outra coisa na criação será capaz de nos separar do amor de Deus que está em Cristo Jesus, nosso Senhor.
Romanos 8:38-39

RESUMO

LOPES, Regiane Rocha Santana. **Nanoquímica e nanotecnologia por meio de questões sociocientíficas: proposta para o ensino de Química**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2023.

Os conhecimentos científicos e tecnológicos produzidos pela humanidade estão constantemente em desenvolvimento. No entanto, a apropriação desses conhecimentos e o debate sobre seus impactos ainda estão distantes do cotidiano da educação básica. A Química presente no currículo do ensino médio e a forma como é ensinada nas escolas continuam se baseando em conceitos e conteúdos que estão muito distantes da ciência, tanto em termos temporais quanto em relação às temáticas abordadas. Diante dessa realidade, é necessário que a educação se aproxime desse desenvolvimento, não apenas abordando assuntos inovadores e contemporâneos em sala de aula, mas também promovendo reflexões sobre eles. Diante disso, uma das possibilidades é organizar temas inovadores em conjunto com os conteúdos da disciplina de Química, de modo a fomentar uma discussão mais crítica sobre essa ciência em nosso cotidiano, tendo como fundamento a abordagem CTSA, com foco em Questões Sociocientíficas. Portanto, o objetivo geral desta pesquisa foi analisar uma sequência de aulas sobre Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica por meio de Questões Sociocientíficas. A pesquisa, do tipo qualitativa de natureza exploratória, aprovada pelo Comitê de Ética, desenvolvida com base na BNCC (Base Nacional Comum Curricular) e no Referencial Curricular do Estado do Paraná teve a participação de estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública da rede estadual da região de Curitiba. Para a realização empírica, foi desenvolvida uma sequência de aulas elaborada de acordo com as características da abordagem CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas. Para isso, utilizou-se a temática problematizadora “Micro e Nanoplásticos” para ensinar o tema Polímeros. Para analisar os dados coletados e elaborados pela professora pesquisadora foi realizada a Análise de Conteúdo de Laurence Bardin. Após o levantamento de dados e análises realizadas, foi possível concluir que a abordagem CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas, pode ser um caminho promissor para abordar temáticas científicas e tecnológicas contemporâneas na disciplina de Química no Ensino Médio. Além disso, também foi possível identificar os fatores limitadores desse enfoque diante do Referencial Curricular do Paraná e da organização administrativo-pedagógica da escola. Como Produto Educacional vinculado e motivador dessa dissertação, foi produzido um E-book, como material de apoio, para professores de Ciências da Natureza interessados em utilizar a abordagem CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas em suas aulas. O E-book contém uma descrição dos princípios da abordagem e algumas indicações sobre temas contemporâneos relacionados às Ciências da Natureza, para que os docentes possam se inspirar e desenvolver suas próprias sequências de aulas.

Palavras-chave: Nanoquímica, Nanotecnologia, Ensino Médio, CTSA, Questões Sociocientífica

ABSTRACT

LOPES, Regiane Rocha Santana. **Nanochemistry and nanotechnology through socioscientific issues: proposal for chemistry teaching**. 144 f. Dissertation (Master's in Science and Mathematics Teaching). Postgraduate Studies in Science, Technology and Learning (PPGFCET), Federal University of Technology – Paraná (UTFPR), Curitiba, 2023.

The Scientific and technological knowledge produced by humanity is constantly evolving. However, the appropriation of this knowledge and the debate about its impacts are still distant from the everyday reality of basic education. Chemistry in the high school curriculum and the way it is taught in schools still rely on concepts and content that are far removed from science, both in terms of timing and the topics covered. Given this reality, it is necessary for education to draw closer to this development, not only by addressing innovative and contemporary subjects in the classroom but also by promoting reflections on them. In light of this, one possibility is to organize innovative themes alongside the contents of the Chemistry discipline in order to foster a more critical discussion of this science in our daily lives, based on the CTSA (Science, Technology, Society, and Environment) approach, with a focus on Socio-scientific Issues. Therefore, the overall objective of this research was to analyze a sequence of lessons on Nanotechnology and Nanochemistry in Basic Education through Socio-scientific Issues. The research, of a qualitative exploratory nature, approved by the Ethics Committee, developed based on the BNCC (National Common Curriculum Base) and the Curricular Reference of the State of Paraná, involved 3rd-year high school students from a public school in the state of Curitiba. For the empirical work, a series of lessons was developed in accordance with the characteristics of the CTSA approach with a focus on Socio-scientific Issues. To do this, the problem-based theme "Micro and Nanoplastics" was used to teach the topic of Polymers. Laurence Bardin's Content Analysis was used to analyze the data collected and prepared by the research teacher. After data collection and analysis, it was possible to conclude that the CTSA approach with a focus on Socio-scientific Issues could be a promising path to address contemporary scientific and technological topics in the high school Chemistry curriculum. Furthermore, it was also possible to identify the limiting factors of this approach in the context of the Curricular Reference of Paraná and the administrative-pedagogical organization of the school. As an associated and motivating educational product of this dissertation, an E-book was produced as supporting material for Natural Science teachers interested in using the CTSA approach with a focus on Socio-scientific Issues in their lessons. The E-book contains a description of the approach's principles and some suggestions on contemporary topics related to Natural Sciences so that teachers can draw inspiration and develop their own lesson sequences.

Keywords: Nanochemistry, Nanotechnology, High School, STS, Socioscientific Issues.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - A Multidisciplinaridade da Nanotecnologia	32
Figura 2 - Etapas da Pesquisa.....	44
Figura 3 - Layout da Ferramenta BUSCAD	47
Figura 4 - Layout da Ferramenta BUSCAD – Plataformas de pesquisa	47
Figura 5 - Slides sobre Polímeros utilizados na aula teórica	66
Figura 6 - Slides Reciclagem e a simbologia	66
Figura 7 - Exercícios propostos sobre a teoria de polímeros	67
Figura 8 - Banners dos estudantes.....	71
Figura 9 - Banners dos estudantes.....	72
Figura 10 - Síntese Análise de Conteúdo	74
Figura 11 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 1	84
Figura 12 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 2	85
Figura 13 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 3	86
Figura 14 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 4	87
Figura 15 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 5	88
Figura 16 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 6	89
Quadro 1 - Objetivos das Questões Sociocientíficas	29
Quadro 2 - Pesquisas – CTSA/Ensino/Química	48
Quadro 3 - Pesquisas – CTSA/Nanotecnologia	50
Quadro 4 - Pesquisas – CTSA e QSC e Ciências da Natureza	52
Quadro 5 - Levantamento Bibliográfico - Micro e Nanoplástico	54
Quadro 6 - Organização das Siglas de identificação	57
Quadro 7 - Síntese da sequência de aulas.....	58
Quadro 8 - Perguntas do Questionário final	95
Quadro 10 - Categorias iniciais e finais - Análise final	98
Quadro 10 - Respostas dos estudantes ao Questionário Inicial.....	118
Quadro 11 - Descrição diário de Bordo Aula 2	128
Quadro 12 - Descrição diário de Bordo Aula 3	129
Quadro 13 - Unidades e Categorias de pesquisa – Análise de Conteúdo.....	130
Quadro 14 - Respostas dos estudantes do VOSTS.....	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CTSA	Ciência, Tecnológica, Sociedade e Ambiente
CTS	Ciência, tecnológica, Sociedade
QSCs	Questões Sociocientíficas
BNCC	Banco Nacional Comum Curricular
ATD	Análise Textual Discursiva
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
BPA	Bisfenol A
VOSTS	Views on Science- Technology-Society
PP	Professora-Pesquisadora
PE	Produto Educacional
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO.....	13
2	EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.....	18
2.1	O que é Ciência?	19
2.2	O que é Tecnologia?	22
3	EDUCAÇÃO CTSA COM ENFOQUE NAS QSC.....	27
4	NANOTECNOLOGIA E NANOQUÍMICA NA ESCOLA.....	31
4.1	Nanotecnologia, Nanoquímica e a CTSA com enfoque nas QSC	36
4.2	Micro e Nanoplásticos – Uma ideia de problematização	39
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	42
5.1	Caracterização da pesquisa	42
5.2	Percurso Metodológico.....	44
5.2.1	Pesquisas de temas contemporâneos e BNCC.....	46
5.2.2	Procedimentos técnicos utilizados na pesquisa	57
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
6.1	Aula 1 – Explicação e Introdução sobre a Sequência de Aulas	61
6.2	Aula 2 – Continuação do Documentário.....	62
6.3	Aula 3 – O que as mídias dizem sobre os Micro e Nanoplásticos ...	63
6.4	Aula 4 – Síntese do plástico de amido	64
6.5	Aulas 5 e 6 – Aulas expositivas sobre Polímeros.....	65
6.6	Aula 7 – Vídeo A história das coisas	68
6.7	Aulas 8 e 9 – Aula expositiva sobre Nanotecnologia	69
6.8	Aulas 10 e 11 – Debate dos grupos e produção dos Banners.....	70
6.9	Produto Educacional.....	72
7	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	74
7.1	Desenvolvimento da Análise de Conteúdo na pesquisa	76
7.2	Análise da Sequência de Aulas – Diálogos durante as aulas	77
7.3	Análise do Questionário Inicial	82
7.4	Análise das leituras de notícias e documentário.....	90
7.5	Análise da síntese do plástico de batata.....	93
7.6	Análise do Questionário Final	94
7.7	Análise das Categorias que surgiram na pesquisa	97
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
	REFERÊNCIAS.....	107

APÊNDICE A - LAYOUT DIÁRIO DE BORDO 1.....	115
APÊNDICE B - INTRODUÇÃO DO LIVRO.....	116
APÊNDICE C - LINK DOCUMENTÁRIO OCEANO DE PLÁSTICOS ...	117
APÊNDICE D - QUADRO QUESTIONÁRIOS	118
APÊNDICE E - DETALHAMENTO DAS FALAS DAS AULAS.....	121
APÊNDICE F - QUADRO DOS DIÁRIOS DE BORDO	128
APÊNDICE G - QUADRO DAS UNIDADES E CATEGORIAS.....	130
ANEXO A - AUTORIZAÇÃO DO COLÉGIO	133
ANEXO B - (TCLE) E (TCUISV).....	134
ANEXO C - (TALE).....	138
ANEXO D - APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA.....	141
ANEXO E - QUESTIONÁRIO INICIAL - VOSTS	142

1 INTRODUÇÃO E APRESENTAÇÃO

Pensar em manipular a matéria há alguns anos parecia uma ideia absurda, mas, em 1959, a mente brilhante de Richard Feynman já imaginava a possibilidade de se controlar a matéria em escala atômica ou molecular, e de poder inventar máquinas tão pequenas que seriam capazes de penetrar células e tumores ou, até mesmo, conseguir escrever uma enciclopédia na cabeça de um alfinete (TOMA, 2016, p. 15).

A história da Nanociência e evolução da Nanotecnologia não é assim tão nova, porém a minha história com ela, pode ser considerada bem contemporânea. Tudo começou com a minha escolha de graduação, a qual demorou bastante para acontecer. Se formos considerar o padrão de escolha de uma graduação, a minha pode se julgar como tardia. Entrei para a Licenciatura em Química com 31 anos, casada e já com uma filha de 12 anos. Sempre digo que não fui eu que escolhi a Química, mas fui escolhida por ela. Foi pela influência de dois professores do cursinho da época, que me mostraram como era apaixonante a profissão docente, e que o tão temido MOL, não era lá aquele “bicho de 7 cabeças”.

Durante o curso de graduação, a cada novo aprendizado, a cada novo conhecimento sendo construído, era como se eu entrasse em um novo mundo, percebia muitos preconceitos sendo quebrados, e era como se uma nova pessoa estivesse sendo formada em mim. Foi então que no 2º semestre de 2017 cursei a disciplina de Polímeros e Nanotecnologia, me deparei com algo extremamente maravilhoso e que de certa forma me deixou abismada: como eu sendo muito curiosa, conhecida como uma pessoa que gosta de novas tecnologias, e já com 33 anos de idade, nunca nem tinha escutado essa palavra, muito menos saber o que era?

Foi assim que conheci e passei a me interessar pela Nanotecnologia, e mesmo durante a graduação, minha vontade era levar esse conhecimento para a Educação Básica. Meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi a aplicação de uma metodologia ativa para abordar o conhecimento sobre a Nanotecnologia. Em janeiro de 2018, fiz um curso de verão no Instituto de Química na Universidade de São Paulo, e lá conheci o Professor Doutor Delmarcio Gomes da Silva, que foi orientado do Professor Doutor Henrique Esi Toma, juntos desenvolveram o *projeto ENSINANO*, na qual elaboraram uma cartilha sobre a Nanotecnologia com o objetivo de ser utilizada em escolas de Educação Básica.

Depois de graduada, em agosto de 2018, passei um ano sem conseguir realizar a minha profissão em sala de aula, somente ensinando em aulas particulares. Decidi que não queria parar de estudar, então, em 2019, iniciei o curso de especialização em Nanotecnologia e Química Avançada para Pesquisa e Educação. Foi também em 2019 que consegui minha primeira turma em sala de aula e foi ali que percebi minha paixão. Mesmo com todas as dificuldades, falta de incentivo, falta de estruturas, entre outros desafios que a educação sempre enfrentou e continua enfrentando, estar em sala de aula é o que fez e faz minha vida ter sentido.

Desde então, tenho buscado aproveitar todas as oportunidades para demonstrar a Nanociência e a Nanotecnologia aos alunos, apoiando-me em metodologias que envolvam mais a participação dos estudantes e que possam ajudá-los a conhecer e aprofundar seus conhecimentos sobre o assunto.

Nessa busca incessante por conhecimento e com o desejo de dar continuidade à minha vida acadêmica, concluí que o Mestrado em Educação Científica seria o próximo passo para alcançar esse objetivo, utilizando o ensino da Nanotecnologia na Educação Básica como tema central.

No Mestrado, agora com ideias mais profundas e um olhar mais crítico, pude perceber que a educação científica precisa ser abordada de maneira que leve os estudantes a irem além de vê-la apenas como a "salvadora" dos problemas da humanidade.

Durante o Mestrado, também veio a oportunidade de conhecer e poder tratar a busca pelo conhecimento sobre a Nanotecnologia, mais focada a Química, com a Nanoquímica, podendo observar mais sobre as propriedades e comportamento de moléculas de diferentes substâncias químicas às características dos produtos nos quais estão presentes.

Estudando e pesquisando, pude perceber que, em sua maioria, as pesquisas e artigos que abordam a Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica são de produções internacionais. Esses temas são explorados com os estudantes por meio de experimentação e caracterização dos materiais, quando a escola dispõe dos recursos tecnológicos necessários para realizá-los.

No Brasil, é verdade que ainda há poucas publicações que abordam a Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica. No entanto, ao realizar uma busca por trabalhos internacionais, é possível encontrar uma maior quantidade de estudos em que esses temas são explorados no contexto da Educação Básica.

Nessas pesquisas há um foco no entendimento e no conhecimento técnico por meio da síntese e caracterização de nanopartículas.

Na nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a abordagem de temas contemporâneos faz parte das competências e habilidades presentes nos currículos da Educação Básica, especialmente no Novo Ensino Médio, conforme podemos observar tanto na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) quanto no documento de detalhamento sobre o novo currículo para o Ensino Médio, da formação geral básica das escolas do estado do Paraná (BRASIL, 2018; PARANÁ, 2022).

A utilização de temas contemporâneos, como a Nanotecnologia e a Nanoquímica, para o ensino de conteúdos curriculares de Química por meio da abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente), com enfoque nas questões sociocientíficas (QSCs), pode contribuir para o avanço da Educação em Ciências (AULER, 2003).

Tal perspectiva visa a investigação e a busca pelo conhecimento de maneira a compreender a ciência como algo vivo e não como um conhecimento fechado, acabado e fragmentado, desenvolvendo cidadãos críticos capazes de tomarem as próprias decisões com base em informações reais e científicas.

Temas contemporâneos que envolvem a Ciência e a Tecnologia - nos quais se enquadram a Nanotecnologia e Nanoquímica - estão presentes nas pesquisas científicas, produções industriais e no cotidiano das pessoas (TOMA, 2009). No entanto, apesar de sua ampla presença em nosso dia a dia, a maioria das pessoas desconhece o significado e o impacto dos produtos provenientes da Nanociência e Nanotecnologia em suas vidas e no meio ambiente.

A partir disso, a investigação que trata esta dissertação se estrutura em torno do problema: de que maneira uma sequência de aulas sobre Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica, organizada por meio de Questões Sociocientíficas, pode contribuir para a compreensão do estudante sobre as relações CTSA? Para isso, foi escolhido como objetivo geral “Analisar de que forma uma sequência de aulas desenvolvida pela mestranda, sobre Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica, organizada por meio de Questões Sociocientíficas, pode contribuir para a compreensão do estudante sobre as relações CTSA.”

Para alcançar este objetivo, definiu-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver uma proposta de sequência de aulas com o uso de questões sociocientíficas, utilizando o plástico como problemática, para o ensino de temas contemporâneos.
- b) Analisar o comportamento, a participação e a aceitação dos estudantes em relação a uma sequência de aulas com o uso de questões sociocientíficas, utilizando o plástico como problemática, para o ensino de temas contemporâneos.
- c) Compreender o papel do professor no processo de elaboração e aplicação de uma sequência de aulas, utilizando a abordagem CTSA com enfoque nas QSC.
- d) Elaborar um E-Book sobre a Nanotecnologia e a Nanoquímica para o ensino de Química na Educação Básica, por meio da educação CTSA com enfoque nas Questões Sociocientíficas.

A dissertação está estruturada em sete capítulos, incluindo a introdução e a apresentação, na qual a professora pesquisadora faz uma breve explicação de sua trajetória até o momento atual. O segundo capítulo aborda os fundamentos teóricos que embasaram toda a pesquisa. O terceiro e quarto capítulo têm como objetivo compreender a importância do tema de estudo e as discussões realizadas pela comunidade científica contemporânea sobre Educação Científica, Educação em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (CTSA), com ênfase nas Questões Sociocientíficas (QSCs), além da inclusão de temas contemporâneos, como Nanotecnologia e Nanoquímica, no Ensino Básico.

No quinto capítulo é apresentada a sequência de aulas que utilizou a problemática dos Micro e Nanoplásticos no meio ambiente para introduzir o tema dos Polímeros aos estudantes do 3º Ano do Ensino Médio de uma escola na região de Curitiba. Aulas expositivas também foram ministradas para aprofundar o conteúdo sobre Polímeros e Nanotecnologia. Por fim, um debate foi realizado entre os estudantes para avaliar o conhecimento adquirido com as aulas. Nesse capítulo, também é descrito o produto educacional: a elaboração de uma cartilha destinada aos professores interessados em trabalhar com a abordagem CTSA, com enfoque nas QSCs, para ensinar os conteúdos de Química, utilizando temas relevantes e contemporâneos relacionados à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, que estejam alinhados com o currículo da disciplina.

No sexto capítulo, é apresentada a descrição da metodologia de análise de dados escolhida, a Análise de Conteúdo, incluindo detalhes sobre como a análise foi conduzida, as categorias desenvolvidas e as discussões em torno da análise. O sétimo e último capítulo é reservado para as considerações finais, na qual a professora pesquisadora faz um relato pessoal sobre a pesquisa como um todo.

2 EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

O que é a Ciência? O que é de fato ter um conhecimento científico? O que faz o sujeito se tornar um cientista? O que é a Tecnologia? São somente aparatos tecnológicos, como *notebooks*, *smartphones* entre outros aparelhos eletrônicos?

Perguntas como essas e tantas outras que surgem a respeito da Ciência e da Tecnologia nos trazem imagens como de pessoas em seus laboratórios e aparatos de segurança, tais como óculos, jalecos e luvas azuis, realizando experimentos, realizando misturas, compostos mudando de cor; em relação a Tecnologia, percebe-se que há uma tendência das pessoas à associarem com computadores, com robôs, com a robótica, com equipamentos eletrônicos etc. Mas será que é isso mesmo?

Um dos fatores que pode tornar tão difícil responder essa e outras questões acerca da Ciência e da Tecnologia é que elas ainda parecem estar distantes da realidade de muitos, pois a maioria da população as relaciona como acontecimentos de grande porte e não conseguem fazer ligações delas com seu cotidiano. Como destaca Bazzo e colaboradores (2003, p. 13) “é difícil dimensionar a importância da ciência no mundo atual, porque, para muitas pessoas, a ciência é algo ainda distante e um tanto difuso”.

Na visão popular sobre a Ciência e Tecnologia, encontramos opiniões divergentes, situadas nos extremos do espectro de concordância. Para alguns, elas ainda são consideradas as "salvadoras" da humanidade, enquanto para outros, são percebidas como as "vilãs", responsáveis por todos os males na sociedade. Essa dualidade de percepções pode representar uma das principais barreiras para que o indivíduo adquira um conhecimento aprofundado sobre esses campos, como afirmam Bazzo e colaboradores (2003):

A percepção pública da ciência e da tecnologia é, além e tudo, um pouco ambígua. A proliferação de mensagens o tipo otimista ou catastrófica em torno do papel desses saberes, nas sociedades contemporâneas, tem levado a que muitas pessoas não tenham uma ideia muito clara do que é a ciência e qual seu papel na sociedade (BAZZO et al, 2003, p.13).

Neste contexto, acerca da compreensão da Ciência e Tecnologia, podemos perceber o quão importante é estimular e aplicar a Educação Científica e Tecnológica nas aulas das Ciências da Natureza. A Educação Científica e Tecnológica preocupa-se em promover uma consciência dos impactos da ciência e da tecnologia na

sociedade, abordando questões éticas, ambientais e sociais. Ela busca formar cidadãos críticos e informados, capazes de tomar decisões fundamentadas e participar ativamente do avanço científico e tecnológico de forma responsável, conforme destacam Cachapuz e colaboradores (2005):

Em definitivo, a participação dos cidadãos na tomada de decisões é hoje um facto positivo, uma garantia de aplicação do princípio de precaução, que se apoia numa crescente sensibilidade social face às implicações do desenvolvimento tecno-científico que pode comportar riscos para as pessoas ou para o meio ambiente. Tal participação, temos que insistir, reclamam um mínimo de formação científica que torne possível a compreensão dos problemas e das opções — que se podem e devem expressar com uma linguagem acessível — e não há-de ver-se afastada com o argumento de que problemas como a mudança climática ou a manipulação genética sejam de uma grande complexidade (CACHAPUZ et al., 2005, p. 29).

Hoje, vivemos em um mundo intrincado e permeado pela ciência e tecnologia, cujo impacto na sociedade e no meio ambiente pode ser tanto positivo quanto negativo. Como Santos e Mortimer (2000) defendem, sua importância é tão significativa que podemos falar em uma autonomização da razão científica em todas as esferas do comportamento humano.

Portanto, torna-se necessária a educação científica e tecnológica por meio de abordagens educacionais que promovam práticas que permitam aos estudantes se apropriarem desses conhecimentos. Dessa forma, os indivíduos serão capazes de compreender o papel da ciência e da tecnologia, assim como sua interferência em suas vidas e na sociedade, e, conseqüentemente, tomar decisões embasadas em dados e informações científicas.

2.1 O que é Ciência?

A palavra Ciência vem do latim “*scientia,ae*”, que significa saber, conhecimento. Ao buscarmos o conceito da palavra, no dicionário da Língua Portuguesa, obtemos a definição de Ciência como:

1. Conjunto, metódico de conhecimentos obtidos mediante a observação e a experiência. 2. Saber e habilidades que se adquire para o bom desempenho de certas atividades. 3. Informação, conhecimento; notícia. Ciências Biológicas. As que estudam os seres vivos. Ciências exatas. Aquelas (como a física, a química, a astronomia) que descrevem e analisam fenômenos de modo quantitativo e segundo as relações matemáticas muito precisas. Ciências humanas. O conjunto de disciplinas que têm por objetivo o ser humano, do passado e do presente, e seu comportamento individual e coletivo. Ciências naturais. Aquelas (como a biologia, a botânica, a zoologia,

a mineralogia etc.) que têm como objeto o estudo da natureza (FERREIRA, 2008).

Mas quando restringimos a definição de Ciência para o conhecimento científico, entendemos que este é bem diferente do conhecimento popular sobre um determinado conteúdo. Portanto, como Bazzo e colaboradores (2003) afirmam, nem todo o saber e conhecimento pode ser considerado como científico. Então o que torna um conhecimento, científico? Segundo os autores, o que transforma as diversas interpretações do que é Ciência em saber científico é o método científico.

De acordo com a concepção tradicional ou “concepção herdada” da ciência, esta é vista como um empreendimento autônomo, objetivo, neutro e baseado na aplicação de um código de racionalidade distante de qualquer tipo de interferência externa. Segundo esta concepção, a ferramenta intelectual responsável por produtos científicos, como a genética de populações ou a teoria cinética dos gases, é o chamado “método científico” (BAZZO et al., 2003, p. 14).

Para Dampier (1971, apud AIKENHEAD, 2006, p. 7), o conceito de Ciência precisa considerar a perspectiva que o sujeito possui, tanto no âmbito cultural quanto acadêmico. Segundo o autor, os historiadores que estudam a história da ciência antiga a entendem como o conhecimento sistemático da natureza, visão esta que vem dos povos antigos da Babilônia, do Egito, da Grécia, da China e da Índia.

Porém, o autor considera que o conhecimento científico vem de povos ainda mais antigos, como da era Paleolítica e Neolítica, o qual ele descreve o conhecimento destes como “Ciência indígena”, que já descreviam os acontecimentos e fenômenos da natureza por meio da observação:

Eles possuíam sistemas de conhecimento indígena, que descreviam e explicavam fenômenos da natureza (ou seja, “ciências indígenas”), sistemas inteiramente diferentes da ciência babilônica, por exemplo (AIKENHEAD, 2006, p. 8, tradução nossa).

Embora a ciência tenha muitos aspectos, entendemos que ela começou a ser desenvolvida pela observação da natureza pelos povos antigos. Porém na atualidade é um desafio avaliar o papel da ciência na sociedade contemporânea, pois muitas pessoas ainda a veem como algo distante e de difícil compreensão. Uma parte significativa da população só consegue associá-la a avanços científicos notáveis ou a nomes proeminentes no campo científico, o que reflete uma falta de conexão mais profunda com a ciência em si e seu papel fundamental na civilização humana (BAZZO et al, 2003).

Por esta razão que a educação científica - principalmente após a 2ª Guerra Mundial - teve a inclusão da história e filosofia da Ciência por alguns educadores, para que os jovens pudessem se tornar, como descreve Aikenhead (2006, p. 1, tradução nossa) pessoas que atuem como “participantes responsáveis e experientes em um mundo cada vez mais afetado pela ciência e tecnologia”. Em uma linha de pensamento correlacionado a afirmação descrita acima, Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 27) entendem que seria pertinente que a Ciência pudesse ser vista parte da cultura, pois considerando-a como “uma atividade humana, sócio historicamente determinada, submetida a pressões internas e externas”, seria uma maneira da ciência estar ao alcance da maioria das pessoas.

Diante a tantos significados, interpretações e sentidos que a palavra ciência nos reserva, existe para a maioria das pessoas um “ar familiar” como destaca Bazzo e colegas (2003), que envolve definir a ciência como prática que relaciona cálculos matemáticos, testes e comprovações padronizados e que utilizam da tecnologia para resolver problemas.

No entanto, o maior legado da verdadeira ciência, por assim dizer, não reside em ter sempre as respostas e alcançar uma conclusão em si mesma. O poder da ciência reside em ser uma área que possui a humildade de reconhecer possíveis erros e admitir que possa haver outras respostas, as quais podem ser modificadas “mas o critério mínimo é a disposição de mudar de acordo com a evidência: se os fatos se acumulam contra a teoria, pior para a teoria” como aborda Pasternak e Orsi (2020, p. 08).

Como afirma Ziman (1980), até a década de 1930, os cientistas precisavam encontrar motivação na crença de que o que estão pesquisando é para o bem. Qualquer sugestão diferente disto afetaria profundamente sua moral, ou seja, tudo o que realizavam, desenvolviam, pesquisavam era exclusivamente para o bem da sociedade.

No entanto, Ziman (1980) descreve que com a pesquisa, o desenvolvimento e o uso das bombas atômicas, os pesquisadores passaram a ver o outro lado de uma ciência não tão cheia de valores puros e benéficos assim.

Essa doutrina repugnante, que vai além do argumento utilitarista em favor da tecnocracia, estava bastante na moda na década de 1930, até que, como disse Robert Oppenheimer, os físicos “conheceram o pecado” ao criar uma bomba atômica. Ela nunca foi publicamente repudiada pela comunidade

científica, mas foi suficientemente desacreditada por eventos externos (ZIMAN, 1980, p. 49).

Isso nos leva a enxergar a importância da educação científica nas escolas, pois todos nós temos nossa vida afetada pela ciência, direta ou indiretamente. E reconhecer e entender sua existência pode ajudar as crianças e os jovens a tomarem decisões mais sábias ao longo de sua vida, como vemos na metáfora do peixe “saber” ou não “saber” que está dentro da água, descrita por Pasternak e Orsi (2020) em seu livro sobre a Ciência no cotidiano:

Existe uma divertida questão filosófica sobre se os peixes “sabem” que estão imersos em água. Afinal, a água está por toda a parte, é transparente e a maioria deles nunca tem experiência de outra coisa. Nosso objetivo é tornar possível para você a “água” da ciência em que todos nos encontramos imersos, que nos alimenta e que respiramos sem perceber. Ampliar a consciência de alguns “peixes”, por assim dizer” (PASTERNAK; ORSI, 2020, p. 08).

A escola, por meio da educação científica de crianças e jovens, é o local propício para iniciar e ampliar a consciência sobre a presença da Ciência e Tecnologia no cotidiano. Por isso entender os conceitos do que é Ciência e Tecnologia, como eles de fato afetam e conduzem a sociedade e o meio ambiente, seria um caminho de transformação para as próximas gerações.

2.2 O que é Tecnologia?

Sem a Tecnologia, não teríamos a possibilidade de ler este documento. Foi por meio do desenvolvimento de métodos de impressão que soluções para a comunicação e preservação das leis de uma comunidade, bem como para a escrita de histórias, foram concebidas. Portanto, a tecnologia desempenhou um papel fundamental no surgimento de artefatos e métodos para a preservação de informações importantes na história e na sociedade.

O exemplo da história da impressão não envolve somente a questão de podermos ler informações em um documento, mais também a criação da escrita, o desenvolvimento das comunicações, e os aparatos como tintas, papel, caneta e outros utensílios que se relacionam com ela. Este é só um exemplo de “coisas” criadas por meio da tecnologia, que revolucionou uma sociedade (PASTERNAK; ORSI, 2020; (BAZZO et al., 2003).

Etimologicamente, a palavra "Tecnologia" se refere à reunião de conhecimentos relacionados às artes úteis. Essa definição tem sido mantida desde os tempos do Renascimento até a era industrial contemporânea. A palavra tem raízes na língua grega, em que "tekhnología," derivada de "tékhne" (que se relaciona com arte, artesanato, indústria e ciência) e do radical "logía" (de "lógos" ou linguagem e proposição). Com essa origem etimológica, a palavra nos faz pensar em algo criado pelas mãos, tangível, intrinsecamente ligado à ciência (MISA; BREY; FEENBER, 2003).

Como podemos observar na definição da palavra Tecnologia no dicionário da língua portuguesa, ela é o "conjunto de conhecimentos, especialmente princípios científicos, que se aplicam a um determinado ramo de atividade" (FERREIRA, 2008, p. 768).

Portanto, ao interpretar a definição da palavra de forma popularizada, podemos compreender que a Tecnologia é a aplicação prática da ciência, transformando-a em objetos tangíveis, visíveis e palpáveis. Para uma parte da população, a Tecnologia se restringe a dispositivos como celulares, computadores, softwares e aparelhos eletrônicos domésticos.

Esses dispositivos estão relacionados à tecnologia da computação, informação e, mais recentemente, à inteligência artificial. Em geral, esses são aparatos tecnológicos que se baseiam em algoritmos e modelos matemáticos para imitar a habilidade humana de aprender e raciocinar, provenientes da tecnologia.

Porém, até mesmo a criação do papel, que foi citado no início desta seção, também é um exemplo um desenvolvimento tecnológico, mesmo que muitos não reconhecem este utensílio como um produto da tecnologia.

Ao longo da história da humanidade, diversos produtos tecnológicos foram desenvolvidos. Desde os tempos pré-históricos, o ser humano demonstrou habilidades e técnicas para transformar materiais como madeira, pedras e cipós em ferramentas de caça e armas de autodefesa contra predadores. Além disso, a habilidade técnica de dominar o fogo também foi um exemplo crucial de tecnologia que contribuiu para o progresso humano:

Um passo importante para chegar ao topo foi o controle do fogo. Algumas espécies humanas podem ter feito uso ocasional do fogo até 800 mil anos atrás, mas há cerca de 300 mil anos os *Homo erectus*, os neandertais e os antepassados do *Homo sapiens* começaram a usar o fogo diariamente. Os humanos tinham então uma fonte confiável de luz e calor, assim como uma

arma letal contra os leões que os rodeavam.... a melhor coisa que o fogo proporcionou foi a possibilidade de cozinhar. Produtos que os humanos não tinham condições de digerir em sua forma natural – tais como trigo, arroz e batatas - se transformaram em itens básicos de nossa dieta uma vez cozidos (HARARI, 2020, p. 25).

A domesticação do fogo, que é a habilidade de lidar com o fogo, foi um marco crucial no progresso evolutivo do ser humano, pois foi nesse momento que ele se destacou dos demais animais. Nessa fase histórica, os seres humanos adquiriram a capacidade de controlar e manipular alguns fenômenos da natureza, como o fogo (HARARI, 2020).

A partir desse momento, os Homo sapiens podiam “escolher quando e onde acenderiam o fogo, sendo capazes de explorá-lo para uma grande variedade de tarefas”, conforme descrito por Harari (2020, p. 26). Diferentemente dos animais, que dependem de correntes de ar para se deslocar, os seres humanos agora eram capazes de controlar uma força natural - o fogo - tornando-o uma das primeiras tecnologias da história.

Ao pesquisarmos e estudarmos a história da humanidade, percebemos claramente a distinção entre fenômenos naturais e fenômenos tecnológicos. No entanto, atualmente, torna-se desafiador separar esses conceitos e definir com precisão o que realmente é tecnologia e o que é ciência.

Para Bazzo e colaboradores (2003), o termo “tecnologia” deve ser utilizado como sendo “sistemas desenvolvidos”, que levam em consideração um conhecimento científico como base para a sua criação, tal como exemplificado pelos autores:

Os procedimentos tradicionais utilizados para fazer iogurte, queijo, vinho ou cerveja seriam técnicas, enquanto a melhoria destes procedimentos, a partir da obra de Pasteur e do desenvolvimento da microbiologia industrial, seriam tecnologias. O mesmo poder-se-ia dizer da seleção artificial tradicional (desde a revolução neolítica), e a melhoria genética que considera as leis da herança formuladas por Mendel. A tecnologia do DNA recombinado seria um passo posterior baseado na biologia molecular (BAZZO; PEREIRA; LINSINGEN et al., 2003, p. 40).

Bruno Latour (2011) nos introduz então a ideia de tecnociência e leva-nos a entrar em alguns detalhes das histórias de descobertas científicas/tecnológicas, como de Pasteur, Diesel, Lyell, que mudaram a sociedade em suas áreas específicas, e então pode-se perceber que somente cientistas e seus laboratórios por si só, não seriam capazes de revolucionar o mundo como conhecemos hoje.

Logo, ele nos traz a ideia de tecnociência sendo como “uma questão de desenvolvimento” um termo por ele utilizado para “descrever todos os elementos amarrados ao conteúdo científico”, que precisa de uma aparelhagem e de muitos sujeitos envolvidos para que ela ocorra. Segundo o autor, quanto mais a ciência e a tecnologia se abrem ao mundo externo, mais ela tem chances de crescer, tal como destacado no quarto princípio de seu livro *Ciência em Ação*:

Quarto Princípio: Quanto mais esotérico o conteúdo da ciência e da tecnologia, mais elas se expandem externamente; portanto, “ciência e tecnologia” é apenas um subconjunto da tecnociência (LATOURET, 2011, p. 407).

O desenvolvimento científico e tecnológico está estreitamente vinculado à necessidade de implementação por meio de dispositivos técnicos. De acordo com Diaz (2007, p. 28), citado por Silva (2012), a "investigação básica 'incontaminada' de técnica" não existe mais, tornando-se mais dependente do mercado e da política. Silva (2012) afirma que a tecnociência pode se tornar uma estratégia política que articula positivamente ciência e tecnologia com as dinâmicas do capitalismo atual. Essa conexão intensa entre tecnologia e questões econômicas do país pode distorcer a compreensão do que a tecnologia realmente é.

Diante das diferentes visões sobre a tecnologia, suas definições e aplicações, podemos destacar a importância de uma educação científica e tecnológica que ajude as pessoas a compreender que a sociedade está permeada por tecnologia avançada. Essa educação torna-se a grande fronteira entre ciência e sociedade, como Ziman (1980) enfatiza:

Mas a tecnologia não é apenas o produto material da ciência. Quer a consideremos estreitamente como conhecimento sobre técnicas práticas, ou mais amplamente como tudo o que é realmente criado por tais técnicas, a tecnologia é tão antiga quanto a cultura humana e tem raízes e ramificações fora dos domínios da pesquisa experimental e teórica. De fato, pela imensidão da tecnologia nas dimensões econômica, política e cultural da sociedade, é fácil considerar a própria ciência como um mero apêndice ou instrumento dessa força dinâmica - como o laboratório de pesquisa de uma corporação industrial, apequenado pela fábrica edifícios e escritórios onde o verdadeiro trabalho de fabricação e venda é feito. Impressionados com o poder da tecnologia na paz e na guerra, caímos prontamente na atitude instrumental que considera a ciência simplesmente como uma máquina para a solução de problemas tecnológicos ou para a geração automática de novos dispositivos tecnológicos (ZIMAN, 1980, p. 72).

A ciência se conecta com a sociedade e se manifesta na vida cotidiana por meio da tecnologia. Portanto, uma educação crítica sobre a tecnologia e seu uso é de extrema importância.

3 EDUCAÇÃO CTSA COM ENFOQUE NAS QSC

Logo após o término da Segunda Guerra Mundial, durante a Guerra Fria, foi observado que, com o aumento do desenvolvimento tecnológico e científico, se acirraram as disputas de poder por parte de alguns países. Para estarem a frente destas inovações alguns países investiram no aumento da formação de cientistas, o que resultou na criação de currículos educacionais que motivasse jovens a serem cientistas (KRASILCHIK, 1987, apud SANTOS, 2011, p. 21).

O movimento CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente) teve origem na década de 1970, ainda sobre a sigla inicial CTS, como maneira de contrapor uma ideia de desenvolvimento na área científica e tecnológica que vinha crescendo, principalmente em países capitalistas, que não estavam de fato “conduzindo, linear e automaticamente, ao desenvolvimento do bem-estar social” (AULER; BAZZO, 2001, p. 1).

Ainda na mesma década com o surgimento de graves problemas ambientais, decorrente do rápido e grande crescimento no desenvolvimento científico e tecnológico, a formação dos profissionais da docência foi de certa maneira influenciada pelo movimento CTS, que preconizava uma formação do sujeito mais voltada para uma formação cidadã (SANTOS, 2011).

Diante desse cenário social, tem início as discussões sobre a Educação CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), como maneira de fomentar uma transformação de mentalidade na forma de visualizar esse desenvolvimento de tal modo a entendê-la mais criticamente, como destacam Auler e Bazzo (2001, p. 2):

Houve um fenômeno de mudança, em determinadas sociedades, na compreensão do papel da C&T na vida das pessoas. Essa nova mentalidade/compreensão da C&T contribui, na análise dos autores, para a “quebra do belo contrato social para a C&T”, qual seja, o modelo linear/tradicional de progresso/desenvolvimento.

À medida que o movimento ambientalista se une à educação CTS, cresce a discussão no meio acadêmico sobre as sérias consequências ambientais causadas pelo modelo de desenvolvimento. Essa situação é confirmada por pesquisadores renomados na área, como Ziman (1980), Solomon (1983) e Aikhenhead (2009), entre outros, que destacam tais questões em trabalhos tradicionais de ensino de ciências. Conforme Santos (2011, p. 31) ressalta, esses trabalhos “expressam uma

preocupação com o desenvolvimento de ações comprometidas com questões ambientais.”

Diante desse cenário, alguns pesquisadores reconhecem a necessidade de colocar o meio ambiente em evidência, adicionando a letra A à sigla CTS, conforme sugerido por Santos (2011, p. 31):

Assim, enquanto Glen Aikenhead continuou fazendo o uso do termo CTS em seus últimos textos sobre o assunto [...], sua colega canadense Erminia Pedretti vem usando desde a década de 1990 o termo CTSA que, segundo ela é de uso corrente por outros autores da época [...]. Vilches e Gil Pérez, que há longo tempo fazem uso do termo CTSA, defendem [...] o uso do termo que demonstraria o compromisso do movimento para a educação para o desenvolvimento sustentável.

Apesar das preocupações e dos desafios inerentes ao desenvolvimento tecnológico e científico, é importante reconhecer que usufruímos significativamente dos produtos e artefatos criados a partir desses conhecimentos. Esses avanços têm trazido benefícios importantes para a nossa saúde, comunicação e para a sociedade em geral (ZIMAN, 1980).

Nesse sentido, a educação CTSA estabelece uma correlação entre o desenvolvimento científico e tecnológico e a vida do estudante, envolvendo os itens que ele utiliza diariamente, as situações sociais e ambientais com as quais ele se depara no seu cotidiano, entre outros aspectos. O objetivo é desenvolver um pensamento crítico no estudante, como ressaltado por Hodson (2020):

Durante a década de 1980, a iniciativa Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) - particularmente por meio do trabalho influente de Glen Aikenhead e Joan Solomon procurou efetuar uma mudança substancial de ênfase na educação científica, incentivando os alunos a usar suas experiências cotidianas para entender características importantes do seu ambiente social (o componente da sociedade), do ambiente artificialmente construído (o componente da tecnologia) e do ambiente natural (o componente da ciência). Com efeito, o objetivo da educação CTS (posteriormente expandido para CTSA para reconhecer as preocupações ambientais) foi visto como utilizando as experiências do mundo real dos alunos e a conscientização sobre questões como um contexto para melhorar o aprendizado da ciência (HODSON, 2020, p. 4, tradução nossa).

Para que os estudantes de Ciências adquiram a capacidade de tomar suas próprias decisões, baseadas em um conhecimento adquirido por meio de sua reflexão crítica sobre a Tecnologia e a Ciência presentes em seu cotidiano, é necessário que disciplinas científicas como a Química, a Física e a Biologia sejam abordadas de forma a serem interpretadas “como uma construção social, políticos e éticos, que

fundamentam o desenvolvimento da perspectiva CTSA na prática docente” (PÉREZ, 2012, p. 24-25).

Uma maneira de contribuir para que a perspectiva CTSA obtenha resultados positivos no contexto educacional é incorporar a abordagem de questões sociocientíficas (QSC) em situações de ensino. Segundo Ratcliffe (2009), as questões sociocientíficas utilizam a experiência cotidiana do sujeito, que estão fortemente divulgadas na mídia ou assuntos que exijam tomadas de decisões pessoais, como por exemplo, em tempos de pandemia como a da COVID, se posicionar pelo uso de máscaras para se proteger da contaminação pelo vírus. As questões sociocientíficas, segundo Ratcliffe e Grace (2003), possuem as características descritas no Quadro 1:

Quadro 1 - Objetivos das Questões Sociocientíficas

A natureza das Questões Sociocientíficas
1 - Ter uma base na ciência, que está frequentemente nas fronteiras do conhecimento científico.
2 - Envolve formar opiniões, fazer escolhas em níveis pessoais ou sociais.
3 - São frequentemente noticiados pela mídia, com questões associadas de apresentação com base nas finalidades do comunicador.
4 - Podem ter informações incompletas por conta das evidências científicas conflitantes/incompletas, e inevitavelmente na reportagem incompleta.
5 - Aborda as dimensões local, nacional e global com acompanhamento político e estruturas sociais.
6 - Envolve uma análise do custo-benefício e em qual risco interagem com os valores.
7 - Pode envolver considerar o desenvolvimento sustentável.
8 - Envolve valores e raciocínio ético.
9 - Pode requerer algum entendimento das probabilidades e riscos.
10 - São frequentemente tópicos com uma vida transitória.

Fonte: Ratcliffe e Grace (2003, p. 2-3, tradução nossa)

Com o intuito de descrever orientações práticas, em meio a inúmeras diversidades de proposições a respeito da aplicação da abordagem CTSA, Pedretti e Nazir (2011) sugerem seis correntes (sendo elas: aplicação/design, histórico, raciocínio lógico, centrado em valores, sociocultural e socioecojustiça) que podem ser utilizadas para “ajudar os educadores a informarem seus próprios entendimentos teóricos, escolhas e práticas no contexto da educação CTSA” (PEDRETTI; NAZIR, 2011, p. 601, tradução nossa).

Dentre as seis correntes elaboradas por Pedretti e Nazir (2011), o raciocínio lógico, o centrado em valores, o sociocultural e a Socioecojustiça, podem utilizar as Questões Sociocientíficas como estratégias, por meio de análise, estudo de caso, modelos de argumentação e tomada de decisão, debates, entender riscos e benefícios da tecnologia (PEDRETTI; NAZIR, 2011).

Um dos pontos que podem ser qualificados como prática alcançada ao se utilizar da abordagem CTSA, a respeito da formação do cidadão crítico e capaz de tomar suas decisões com base no conhecimento científico e não em falácias, é praticamente a base do enfoque que as Questões Sociocientíficas trabalham, pois, as pessoas tendem a ter uma visão romantizada sobre a tecnologia, e acrescentamos sobre a ciência, como destaca Zoller (1992, p. 86, tradução nossa):

A maioria das pessoas veem a tecnologia como o know-how e a criatividade em usar ferramentas, recursos e sistemas para resolver problemas e de melhorar o controle sobre o ambiente natural e o artificial, para aperfeiçoar as condições humanas.

O mesmo autor afirma que, ao considerar a tecnologia (e novamente gostaríamos de acrescentar a ciência) como a salvadora dos problemas da humanidade, cria-se três implicações, as quais são: 1 - toda e qualquer tecnologia (e ciência) é boa e desejável; 2 - tudo o que for necessário para o desenvolvimento tecnológico (e científico) deve ser encorajado; e 3 - destaca-se a razão de existir a educação tecnológica e científica, que deveria ser a desenvolvedora de mão de obra para o crescimento do seu desenvolvimento (ZOLLER, 1992).

Zoller (1992) nos faz refletir que a Educação Científica deveria contribuir para encorajar os estudantes e, ao mesmo tempo, os cidadãos a questionarem essa visão deturpada da tecnologia. O autor ainda indaga que:

Qualquer tipo de desenvolvimento tecnológico, necessariamente, aperfeiçoa nossa qualidade de vida? Quais são as trocas de qualquer nova tecnologia implementada? Uma nova tecnologia deveria ser implementada? Perguntas como estas comumente não são enfrentadas na educação científica tradicional (ZOLLER, 1992, p. 86, tradução nossa).

Em consonância com a visão da importância de usar a abordagem CTSA com enfoque nas questões sociocientíficas, Ratcliffe e Grace (2003) reforçam que utilizar questões sociocientíficas como base para a Educação Científica pode ter um potencial e um impacto enorme sobre a sociedade.

Mesmo vivendo em tempos líquidos, como destaca Bauman (2007), onde tudo se desfaz com a mesma rapidez que foi idealizada, não dando tempo nem de digerir, quanto mais aprofundar os assuntos, Ratcliffe e Grace (2003, p.2, tradução nossa) acreditam que “é seguro afirmar que as questões sociocientíficas irão continuar a interessar as futuras gerações”

4 NANOTECNOLOGIA E NANOQUÍMICA NA ESCOLA

Dentre as inovações tecnológicas nas diversas áreas de conhecimento que estão em ascensão destaca-se a Nanotecnologia. Embora existam elementos nanométricos na natureza desde sua concepção, bem como em artefatos da antiguidade, a pesquisa e o desenvolvimento de materiais e produtos com a nanotecnologia são relativamente novos.

Ela, em conjunto com a nanociência, tem sido reconhecida como uma grande perspectiva para o futuro e devido à sua capacidade de manipular a matéria “foram reconhecidas como grande abertura para o futuro” (TOMA, 2009, p. 18).

A Nanotecnologia já pode ser encontrada no melhoramento de produtos de limpeza, cosméticos, em aplicações no tratamento de câncer, em criação de próteses, em diagnóstico de doenças entre outros, como destaca Silva e Toma (2018):

Os avanços e as aplicações da Nanotecnologia já são uma realidade bem consolidada, tanto nas indústrias, como nos centros de pesquisa instalados nas universidades. Seja no Brasil ou no mundo, hoje é possível encontrar produtos no mercado que aplicam essa nova tecnologia e isso mostra que ela está presente direta ou indiretamente em nosso cotidiano (SILVA; TOMA, 2018, p. 46).

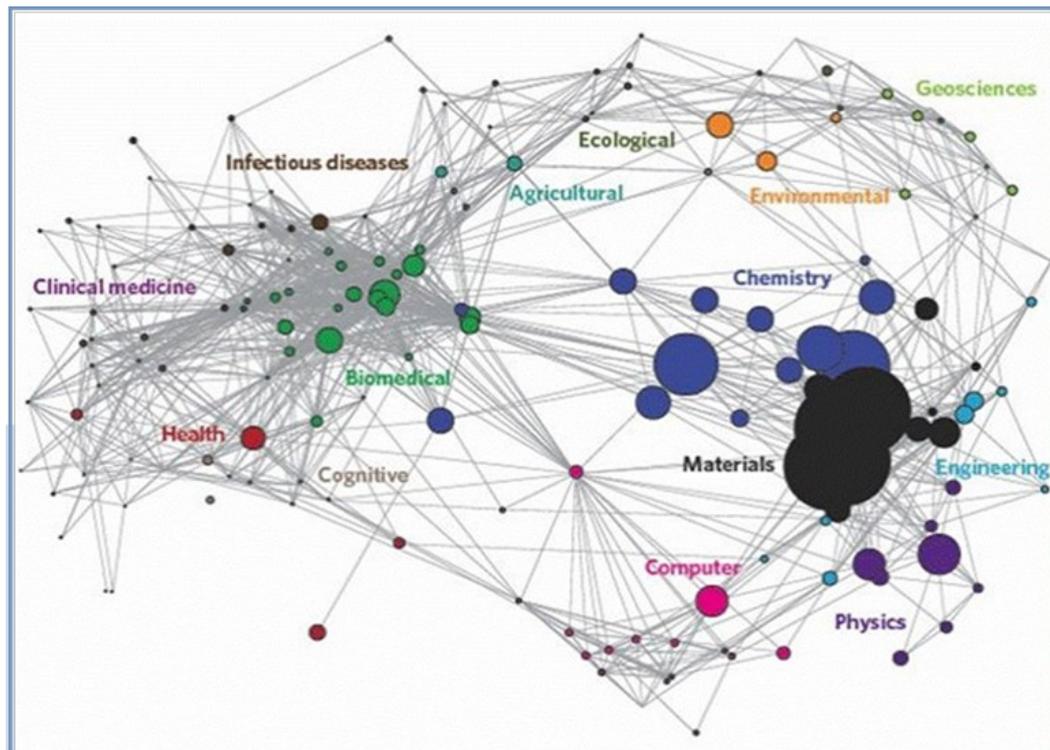
Outro ponto importante relacionado à Nanotecnologia diz respeito ao desenvolvimento realizado no Brasil. De acordo com um documento elaborado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, que aborda um plano de ação em Ciência, Tecnologia e Inovação com foco inicial em quatro áreas - sendo a primeira delas a Nanotecnologia, seguida por Materiais Avançados, Fotônica e Tecnologias para Manufatura Avançada - a Nanotecnologia é:

[...] considerada, em termos de soberania nacional, não só pelo Brasil, mas também pelas maiores nações e blocos econômicos mundiais (EUA, Coréia do Sul, Japão, União Europeia, Suíça, Rússia, Inglaterra, China), uma tecnologia estratégica e, pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), uma das bases das Tecnologias Convergentes e Habilitadoras, responsável em moldar a próxima revolução industrial e trazer impactos positivos para o desenvolvimento social e econômico mundial (BRASIL, 2019, p. 19).

A Nanotecnologia mantém uma estreita ligação com diversas áreas do conhecimento, tanto científicas quanto tecnológicas. Conforme ilustrado na Figura 1, a Química, a Física, a Ciência dos Materiais e a Engenharia emergem como as principais disciplinas que se conectam diretamente com a Nanotecnologia. Estas

disciplinas, por sua vez, estabelecem conexões significativas com uma variedade de setores, tais como Saúde, Medicina, Biomedicina, Agricultura, Ecologia, Meio Ambiente, Computação e Geociência. Por exemplo, elas unem conceitos provenientes dessas áreas de conhecimento para criar materiais e dispositivos com propriedades únicas em escala nanométrica.

Figura 1 - A Multidisciplinaridade da Nanotecnologia



Fonte: ABDI (2010, p. 24)

Outro exemplo da multidisciplinaridade da Nanotecnologia e Nanociência, é com relação ao desenvolvimento de nanomateriais empregados na remoção de poluentes da água e do ar. Nanopartículas de catalisadores são usadas na purificação de gases de escape de veículos, tornando-os menos poluentes, usando aqui conceitos da Biologia, da Engenharia Ambiental, da Química, da Ciência dos Materiais, entre outros. Portanto, o estudo da Nanotecnologia pode incentivar a adoção de uma abordagem multidisciplinar nas escolas.

Isso torna a inclusão da Nanotecnologia e suas aplicações necessárias, pois, além de ser um tema que pode ajudar os estudantes a perceberem que a ciência não se limita às disciplinas curriculares, também pode estimulá-los a estudar conteúdos relacionados à ciência e à tecnologia.

De acordo com Moran (2015), a sociedade passa por transformações complexas em diversas áreas, enquanto a educação, de maneira geral, ainda se mantém antiquada, o que causa desmotivação nos estudantes.

Todos os cidadãos estão, em algum grau, conectados a artefatos, produtos ou bens de consumo que são feitos a partir de conhecimentos oriundos da Ciência e da Tecnologia. Nesse sentido, um dos pontos importantes da inclusão de temas que envolvem a ciência e a tecnologia, como a Nanotecnologia, nas escolas, é a promoção de uma cultura de educação científica no ensino básico, como destaca Fourez (1997, apud CACHAPUZ *et al.* 2005, p. 20):

Num mundo repleto pelos produtos da indagação científica, a alfabetização científica converteu-se numa necessidade para todos: todos necessitamos utilizar a informação científica para realizar opções que se nos deparam a cada dia; todos necessitamos ser capazes de participar em discussões públicas sobre assuntos importantes que se relacionam com a ciência e com tecnologia; e todos merecemos compartilhar a emoção e a realização pessoal que pode produzir a compreensão do mundo natural.

Outro ponto que justifica a inclusão da Nanotecnologia na Educação Básica é a possibilidade de introdução de assuntos contemporâneos no ensino de Química, contribuindo para o aumento do interesse dos estudantes. É de conhecimento comum que a Química é encarada pelos alunos como uma matéria complexa e de difícil entendimento, pois exige a compreensão de modelos explicativos de um mundo submicroscópico, como explica Silva (2011):

Das disciplinas ministradas, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, a Química é citada pelos alunos como uma das mais difíceis e complicadas de estudar, e que isso aumenta por conta de ser abstrata e complexa (SILVA, 2011, p. 7).

A falta de compreensão do mundo submicroscópico, que, por consequência, é um dos fatores que resulta no desinteresse dos estudantes pela Química, pode estar contribuindo para que o país se posicione entre os últimos colocados no ranking de proficiência em Ciências. Essa informação é respaldada pelos dados de 2018 do teste internacional PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos), os quais demonstram a posição desfavorável do país nesse aspecto (INEP, 2019).

O Brasil, quando comparado com outros 79 países, apresentou um resultado considerado ruim, pois os alunos na faixa de 15 anos de idade não possuem um nível básico de conhecimento em Matemática, Leitura e Ciências. A porcentagem Brasileira

chega a 55% quando analisados aos dados somente relacionados ao conhecimento referido as Ciências da Natureza (INEP, 2019).

Dados como este são preocupantes quando levamos em consideração duas finalidades importantes da educação científica e tecnológica: a primeira relacionada ao desenvolvimento pessoal do sujeito, como cidadão capaz de entender e opinar sobre questões que estão relacionadas a ciência e à tecnologia, e a segunda é com relação ao desenvolvimento social e econômico do país.

Pensar em sequências de aulas, que abordem temas da Ciência e da Tecnologia que ajude a melhorar o domínio dos indivíduos sobre questões relacionadas a elas se faz importante, pois um país em desenvolvimento como o Brasil tem a necessidade de pessoas mais capacitadas a discutirem questões sociocientíficas e a promover o crescimento tecnológico de uma maneira sustentável, pois segundo Cachapuz (2012, p. 15):

A primeira ideia é de que uma adequada cultura científica valoriza a cidadania, reforça a democracia participativa e ajuda a reconstruir o desenvolvimento da tecnociência segundo linhas mais democráticas.

Além de contribuir para despertar o interesse dos estudantes pela Química, ensinar Nanotecnologia já na Educação Básica pode ser útil quando o objetivo é unir duas ou mais disciplinas e ajudar os estudantes a conhecerem a multidisciplinaridade das disciplinas da Ciência da Natureza. Utilizando práticas em conjunto, como, por exemplo, desenvolver atividades interdisciplinares que envolvam a Química com a Física, a Química com a Biologia e a Química com a Matemática (SANTOS; NIHEI, 2013).

Embora a Nanotecnologia seja uma temática multidisciplinar, ela pode ser abordada também com uma visão mais específica à Química e podemos atribuir isso a Nanoquímica, segundo Ozin e Cademartiri (2009, p. 1240, tradução nossa) é:

No sentido mais amplo, a Nanoquímica emprega as ferramentas da química sintética e química de materiais para fazer nanomateriais com tamanho, forma e propriedades de superfície que são projetados para evocar uma função específica e orquestrados para destinar se a um determinado uso final.

Essa percepção da Nanoquímica representa uma mudança importante em relação à metodologia tradicional de nanofabricação do tipo Top Down, que consiste na estruturação de nanopartículas a partir do macro para o nano. Essa abordagem

baseia-se na criação de nanoestruturas a partir de um bulk de materiais planarizados, utilizando feixes de fótons, elétrons, átomos e íons. Por muito tempo, esses métodos eram praticados exclusivamente nas áreas de Engenharia e Física (OZIN; CADEMARTIRI, 2009).

Os pesquisadores Ozin e Cadermartiri (2009), consideram que no início, a empolgação da Nanoquímica estava nas propriedades relacionadas ao tamanho e forma dos nanomateriais, que eram perceptíveis como uma grande oportunidade de realizar um controle químico em relação aos materiais.

Pensando com olhar educacional, Pagliaro (2015) defende que, com o desenvolvimento crescente da nanotecnologia relacionado a Química ser considerada “extremamente fértil”, um ensino eficiente da Nanoquímica torna-se cada vez mais importante.

A química se transforma cada vez mais em Nanoquímica, e a energia solar renovável disponível na luz do sol e na biomassa emerge como a principal fonte de energia e matérias-primas disponíveis para a humanidade (PAGLIARO, 2015, p. 11931).

Para o autor, a Nanoquímica faz o papel em expandir o alcance da abordagem Química estendendo a metodologia química à síntese de materiais. Mesmo em uma realidade internacional, após a análise de alguns currículos escolares no nível superior e básico, ele observou que ainda não se tem formado um padrão de como incluir a Nanotecnologia na educação, como ele afirma:

Como esperado para um campo relativamente novo, muitas diferenças foram encontradas entre diferentes países e até mesmo dentro do mesmo país. Ainda não foram criados padrões de aprendizado para nanotecnologia. Mesmo focando no ensino de graduação, a oferta educacional varia de cursos de quatro semanas a quatro anos. Por exemplo, educadores nos Estados Unidos mostraram que um curso de nanotecnologia de quatro semanas para alunos do primeiro ano de graduação foi eficaz para que os alunos reunissem conceitos-chave sobre nanotecnologia de maneira significativa (PAGLIARO, 2015, p. 11934, tradução nossa).

Mesmo diante deste achado, ele ainda defende que pela natureza interdisciplinar da Nanoquímica ela requer uma oferta educacional que englobe diversos tópicos em um novo currículo ou aplicação dela em sala de aula. O autor acredita que depois dos estudantes discutirem e entenderem os fundamentos da Nanotecnologia e da Nanoquímica, os alunos deveriam ser instruídos sobre o impacto dos nanomateriais na saúde humana e no meio ambiente. Atualmente, é bem

conhecido que o pequeno tamanho e a alta área de superfície dos nanomateriais podem causar inúmeros danos à saúde e efeitos ambientais (PAGLIARO, 2015).

Partindo deste ponto de vista, entendemos que trabalhar com a Nanotecnologia e a Nanoquímica, utilizando a educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) com enfoque nas Questões Sociocientíficas (QSC), é uma maneira de aplicar o que Pagliaro (2015) entende como um dos pontos importantes para se acrescentar em um novo currículo, seja ele de educação básica quanto em um novo currículo em cursos de graduação de Química.

4.1 Nanotecnologia, Nanoquímica e a CTSA com enfoque nas QSC

As possibilidades de se trabalhar qualquer assunto da área que envolve Ciência e Tecnologia que tenha de certa maneira transformado a Sociedade e o Meio ambiente é de fato desafiador, e utilizar a Nanoquímica e a Nanotecnologia não é diferente.

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação dois pontos importantes precisam ser trabalhados para que o desenvolvimento da Nanotecnologia avance no Brasil, e esses dois pontos são de caráter educacional e regulatório (BRASIL, 2019).

Com relação à parte educacional, o plano de ação do governo destaca não apenas a falta de recursos humanos para a divulgação desta tecnologia, mas também a maneira como ela é comunicada à sociedade brasileira (BRASIL, 2019).

Existe uma percepção de que há um grande desalinhamento de ideias e conceitos que, muitas vezes, podem prejudicar ou até mesmo inviabilizar o desenvolvimento tecnológico, devido a crenças populares infundadas, sem embasamento científico-tecnológico (BRASIL, 2019).

É interesse do Ecossistema de inovação que o investimento realizado em projetos de Nanotecnologia apresente não só o retorno esperado, mas também a maturidade sustentável desejada, pois existe o interesse latente de outras nações pela Nanotecnologia brasileira, que, “com mais investimento e suporte regulatório/ocupacional/ambiental, seguramente proporcionará maior desenvolvimento e prosperidade para o País.” (BRASIL, 2019, p. 38).

Quando abordamos assuntos e temas inovadores em sala de aula, tendemos a direcionar as discussões para os benefícios que eles podem trazer para as pessoas, pois estamos atualmente enredados por artefatos científicos e tecnológicos, e por

esse motivo, como sociedade nos voltamos a olhar para eles como quase “deuses” como descreve Bazzo (2014, p. 107):

A humanidade vive, mais do que nunca, sob os auspícios e domínios da ciência e da tecnologia, e isso ocorre de modo tão intenso e marcante que é comum muitos confiarem nelas como se confia numa divindade. Esse comportamento está de tal forma arraigado na vida contemporânea que fomos levados a pensar desta maneira durante toda nossa permanência nos bancos escolares.

Os estudantes são frequentemente influenciados a perceberem a Ciência e a Tecnologia como autoridades absolutas devido à veiculação constante dessas virtudes na mídia, tanto para eles quanto para a sociedade em geral. Um exemplo disso é observado quando produtos desejam ser reconhecidos e confiáveis pelos consumidores, destacando em suas embalagens e slogans que foram cientificamente aprovados. Essa estratégia busca estabelecer confiança nos consumidores em relação à qualidade e segurança dos produtos (BAZZO, 2014).

Outro ponto importante de se ressaltar aqui é como os estudantes, desde pequenos, constroem uma visão de que a Ciência se resume ao conhecimento. Qual pessoa não lembra de algum professor ou professora, de alguma forma, incutiu em seu subconsciente a ideia de que "o conhecimento é poder"? (ZEIDLER; SADLER, 2000, p. 2, tradução nossa).

Ameaças, intimidação, propaganda e ostracismo ("entrar no programa!") exercendo o poder. Mas o poder é exercido com mais eficiência quando as pessoas se conformam com o poder porque não temem a penalidade em si, mas o potencial de aplicá-la - o "poder de sugestão!". Qualquer conhecimento gerado pelo empreendimento científico deve ter importância e, portanto, esse conhecimento (ou sua utilidade) deve ser bom.

Com isso fica o questionamento: como se produz o conhecimento científico e tecnológico? Como professores e pesquisadores, perguntamos como as pessoas se apropriam destes conhecimentos, e quais conhecimentos são de fato necessários, para ajudar no desenvolvimento de um cidadão crítico.

Em uma entrevista para o canal da Universidade no programa *Scientia*, em julho de 2022, o professor e doutor da Universidade Federal do Paraná, Leonir Lorenzetti, defende que não temos mais como negar que as “interpelações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, afetam a sociedade”, e, portanto, precisamos compreender suas implicações e por meio da alfabetização científica, podemos nos apropriar dos diferentes conhecimentos científicos.

Assim como na aquisição da língua materna, em que, quando éramos analfabetos, não éramos capazes de compreender os sinais e símbolos e, conseqüentemente, não tínhamos a habilidade de ler e interpretar textos, podemos fazer uma analogia adequada e similar para o conhecimento científico e tecnológico.

Para que não sejamos levados por uma visão errônea sobre Ciência e Tecnologia, precisamos quebrar a barreira da falta de conhecimento, de como podemos considerar aqui, uma alfabetização científica.

Para superar a barreira do analfabetismo científico, é imperativo iniciar o processo de transformação no ambiente escolar, conforme enfatizado por Lorenzetti (2022). Segundo o autor, a escola tem a responsabilidade de “trabalhar com conhecimento, e ciência é conhecimento”. Lorenzetti também sustenta que, à medida que os estudantes adquirem um domínio mais profundo do conhecimento científico e tecnológico, eles aprimoram sua compreensão de como esses domínios impactam de forma direta em suas vidas. Conseqüentemente, eles se capacitam a tomar decisões mais embasadas no futuro e a contribuir para o progresso de uma sociedade mais democrática.

Um movimento importante para se trabalhar o conhecimento científico e tecnológico de maneira crítica é por meio da abordagem CTSA com enfoque nas questões sociocientíficas. Segundo Jesus, et al (2015, p. 1), quando bem aplicada e desenvolvida no contexto de sala de aula, a abordagem CTSA “possibilitará aos estudantes compreenderem e problematizar como a Nanotecnologia vem se tornando um estranho íntimo das pessoas”.

Como a Nanotecnologia e a Nanoquímica conversam com uma multidisciplinaridade de conhecimentos científicos, sejam elas da Física, da Biologia, da Matemática, da Ciência dos Materiais, entre outros, elas são de fato temáticas capazes de ajudar a aplicar uma das 4 finalidades que o novo Ensino Médio, por meio da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Art. 35), deseja alcançar: “IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 2018, p. 464).

Quando adequadamente empregada, a educação CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas (QSC) pode ser utilizada para explorar conhecimentos científicos e tecnológicos, enfocando a apropriação de temas controversos. Isso

envolve a abordagem de problemas divulgados pela mídia e em artigos científicos, tanto em âmbito local quanto global.

Essa prática contribui para o desenvolvimento crítico e social dos estudantes, alinhando-se assim à terceira finalidade do Novo Ensino Médio, “III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 2018, p. 464).

4.2 Micro e Nanoplásticos – Uma ideia de problematização

Desenvolver uma atividade, uma sequência didática, uma feira de ciências entre outras práticas escolares que utilize o tema Plásticos, pode ser algo que para alguns estudantes seja encarado com um tema “batido”. Alguns até podem achar que já sabem tudo sobre plásticos, sobre sustentabilidade e reciclagem, pois esses temas têm sido exaustivamente discutidos nas escolas.

Porém, o assunto “plástico” não é mais um problema restrito a poluição do dos oceanos, dos lixões, e até mesmo algo que afete somente os animais marinhos como as tartarugas. Hoje é sabido que este problema está mais perto do ser humano do que muitos podem imaginar.

Atualmente, está comprovado cientificamente que alguns tipos de plástico estão diretamente envolvidos no surgimento de certos tipos de câncer, ocasionados pela liberação de substâncias tóxicas presentes em alimentos armazenados e aquecidos em embalagens plásticas, e esta questão vem sendo discutida desde 1993 (BERNARDO et al., 2015).

Desde então, foi descoberto que uma substância estrogênica, o Bisfenol A (BPA), era liberada de materiais feitos com policarbonato. Por meio de estudos científicos, foi provado que o BPA pode afetar os sistemas endócrinos dos humanos e de outros animais, quando interage com estrogênio, androgênio, hidrocarboneto aromático e receptores ativados por proliferadores de peroxissomo, o que afeta o sistema endócrino (BERNARDO et al., 2015).

Mesmo com o aumento da Educação Ambiental nas escolas, universidades e, até mesmo, na ampla divulgação pela mídia e grandes marcas comerciais sobre a necessidade de reciclar e reutilizar, infelizmente, o aumento da poluição, principalmente a poluição causada pelos plásticos, tem ocorrido devido à atuação direta e crescente do ser humano por meio do consumo desenfreado.

Portanto, por mais que os jovens ainda possam considerar um tema “batido”, falar sobre os plásticos é extremamente relevante, pois agora a questão dos plásticos não está somente naquilo que nossos olhos podem ver. Atualmente, estudos científicos têm identificado que, com a degradação demorada dos plásticos na natureza, esses tem liberado micro e até mesmo nanoplásticos nos locais onde são depositados. Esses micros e nanoplásticos, por sua vez, são conduzidos com mais facilidade para dentro da fauna e flora, que por consequência chega até ao organismo do ser humano (GERRETSEN, 2023).

Segundo a notícia veiculada no jornal BBC News, os microplásticos já estão em todo lugar do planeta, primeiro descoberto nas geleiras na Antártida, nos intestinos de animais marinhos, e até mesmo na água potável por todo o mundo. Os estudos mostram que “existem cerca de 24,4 trilhões de fragmentos de microplásticos nas camadas superiores de água dos oceanos da Terra”, e não somente nos oceanos, mas também foram encontrados em solo de áreas agrícolas na Europa (GERRETSEN, 2023).

O problema não é só pelo fato da poluição que os plásticos causam já há alguns anos no meio ambiente, mas os microplásticos acabam carregando substâncias tóxicas que se acumulam no solo, água potável e inclusive nos animais marinhos que os seres humanos ingerem conforme a entrevista relata:

Eles são feitos de substâncias potencialmente prejudiciais que podem ser liberadas para o meio ambiente à medida que se decompõem e também podem absorver outras substâncias tóxicas, essencialmente permitindo que elas peguem carona para as terras agrícolas, onde podem ser absorvidas pelo solo [...]. Um relatório da Agência Ambiental do Reino Unido, revelado pelo grupo ativista ambiental Greenpeace, concluiu que o lodo de esgoto destinado às terras agrícolas inglesas estava contaminado com poluentes, incluindo dioxinas e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, em "níveis que podem apresentar risco para a saúde humana" (GERRETSEN, 2023, tradução nossa).

Em estudos que começaram em meados de 2020, foi encontrado micro e nanoplásticos em frutas, legumes e verduras que eram vendidas em supermercados e por vendedores locais na cidade de Catania, na Itália. Entre esses alimentos, as maiores taxas de micro e nanoplásticos foram encontradas em maçãs e cenouras. Na Holanda foi verificado que:

[...] os produtos agrícolas absorvem partículas de nanoplásticos – fragmentos minúsculos que medem de 1 a 100 nm e são cerca de cem a mil vezes menores que um glóbulo sanguíneo humano – da água e do solo ao seu

redor, através de rachaduras minúsculas nas suas raízes (GERRETSEN, 2023).

Devido à sua atualidade e relevância, abrangendo questões ambientais e de saúde pública em todo o mundo, a Nanotecnologia e a Nanoquímica representam uma temática que pode ser empregada em sala de aula para promover discussões no contexto da educação CTSA com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Por meio dessa abordagem, é possível estimular os estudantes a compreenderem os problemas de toxicidade frequentemente subestimados em relação aos materiais nanotecnológicos.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos metodológicos utilizados na realização da sequência de aulas sobre a inclusão da Nanotecnologia e Nanoquímica por meio de Questões Sociocientíficas. O primeiro passo foi a realização de quatro levantamentos bibliográficos: 1) CTSA no ensino de Química; 2) CTSA e a Nanotecnologia; 3) relação de pesquisas realizadas sobre a educação CTSA com enfoque nas Questões Sociocientíficas no ensino da disciplina de Química; 4) Micro e Nanoplásticos na Educação Básica.

Além disso, foi desenvolvido um levantamento das informações que podem estar relacionadas à inclusão da Nanotecnologia e Nanoquímica na BNCC. Em seguida, foi elaborada uma sequência de aulas abordando a problemática dos Micro e Nanoplásticos, direcionada aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio, no período matutino, em uma escola da rede estadual localizada no município de Curitiba, no Paraná.

5.1 Caracterização da pesquisa

O presente estudo se caracteriza como uma pesquisa de abordagem qualitativa e objetivo exploratório. Seu principal objetivo é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, a fim de formular problemas mais precisos ou hipóteses passíveis de investigação em estudos futuros.

No que se refere às pesquisas qualitativas, o objetivo é "compreender os indivíduos em seus próprios termos", conforme afirmado por Goldenberg (2011, p. 45). Isso implica que os dados coletados não seguem uma padronização específica e inflexível, como ocorre na pesquisa quantitativa. Assim, o pesquisador possui maior flexibilidade e criatividade ao coletar e analisar os dados (GOLDENBERG, 2011, p. 45).

A escolha da pesquisa qualitativa também se fundamenta em sua natureza mais humanista, sob a perspectiva do pesquisador, o qual pode se envolver ativamente no processo de investigação. Essa abordagem possibilita uma relação mais estreita entre o pesquisador e os participantes, incluindo a utilização do ambiente de trabalho do pesquisador, como por exemplo, a sala de aula, conforme destacado por Bogdan e Biklen (1982), conforme citado por Ludke e André (2022):

A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como principal instrumento. Segundo os dois autores, a pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada, via de regra, pelo trabalho intensivo de campo (BOGDAN; BIKLEN, 1982 apud LUDKE; ANDRÉ, 2022, p. 25).

Os autores ressaltam que, como esse tipo de pesquisa geralmente ocorre em ambientes naturais do pesquisador, ela também pode ser chamada de pesquisa qualitativa naturalista, e uma de suas características práticas é que todas as falas, os gestos, as expressões, entre outros, devem sempre ser "referenciados ao contexto em que aparecem" (BOGDAN; BIKLEN, 1982 apud LUDKE; ANDRÉ, 2022, p. 26).

De acordo com Gil (2002, p. 43), ao delinear o objetivo de uma pesquisa, é necessário especificar um critério de classificação para alcançar tais objetivos. Segundo o autor, as pesquisas podem ser classificadas em três grupos: exploratórias, descritivas e explicativas. Com base nas ideias de Gil (2002), optou-se pelo critério exploratório, pois ele se caracteriza por uma maior ligação entre o pesquisador e o problema de pesquisa, permitindo o aprimoramento de ideias e a descoberta de intuições.

Dentre os diversos tipos de pesquisa, as pesquisas exploratórias são as menos rigidamente planejadas. Geralmente, envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso, conforme descrito por Gil (2008):

As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e idéias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento (GIL, 2008, p. 28).

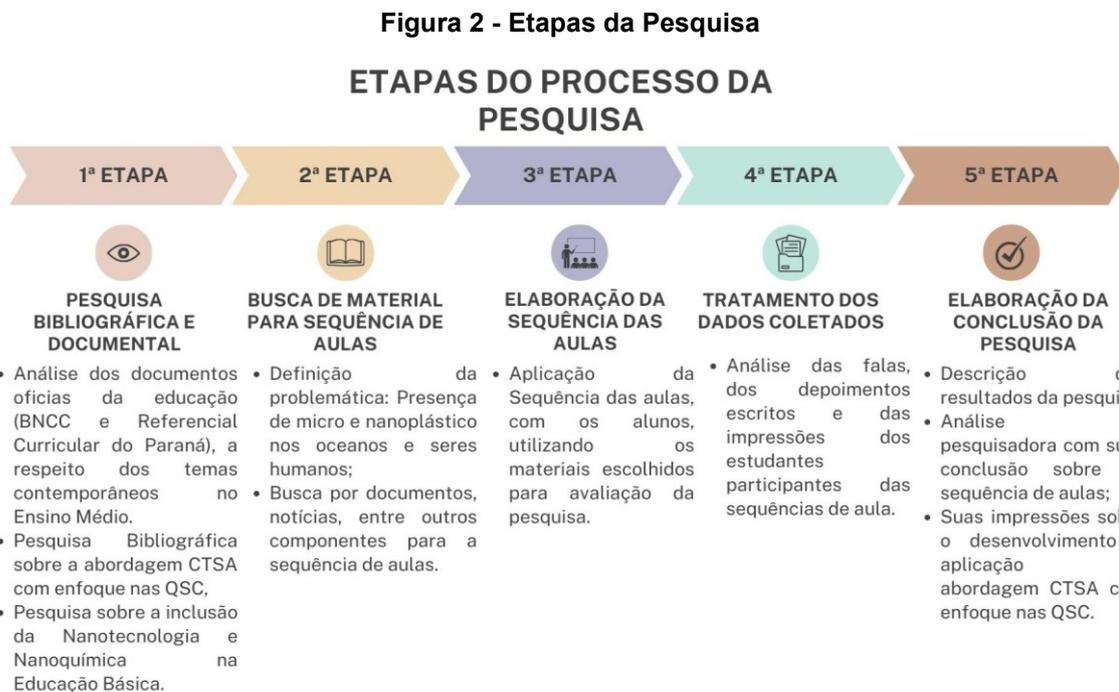
As pesquisas exploratórias são realizadas para fornecer uma visão geral aproximada de um determinado fato. Quando o tema escolhido é amplo, é necessário esclarecê-lo e delimitá-lo por meio de revisão da literatura, discussões com especialistas e outros procedimentos. O resultado desse processo é a formulação de um problema mais claro, que pode ser investigado por meio de procedimentos mais sistemáticos (GIL, 2008).

Outro ponto relevante a ser destacado sobre a pesquisa exploratória e a escolha apropriada é sua flexibilidade no planejamento. Ela permite levar em consideração diversas variáveis que podem surgir na prática da pesquisa, envolvendo

geralmente: (a) levantamento bibliográfico; (b) entrevistas com pessoas que possuem experiências práticas relacionadas ao problema pesquisado; e (c) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2002, p. 41).

5.2 Percurso Metodológico

Nos próximos parágrafos, apresentam-se as etapas realizadas na pesquisa, abrangendo desde a pesquisa bibliográfica até os processos de elaboração da sequência de aulas. Também se traz a escolha do método de análise de dados, a conclusão e minhas impressões sobre a condução da pesquisa, conforme ilustrado na Figura 2 apresentada abaixo:



Fonte: Autoria própria (2023)

A pesquisa teve início com um estudo para a compreensão sobre a importância de temas contemporâneos descritos na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC é um documento orientador do currículo para todo o território brasileiro, com o intuito, descrito, de desenvolver uma educação igualitária, buscando melhorar os índices de evasão escolar, aumentar os índices de aprendizagem e diminuir questões relacionadas a reprovações. Podemos interpretar isso a partir do trecho a seguir:

O Ensino Médio é a etapa final da Educação Básica, direito público subjetivo de todo cidadão brasileiro. Todavia, a realidade educacional do País tem

mostrado que essa etapa representa um gargalo na garantia do direito à educação. Para além da necessidade de universalizar o atendimento, tem-se mostrado crucial garantir a permanência e as aprendizagens dos estudantes, respondendo às suas demandas e aspirações presentes e futuras (BRASIL, 2018, p. 461).

Após o estudo realizado sobre a importância dos temas contemporâneos na BNCC e a compreensão dos objetivos e encaminhamentos para o Ensino Médio, foi realizado um levantamento bibliográfico sobre a Nanotecnologia na educação básica, com foco na abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e nas Questões Sociocientíficas (QSC) na disciplina de Química. Os resultados deste levantamento serão apresentados na seção 5.2.1 da dissertação.

Logo após o levantamento bibliográfico e a análise dos documentos oficiais, o estudo seguiu para a fase de desenvolvimento da sequência de aulas. Antes disso, a pesquisa passou pelo processo de aprovação no Comitê de Ética de Pesquisa Envolvendo Seres Humanos, sendo aprovada sob o parecer de número 5562507, conforme consta no Anexo D.

Em seguida, deu-se início ao processo de elaboração da sequência de aulas com o tema “Plástico: bem supérfluo ou mal necessário”, direcionada aos estudantes do 3º ano do Ensino Médio em uma escola pública da rede estadual Cívico-Militar localizada no bairro Hauer, na região de Curitiba, Paraná. Participaram 32 estudantes divididos em 2 turmas. O objetivo era abordar a Nanotecnologia e a Nanoquímica utilizando a abordagem CTSA e as QSC.

A professora/pesquisadora estava trabalhando nessa escola no ano de 2022, sendo contratada por processo seletivo simplificado (PSS), o que não garante a permanência do profissional na mesma escola.

Os estudantes das duas turmas tinham entre 17 e 19 anos e a maioria pertencia a famílias de classe média baixa, embora alguns poucos fossem de classe média alta. Alguns alunos já trabalhavam, por opção, buscando independência financeira. A maioria dos alunos já frequentava a escola desde o 1º ano do Ensino Médio e já se conhecia.

As duas turmas apresentavam características distintas. Na turma A, os estudantes demonstravam ser reservados, pouco participativos e havia a formação de grupos específicos, marcados por escolhas e pensamentos bem definidos e polarizados. Entre eles, havia uma certa tensão. Já na turma B, os estudantes eram mais participativos e demonstravam disposição para realizar as atividades propostas.

Havia um bom envolvimento entre os colegas, e a turma era unida, sem relatos de situações de bullying ou preconceito.

5.2.1 Pesquisas de temas contemporâneos e a BNCC

Para a organização do levantamento bibliográfico relacionado à pesquisa, foi utilizada a ferramenta tecnológica BUSCA_d, que utiliza o Microsoft Excel para a organização e tratamento de dados, com o objetivo de realizar uma revisão de literatura mais rápida e mais direta. Essa ferramenta foi desenvolvida com o intuito de auxiliar estudantes de mestrado e doutorado do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática (EDUCIMAT), do Instituto Federal do Espírito Santo, quando estes realizam uma revisão de literatura (MANSUR; ALTOÉ, 2021).

Os idealizadores da ferramenta BUSCA_d, como ela é intitulada - significando Buscador Acadêmico - acreditam que ela pode ser utilizada não apenas por pesquisadores que pretendem realizar uma revisão de literatura, mas também por professores de todas as esferas da educação, que desejam encontrar novas “práticas pedagógicas sobre determinado conteúdo ou metodologia de ensino, publicadas nos mais diversos periódicos nacionais e internacionais, contribuindo para o aprimoramento de suas atuações profissionais” (MANSUR; ALTOÉ, 2021, p. 8).

O layout da ferramenta de busca é apresentado na Figura 3, onde é possível observar os espaços nos quais o pesquisador preenche com as palavras-chave que fazem parte de sua revisão de literatura, sendo uma palavra em cada linha.

Após o preenchimento, o pesquisador seleciona o botão "Gerar Sequências", que está destacado com uma seta também na Figura 3. Em seguida, a ferramenta gera automaticamente os possíveis encadeamentos de palavras-chave, nos quais será possível encontrar trabalhos nas plataformas de pesquisa integradas com a ferramenta

Figura 3 - Layout da Ferramenta BUSCAAd

1	Digite em cada linha 1 termo para geração automática de seqüências <input type="button" value="Gerar Seqüências"/>	Digite em cada linha abaixo 1 seqüência a ser pesquisada	X
2		nanotecnologia AND "ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	X
3		nanotecnologia AND "ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	X
4		nanotecnologia AND "ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	X
5		nanotecnologia AND "ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	X
6	NANOTECNOLOGIA	nanotecnologia AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	
7	ENSINO MEDIO	"ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	
8	QUÍMICA	nanotecnologia AND "ensino medio" AND química	X
9	CIENCIA TECNOLOGIA SOCIEDADE AMBIENTE	nanotecnologia AND "ensino medio" AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente"	
10	QUESTOES SOCIOCIENTIFICAS	nanotecnologia AND "ensino medio" AND "questoes sociocientificas"	
11		nanotecnologia AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente"	
12		nanotecnologia AND química AND "questoes sociocientificas"	
13		nanotecnologia AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	X
14		"ensino medio" AND química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente"	
15		"ensino medio" AND química AND "questoes sociocientificas"	
16		"ensino medio" AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	
17		química AND "ciencia tecnologia sociedade ambiente" AND "questoes sociocientificas"	
18			

Fonte: Autoria própria (2023)

Após realizar esse procedimento, o pesquisador seleciona as linhas que apresentam as junções das palavras-chave que ele deseja pesquisar, as quais estão destacadas em verde na Figura 3. Em seguida, é possível escolher em quais canais de busca ele deseja realizar a pesquisa, como pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Layout da Ferramenta BUSCAAd – Plataformas de pesquisa

X	Quantidade de Trabalhos obtidos em cada Plataforma										16	Seleccione Plataforma(s) <input type="checkbox"/> Todas <input checked="" type="checkbox"/> Capes: T&D <input checked="" type="checkbox"/> Scielo <input checked="" type="checkbox"/> Springer <input checked="" type="checkbox"/> Periódicos Capes <input type="checkbox"/> DOAJ <input checked="" type="checkbox"/> BDTD <input type="checkbox"/> ERIC <input type="checkbox"/> EduCapes <input type="checkbox"/> Google Acadêmico <input type="button" value="Testar Plataformas"/>
	Capes: T&D	Scielo	Springer	Periódicos	DOAJ	BDTD	ERIC	EduCapes	Google	TOTAL		
X	0	0	0	0		0				0		
X	0	0	0	0		0				0		
X	0	0	0	0		0				0		
X	9	0	0	2		5				16		
X	0	0	0	0		0				0		

Fonte: Autoria própria (2023)

Neste estudo sistemático foram determinadas as seguintes plataformas para a busca: no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, na Scientific Electronic

Library Online (SCIELO), na Springer, no Portal de Periódicos CAPES/MEC e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Devido às instruções do próprio desenvolvedor, optou-se por não utilizar a ferramenta Google Acadêmico para a busca, pois o retorno com os dados gerados pode incluir sites e materiais não intencionados. Para a pesquisa, foram conduzidos quatro levantamentos bibliográficos distintos.

O primeiro levantamento foi realizado sobre o tema “CTSA no ensino de Química”, resultando em um total de 86 trabalhos encontrados. Destes 86 trabalhos encontrados 31 estavam no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Não foram encontrados documentos relacionados no Scientific Electronic Library Online (SCIELO) e na Springer. No entanto, ao explorar o Portal de Periódicos CAPES/MEC, foram identificados 13 trabalhos relevantes. Além disso, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), localizaram-se 42 trabalhos relevantes.

Após o tratamento dos 86 trabalhos publicados, conforme organizado no Quadro 2, 11 trabalhos para análise e observação sobre como a CTSA é abordada na educação da disciplina de Química. Os critérios de inclusão utilizados para a elaboração do quadro e, posteriormente, para a pesquisa, basearam-se na presença dos termos "CTSA", "Educação" ou "Ensino" e "Química" nos títulos e ou nos resumos dos trabalhos. Como critérios de exclusão, foram descartados os trabalhos que apresentaram duplicação de publicação, não ter acesso completo ao trabalho e artigos que no momento da busca surgem como artigos, porém são somente resumos de eventos.

Quadro 2 - Pesquisas – CTSA/Ensino/Química

Local	Data	Tipologia	Título	Autor	Foco da pesquisa
BDTD	2018	Dissertação	CTSA e ensino de química: (re)construindo práticas metodológicas para a formação inicial e continuada do professor	MONTEIRO, I.G. dos S.	Professores e estudantes do curso de Licenciatura em Química; conceitos sobre a abordagem CTSA e metodologia de ensino.
BDTD	2019	Dissertação	O ensino e a aprendizagem em química e educação ambiental na perspectiva CTSA : um estudo descritivo	CARNEIRO, R. M. A.	Alunos educação básica; prática relacionada a Educação Ambiental utilizando a abordagem CTSA
BDTD	2020	Dissertação	Sequência didática com enfoque na CTSA : aplicabilidade do reaproveitamento do óleo de cozinha por estudantes do ensino médio de uma escola pública rondoniense	GARCIA, A. F.	Alunos educação básica; sequência didática (SD) com enfoque na abordagem CTSA , utilizando o reaproveitamento de óleo de cozinha.

BDTD	2020	Dissertação	Música e ensino de química: uma proposta com enfoque CTSA para o ensino dos gases	SOUSA, P. D. R.	Alunos educação básica; usando a música como recurso didático ; tema biodigestor , abordando o estudo de gases por meio da perspectiva CTSA .
CAPES T&D	2020	Dissertação	Sequência didática para o ensino de química: o uso da temática lipídios no ensino médio através de metodologias ativas sob uma abordagem CTSA	SOARES L. da S. H.	Alunos educação básica; Uso de metodologias ativas, utilizando a temática Lipídios na perspectiva CTSA .
CAPES T&D	2020	Dissertação	Aprendizagem baseada em projetos de química no ensino médio: promoção de educação CTS/CTSA a partir de debates sobre pigmentos de chumbo e suas aplicações	CALAZANS, W. G.	Alunos educação básica; Química, metodologias ativas, enfoque CTSA , abordagem com temas Sociocientíficas .
CAPES T&D	2021	Dissertação	Química da cerveja: promoção de alfabetização científica com enfoque CTS/CTSA no contexto do ensino médio	FARIAS, D. G.	Alunos educação básica; aspectos metodológicos a partir da educação CTSA , intervenção pedagógica, três Momentos Pedagógicos.
CAPES T&D	2022	Dissertação	Horta escolar como proposta de abordagem CTS/CTSA da química do ensino médio	ZANQUI, R. K.	Alunos educação básica; utilizou o tema Hortas. Buscou-se uma proposta de educação no âmbito da CTS/CTSA , pedagogia dialógico-problematizadora em Paulo Freire
Periódicos CAPES	2016	Artigo	Situação-problema no desenvolvimento de uma proposta de ensino na área de ciências da natureza	MACHADO, A. R.; SILVA, R. M. G.; RITTER, J.	Professores; prática de 3 professores utilizando estudo de caso , temas: Conhecendo o câncer; Ambiente e vida; Drogas.
Periódicos CAPES	2021	Artigo	Evidências da alfabetização científica em grafias de ilustrações na perspectiva CTSA no ensino de química	MORETTI, A. A. da S.; ROCHA, Z. de F. D. C.; SILVA, C. A.	Alunos educação básica; sequência didática, sobre o tema: "Qual a Química que você respira?" elaborada na perspectiva CTSA , três momentos pedagógicos .
Periódicos CAPES	2020	Artigo	Analisando materiais didáticos com enfoque CTSA produzidos por professores de química do ensino médio	MARCONDES, M. E. R. et al	Professores; Análise da prática professores , aula aplicada na perspectiva CTSA .

Fonte: Autoria própria (2023)

Dos sete trabalhos destacados no quadro 3, cinco deles foram publicados em 2020, o mais atual, publicado em 2022, que foi encontrado na plataforma CAPES T&D, foi uma dissertação de mestrado, que utiliza a Horta escolar com uma proposta pedagógica apoiada na abordagem CTSA.

No trabalho de Zanqui (2022), foi explorado o tópico da horta escolar, que representa um tema amplo, capaz de incorporar experiências de vida dos alunos, questões locais e regionais, além de criar conexões com diversas áreas do conhecimento, ampliando os conteúdos tradicionais das disciplinas. A abordagem educacional seguiu os princípios da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS/CTSA), em conformidade com a pedagogia dialógica e problematizadora de Paulo Freire, e abrangeu conteúdos de Química, Biologia, Física, Ecologia, Nutrição,

Agricultura, Ciências da Saúde e Ciências Ambientais, e a pesquisa envolveu a formação de grupos de trabalho com 25 alunos do terceiro ano do Ensino Médio.

No Quadro 3, organizou-se a busca realizada sobre "CTSA" e "Nanotecnologia". Foram encontrados um total de sete trabalhos. No Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram encontrados dois trabalhos relevantes. No Scientific Electronic Library Online (SCIELO), localizou-se um trabalho. Não foram encontrados documentos relacionados na Springer. No Portal de Periódicos CAPES/MEC, identificaram-se três trabalhos, mas os três encontrados na ferramenta eram idênticos. Além disso, na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), encontrou-se um trabalho, que, no entanto, era a mesma dissertação encontrada na plataforma CAPES T&D, da autora Silva Bernardinelli.

Quadro 3 - Pesquisas – CTSA/Nanotecnologia

Local	Data	Tipologia	Título	Autor	Foco da pesquisa
CAPEs T&D	2021	Dissertação	A abordagem CTS na perspectiva de disciplina e os estudos de Nanotecnologia para a formação na licenciatura em Química: metodologias e experimentos	GIFFONI, J. de S.	Graduação; criação de Disciplina de CTSA para um curso de Licenciatura em Química, minicurso sobre CTSA , utilizando o tema Nanotecnologia e Nanociência
CAPEs T&D	2014	Dissertação	Nanotecnologia verde em uma perspectiva CTSA : análise de uma proposta didática webquest para a alfabetização científica na educação básica	BERNARDINELLI, S.	Alunos de educação básica; Análise da ferramenta WebQuest, tema Nanotecnologia Verde , "analisar as relações CTSA
SCIELO	2021	Artigo	Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio	RIBEIRO, A. da C. et al	Alunos de educação básica; Síntese de nanopartículas magnéticas, com base na abordagem CTSA .
Periódicos CAPES	2010	Artigo	Nanociência e Nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente	BATISTA, R. S. et al	Alunos de educação básica; eixos temáticos para se trabalhar com a Nanotecnologia e CTSA .

Fonte: Autoria própria (2023)

Após a seleção e organização dos quatro trabalhos no Quadro 3, é possível observar que ainda são escassos os estudos que relacionam a Nanotecnologia com a abordagem CTSA. No entanto, destaca-se o último trabalho descrito no Quadro cinco, onde Batista et al. (2010) apresentam possibilidades da utilização da Nanotecnologia como tema, evidenciando quatro eixos temáticos nos quais é possível trabalhar com a Nanotecnologia por meio da abordagem CTSA.

Segundo Batista et al. (2010, p. 483), ao investigar e manipular a matéria em nível nanométrico, a Nanotecnologia e a Nanociência têm o potencial de desenvolver artefatos e técnicas capazes de interferir em diferentes sistemas materiais, como tem sido observado atualmente. Para uma compreensão mais abrangente dos pressupostos e consequências dessa área, é importante agregar diferentes vertentes do conhecimento, constituindo eixos temáticos que funcionam como núcleos conceituais compreensíveis pelos estudantes.

Ao investigar - e manipular - a matéria neste nível de grandeza, a nanotecnologia e a nanociência têm a possibilidade de produzir artefatos e técnicas capazes de interferir em diferentes sistemas materiais, algo que se tem observado hodiernamente. Desta feita, para que a compreensão de seus meandros - pressupostos e consequências - possa ser maximizada, o ideal é que as diferentes vertentes do saber-fazer possam ser agregadas, constituindo eixos temáticos, os quais funcionariam como núcleos conceituais capazes de serem compreensíveis pelos discentes (BATISTA; SILVA; SOUZA et al, 2010, p. 483).

Os quatro eixos temáticos descritos por Batista et al. (2010) são os seguintes:

1) Nanotecnologia e nanomateriais, que aborda a aplicação da nanotecnologia no desenvolvimento de novos materiais e suas propriedades em escala nanométrica; 2) Nanobiotecnologia e saúde, que explora a relação entre nanotecnologia e avanços na área da saúde, incluindo diagnóstico, terapia e medicina regenerativa; 3) Nanotecnologia e meio ambiente, que discute os impactos ambientais da nanotecnologia, incluindo a avaliação de riscos e o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis; e, 4) Nanotecnologia, ética e política, que envolve questões éticas e políticas relacionadas à nanotecnologia, como responsabilidade social, governança e preocupações com privacidade e segurança.

Esses temas abordam a interseção entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, fornecendo uma visão abrangente das diversas áreas em que a nanotecnologia está inserida. Na busca realizada sobre “Educação CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas” no ensino das disciplinas da Ciência da Natureza, foram encontrados um total de trinta e um trabalhos. No Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, foram identificados seis trabalhos relevantes. No Scientific Electronic Library Online (SCIELO), foi localizado um trabalho. Não foram encontrados documentos relacionados na Springer. No Portal de Periódicos CAPES/MEC, foram encontrados sete trabalhos. Na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), foram encontrados dezessete trabalhos, entre dissertações e teses.

Quadro 4 - Pesquisas – CTSA e QSC e Ciências da Natureza

Local	Data	Tipologia	Título	Autor	Foco da pesquisa
BDTD	2017	Dissertação	A controvérsia agroecológica em uma abordagem intercultural de educação científica: a biodiversidade nos discursos de licenciados do campo	SILVA, D. K.	Graduação; estudantes de Licenciatura do campo, intervenção didática , disciplina de Ecologia, contexto da Agroecologia enquanto tema controverso sociocientífico , discussões que relacionam CTS.
CAPES T&D	2017	Dissertação	Tessituras sociocientíficas no contexto da horta escolar: com o protagonismo infantil das narrativas à produção literária	OLIVEIRA, D. A. A. dos S.	Alunos de educação básica; horta escolar contribui das discussões sociocientíficas , produção do produto educacional um livro Abordagens sociocientíficas no contexto da horta escolar
CAPES T&D	2018	Dissertação	Cinemontanha: um projeto escolar no contexto da educação profissional de nível médio para debater questões sociocientíficas de ciência, saúde e ambiente	ROCHA; L. P.	Alunos de educação básica; aspectos metodológicos e a perspectiva da educação CTS/CTSA , discutir temas sociocientíficos
CAPES T&D	2019	Dissertação	Questões sociocientíficas no contexto da formação inicial e continuada de professores de ciências da natureza	CARVALHO, J. C.	Professores; apresentar a utilização de questões sociocientíficas como uma proposta metodológica para compor processos de ensino e aprendizagem, nesta área.
CAPES T&D	2020	Tese	Diálogos entre a abordagem de questões sociocientíficas sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freireana na formação de professores/as de ciências para os anos iniciais	ANDRADE, M. A. da S.	Professores; formação de professores, diálogos entre a abordagem de questões sociocientíficas sob o enfoque ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e a pedagogia freireana.
CAPES T&D	2021	Tese	A abordagem de questões sociocientíficas na formação dos professores de ciências do estado de São Paulo	SILVA, E. J.	Professores; avaliar o potencial da abordagem de QSC na formação continuada de professores de Ciências da Natureza.
Periódicos CAPES	2019	Artigo	Os conceitos de formação e semiformação de adorno na análise de trabalhos de conclusão de curso sobre questões sociocientíficas na graduação em pedagogia	GENOVES, C. L. de C. R.; CARVALH, W. L. P. de; GENOVES, L. G. R.	Professores; formação de professores na perspectiva da Educação, por meio das questões sociocientíficas.

Fonte: Autoria própria (2023)

Após a organização dos dados, que envolveu a exclusão de trabalhos repetidos em diferentes plataformas e daqueles que não mencionavam Questões Sociocientíficas e CTSA em seus resumos e aqueles que relacionavam a pesquisa com revisão bibliográfica ou análise de livros didáticos, restaram sete trabalhos, como organizado no Quadro 4.

Em um desses trabalhos foi realizada uma intervenção didática para alunos de licenciatura do campo, abordando o tema Ecologia e utilizando temas controversos

sociocientíficos. Silva (2017) relata que, ao longo do desenvolvimento da intervenção didática, os estudantes demonstraram um aumento no interesse e, conseqüentemente, um maior nível de compreensão científica sobre o tema. A pesquisadora também destaca a importância das oportunidades de engajamento oferecidas pelo professor, que variaram de aula para aula, por meio de diferentes metodologias, estratégias, perguntas e observações durante as discussões.

É importante ressaltar também que as oportunidades para o engajamento dos licenciandos proporcionadas pelo professor variaram entre as aulas. Isso pode ser observado nas metodologias e estratégias propostas, bem como nos tipos de perguntas e observações feitas pelo professor ao longo das discussões (SILVA, 2017, p. 101).

Esses dados evidenciam a necessidade de os professores estarem bem-preparados e serem capazes de abordar todos os possíveis desdobramentos que podem ocorrer nas aulas que utilizam a abordagem CTSA com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Cada observação e questionamento do professor pode levar os estudantes a aprofundarem suas ideias iniciais sobre o tema e a saírem dessas aulas mais reflexivos. Isso contribui para a transformação dos estudantes em sujeitos mais críticos em relação aos assuntos relacionados à ciência e tecnologia.

Como quarto e último levantamento bibliográfico, realizou-se a busca por publicações que utilizaram o tema Micro e Nanoplásticos como problematização para estudantes do Ensino Médio. Foram encontradas treze publicações com os descritores 'Microplásticos', 'Nanoplásticos', 'Ensino Médio' e 'Ensino' no site Google Acadêmico.

Nas plataformas Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, Scientific Electronic Library Online (SCIELO), SPRINGER, Portal de Periódicos CAPES/MEC e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) não foram encontrados materiais que contivesse essa relação de palavras-chave. Dentre as publicações encontradas no Google Acadêmico, três são de artigos publicados em revistas, duas são de dissertações, três são livros, quatro são de monografias de TCC e uma tese de doutorado, conforme pode-se observar na Quadro 5.

Quadro 5 - Levantamento Bibliográfico - Micro e Nanoplástico

Local	Data	Tipologia	Título	Autor	Foco da pesquisa
Google Acadêmico	2019	Dissertação	Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo da interação animal com a poluição hídrica	MELO, A. L. F. D. de	Alunos da educação básica; Ensino Médio – Biologia. Menciona Microplásticos na introdução 1 vez.
Google Acadêmico	2021	Artigo	Sensibilização Remota Dos Estudantes Da Escola De Referência No Ensino Médio Herculano Bandeira, Paudalho/PE Para Adoção De Copo Reutilizável	SILVA FILHO; J. R. C. da; MENDONÇA, D. F. P. de; SOARES, A. F.	Uma prática de incentivar os estudantes de uma escola pública de Pernambuco a trazerem de casa utensílios pessoais para consumir líquidos na escola, com o intuito de redução de consumo dos copos descartáveis.
Google Acadêmico	2022	Artigo	Etiqueta(s) No Ensino De Química: Tecidos E Suas Relações Com A Problemática Dos Microplásticos	ANDRIGHETTO, R. et al	Concepções de estudantes do ensino médio - temáticas 'etiquetas: tecidos e suas composições químicas', que foi trabalho a questão dos microplásticos.

Fonte: Autoria própria (2023)

Das treze publicações encontradas no Google Acadêmico, somente três delas têm o foco de aplicação e discussão no contexto educacional, mais especificamente no Ensino Médio, sendo uma Dissertação e dois artigos publicados em revistas científicas.

Na dissertação de Melo (2019), o pesquisador faz uma menção sobre os microplásticos, quando este está explicitando a importância da educação ambiental, e relata a questão da poluição dos plásticos, então ele informa que o problema da poluição na água é impactante pois esses materiais sofrem degradação com o passar do tempo.

Importante ressaltar que os plásticos convencionais, ao se degradarem na água, produzem os microplásticos (partículas menores que 5 mm), que por se tratar de partículas microscópicas escapam do sistema de filtragem nas estações de tratamento da água (MELO, 2019, p.14).

Com esses resultados, entendemos que utilizar a problemática Micro e Nanoplásticos no contexto educacional é um assunto atual, pouco abordado em sala de aula, sobretudo no Ensino Médio. Desta forma, pelo exposto nesta seção, entendemos que a problemática citada é bastante relevância para o conhecimento e vida do estudante e pode ajudar a transformar como ele percebe a situação dos plásticos em sua vida e na sociedade em geral.

Melo (2019) também destaca que ao se trabalhar com assunto ambientais é importante pois, ela traz para o estudante a realidade do mundo que ele faz parte,

assim ele poderá desenvolver competências socioemocionais e com isso pode ajudar a prática da tomada de decisões sobre suas atitudes, frente à sociedade e ao meio ambiente.

A sua aplicação poderá promover ao educando o desenvolvimento das suas competências socioemocionais, permitindo a prática das atitudes e habilidades que gerenciam as emoções, desenvolve a empatia, identificam as relações sociais positivas e a tomada de decisões de maneira responsável. Essas ações propiciarão aos estudantes a capacidade de se identificarem como seres impactantes do ambiente onde vive, bem como os prejuízos que as suas ações trazem ao recurso hídrico e aos organismos vivos (MELO, 2019, p. 21).

Esses dados evidenciam a necessidade de os professores estarem bem-preparados e serem capazes de abordar todos os possíveis desdobramentos que podem ocorrer nas aulas que utilizam a abordagem CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas. Cada observação e questionamento do professor pode levar os estudantes a aprofundarem suas ideias iniciais sobre o tema e a sair dessas aulas mais reflexivos. Isso contribui para a transformação dos estudantes em sujeitos mais críticos em relação aos assuntos relacionados à ciência e à tecnologia.

Ao analisar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), fica evidente que o principal objetivo do documento (pois o texto do documento a respeito do Ensino Médio já inicia a expor esses problemas), é propor soluções para problemas significativos, tais como baixos índices de aprendizagem, repetência e abandono escolar, que são fonte de grande preocupação.

É com alegria que entregamos ao Brasil a versão final homologada da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) com a inclusão da etapa do Ensino Médio, e, assim, atingimos o objetivo de uma Base para toda a Educação Básica brasileira. A aprendizagem de qualidade é uma meta que o País deve perseguir incansavelmente, e a BNCC é uma peça central nessa direção, em especial para o Ensino Médio no qual os índices de aprendizagem, repetência e abandono são bastante preocupantes (BRASIL, 2018, p. 5).

No documento são descritas 10 competências gerais para a Educação Básica, sendo que três delas se relacionam diretamente com as Questões Sociocientíficas. Destacam-se as competências 2, 7 e 10, que fornecem orientações que incentivam dinâmicas em sala de aula para promover discussões, elaboração de hipóteses e argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis. Além disso, essas competências estimulam o pensamento coletivo em relação à consciência socioambiental em níveis local, regional e global, e estão relacionadas ao

desenvolvimento de tomada de decisões fundamentadas em ética, democracia, inclusão, sustentabilidade e solidariedade (BRASIL, 2018).

No que diz respeito à LDB, Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, Art. 35), que está em vigor há mais de vinte anos, podemos encontrar quatro finalidades que norteiam a educação, e destas quatro finalidades a que se relaciona com a tecnologia - e aqui justificaria a inclusão do ensino da Nanotecnologia e Nanoquímica no ensino médio - é a IV: a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática em cada disciplina (BRASIL, 1996).

Já com relação a BNCC, que tem como objetivo trazer para a sala de aulas, práticas e temas que visam garantir a aplicação dos conhecimentos em um contexto relevante, conectando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura. Além disso, busca proporcionar aos estudantes acesso aos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos de produção do mundo contemporâneo, estabelecendo uma relação entre teoria e prática. Isso implica utilizar o conhecimento teórico para resolver problemas reais relacionados à sociedade, à cultura ou à natureza. Dessa forma, a BNCC busca promover uma formação mais integral e conectada com as demandas do mundo atual, preparando os estudantes para enfrentar os desafios da sociedade e do mercado de trabalho.

[...] garantir a contextualização dos conhecimentos, articulando as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura; viabilizar o acesso dos estudantes às bases científicas e tecnológicas dos processos de produção do mundo contemporâneo, relacionando teoria e prática – ou o conhecimento teórico à resolução de problemas da realidade social, cultural ou natural (BRASIL, 2018, p. 466).

Portanto, ao analisarmos esses trechos extraídos da BNCC, podemos concluir que eles nos permitem adotar tanto a abordagem CTSA com ênfase nas Questões Sociocientíficas, quanto a inclusão da Nanotecnologia e Nanoquímica na educação básica, especialmente no Ensino Médio. A BNCC reconhece a importância de abordar temas relevantes e contextualizados, que promovam a interdisciplinaridade e a conexão com o mundo real.

Ao destacar as competências que incentivam a discussão, elaboração de hipóteses e argumentação com base em fatos, dados e informações confiáveis, bem como o desenvolvimento de consciência socioambiental e tomada de decisões éticas, a BNCC oferece suporte para a adoção da abordagem CTSA e a inclusão de tópicos

relacionados à Nanotecnologia e Nanoquímica. Essas iniciativas têm o objetivo de formar estudantes críticos, reflexivos e preparados para lidar com os desafios e avanços científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea.

5.2.2 Procedimentos técnicos utilizados na pesquisa

A coleta de dados envolveu a utilização de diversos instrumentos, incluindo a gravação de aulas em formato de vídeo e/ou áudio, aplicação de questionários investigativos no início e no término do estudo, análise dos trabalhos escritos pelos estudantes na forma de diários de bordo, bem como a apreciação dos banners informativos produzidos pelos estudantes ao término das sequências de aulas. Estes materiais compuseram o corpus textual empregado na análise da proposta de pesquisa.

A escolha destes métodos foi embasada na abordagem metodológica que busca apreender a realidade a partir da perspectiva dos participantes da pesquisa. Tal abordagem segue as sugestões de Godoy (1995), que descreve procedimentos como a “observação direta, o trabalho de campo, a observação participante, a realização de entrevistas, o uso de histórias de vida, cartas, diários e documentos públicos” como meios de proporcionar uma visão mais profunda do mundo sob a ótica dos indivíduos que estão sendo estudados.

Com o objetivo de preservar a identidade dos participantes, foram atribuídos códigos para localizar as falas e opiniões dos estudantes com base nos locais em que foram apresentadas questões relevantes para análise. Por exemplo, o Questionário Inicial foi identificado como QI, o Diário de Bordo da Aula 1 como DB1, e as falas extraídas da aula em que foi feita a Síntese receberam o código SI, como podemos observar no Quadro 6. Esses códigos foram utilizados para facilitar a organização e análise dos dados coletados.

Quadro 6 - Organização das Siglas de identificação

Descrição das siglas utilizadas na organização das falas das discussões	
Professora Pesquisadora	PP
Estudantes	E1
Questionário Inicial	QI
Diário de Bordo	DB1
Numeração das Aulas (A1 – Aula 1)	A1
Questionário final	GF

Fonte: Autoria própria (2023)

Durante a aula 1, a pesquisa teve início com uma pergunta problematizadora extraída do livro de Eduardo Leite Canto, que consta no Apêndice B para consulta, conforme mencionado no Quadro 7, que fornece um resumo das atividades realizadas ao longo das onze aulas. Nessa aula, os alunos leram a introdução do livro e, em seguida, participaram de uma discussão conduzida pela professora/pesquisadora sobre as afirmações apresentadas no texto.

Quadro 7 - Síntese da sequência de aulas

Aula	Tema abordado	Materiais utilizados
Aula 1	Leitura da introdução do Livro “Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário.” de Eduardo Leite Canto ¹ . Visualização do primeiro trecho do documentário “Oceanos de plásticos” e leitura do Questionário ² “Views On Science-Technology-Society (Vosts)” Aikenhead, Ryan e Fleming (1989).	Materiais impressos: Texto e Questionário. Multimídia e internet. Link do documentário no Youtube: https://youtu.be/J-SBAG64ku8
Aula 2	Término dos trechos do Documentário. Iniciamos leitura de notícias sobre a situação micro e nanoplásticos na saúde humana, Blogs sobre poluição dos plásticos	Multimídia e acesso à internet: Acesso ao site G1 ³ : https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2022/03/24/cientistas-encontram-microplasticos-na-corrente-sanguinea-humana.ghtml ; https://g1.globo.com/bemestar/noticia/2018/10/23/estudo-mostra-que-podemos-estar-contaminados-por-microplasticos-assim-como-os-oceanos.ghtml . e Ecycle: https://www.ecycle.com.br/nanoplasticos/
Aula 3	Término da leitura dos canais de notícia, e leitura da Dissertação e pesquisa sobre os microplásticos e nanoplásticos. Discussão no estilo Roda de conversa sobre o tema.	Multimídia e acesso à internet: Acesso ao site G1, Ecycle e ao link que direciona para o documento da dissertação
Aula 4	Síntese de plástico feito com amido da Batata	Utilização do Laboratório, com materiais de baixo custo e batatas
Aulas 5 e 6	Aula teórica expositiva e dialogada sobre Polímeros	Multimídia: Slides.
Aula 7	Discussão sobre a sociedade e a prática consumista. Vídeo: História das Coisas	Multimídia e internet: Youtube: https://youtu.be/Q3YqeDSfdk
Aulas 8 e 9	Aula teórica expositiva e dialogada sobre Nanotecnologia e na aula 9 foi iniciado o teste de biodegradação do plástico de amido.	Multimídia: Acesso a Cartilha: “Nanotecnologia para Todos” os projetos Ensinano, link da cartilha para download https://www.ensinano.com.br/

¹ Introdução lida com os estudantes, consta no Apêndice B.

² Perguntas retiradas do VOSTS, que foram adaptadas e organizadas em um quadro e consta no Anexo E.

³ Link de acesso das notícias utilizadas na sequência de aulas.

Aulas 10 e 11	Montagem dos grupos de discussão e Aula do debate usando indústria, cientistas, ambientalistas e recicladores, para apontarem sobre a importância dos plásticos em suas práticas.	Multimídia, papéis de sorteio dos grupos e temas, e preenchimento do Questionário final - <i>GoogleForms</i>
------------------------------	---	--

Fonte: Autoria própria (2023)

Após esta etapa, foi exibido o documentário "Oceanos de Plástico", que está disponível na plataforma *YouTube*® e pode ser acessado pelo link listado no Quadro 7. No entanto, devido à duração do vídeo, a professora pesquisadora selecionou trechos relevantes para a pesquisa, planejando continuar a exibição na próxima aula. Além disso, foi distribuído o questionário inicial, que foi elaborado com perguntas abertas desenvolvidas pela professora pesquisadora (conforme apresentado no Apêndice D, Quadro 10) e com perguntas retiradas do VOST (conforme detalhado no Anexo E, Quadro 14), para que os alunos pudessem respondê-lo.

Para identificar as falas e as opiniões dos estudantes foram utilizados códigos específicos. Por exemplo, o código "A1" foi atribuído para as falas retiradas da Aula 1, e o código "E2" foi utilizado para identificar o estudante 2. Dessa forma, se ocorreu uma fala relevante para a análise da pesquisa feita pelo estudante 2 na Aula 1, ela ficou identificada como "A1_E2".

Da mesma forma, o questionário final, respondido por meio do *Google Forms*, recebeu o código "GF" para facilitar sua referência. Esses códigos, que podemos observar no Quadro 6, foram adotados para organizar e localizar as informações coletadas durante a pesquisa.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A sequência de aulas foi aplicada ao final do primeiro semestre de 2022 em um colégio cívico-militar da rede estadual do Paraná. O colégio está localizado no bairro Hauer, no município de Curitiba. As aulas foram ministradas para duas turmas do 3º ano do Ensino Médio, totalizando 32 alunos com idades entre 17 e 19 anos. Para gerar os dados da sequência de aulas foram utilizadas gravações em vídeo e/ou áudio das onze aulas, questionários e registros feitos pelos estudantes em seus diários de bordo, referentes às atividades realizadas durante as aulas.

Foi elaborada uma sequência de aulas utilizando a Abordagem CTSA, com foco nas Questões Sociocientíficas, com o objetivo de abordar o tema da Nanotecnologia e da Nanoquímica. Para trabalhar uma questão controversa, que tivesse impacto local, regional e global, conforme definido pela literatura ao tratar das QSCs, escolheu-se o tema dos Micro e Nanoplásticos, como destacado por Ratcliffe e Grace (2003, p.1):

O que você prefere – alimentos livres de pragas ou evitar danos a longo prazo à camada de ozônio? A vacinação contra doenças contagiosas deve ser obrigatória ou fica a critério do paciente? A pesquisa deve ser financiada para determinar se existe vida no espaço sideral ou deve ser dada prioridade ao desenvolvimento de novas fontes de energia? Claro, as escolhas não são tão rígidas ou simples como essas...Consideramos uma questão sociocientífica aquela que tem base na ciência e tem um impacto potencialmente grande na sociedade.

Como os estudantes do colégio militar tinham três aulas semanais da disciplina de Química, as onze aulas estavam programadas para durar aproximadamente três semanas. No entanto, devido a alguns feriados no calendário escolar, a sequência de aulas levou duas semanas a mais. A maioria dos estudantes já conhecia a professora pesquisadora, pois ela havia sido sua professora no ano anterior. Isso permitiu que a professora pesquisadora tivesse um pouco mais de percepção do comportamento e da participação dos estudantes nas aulas.

As falas retiradas das gravações das aulas foram organizadas, aula por aula, e estão disponíveis para consulta no Apêndice E. Nele, é possível observar todos os detalhes dos movimentos, questões levantadas e perguntas e respostas não programadas pela professora pesquisadora. A seguir, são descritas em detalhes as

aulas, juntamente com algumas observações da PP e algumas falas relevantes para a realização da análise.

6.1 Aula 1 – Explicação e Introdução sobre a Sequência de Aulas

No início da prática pedagógica, representada como Aula 1 no Quadro 6, os alunos que concordaram em participar da pesquisa entregaram os documentos de autorização para a coleta de imagens e áudios. Todos os alunos das duas turmas do 3º Ano, que estavam frequentando regularmente as aulas, optaram por participar da atividade.

O objetivo dessa primeira aula era fornecer informações sobre os plásticos, sua relevância e seu uso na sociedade, além de incentivar os alunos a refletirem e formularem suas hipóteses e opiniões sobre o assunto. Para isso, a sequência de aulas começou com a leitura da introdução do livro de Eduardo Leite Canto, intitulado "*Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?*". Na leitura, cada estudante leu um parágrafo da introdução. Alguns se sentiram mais à vontade para realizar a leitura, porém, aquele estudante que não estava confortável em ler na frente dos colegas cedeu a vez para o próximo estudante.

Inicialmente, os estudantes não formularam questionamentos específicos com as informações do texto, nem mesmo comentaram a respeito da pergunta: "*Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?*".

Como os estudantes ainda tinham acesso ao aplicativo *Google Classroom*®, que usufruíram durante as aulas no período da pandemia, todos os materiais que seriam utilizados na sequência de aulas foram disponibilizados nesta plataforma. O objetivo era permitir que eles acessassem as informações sempre que quisessem revisar algo que não ficou claro em sala de aula, recuperar o conteúdo de alguma aula que perderam ou até mesmo compartilhar o material com alguém em casa. Embora todas as informações estivessem disponíveis no aplicativo, não era obrigatório que os alunos lessem ou assistissem algo antes das aulas.

Nesta primeira aula, foi fornecido aos estudantes um questionário chamado "*Visões sobre Ciência, Tecnologia, Sociedade*" (VOSTS), adaptado de um inventário desenvolvido pelos pesquisadores Aikenhead, Ryan e Fleming (1989). O objetivo era compreender e estar ciente das opiniões e conhecimentos dos estudantes sobre os termos que seriam abordados nas práticas.

O questionário inicial consistiu em cinco perguntas elaboradas pela pesquisadora e outras seis perguntas adaptadas do VOSTS. As perguntas elaboradas pela PP estão organizadas no Apêndice D no quadro 10 para consulta, e no Anexo E no quadro 14 as perguntas retiradas e adaptadas do VOSTS.

É importante mencionar que alguns participantes da pesquisa não entregaram o questionário, o que resultou em uma ordem numérica não sequencial das respostas. As quatro primeiras perguntas eram abertas e foram elaboradas pela pesquisadora.

A segunda parte do questionário inicial consistiu em perguntas adaptadas do questionário VOSTS. As perguntas selecionadas do VOSTS foram escolhidas pela pesquisadora principal de acordo com a possibilidade de observar e analisar a conceituação dos estudantes em relação à definição de ciência e tecnologia, além de conhecer a opinião deles sobre os aspectos práticos desses conceitos em situações relacionadas a problemas ambientais e sociais.

Nesta primeira aula, também foi iniciada a visualização do documentário "*Oceanos de Plásticos*" produzido pela Netflix® e dirigido por LEESON (2019), que expõe a situação dos oceanos em relação à poluição causada pelos plásticos. O documentário aborda algumas ilhas e cidades que sofrem devido aos plásticos que são levados pelas correntezas. Além disso, novos dados sobre micro e nanoplásticos foram apresentados.

6.2 Aula 2 – Continuação do Documentário

A segunda aula começou com a professora pesquisadora fazendo uma retomada do que foi assistido no documentário "*Oceano de Plásticos*" de LEESON (2019) na aula anterior, pois alguns estudantes não estavam presentes na primeira aula. Essa introdução foi necessária, pois além de situar os alunos que haviam faltado, a parte inicial do documentário não foi apresentada, e algumas informações ficaram desconexas.

Antes de retomar a última parte do documentário, que mostra a parte química e fala sobre as toxinas e o que elas causam no corpo humano, foi iniciado um diálogo entre a PP e a estudante E23, que está detalhado no Apêndice E. Ao terminar o diálogo e retornar para a última parte do documentário, eles receberam o Diário de Bordo, referente à aula dois. Como o tempo estava próximo do final da aula, os alunos foram orientados a preencher em casa e entregar no próximo encontro.

O Diário de Bordo continha três perguntas: 1 – Como você se sente agora que sabe, que dentro do seu organismo e do organismo dos seus familiares e amigos, pode existir micro e nanoplásticos? 2 – Você imagina que nanopartículas, possam estar em outros ambientes além dos nanoplásticos, que vimos no documentário, na notícia e no site sobre nanoplásticos? Onde? 3 – Como você se sente, ao ser motivado a pensar nessas coisas? Os relatos dos estudantes foram organizados e detalhados no Quadro 11 e 12, que está anexado no Apêndice F.

6.3 Aula 3 – O que as mídias dizem sobre os Micro e Nanoplásticos

Após a visualização dos trechos selecionados do documentário, deu-se início, em sala de aula, à leitura e análise das notícias relacionadas à presença de micro e nanoplásticos nos organismos humanos. Tais notícias foram projetadas no telão, possibilitando a participação de todos os alunos.

A primeira notícia, publicada em 2019, abordava a suspeita da existência de microplásticos nos corpos humanos. Na sequência, foi lida uma segunda notícia, publicada em 2022, que já apresentava indícios e evidências concretas da presença de micro e nanoplásticos em seres humanos. Adicionalmente, um trecho da pesquisa de mestrado do pesquisador Pablo Pena Gandara e Silva, da Universidade de São Carlos, foi compartilhado com os alunos. Nesse trecho, o pesquisador discute a poluição causada pelos microplásticos, fornecendo informações relevantes sobre o tema:

Esse estudo teve como objetivo avaliar a contaminação por microplásticos em uma praia de uma área de proteção marinha costeira e avaliar a toxicidade de pellets virgens e coletados nesta praia no desenvolvimento embrionário de mexilhão marrom[...]. Foram realizadas coletas de microplásticos entre o período de fevereiro de 2014 a fevereiro de 2015 na praia de Paranapuã em duas regiões do perfil da praia (linhas de maré alta e supralitoral) (SILVA, 2016, p.11).

No decorrer da dissertação, Silva (2016) apresentou diversas formas pelas quais os micro e nanoplásticos foram encontrados na Baía de Santos. O autor detalhou os testes e análises utilizados para chegar às conclusões da pesquisa.

Ademais, aos estudantes foi solicitado que lessem um artigo intitulado "O que são nanoplásticos e quais riscos eles representam", publicado no site Ecycle⁴ (2021). Esse artigo evidenciou, por exemplo, que os nanoplásticos não são apenas liberados

⁴ Link de acesso ao site: <https://www.ecycle.com.br/nanoplasticos/>

no meio ambiente por meio da poluição plástica, mas também podem ser liberados durante a lavagem de roupas feitas de poliéster, além de estarem presentes no ar, em cosméticos, tintas e outros materiais.

Ao final, o artigo do site Ecycle apresentou diversas ideias sobre como reduzir o consumo de plásticos em nosso cotidiano. Cada estudante recebeu uma dessas ideias, selecionada aleatoriamente, e foram encorajados a expressar suas opiniões sobre a viabilidade das mudanças propostas. Eles discutiram as possibilidades de praticarem essas pequenas alterações e, caso considerassem inviáveis, foram instruídos a justificar o motivo.

6.4 Aula 4 – Síntese do plástico de amido

Na aula seguinte, tivemos a aula prática no laboratório de Ciências da escola, para a realização da modificação (não molecular, mas de conformação) do polímero já presente na batata para que ele passasse a ter comportamento plástico. A PP levou todos os materiais como liquidificador, fogão elétrico para aquecimento do material, pois a escola não tinha encanamento de gás dentro do laboratório de Ciências, as batatas e outros reagentes para que fosse garantido que a síntese pudesse ser realizada sem intercorrências e sem imprevistos.

Os estudantes realizaram todos os processos, desde descascar as batatas até mesmo “triturá-las”. No começo do processo, o estudante E2 questionou *“Professora, mas qual o objetivo de triturar a batata?”*, prontamente a PP respondeu que *“É para que possamos obter o amido da batata, que vamos utilizar para formar o plástico”*.

Durante o processo, foi possível perceber que os estudantes estavam empolgados por estarem no laboratório de Ciências, e comentaram que nunca tiveram aulas e experiências lá, tanto que o E24, até comentou ao final da aula, que aquela aula sim tinha sido muito legal e divertida. Tal fato é bem descrito na literatura, cujos trabalhos afirmam que aulas experimentais ajudam no desenvolvimento de motivação para os estudantes e no desenvolvimento de um ambiente que proporciona abertura de debates e discussões acerca do tema. Tal como relatam Passos et al. (2021, p. 750):

Essas aulas transcorreram com bastante motivação, até porque tratava-se de alunos que ainda não tinham tido contato com atividades experimentais,

embora soubessem da existência de laboratório na escola [...]. Essas produções conduziram discussões acerca do papel da escola e dos alunos na sociedade e dos impactos sociais, políticos e ambientais trazidos pelas Ciências da Natureza, conforme preconizam o Movimento CTSA.

Depois de aguardarmos o tempo necessário para que a separação do amido da batata ocorresse, depois dos estudantes fazerem a parte de triturar a batata, foi iniciada a reação química sob aquecimento, com a glicerina e o vinagre. Os estudantes ficaram surpresos com a reação, parecia que não ia dar certo, pois estava demorando para o amido, a glicerina e o vinagre reagirem, mas quando entrou no ponto o estudante E7 comentou *“oh professora, começou a ‘coisar’ aqui o negócio! Eu não acredito que to fazendo plástico no fogão! Ficou tipo uma amoeba!”* (U41-SI-E7).

Ao final da aula a estudante E4 externou sua satisfação com a experiência, *“Eu gostei! Não foi uma explosão, (risos) mas eu gostei! Bem bom!”*. Sobre o plástico que eles tinham acabado de fazer, o estudante E18 questionou, *“quanto tempo para secar isso?”*, porém, como ele perguntou muito baixo não obteve resposta por parte da PP. Foi necessário deixar mais que sete dias para o plástico de batata evaporar toda a água e ficar seco, pois os dias que se seguiram estavam bem úmidos e frios.

Ao final das aulas práticas, a PP solicitou que os estudantes trouxessem, para a próxima aula, embalagens de plástico utilizadas em suas casas.

6.5 Aulas 5 e 6 – Aulas expositivas sobre Polímeros

Enquanto esperávamos a secagem do polímero de batata para prosseguir com a próxima etapa da atividade, que consistia em enterrá-lo junto com uma sacola plástica comumente utilizada em supermercados, aproveitamos o momento para iniciar as aulas expositivas sobre Polímeros e Nanotecnologia. Foram destinadas quatro aulas para cada uma das duas turmas, com o objetivo de explorar o conhecimento sobre a natureza e formação dos polímeros, além de fornecer informações sobre a Nanotecnologia. As abordagens expositiva e dialogada foram escolhidas para as aulas sobre Polímeros e Nanotecnologia.

Nas aulas 5 e 6, que trataram especificamente dos Polímeros, utilizamos o material teórico em formato de slides disponibilizado pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná para planejar as aulas. Durante a apresentação dos slides, foi mostrada uma tabela, presente na Figura 5, com os diferentes tipos de polímeros, bem como exemplos de produtos utilizados no dia a dia que contêm esses polímeros.

Nesse momento, a estudante E31 expressou espanto ao ver que chiclete estava na lista de polímeros, fazendo uma expressão facial de repulsa e comentando: “*nossa e aquelas crianças que engolem chiclete!*” (U39-P37-A6-E31).

Figura 5 - Slides sobre Polímeros utilizados na aula teórica

POLÍMEROS DE ADIÇÃO - Exemplos



Monômero	Polímero	Objetos
Etileno	Polietileno	Recipientes para líquidos e capas para fios elétricos.
Propileno	Polipropileno	Tubos de canetas esferográficas.
Estireno	Poliestireno	Recipientes de isopor.
Cloreto de vinila	Policloreto de vinila (PVC)	Canos para água e discos.
Tetrafluoretileno	Politetrafluoretileno (PTFE) teflon	Películas antiaderentes para panelas e fita vedante.
Cianeto de vinila acrilonitrila	Policianeto de vinila acrilonitrila	Roupas e mantas para o inverno.
Acetato de vinila	Poliacetato de vinila (PVA)	Colas, tintas, esmaltes e chicletes.
Eritreno	Polieritreno - borracha sintética	Mangueiras de bombas de combustível.

Fonte: Paraná (2022)

Em seguida, abordamos o tema reciclagem e apresentamos, nos slides, a simbologia relacionada à reciclagem, como mostrado na Figura 6. Ao perguntarmos aos alunos se eles já haviam observado esses desenhos e números nas embalagens, apenas um dos nove estudantes presentes na aula respondeu afirmativamente, mencionando que já havia notado os símbolos durante a pandemia, quando seu irmão mais novo estava tendo aulas online na pré-escola e a professora explicou o significado dos símbolos.

Figura 6 - Slides Reciclagem e a simbologia

RECICLAGEM



O símbolo da reciclagem

Todos já vimos e achamos que conhecemos bem o símbolo da reciclagem. Mas será que sabemos bem sobre ele? Todos os diferentes tipos de plásticos devem ser separados para a reciclagem. Para ajudar a população a reconhecer cada tipo de plástico, alguns países colocam no fundo do objeto o símbolo da reciclagem com a nomenclatura do polímero que originou aquele plástico.

Vocês já repararam que existem uns números dentro do triângulo das três setas? Esse número vai de 1 a 7 e serve para sabermos a dificuldade de reciclagem daquele objeto. Quanto maior o número, mais difícil de ser reciclado.



Fonte: Paraná (2023)

Após a explicação, a professora pediu aos alunos que procurassem os símbolos com os números de classificação dos polímeros nas embalagens que trouxeram de casa. Os estudantes perceberam que algumas embalagens continham apenas o "desenho" sem a numeração que identifica o tipo de plástico e questionaram se isso era permitido. No final da aula, os alunos realizaram o exercício final dos slides, identificando os monômeros presentes na Figura 7, quando ocorre uma mudança na ligação de carbono. Como parte da pesquisa teórica sobre os polímeros, foi solicitado que realizassem uma pesquisa sobre o tempo de decomposição de alguns materiais.

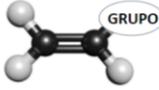
Figura 7 - Exercícios propostos sobre a teoria de polímeros

20 min

ATIVIDADE MÃO NA MASSA

Atividade 1

A estrutura a seguir pode corresponder a vários monômeros que permitem produzir polímeros.



Dê o nome dos monômeros e dos respectivos polímeros quando o grupo é substituído por:

1. H
2. $-\text{CH}_3$
3. Cl
4. $\text{CN}-$

ATIVIDADE 2

A tabela nos traz alguns materiais comuns em nosso dia-a-dia, os quais você já pode ter tido contato. Você imagina quanto tempo cada um desses materiais demora para ser degradado no ambiente? Copie essa tabela em seu caderno e estipule tempos para cada material.



Materiais	Tempo de Decomposição
Papel	→
Panos	→
Filtro de cigarro	→
Madeira pintada	→
Náilon	→
Metal	→
Alumínio	→
Plástico	→
Vidro	→
Borracha	→

Fonte: "Manual de Educação - Consumo Sustentável" - MMA, MEC e IDEC

Fonte: Paraná (2022)

Na turma B, foi seguido exatamente o mesmo procedimento adotado na turma A, porém não houve o mesmo interesse e participação, e os alunos não realizaram os exercícios solicitados pela professora-pesquisadora. A professora já estava ciente desse comportamento por parte dessa turma, e um dos motivos para a não realização da atividade foi o fato de que os alunos, em outras atividades e em outros conteúdos, só se dedicavam às tarefas que "valiam nota". Essa atitude dos estudantes não se limitava às aulas de Química, mas era compartilhada com todos os outros professores.

Ao abordar as embalagens e a simbologia na turma B, nenhum dos participantes sabia que esses símbolos estavam presentes nas embalagens plásticas, e muito menos sabiam para que serviam. O estudante E24 compartilhou que, para ele, o símbolo e os números tinham relação com o tipo de comida que estava sendo comprada.

Após um período de aproximadamente quinze dias, os estudantes enterraram os plásticos que produziram em um espaço cedido pela escola, um canteiro cuidado pelo caseiro da escola. Cada grupo enterrou, para fins de comparação, um pedaço do plástico que produziu ao lado de uma sacola plástica comum de supermercado.

6.6 Aula 7 – Vídeo A história das coisas

Ao perceber que os estudantes não estavam abordando o problema da poluição plástica com profundidade e seriedade, a professora acrescentou uma atividade extra à prática. Nessa aula, ela disponibilizou para os alunos assistirem ao vídeo intitulado "A História das Coisas", postado no YouTube® em 2011. O vídeo retrata todo o processo de desenvolvimento industrial, o lobby das empresas junto ao governo e a responsabilidade da população em relação ao consumismo.

Os estudantes relataram que nunca tinham assistido a esse vídeo, mesmo sendo um vídeo de 11 anos atrás. A professora compartilhou sua opinião com eles e destacou que, embora seja antigo, ele continua atual e mostra que pouca coisa mudou - para melhor - nos últimos 11 anos no que diz respeito à sustentabilidade e ao meio ambiente em relação à atitude da sociedade e à prática consumista.

Na turma A, os estudantes E9, E12 e E13 não fizeram nenhuma manifestação verbal, mas registraram suas conclusões por escrito, no espaço destinado à atividade sobre a classificação da decomposição dos produtos plásticos:

E9: Eu achei o vídeo bem explicadinho e mostra muito sobre o que a indústria faz e o que nós como consumidores fazemos ou sofremos por causa da indústria. (U35-P45-A7-E9)

E12: O vídeo da história das coisas me ensinou que eu não havia nem que existia, foi uma experiência interessante. (U35-P45-A7-E12)

E13: O consumidor é o principal, pois se ele não consumir esse mercadoria ela não circula. O que faz o consumidor compra além do que precisa são as propagandas que acaba chamando a atenção ocasionando o consumismo. (U35-P45-A7-E13)

Na turma B, uma estudante mostrou-se impressionada com as embalagens que possuem várias camadas de materiais unidos, dificultando sua separação após o uso. A professora perguntou aos alunos sobre suas opiniões em relação ao vídeo, incentivando-os a compartilhar suas ideias.

PP: O que vocês acharam do vídeo, pois aqui a ideia não é ficar falando aqui, é vocês exporem suas ideias.

E23: Eu achei interessante a parte que quando ela falou do troço lá, que é metal, plástico e papel. Que não tem como separar. E parece que as indústrias não pensam muito né. (U35-P45-A7-E23)

E1: Naquela embalagem do Mcflurry também, tem um plástico lá grudado com papel que você não consegue rasgar. (U35-P45-A7-E1)

PP: Vocês sabiam que a empresa Nissin, recolhe a embalagem daqueles macarrões que vem nos potes, Cupnuddles, que é de papel, mas tem um revestimento plástico protegendo o contato com o alumínio, eles recolhem e enviam para uma empresa aqui do Paraná, que tem uma tecnologia que faz a separação destes produtos, você sabiam?

E1: *Não sabia. (U35-P45-A7-E1)*
E23: *Não sabia. (U35-P45-A7-E23)*

A professora compartilhou informações adicionais com os alunos, mencionando que a empresa Nissin® recolhe as embalagens dos macarrões instantâneos Cupnoodles, que possuem uma camada de papel com revestimento plástico, e as envia para uma empresa no Paraná que possui tecnologia para separar esses materiais. Os estudantes demonstraram surpresa com essa informação, afirmando que não tinham conhecimento disso.

Após o término das aulas nas duas turmas, os alunos receberam orientações para que trouxessem a cartilha do projeto "ENSINANO" em seus celulares. Essa cartilha estava disponível em formato PDF na plataforma Google Classroom, à qual todos os alunos tinham acesso.

O projeto "ENSINANO" foi desenvolvido por Silva e Toma (2018) com o intuito de difundir o conhecimento da Nanotecnologia ainda na educação básica. Nesse projeto, eles possuem um canal no YouTube®, onde disponibilizam vídeos demonstrando sínteses com Nanopartículas e como podem ser usadas. Para complementar o projeto, eles desenvolveram a cartilha intitulada "*Nanotecnologia para Todos*".

6.7 Aulas 8 e 9 – Aula expositiva sobre Nanotecnologia

Nas aulas teóricas sobre Nanotecnologia, a PP utilizou a cartilha do projeto "ENSINANO" e os vídeos desenvolvidos no projeto disponíveis em seu canal, para serem assistidos em conjunto com a leitura da cartilha.

Na turma A, ao iniciar a atividade, nenhum estudante havia baixado a cartilha em seus celulares, conforme orientação na aula anterior. Durante a introdução à Nanotecnologia, o estudante E7 mencionou que eles já haviam estudado sobre o assunto na aula de Biologia no trimestre passado.

Na turma B, quando a professora pesquisadora os questionou se já tinham ouvido falar sobre a Nanotecnologia e o que eles achavam que era, apenas alguns estudantes manifestaram suas ideias sobre Nanotecnologia. O estudante E13 mencionou que se trata de algo modificado. Após o início da leitura da primeira parte da cartilha, foi questionado se havia alguma dúvida e o que eles acharam, mas ninguém se manifestou.

Em seguida, foi perguntado se eles já haviam observado ou utilizado algum produto que contivesse Nanotecnologia. A resposta foi negativa por parte de todos os alunos. A estudante E16 acrescentou: "*Não que eu saiba!*". Diante disso, a professora perguntou se eles não tinham o hábito de ler os rótulos dos produtos que utilizam, e a maioria afirmou que não. Nesse momento, a estudante E25 fez a seguinte declaração: "*Para quê? O que não mata, engorda*".

6.8 Aulas 10 e 11 – Debate dos grupos e produção dos Banners

Na sequência das aulas teóricas, foram formados os grupos de debate e iniciadas as apresentações dos pontos de vista relacionados aos plásticos. Tanto na turma A quanto na turma B, os grupos foram formados pelos próprios estudantes, e os temas sorteados para representar diferentes segmentos foram: Ambientalistas, Recicladores, Industriais e Cientistas. Foi solicitado aos grupos que defendessem o uso dos plásticos de acordo com a visão do segmento atribuído, utilizando anotações das aulas anteriores e realizando pesquisas adicionais.

Na turma A, o grupo dos Cientistas começou as apresentações, destacando os benefícios do desenvolvimento dos plásticos em termos de proteção dos alimentos através do aprimoramento das embalagens. Na turma B, os grupos também foram divididos e começaram a expor suas ideias de acordo com as perspectivas dos Ambientalistas, Cientistas, Indústrias e Recicladores. No início, os grupos de ambas as turmas estavam um pouco envergonhados, mas aos poucos começaram a ler o que haviam pesquisado.

Quanto à experiência de enterrar os plásticos no canteiro, ao chegar o dia de desenterrá-los, os estudantes não conseguiram encontrar os pedaços dos plásticos feitos a partir de batata. Eles apenas encontraram os pedaços de sacolas plásticas comuns de mercado. Segundo o artigo de Romero, Ribeiro e Romero (2021), que foi utilizado como base para a prática em laboratório e que também realizou uma experiência similar com a síntese de bioplástico de batata, observou-se uma biodegradação de 40 a 90% do bioplástico sintetizado.

Os estudantes, então, fizeram as seguintes deduções sobre o fato de não terem encontrado os pedaços dos plásticos que produziram: 1) os pedaços de plástico de batata se deterioraram muito rapidamente por serem muito pequenos; 2) alguém

da escola, sem saber sobre o projeto deles no canteiro, limpou a área para plantar algo e acabou jogando fora os plásticos ao mexer na terra.

Essas deduções sugerem possíveis explicações para a ausência dos plásticos de batata durante o desenterramento, como a rápida biodegradação devido ao tamanho reduzido dos pedaços enterrados e a possibilidade de alguém ter removido os plásticos acidentalmente ao limpar a área.

Após todas as aulas ministradas e finalizadas, foi solicitado aos alunos que confeccionassem um banner que sintetizasse toda a aprendizagem deles. Eles realizaram em grupos e utilizaram o Canvas para fazer os banners, como podemos observar na Figura 8, onde os estudantes abordaram seus olhares sobre a responsabilidade do governo a respeito da utilização do plástico, e sobre a Nanotecnologia.

Figura 8 - Banners dos estudantes

O Governo e os plásticos.

O Que o governo faz na questão dos plásticos?

- Incentiva a separação do lixo reciclável
- Cria programas como: 9 Recicla+ que é voltado para a coleta do plástico e vidros.

O Que o governo pode fazer sobre os plásticos?

- 1 Criar leis sobre o uso do plástico e seu descarte;
- 2 Criar pontos de troca de plástico, vidros e metais por uma pequena quantia de dinheiro.

NANOPLASTICO

Um nanoplástico é uma partícula de plástico com tamanho entre 1 e 1000 nanômetros, ainda menor que os microplásticos, produzida involuntariamente a partir da fabricação e degradação de objetos de plástico.

nanoplásticos não são encontrados só nos mares e rios, mas também no ar e no solo de todos os biomas do mundo

CIENTISTAS ENCONTRARAM MINÚSCULAS PARTICULAS DE PLÁSTICO EM QUASE 80% DAS AMOSTRAS TESTADAS

- além dos danos físicos, os microplásticos podem causar danos tóxicos aos seres vivos, isso ocorre porque esses plásticos, por conta do seu tamanho, apresentam uma grande capacidade de absorção de compostos de alta toxicidade, como metais pesados
- no organismo humano, as substâncias causam diversos danos à saúde, como intoxicações, doenças respiratórias e cardíacas, prejuízos aos sistemas nervoso e endócrino e, até mesmo, tumores cancerígenos.

Fonte: Autoria própria (2023)

Na Figura 9, os estudantes que fizeram parte de um dos grupos de estudos e debate, escolheram reforçar os conhecimentos sobre a reciclagem dos plásticos,

quiseram abordar algumas esferas como Supermercados e até em bares e restaurantes.

Figura 9 - Banners dos estudantes

Afinal, como reduzir o descarte de plástico no meio ambiente?



No supermercado:

- Lembre-se sempre de levar ecobags ou sacolas de feira para evitar a utilização das sacolas plásticas.
- Se estiver de carro, também vale pedir caixas de papelão para colocar suas compras.
- Prefira comprar produtos com embalagens **biodegradáveis**, que seguem um processo de decomposição natural no meio ambiente. Já existem opções com matéria-prima orgânica, como bagaço de cana-de-açúcar, fécula de mandioca, fibra de coco, etc.
- Adote **garrafas retornáveis** para produzir menos lixo.
- Evite os sacos plásticos e embalagens de isopor na compra de frutas, verduras e legumes.
- Tente levar saquinhos de pano para as compras de itens a granel.
- Prefira sempre embalagens de vidro e caixas em vez de garrafas de plástico.

Em casa:

- Tente reutilizar embalagens de plástico, como potes de sorvete e manteiga, por exemplo, em vez de comprar novos recipientes.
- Lave as embalagens de plástico que vão para o lixo e separe para a devida coleta de material reciclável.
- Dê o exemplo e estimule os outros membros da sua família a adotarem a mudança de hábitos também.
- Substitua itens de higiene pessoal, como fraldas descartáveis e absorventes por versões mais ecológicas, como fraldas de pano e coletores menstruais.
- Faça um mapeamento de hábitos e invista em pequenas mudanças: o sabonete líquido, por exemplo, pode ser substituído pelo sólido para evitar uma considerável produção de lixo.
- Evite o uso de descartáveis, como copos, talheres e pratinhos.

Em bares e restaurantes:

- Dispense totalmente os canudos de plástico.
- Valorize estabelecimentos que seguem boas práticas de preservação ambiental.
- Prefira pedir bebidas em garrafas de vidro.

No trabalho:

- Tenha sua própria caneca para bebidas como água e café, evitando o uso de copos descartáveis.
- Promova o consumo consciente. Estimule seus colegas a fazerem o mesmo.

Fonte: Autoria própria (2023)

Com o intuito de avaliar a aquisição de conhecimento por parte dos alunos e também coletar dados para a pesquisa, solicitamos que os estudantes respondessem a um questionário final elaborado por meio do Google Forms®.

6.9 Produto Educacional

O Produto Educacional (PE), elaborado como parte integrante da dissertação, tal como exigem o Programa de Mestrado Profissional, tem como objetivo fornecer suporte aos docentes, por meio de materiais de apoio, para a construção de uma sequência didática fundamentada na abordagem CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) com foco nas Questões Sociocientíficas (QSCs). O PE é, portanto, o ponto de partida do qual se estrutura a dissertação, fundamentada nas bases teóricas anteriormente apresentadas. Assim, ele descreve todos os movimentos realizados nessa abordagem e traz sugestões de temas contemporâneos

que podem ser explorados em sala de aula, correlacionados aos conteúdos programáticos da disciplina de Química. Também disponibiliza recomendações de vídeos, artigos, livros e outros recursos de acesso livre, que podem auxiliar os professores no início de sua busca por formação em ensino utilizando a abordagem CTSA com enfoque nas QSCs.

Dessa forma, o PE busca fornecer um guia prático e acessível aos docentes, oferecendo ideias e recursos para o planejamento e a implementação de atividades que promovam a integração dos conhecimentos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, a partir da discussão de questões relevantes e controversas.

Espera-se que o PE contribua para a formação e aprimoramento dos professores, estimulando a reflexão sobre as práticas educativas e incentivando a adoção de abordagens pedagógicas inovadoras, que promovam a construção de conhecimentos de forma contextualizada e significativa para os estudantes.

Por fim, o PE traz canais de comunicação para os leitores e possíveis usuários possam entrar em contato com os autores, relatando os usos do material e os resultados, bem como para dialogar sobre possíveis dúvidas e sugestões de encaminhamentos pedagógicos.

7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na condução da presente pesquisa, optamos por empregar uma abordagem metodológica do tipo qualitativa, utilizando o método de Análise de Conteúdo (AC) conforme definido por Moraes (1999, p.2) como "uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos". Nossa escolha metodológica se baseou na flexibilidade do método de Análise de Conteúdo para explorar e interpretar a riqueza de significados contidos em textos, imagens ou outras formas de comunicação.

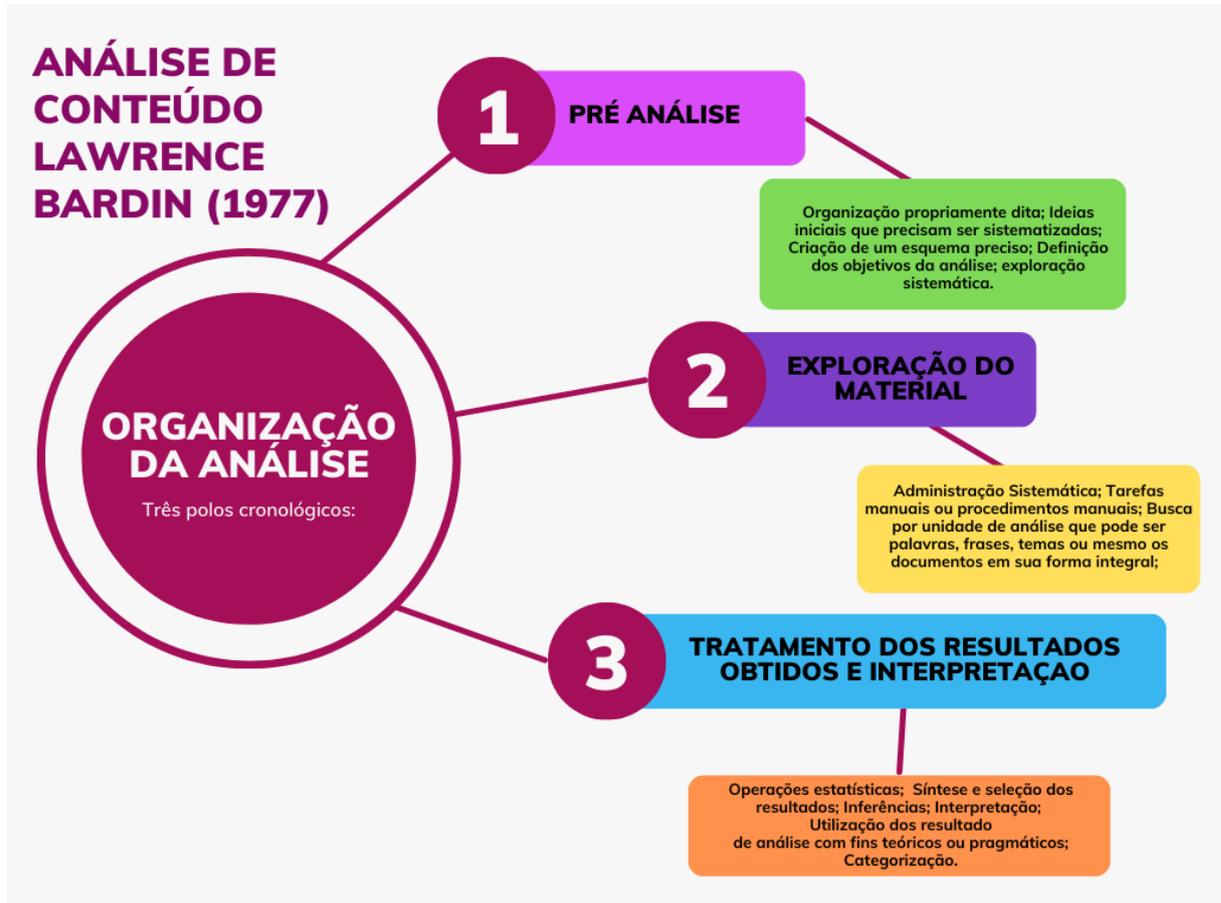
A análise de conteúdo oferece uma gama variada de abordagens, apresentando escolhas que, ao mesmo tempo, ampliam as oportunidades proporcionadas por essa metodologia e, ao fazê-lo, estabelecem limites como uma decorrência natural dessas escolhas (MORAES, 1999).

Para esta pesquisa optou-se pela escolha da abordagem indutiva-construtiva, como estratégia metodológica, pois ela inicia sua investigação a partir dos dados, construindo categorias a partir deles e, por conseguinte, desenvolvendo teorias. Essa metodologia é, em essência, um processo indutivo, pois seu objetivo principal não se concentra na generalização ou na verificação de hipóteses, mas sim na construção de uma compreensão mais profunda dos fenômenos sob análise (MORAES, 1999).

Dentro dessa abordagem, as categorias são elaboradas ao longo do processo de análise, surgindo de forma progressiva e analógica. A criação e o desenvolvimento das categorias resultam do empenho, da criatividade e da perspicácia do pesquisador, exigindo uma revisão minuciosa para definir o que é essencial com base nos objetivos estabelecidos (MORAES, 1999).

Para Bardin (1977) O processo de análise de conteúdo, semelhante a etapas presentes em inquéritos sociológicos ou experimentações, se desdobra em torno de três fases distintas em uma sequência cronológica: 1 - A fase inicial, denominada pré-análise; 2 - A etapa subsequente de exploração do material; 3 - Finalmente, a fase que abrange o tratamento dos resultados, as inferências e a interpretação dos achados, como podemos observar na Figura 10.

Figura 10 - Síntese Análise de Conteúdo



Fonte: Autoria própria (2023)

A primeira fase do processo de análise, conhecida como pré-análise, representa a organização propriamente dita. Ela engloba um período de intuições, cujo propósito é transformar as ideias iniciais em elementos operacionais e sistematizá-los, a fim de criar um esquema preciso que direcione o desenvolvimento das etapas subsequentes no plano de análise. Independentemente de se recorrer a um sistema de ordenamento, o objetivo é estabelecer um programa que, embora possa ser flexível para permitir a inclusão de novos procedimentos durante a análise, deve, ao mesmo tempo, ser preciso, como destaca Bardin (1977, p. 96):

Geralmente, esta primeira fase possui três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Estes três fatores, não se sucedem, obrigatoriamente, segundo uma ordem cronológica, embora se mantenham estreitamente ligados uns aos outros: a escolha de documentos depende dos objetivos ou inversamente objetivo só é possível em função dos documentos disponíveis; os indicadores

serão construídos em função das hipóteses, ou, pelo contrário, as hipóteses serão criadas na presença de certos índices. A pré-análise tem por objetivo a organização, embora ela própria seja composta por atividades não estruturadas, «abertas», por oposição à exploração sistemática dos documentos.

Após a conclusão bem-sucedida das diversas etapas da pré-análise, a fase de análise propriamente dita se resume a uma administração sistemática das decisões já tomadas. Seja por meio de procedimentos manuais ou operações realizadas por meio de sistemas computacionais, a execução do programa é, em grande parte, um processo mecânico (BARDIN, 1977).

A terceira fase da Análise de Conteúdo de Bardin, que envolve o tratamento dos resultados obtidos e a interpretação, é uma etapa crucial no processo de pesquisa. Nesta fase, os dados coletados e organizados nas fases anteriores são analisados em profundidade para extrair significados e insights. Essa fase, embora extensa e às vezes monótona, consiste, principalmente, em tarefas de codificação, categorização ou enumeração, seguindo regras previamente estabelecidas (BARDIN, 1977).

7.1 Desenvolvimento da Análise de Conteúdo na pesquisa

Nesse trabalho exaustivo de leituras e releituras, a Análise de Conteúdo permite uma análise mais aprofundada das falas, textos, figuras e outros documentos utilizados na pesquisa, com o intuito de elaborar categorias que se manifestam em metatextos.

A partir das falas dos participantes, foi possível construir as unidades, das quais emergiram as categorias. A categorização é um processo que envolve a classificação de elementos que fazem parte de um conjunto, inicialmente por meio da diferenciação e, em seguida, pelo agrupamento com base em características comuns, seguindo critérios previamente estabelecidos (PUGLISI; FRANCO, 2005).

As categorias representam rótulos ou classes que reúnem um conjunto de elementos (como unidades de registro, no contexto da análise de conteúdo) sob um título geral. Essa agregação é realizada com base nas semelhanças identificadas entre esses elementos. O critério utilizado para a categorização pode ser semântico, ou seja, relacionado ao significado ou ao conteúdo dos elementos em questão (BARDIN, 1977).

Desse modo, as análises da pesquisa foram desenvolvidas, como poderemos observar nos subtópicos a seguir. As categorias finais aqui desenvolvidas e que permitiram realizar a escrita das análises de algumas etapas da pesquisa, foram desenvolvidas construindo relações entre as unidades de análise, que ocorreu de maneira recursiva por meio da leitura e comparação entre elas, resultando na identificação de conjuntos que compartilham elementos semelhantes, originando assim as categorias.

Como o montante de material que foram coletados e analisados, dentre eles estão as gravações das aulas, as gravações de áudios, as respostas nos diários de bordo e as respostas nos questionários, foi possível elaborar as 4 categorias finais: 1) Percepções do contexto real a partir dos saberes de senso comum; 2) Fundamentação histórica e crítica sobre conceitos científicos para tomada de decisões e 3) Planejamento do ensino de Química/Ciências da Natureza a partir dos limites conceituais dos estudantes; e 4) Compreensão da relação entre o Conhecimento científico e a resolução de problemas de caráter social. Essas categorias finais servirão como base para a análise e discussão de algumas partes da sequência de aulas, que nos resultaram em conteúdos de relevância para serem destacados aqui na pesquisa.

7.2 Análise da Sequência de Aulas – Diálogos durante as aulas

Ao realizar a organização das falas de todas as onze aulas e realizar uma análise dos diálogos que seriam relevantes para a pesquisa, estas foram organizadas e completamente descritas no Apêndice E.

Na Aula 1, onde foi realizada a explicação das sequências de aulas, e realizada a introdução do tema, com a leitura da introdução do Livro de Eduardo Leite Canto, intitulado "*Plástico: Bem supérfluo ou mal necessário?*", foi possível observar que os estudantes ainda estavam sem questionamentos a respeito do que iríamos fazer ao longo das 11 aulas, nenhum estudante esboçou dúvidas, seja por perguntas ou por sua linguagem corporal. A partir da Aula 2, que já tínhamos dado início aos trechos do documentário "Oceano de Plásticos" de LEESON (2019), que começou a surgir perguntas e opiniões dos estudantes começaram a ser expressas, como o trecho destacado abaixo:

E23: Professora, bem na verdade **acho que não adianta a gente...** não que não seja interessante o documentário, mas eles só mostram que o plástico causa problemas (inaudível) isso e aquilo, **só que não trazem solução. Não querem uma mudança realmente.** (U13-A1-E23)

PP: Nós estamos no começo da atividade, vamos ter mais informações para ver se vai ter uma solução ou não.

E23: **Mas eles fizeram esse documentário daí mais por vítima**, porque eu acho que a mulher ali que tá fazendo o documentário, nem a mulher que ela **tava querendo reduzir o plástico entendeu?** Você acha mesmo que alguém faz algo pra mudar aquilo dali? **Ela faz o que todo mundo faz**, porque tá todo mundo (palavrão) para a situação na verdade. (U14-A1-E23)

A estudante E23, demonstrou uma certa incredulidade com relação ao documentário, por não apresentar de fato, algo que pudesse ser resolvido, para ela eles estavam sendo sensacionalistas. Na opinião da estudante, que generaliza, afirmando que ninguém, inclusive os participantes e produtores do documentário, se importam com a problema em questão. Pode-se observar por meio deste diálogo, que a estudante, julga as atitudes dos outros sem necessariamente julgar as atitudes próprias.

A professora então, tenta realizar um movimento pelo diálogo, que demonstrar que todas as nossas atitudes, podem ter influenciado para chegar no extremo que chegou à situação do plásticos.

PP: **E como aquele plástico chegou até ali**, nesta ilha que a mulher estava morando?

E23: Ah, **chegou pelo mar né!** Eu acho que as águas trazem né, só viaja aqueles ficam que tava chegando aquele plástico, e acho que **eles foram jogando**, porque tinha uma (inaudível) máquina de lavar ali jogado bem na beiradinha, e máquina de lavar não tem como vim lá dos “cafundós do judas”.

PP: “Será que não?”

E1: Temmm sim!

PP: O próprio contêiner que bateu na ilha, foi arrastado pelo mar, e ficou parado naquela outra ilha na China, abriu e espalhou aquelas “bolhinhas” que vimos no começo do documentário. Um contêiner gigantesco que foi arrastado. Sim, ela não consegue fazer nada. Ela poderia limpar ali o buraco onde ela mora como eles chamaram ali, eles traduziram como buraco, mas ela sozinha, ou as pessoas daquela Ilha não conseguem fazer muita coisa mais.

E23: Não, tipo assim, **eu sei que ela não consegue mais limpar**, mas tipo assim de tentar evitar ou reciclar quando come algo ou tomar um refrigerante que seja, acho que ela pega e simplesmente joga assim, não ta dando muita importância. (U14-A1-E23)

PP: É nesse caso em específico, a gente não consegue saber se ela faz isso.

E23: Sim.

PP: **Mas a gente sabe o que a gente faz.**

Na Aula 3, que abordava o problema dos microplásticos e nanoplásticos na natureza, promovemos uma roda de conversa com os estudantes, cada roda de conversa em suas turmas específicas. Durante essa discussão, exploramos algumas

atitudes práticas que poderíamos adotar para reduzir o consumo de plástico, baseadas em informações obtidas de notícias de 2019 e 2022 sobre o assunto. Cada estudante sorteou uma atitude do site Ecycle e analisou a possibilidade de implementá-la, enquanto os colegas ofereciam suas opiniões.

Embora tenhamos percebido algum desconforto por parte dos estudantes em expor suas opiniões, sobretudo por não fazer parte da cultura escolar viabilizar e constituir o diálogo crítico, como uma competência nos termos da legislação, a ser plenamente apropriada pelos alunos. Isso ganha relevância, ao se tratar de questões sociocientíficas dentro de uma perspectiva CTSA. No caso, mesmo reconhecendo a gravidade da poluição por plásticos e seus impactos ambientais, os alunos pareceram relutar em renunciar a certos confortos da vida moderna em prol de um bem maior, como podemos observar na fala do estudante E14, que ao ser questionado se trocar camisetas de fios sintéticos por fios de algodão, ele defende o uso de camisetas com fios sintéticos, afirmando: "*É inviável! Imagina jogar futebol com uma camisa de algodão? Meu Deus do céu! Não dá.*" (U27-P19-AU3-E14).

Não só o E14 que expôs essa dificuldade, mas as estudantes ao serem convidadas a mudarem o utensílio que usam em seus períodos menstruais, mudando dos absorventes normais, para outros como coletores entre outros, que seriam reutilizáveis, defendem ser difícil essa mudança: E31: "*Não, nem a pau. Imagina ter que limpar tá doido!*" (U27-P24-AU3-E31). Com essas falas podemos entender o que Bazzo (2014, p.119) quis dizer sobre a ciência e tecnologia ser feita por e para homens, pois eles estão sempre ligados com o aprimoramento do conforto humano:

Afim de contas, o ser humano sempre investiu sua inteligência para adquirir, fabricar e utilizar ferramentas que prolongassem e multiplicassem seu conforto material para além de seus sonhos. Mas talvez um dos grandes problemas que ele fabricou para si nesse empreendimento tenha sido esquecer de investir semelhante esforço na direção de se preparar, também, para fazer frente às mudanças que tais ferramentas provocariam na sua vida (BAZZO, 2014, p. 119).

Isso pode ser atribuído ao fato de que o problema não está diretamente ligado a eles ou não causa danos imediatos. Uma estudante, E23, chamou a atenção para essa situação ao expor sua opinião crítica durante a discussão sobre a substituição de esfoliantes cosméticos por produtos naturais. Ela concordou que a troca era viável e complementou dizendo: "*Porque eu acho que o planeta é mais importante do que*

ficar 'emperquetando' a cara inteira! (Risos) É onde a gente vive, né gente, a cara a gente resolve depois." (U30-P23-AU3-E23)

No entanto, a tomada de decisão em uma abordagem CTSA com foco nas QSC não é uma tarefa simples nem instantânea, como às vezes os professores podem imaginar. É um processo individual que requer tempo para reflexão, análise e, em alguns casos, mudança de opinião. Como afirmam Ratcliffe e Grace (2003, p.118): "A tomada de decisão implica comprometer-se com uma escolha feita voluntariamente, que resulta em uma ação deliberada."

Ao analisar as respostas registradas no Diário de Bordo dos estudantes, no qual foram orientados a registrarem suas percepções sobre os conteúdos abordados da Aula 3, foi observado que ocorreram algumas mudanças, mesmo que sutis, ao longo da dinâmica.

O estudante E24, que no Diário de Bordo da Aula 2, afirmou não se importar muito com a presença de plásticos e nanoplásticos em humanos, como podemos observar na sua fala: "*Não ligo muito desde que não prejudique a mim.*" (U22-P15-DB2-E24), ao ser questionado no Diário de Bordo da Aula 3, sobre o que mais chamou a atenção dele na aula, ele responde: "*O aumento em tão pouco tempo.*" (U23-P31-DB3-E24).

Podemos entender que ele apresentou na aula 3 uma certa preocupação com o rápido aumento desses materiais no meio ambiente, ao compararmos as duas notícias lidas em sala. No entanto, quando questionado, neste mesmo Diário de Bordo, se está preocupado com a presença de nanoplásticos em seu próprio corpo, ele declara não sentir preocupação.

Felizmente, todos concordam que vale a pena discutir e conscientizar sobre nossa responsabilidade diária para realizar mudanças por meio de atitudes práticas, como reciclar nosso próprio lixo e conscientizar os outros sobre suas ações.

Ao analisar as aulas expositivas 5 e 6, 7, 8 e 9, que foram abordados os conceitos de Polímeros e Nanotecnologia, foi observada uma apatia e falta de engajamento significativos por parte dos estudantes. Esse desafio está intimamente relacionado às questões das aulas tradicionais expositivas, mesmo quando o professor estimula o diálogo entre os estudantes sobre o tema. Carmo (2019, p. 465) afirma que:

Apesar das aulas expositivas serem utilizadas pela ampla maioria dos professores, há alguns questionamentos sobre sua eficácia, levando à perda de espaço ao longo do último século. Tem se observado mudanças progressivas nas práticas de ensino, com a ampliação do uso de diferentes instrumentos, tais como as metodologias ativas.

De fato, nem todo o conteúdo no ensino de Ciências da Natureza permite a elaboração de atividades com participação mais ativa. Isso pode estar relacionado a diversos fatores, como a carga horária limitante, conforme menciona Carmo (2019, p. 465), que destaca a necessidade de recorrer às aulas expositivas nessas situações. Além disso, pode haver dificuldade em adaptar a teoria sob a forma de metodologias ativas.

No entanto, o fato de uma aula ser expositiva não significa que o professor deva ser o centro do conhecimento. Através da aula expositiva dialogada, o professor pode formular questionamentos, estimular a interpretação dos alunos e promover discussões sobre os assuntos, mesmo quando eles precisam ser ensinados de forma expositiva. Conforme descrevem Hartmann, Maronn e Santos (2019, p. 1):

A aula expositiva dialogada é uma estratégia que caracteriza-se pela exposição de conteúdos com a participação ativa dos estudantes, considerando o conhecimento prévio dos mesmos, sendo o professor o mediador para que os alunos questionem, interpretem e discutam o objeto de estudo... Apesar da aula expositiva dialogada ser considerada um método tradicional e por várias vezes até sendo considerada como ultrapassada por parte de alguns professores, esta apresenta fundamental relevância no ensino, uma vez que permite um diálogo entre professor e alunos, havendo espaços para questionamentos, críticas e discussões. Essa modalidade de aula propicia ao aluno a obtenção e organização de dados, a interpretação e análise crítica, a comparação e a síntese do conteúdo apresentado.

Ao analisar de forma crítica e aprofundada a prática da professora pesquisada em relação às aulas expositivas, podemos observar que ela está alinhada com as perspectivas apresentadas por Hartmann, Maronn e Santos (2019) e Borges, Broietti e Arruda (2021). Esses pesquisadores destacam a importância da ação e da preparação do docente para desenvolver uma aula expositiva dialogada, na qual os estudantes possam participar de forma mais ativa.

É fundamental que a professora planeje e reflita sobre suas aulas expositivas, de modo a criar uma prática que instigue os estudantes com perguntas norteadoras, promovendo a reflexão sobre o assunto abordado. Ao adotar essa abordagem, a professora se torna uma mediadora do conhecimento, incentivando os estudantes a se envolverem ativamente no processo de aprendizagem.

7.3 Análise do Questionário Inicial

O questionário inicial foi desenvolvido com o objetivo de obter dados que ajudassem a compreender o conhecimento prévio dos participantes da pesquisa sobre os conceitos de Polímeros, Nanotecnologia e Nanoquímica, bem como para conhecer suas opiniões sobre os problemas ambientais relacionados à poluição causada pelos plásticos.

Segundo Mortimer e Scott (2002), os significados atribuídos pelos alunos a esses conceitos e suas opiniões são relevantes, uma vez que a educação científica não visa substituir ideias "antigas" por ideias "novas", mas construir novos conceitos por meio de comunicação mútua, diálogo e interação.

Os significados são considerados polissêmicos e polifônicos, criados na interação social e internalizados pelos indivíduos. Além disso, o processo de aprendizagem não se trata apenas da substituição de concepções prévias pelos novos conceitos científicos durante o processo de ensino, mas também da negociação de novos significados em um espaço comunicativo onde diferentes perspectivas culturais se encontram, resultando em um processo de crescimento mútuo. As interações discursivas são consideradas como elementos constituintes desse processo de construção de significados (MORTIMER; SCOTT, 2002, p. 284).

Ao analisar as respostas dos estudantes, é interessante destacar que, dos 32 alunos que aceitaram participar das sequências de aulas, 22 alunos responderam ao questionário inicial. E dos 22 alunos que responderam ao questionário, 14 afirmaram nunca ter ouvido a palavra "Polímeros". Dos outros 7 que mencionaram ter ouvido falar, não souberam defini-la ou explicá-la.

Ressaltam-se relatos significativos como o da estudante E30: "*Já ouvi falar sobre polímeros, porém não sei o que tem a ver com plásticos*" (U1-P1-QI-E30), da estudante E6: "*Já ouvi falar nessa palavra, mas não lembro*" (U1-P1-QI-E6) e do estudante E9: "*Já ouvi falar, mas não sei muito bem o que é*" (U1-P1-QI-E9). Essas falas também estão relacionadas ao comentário da estudante E23 na aula 2, onde ela menciona que o tema "plásticos" é repetitivo, então compreendemos que essas falas ilustram uma falta de consolidação do conceito de polímeros.

Essas respostas também estão relacionadas ao comentário da estudante E23 durante a aula 2, em que ela menciona que o tema "plásticos" é recorrente ao longo dos anos escolares, desde os anos iniciais do ensino fundamental, nas aulas de ciências. Esse fato pode indicar que, apesar da abordagem frequente em sala de aula,

alguns conceitos não são adequadamente internalizados pelos alunos até o ensino médio

Uma possível explicação para essa falta de consolidação conceitual pode ser atribuída ao fato de que o tema dos polímeros foi abordado com outros objetivos, como a conscientização sobre reciclagem, do que na definição específica dos polímeros. Isso pode ter levado os estudantes a associarem o termo "polímeros" vagamente a plásticos e materiais recicláveis, mas sem compreenderem integralmente sua natureza e propriedades.

Embora tenham sido expostos ao tema em anos anteriores, explorar o tema na perspectiva da química permite que os estudantes compreendam o porquê de os plásticos não serem totalmente degradáveis, resultando em um grave problema ambiental, impactando de forma negativa a saúde da flora e da fauna.

Independentemente de a observação e afirmação de Feynman (1997) estejam relacionadas a professores universitários, sua declaração sobre a dificuldade de contextualizar teorias de maneira significativa também pode ser aplicada às aulas no ensino médio:

Depois de muita investigação, finalmente descobri que os alunos haviam memorizado tudo, mas não sabiam o que significava. Quando ouviram "luz que é refletida de um meio com um índice", eles não sabiam que isso significava um material como a água. Eles não sabiam que a "direção da luz" é a direção em que você vê algo quando está olhando para ele, e assim por diante. Tudo foi inteiramente memorizado, mas nada foi traduzido em palavras significativas. (FEYNMAN, 1985, p. 120).

Quanto a conceituação dos estudantes sobre Nanotecnologia e Nanoquímica, é interessante mencionar o relato do estudante E7 que mencionou ter ouvido a palavra no trabalho: "*Ouvi em meu trabalho, pois um cliente é fornecedor de matéria-prima para criação de nanotecnologias.*" (U2-P2-QI-E7). Mesmo com esse contato com a nanotecnologia em seu cotidiano, o estudante não aprofundou sua compreensão sobre o tema, o que corrobora a ideia de Morin (2013) de que é necessário não apenas ter conhecimento sobre o mundo em que vivemos, mas também transformar nossa maneira de pensar sobre os fatos:

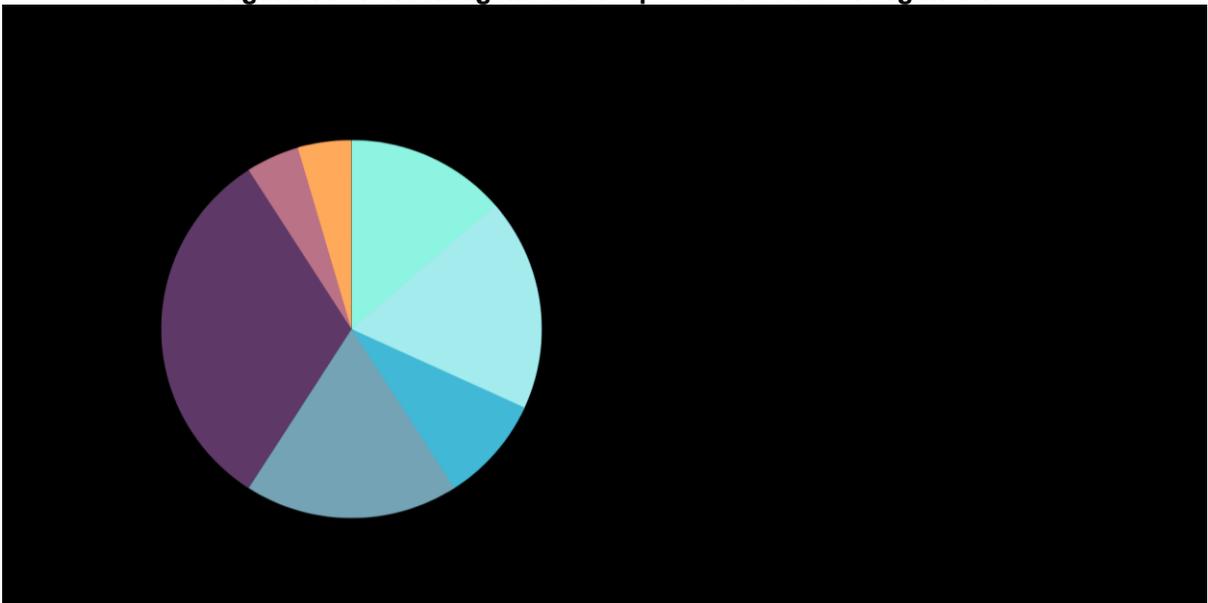
O conhecimento do mundo como mundo é uma necessidade intelectual e vital. É o problema universal de todo cidadão do novo milênio: como ter acesso às informações sobre o mundo e como ter a capacidade de articulá-las e organizá-las? Como perceber e conceber o contexto, o global (a relação todo/partes), o multidimensional, o complexo? Para articular e organizar os

conhecimentos e assim reconhecer e compreender os problemas do mundo, é necessária uma reforma do pensamento (MORIN, 2013, p. 36).

Quando questionados sobre a opinião dos estudantes em relação à iniciativa de uma empresa de *fast food* de substituir os canudos de plástico por de papel, como uma medida relacionada à preocupação legítima com a poluição causada pelos plásticos ao meio ambiente, percebe-se que a maioria deles acredita que a empresa adotou essa medida apenas como estratégia de marketing. Isso é evidente na fala do estudante E2: "*Eu vejo como uma média com o público, porque substituir canudos de plástico é muito pouco, levando em consideração a diferença que essas grandes empresas poderiam fazer.*" (U7-P4-QI-E2).

A segunda parte do questionário inicial foi realizada com base nas perguntas retiradas do VOSTS. Para essa parte do questionário inicial, foram escolhidas 6 perguntas do VOSTS, tinham de 11 a 5 alternativas, que dependia da pergunta a ser feita. Todos os 22 estudantes responderam às perguntas 1, 2, 3 e 4, porém as perguntas 5 e 6, nem todos os alunos responderam (5 alunos não responderam a pergunta 5 e 14 não responderam a pergunta 6), como pode-se verificar nos Figuras 11, 12, 13, 14, 15 e 16 que são figuras dos gráficos com as porcentagens das respostas dos estudantes.

Figura 11 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 1



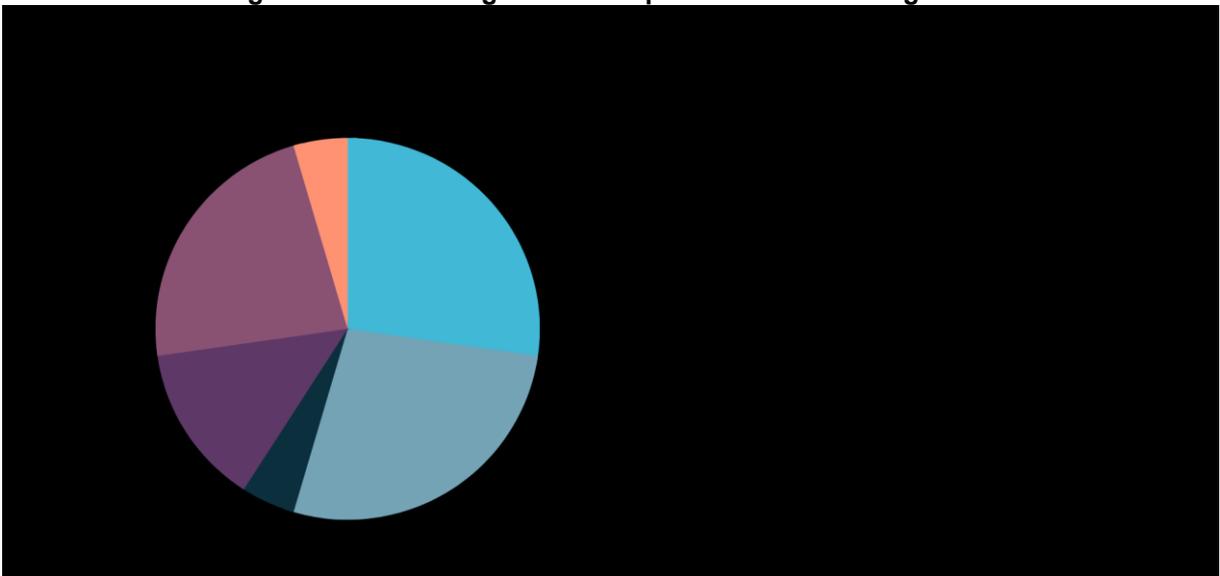
Fonte: Autoria própria (2023)

Ao analisar as respostas dos estudantes, quando questionados sobre seu conhecimento em relação à definição de Ciência, que consta no gráfico da figura 11, a maioria dos alunos a definiu como: "*encontrar e usar o conhecimento para tornar este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curar doenças, resolver a poluição e melhorar a agricultura)*" (U11-P6-QI-E1; U11-P6-QI-E3; U11-P6-QI-E13; U11-P6-QI-E16; U11-P6-QI-E23; U11-P6-QI-E27; U11-P6-QI-E29). Isso reforça o pensamento de Bazzo *et al.* (2003, p. 13) de que definir ciência é uma tarefa complexa:

É difícil dimensionar a importância da ciência no mundo atual, porque, para muitas pessoas, a ciência ainda é algo distante e um tanto difuso. Muitos associam a ciência apenas a desenvolvimentos científicos notáveis ou a nomes de cientistas destacados.

Em relação à definição dos estudantes sobre Tecnologia (Figura 12), a maioria estabeleceu uma correlação com dispositivos físicos, como computadores, *smartphones* e a própria ideia de robótica. Apenas o estudante E11 escolheu a opção que afirma que Tecnologia é a aplicação da Ciência.

Figura 12 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 2



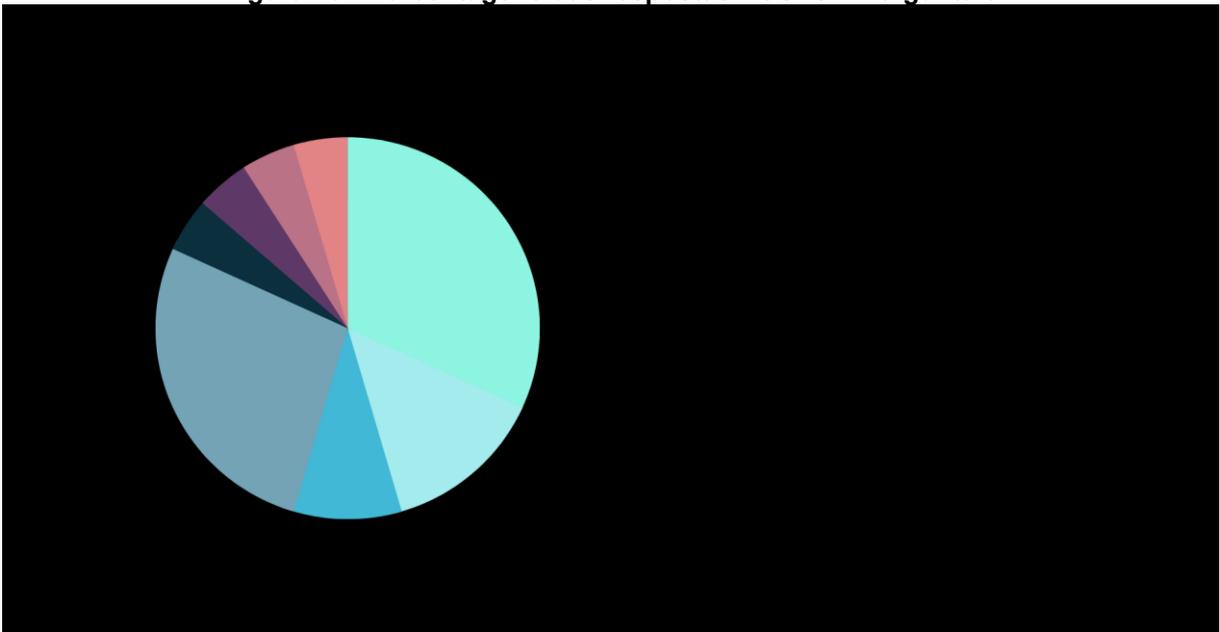
Fonte: Autoria própria (2023)

Quando questionados sobre a relação entre Ciência, Tecnologia e problemas sociais ligados à pobreza (Figura 13), a maioria dos estudantes escolheu a opção: "*a) A ciência e a tecnologia certamente podem ajudar a resolver esses problemas. Para resolvê-los, poderiam ser usadas novas ideias da ciência e novas invenções da tecnologia.*" Além disso, uma segunda parte significativa dos alunos escolheu a opção: "*d) Não é uma questão de ciência e tecnologia ajudar, mas é uma questão de as*

“pessoas usarem a ciência e a tecnologia com sabedoria.” (U27-P8-QI-E2; U27-P8-QI-E3; U27-P8-QI-E6; U27-P8-QI-E23; U27-P8-QI-E29; U27-P8-QI-E30).

Isso pode indicar que eles não compreendem que o acesso à Ciência e Tecnologia é diferenciado e influenciado pela desigualdade social, como, por exemplo, na área da saúde, em que nem todos têm acesso ao mesmo tratamento devido às condições sociais em que estão inseridos.

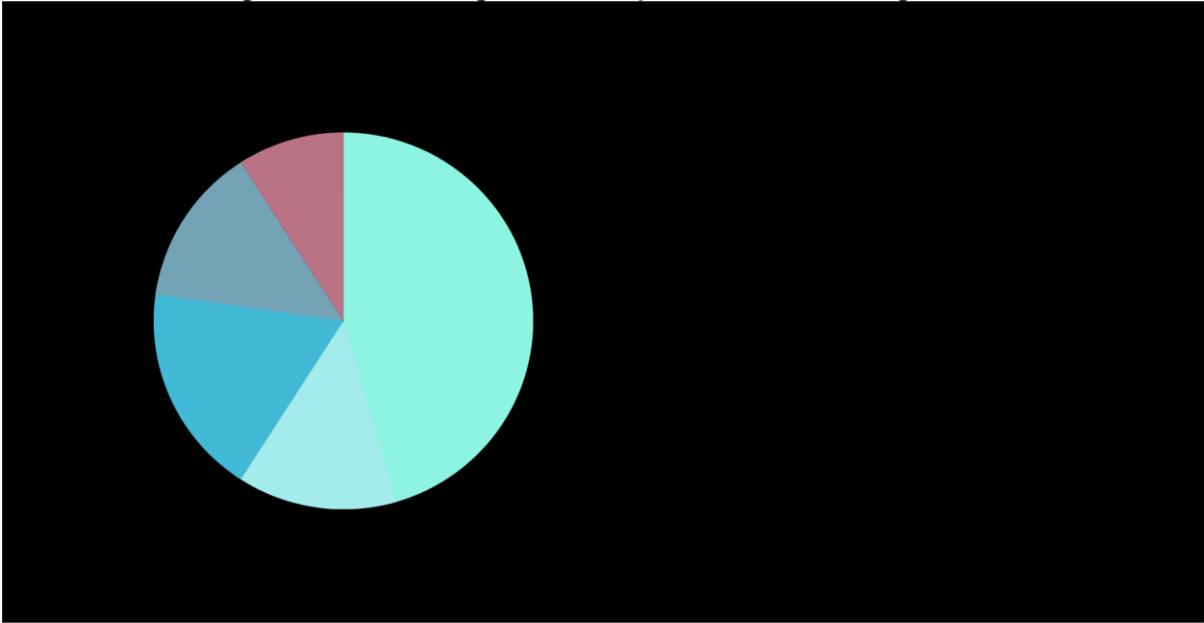
Figura 13 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 3



Fonte: Autoria própria (2023)

Com relação a pergunta 4, que envolvia acreditar que a Ciência e a Tecnologia podem resolver problemas sociais como poluição, superpopulação e desenvolvimento de doenças, 45,5% acreditavam que elas certamente podem ajudar a resolver esse tipo de problema, o que nos lembra da visão comum sobre elas serem “salvadoras” da humanidade.

Figura 14 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 4



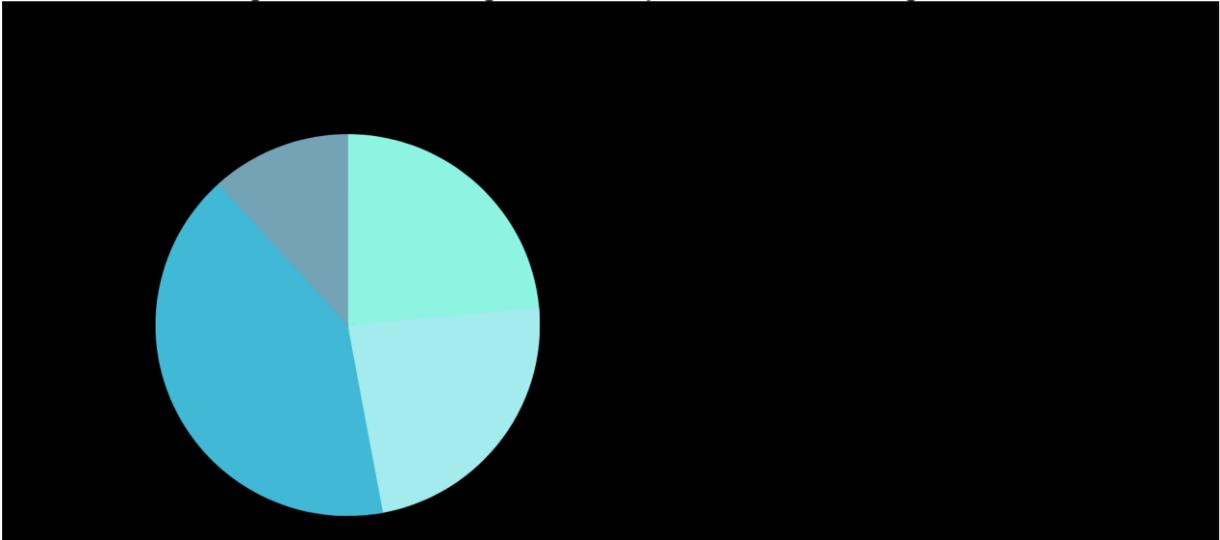
Fonte: Autoria própria (2023).

Ao analisar as respostas dos estudantes em relação à aplicabilidade da Ciência e Tecnologia em suas vidas cotidianas (Figura 15), percebe-se algumas incoerências e contradições nas respostas. Por exemplo, um aluno afirmou que o conhecimento de Ciência e Tecnologia lhe proporciona maior compreensão dos problemas cotidianos, mas ao ser questionado sobre a relação desse conhecimento com sua vida diária (Figura 16), respondeu que o que aprende nas aulas de ciências não se relaciona com sua vida cotidiana.

Portanto o que podemos observar que, para esse aluno, o conhecimento científico estudado na disciplina de Ciências não tem contribuído para que ele compreenda a Ciência e Tecnologia presente em sua vida cotidiana, esse relato vai ao encontro com a observação de Bell (2003) em sua pesquisa:

Quando questionados sobre como responderam às afirmações científicas, dada a sua compreensão da natureza experimental do conhecimento científico, cada um dos estudantes entrevistados indicou que precisaria de mais provas ou certezas antes de mudar seus hábitos alimentares ou estilos de vida. Como disse um aluno: “Não vou sair para brincar com lixo nuclear, mas ainda vou comer meus Twinkies”. Assim, os alunos foram aparentemente incapazes ou relutantes em usar seus entendimentos sobre a natureza experimental da ciência ao decidir como conduzir suas vidas diárias (BELL, 2003, p. 69).

Figura 15 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 5



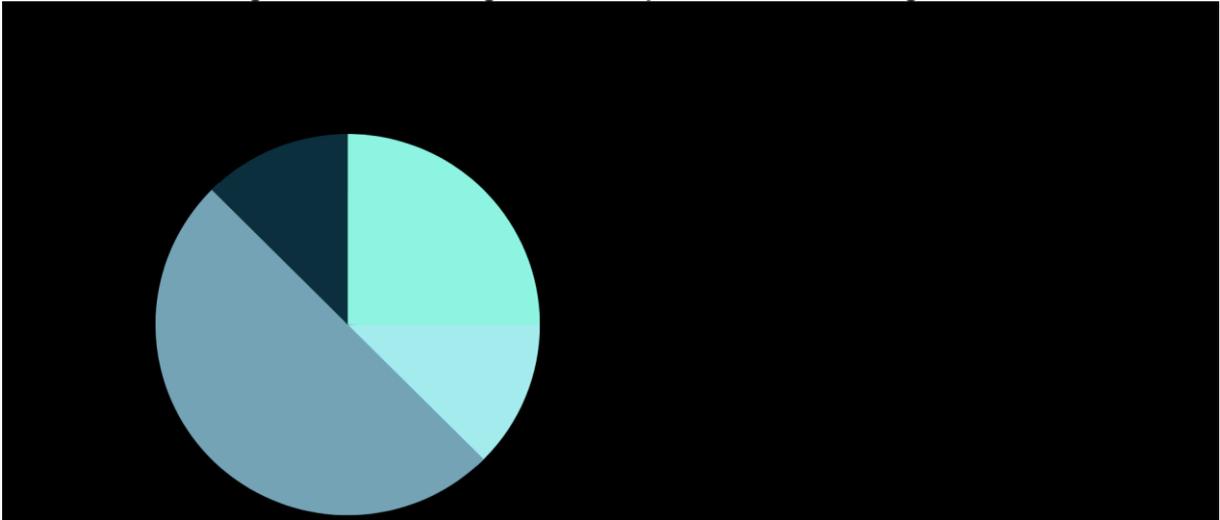
Fonte: Autoria própria (2023)

Por exemplo, um aluno afirmou que o conhecimento de Ciência e Tecnologia lhe proporciona maior compreensão dos problemas cotidianos, mas ao ser questionado sobre a relação desse conhecimento com sua vida diária (Figura 16), respondeu que o que aprende nas aulas de ciências não se relaciona com sua vida cotidiana.

Portanto o que podemos observar que, para esse aluno, o conhecimento científico estudado na disciplina de Ciências não tem contribuído para que ele compreenda a Ciência e Tecnologia presente em sua vida cotidiana, esse relato vai de encontro com a observação de Bell (2003) em sua pesquisa:

Quando questionados sobre como responderam às afirmações científicas, dada a sua compreensão da natureza experimental do conhecimento científico, cada um dos estudantes entrevistados indicou que precisaria de mais provas ou certezas antes de mudar seus hábitos alimentares ou estilos de vida. Como disse um aluno: “Não vou sair para brincar com lixo nuclear, mas ainda vou comer meus Twinkies”. Assim, os alunos foram aparentemente incapazes ou relutantes em usar seus entendimentos sobre a natureza experimental da ciência ao decidir como conduzir suas vidas diárias (BELL, 2003, p. 69).

Figura 16 - Porcentagens das respostas VOSTS – Pergunta 6



Fonte: Autoria própria (2023)

Outros alunos afirmaram que a Ciência e Tecnologia ajudam a resolver problemas práticos do dia a dia, como cozinhar, limpar a casa, cuidar do jardim, entre outros. No entanto, um desses alunos também mencionou que as técnicas de resolução de problemas aprendidas na disciplina de ciência não são diretamente úteis em sua vida diária.

Essas respostas destacam a necessidade de reflexão sobre a prática, talvez equivocada, de aplicação do conhecimento científico e tecnológico em sala de aula. Conforme apontado por Morin (2013), há uma inadequação entre os saberes fragmentados ensinados e as realidades cada vez mais multidisciplinares e complexas que os alunos enfrentam. É necessário tornar evidente o contexto, o global, o multidimensional e o complexo para que o conhecimento seja pertinente.

A esse problema universal confronta-se a educação do futuro, pois existe inadequação cada vez mais ampla, profunda e grave entre, de um lado, os saberes desunidos, divididos, compartimentados e, de outro, as realidades ou problemas cada vez mais multidisciplinares, transversais, multidimensionais, transnacionais, globais e planetários. Nessa inadequação tornam-se invisíveis: • O contexto • O global • O multidimensional • O complexo. Para que o conhecimento seja pertinente, a educação deverá torná-los evidentes (MORIN, 2013, p. 36).

Essas contradições nas respostas dos alunos mostram a importância de uma abordagem mais integrada e contextualizada da Ciência e Tecnologia na educação, de forma a conectar os conhecimentos teóricos com o contexto real cotidiano, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais significativa e aplicável da ciência em suas vidas.

Isso pode envolver distintas metodologias e estratégias, discussões sobre situações reais, estudos de casos e abordagens interdisciplinares, a fim de promover uma visão mais abrangente e conectada do conhecimento científico e tecnológicas, ou seja, vinculadas à uma perspectiva CTSA.

7.4 Análise das leituras de notícias e documentário

Ao analisarmos mais a fundo a utilização do documentário "Oceano de Plásticos", é importante destacar alguns diálogos que se tornaram passíveis de uma análise mais aprofundada em relação às estratégias escolhidas pelos professores ao planejarem uma discussão sobre um tema contemporâneo, que possa ser utilizado para uma abordagem CTSA com enfoque nas questões sociocientíficas. Conforme descrito por Hodson (2013), os professores podem encontrar obstáculos ao trabalhar com discussões sociocientíficas:

Ele discute as ansiedades, problemas e dificuldades que os professores podem enfrentar ao envolver os alunos no debate em sala de aula e ao lidar com controvérsias e questões morais e éticas. Ele também alerta para a oposição que os professores podem enfrentar ao escolherem essa abordagem, especialmente quando envolve o engajamento dos alunos na ação sociopolítica (HODSON, 2013, p. 313, tradução nossa).

Antes mesmo de finalizar os trechos do documentário, que foram pré-determinados pela PP como úteis para iniciar a discussão sobre o tema dos micro e nanoplásticos, a estudante E23 expressa sua insatisfação ao assistir ao trecho inicial. Segundo ela, o assunto já está desgastado e o documentário não apresenta soluções.

Em sua visão, o tema está desgastado porque se fala muito sobre o assunto, mas não se observa nenhuma melhoria em relação à poluição causada pelos plásticos. Ela acredita que os documentários são feitos com o intuito de provocar uma reação emocional, mas não trazem soluções. Podemos rever o diálogo de maneira mais focada:

*E23: Professora, bem na verdade acho que **não adianta a gente... não que não seja interessante o documentário, mas eles só mostram que o plástico causa problemas (inaudível)** isso e aquilo, só que **não trazem solução. Não querem uma mudança realmente.** (U13-A1-E23)*

PP: Nós estamos no começo da atividade, vamos ter mais informações para ver se vai ter uma solução ou não.

*E23: Mas eles fizeram esse documentário daí mais **por vítima**, porque eu acho que a mulher ali que tá fazendo o documentário, nem a mulher que ela **tava querendo reduzir o plástico entendeu? Você acha mesmo que***

alguém faz algo pra mudar aquilo dali? Ela faz o que todo mundo faz, porque tá todo mundo (palavrão) para a situação na verdade. (U14-A1-E23)

A conversa acima descrita, foi uma das poucas conversas registradas pelas gravações, que tiveram mais questionamentos e discussões sobre o que estava sendo proposto na aula, mais especificamente, sobre o documentário. Por meio da observação feita pela Professora Pesquisadora, uma das análises feitas em relação ao baixo engajamento dos estudantes com o documentário está relacionada ao fato de que ele não possuía uma conexão direta com os estudantes, mesmo fazendo parte do contexto global.

Conforme Ratcliffe e Grace (2003) discutem sobre os temas a serem abordados nas Questões Sociocientíficas (QSCs), ter uma ligação mais próxima com os estudantes pode garantir um maior engajamento. Hodge e Pérez (2018, p. 456) também fazem uma afirmação similar:

Para isso, é importante que os temas sejam dotados de transversalidade (ou seja, não podem constituir uma única disciplina, pois temas polêmicos permeiam todas as áreas) e devem ser adaptados de acordo com as necessidades locais que o aluno vivencia em seu cotidiano. É assim que, tendo em conta os aspectos acima referidos, a articulação destas temáticas é relevante para a transformação dos sistemas educativos, uma vez que estar próximo dos alunos oferece oportunidades para que estes desenvolvam capacidades de discernimento, postura crítica e responsabilidade social e ambiental em questões relacionadas à ciência e tecnologia.

Então, desenvolver o ensino de ciências da natureza a partir da abordagem CTSA com foco nas QSCs de forma ampla, pois isso pode gerar discussões, que ajudar o estudante a expressar seus pensamentos e, assim, como afirma Cachapuz (2012), auxiliá-lo a "examinar problemas de diferentes perspectivas" e desenvolver novos significados sobre fenômenos científicos e tecnológicos com uma análise mais crítica. Podemos observar isso no trecho retirado do diálogo entre a PP e a E23:

PP: *Que adianta ficar falando isso, lendo sobre isso, ir atrás de informações sobre isso, sendo que nada vai mudar? Dae a gente precisa mudar a nossa mentalidade. Se a gente vê as coisas superficialmente: Ah o plástico polui! Que é como você disse que a gente aprende desde pequenos.*
 E23: *Sim, mas o que ele polui? O que ele causa? Será que é só aqui no Brasil? Será que está prejudicando só os seres marítimos? Será que já não tá prejudicando a gente? (U21-A1-E23)*

Nessa fala da estudante, podemos observar que ela mesma começa a questionar e levantar dúvidas que surgiram após a reflexão realizada ao se deparar com o problema global dos plásticos e durante a discussão em sala de aula. Ressalta-

se que, nesse ponto da aula, ainda não tínhamos terminado de assistir ao documentário e, portanto, nada havia sido mencionado sobre a presença de microplásticos e nanoplásticos possivelmente dentro do nosso organismo.

Ao analisar os registros de outros estudantes ao final das aulas que foram utilizadas para a análise do documentário, por meio do Diário de Bordo 2, podemos observar que houve mais reflexões a respeito das novas informações adquiridas durante as aulas, especialmente sobre a possível presença de plásticos em nossa corrente sanguínea, como podemos ver abaixo:

- E1: *É **estranho como me sinto**. Pois nunca imaginária que algum dia da minha vida iria pensar sobre algo assim.* (U26-P17-DB2-E1)
- E5: *Me sinto bem, pois é algo que eu **não imaginava e nem me questionava** para um dia refletir.* (U26-P17-DB2-E5)
- E7: *Sinto **com o dever de contribuir na causa**, para a redução do impacto ambiental causado.* (U26-P17-DB2-E7)
- E9: ***Eu me sinto bem, pois estou aprendendo sobre coisas que eu não sabia sobre o mundo.*** (U26-P17-DB2-E9)
- E11: *Eu penso, reflito sobre, me sinto bem.* (U26-P17-DB2-E11)
- E13: *É uma situação preocupante, **mas não só depende de mim, precisamos conscientizar a sociedade sobre isso.*** (U26-P17-DB2-E13)
- E16: *Muito bom e motivada.* (U26-P17-DB2-E16)
- E21: *Estamos acabando com o planeta.* (U26-P17-DB2-E21)
- E24: *Me sinto **feliz e motivado a ajudar o mundo.*** (U26-P17-DB2-E24)
- E26: ***Isso me faz pensar qual a solução para esse problema**, pois me sinto mal ao saber que pessoas estão sofrendo por isso e que a próxima geração pode sofrer mais ainda.* (U26-P17-DB2-E26)
- E27: *Me sinto motivado a tentar mudar isso, **mas não sei por onde começar.*** (U26-P17-DB2-E27)

Da análise das respostas no Diário de Bordo 2, muitos dos estudantes não expressaram essa postura durante o momento da discussão e durante a exibição do documentário. No entanto, esse movimento e transformação do conhecimento por parte dos estudantes podem contribuir para o fortalecimento da democracia, conforme defendido por Cachapuz (2012, p. 13): "quando nos interrogamos sobre como o ensino das ciências pode fortalecer a democracia, uma resposta possível é por meio da participação esclarecida na vida das comunidades às quais pertencemos (local, nacional e global)".

O fato de os estudantes se sentirem motivados, refletirem sobre o problema, questionarem e se preocuparem com as consequências dos micros e nanoplásticos demonstra, em certa medida, uma possibilidade de participação ativa na vida da comunidade em que estão inseridos. Essa conscientização e engajamento podem levar a ações coletivas e individuais para lidar com a questão da poluição por plástico e promover mudanças significativas.

Portanto, o ensino das ciências, quando aborda questões sociocientíficas como essa, pode contribuir para o fortalecimento da democracia ao incentivar os estudantes a se tornarem cidadãos informados, críticos e engajados, capazes de tomar decisões conscientes e participar ativamente na busca por soluções para problemas globais.

7.5 Análise da síntese do plástico de batata

Ao analisarmos a prática experimental no laboratório de Ciências da escola, foi possível observar que os estudantes estavam mais empolgados, como relatado pelo estudante E7: "*Eu não acredito que estou fazendo plástico no fogão! Ficou tipo uma amoeba!*" (U41-SI-E7). Também foi destacado o relato do estudante E24 ao final da aula prática: "*Poxa, essa aula foi legal!*" (U41-SI-E24).

Nesse contexto, é importante ressaltar que as aulas foram planejadas de forma a atrair os estudantes e aumentar seu engajamento, seja por meio de práticas laboratoriais, como no caso da síntese de polímero a partir da batata, ou por outras atividades em que os estudantes possam se sentir mais ativos, fugindo da monotonia e tornando seu aprendizado mais significativo. Conforme mencionado por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 95):

Sabe-se, com base na vivência cotidiana, que as pessoas aprendem o tempo todo. Instigadas pelas relações sociais ou por fatores naturais, aprendem por necessidades, interesses, vontade, enfrentamento, coerção. Sabe-se até que aprendem não só por tópicos e assuntos, conhecimentos e no sentido mais tradicional, mas também habilidades manuais e intelectuais, o relacionamento com outras pessoas, a convivência com os próprios sentimentos, valores, formas de comportamento e informações, constantemente e ao longo de toda a vida.

Na elaboração das aulas de Química, o professor tem a possibilidade de trabalhar com diversas metodologias, com o objetivo de ajudar os estudantes a desenvolverem habilidades e competências que os auxiliem a refletir mais profundamente sobre problemas ambientais e socioculturais. A experimentação pode ser considerada tanto uma metodologia como um recurso para o professor, conforme previsto no Referencial Curricular do Paraná, que sugere a aplicação da Ciências da Natureza de maneira a instigar os estudantes "por meio de atividades experimentais, as quais são estratégias didáticas únicas que contribuem para o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula" (PARANÁ, 2021, p. 480).

É importante abordar os desafios existentes na escola que podem influenciar o uso da experimentação como estratégia de ensino. Problemas relacionados ao espaço adequado do laboratório, disponibilidade de materiais, duração das aulas e o preparo do professor são exemplos de fatores que podem atuar como limitadores ou possibilitadores no uso efetivo da experimentação em sala de aula.

Essas questões devem ser consideradas com atenção, uma vez que têm um impacto significativo na capacidade dos educadores de proporcionar experiências práticas e enriquecedoras aos estudantes. A superação desses obstáculos é fundamental para promover uma educação científica mais completa e engajadora, permitindo que os alunos explorem e compreendam os conceitos de forma mais abrangente e contextualizada.

Na aula em questão foi possível verificar que os estudantes estavam impressionados com a possibilidade de poder fazer plástico de uma batata – um legume que está no dia a dia da maioria dos alunos – essa percepção foi interessante, pois eles fizeram questionamentos e hipóteses das possibilidades de se continuar utilizando o plástico, porém agora, criar os plásticos de maneira verdadeiramente biodegradável.

Essa percepção desenvolvida pelos estudantes, é um exemplo de algo que se desejava alcançar pela professora pesquisadora. Pois é uma maneira de pensamento crítico em relação a Ciência e a Tecnologia, que envolve diretamente na Sociedade e no Meio Ambiente. Quando um dos estudantes questiona, o porquê então que não é feita essa troca na indústria, e outro estudantes criando hipóteses a respeito do custo, foi uma das conversas fora da sala de aula que a professora pesquisadora pode observar.

7.6 Análise do Questionário Final

No questionário final realizado por meio do Google Forms®, foram incluídas 8 perguntas relacionadas à opinião e ao conhecimento dos estudantes sobre os conceitos e atividades realizadas nas 11 aulas. Dentre essas perguntas, foi escolhido analisar mais atentamente as perguntas 1, 2, 3, 5, 7 e 8, como consta no Quadro 8.

A pergunta 4 foi descartada, uma vez que muitos estudantes já haviam expressado seus sentimentos sobre o documentário nos Diários de Bordo das aulas. Além disso, a pergunta 6 foi considerada semelhante à pergunta 2 e, por isso, não foi utilizada.

Quadro 8 - Perguntas do Questionário final

Questionário Final – Relatos finais dos estudantes sobre a sequência didática	
Pergunta 1	Descreva coisas que você pode dizer que foram novidade para você sobre os Plásticos.
Pergunta 2	Descreva coisas que você pode dizer que foram novidade para você sobre Nanoquímica e Nanotecnologia.
Pergunta 3	Você ficou impactado ao saber da possibilidade de termos micro e nanoplásticos em nosso corpo? Se sim, descreva brevemente o porquê, e se não, também descreva o porquê!
Pergunta 4	O que você sentiu, ao assistir ao documentário sobre o Oceanos de Plásticos?
Pergunta 5	Depois das aulas e discussões, você acha que percebe a questão dos plásticos, consumo, e sobre o desenvolvimento tecnológico de maneira diferente? Descreva como.
Pergunta 6	Sobre a Nanoquímica e a Nanotecnologia. Depois das nossas aulas, você pode responder o que elas são?
Pergunta 7	Você acha que o desenvolvimento tecnológico que existe por meio da nanotecnologia, poderia desenvolver algo que ajudasse a conter, e até mesmo concertar, a questão da poluição dos plásticos nos oceanos e no meio ambiente? Que ideia você teria.
Pergunta 8	E para finalizar, para você: PLÁSTICO: BEM SUPÉRFULO OU MAL NECESSÁRIO?

Fonte: A autoria própria (2023)

Por meio da análise das respostas, foi possível inferir que, mesmo com uma perspectiva inicialmente limitada em relação ao engajamento e à participação dos estudantes na sequência didática, o questionário final revelou que alguns estudantes passaram a adotar uma nova visão em relação aos plásticos. Alguns relataram que estão vendo esse material de maneira diferente, como exemplificado pelo relato da estudante E20: "*Sim, **ultimamente venho tentando diminuir o consumo de materiais feitos de plástico***" (U51-P49-GF-E20).

Outra reflexão interessante foi feita pela estudante E3:

Não dá para dizer que é ruim ou bom, pois o plástico pode ajudar em muitas coisas no dia-a-dia, como conservar melhor alimentos e na área da medicina, entre outros. Apenas acho que deveria **haver um controle melhor nessa questão, adotando um consumo mais consciente e uma melhor forma de descarte**" (U52-P51-GF-E3).

Além disso, a estudante E27 expressou: "*Eu acredito que seja um pouco dos dois. Embora seja extremamente útil, o **plástico pode ser prejudicial, mas podemos***

gradualmente substituí-lo por outros materiais que não agridem o meio ambiente" (U52-P51-GF-E3). Por fim, a estudante E31 afirmou: "**No momento, é um mal necessário, mas com o tempo e por meio de pesquisas de substitutos, podemos ajudar o planeta e eliminar o plástico**" (U52-P51-GF-E31).

Ao analisar as respostas dos estudantes sobre a pergunta 7, pode-se observar que os Estudante E3 e Estudante E9, conseguiram fazer uma correlação com a Nanotecnologia e a hipótese de se criar algo com ela, que poderia ajudar a resolver o problema:

*Bem, eu acho que sim. Como **estudam coisas nano e essa nanopartícula também pode fazer parte do nosso dia**, acho que talvez um desenvolvimento em **substituição dos plásticos**, com a **nanotecnologia** nos produzindo ou tentando utilizar produtos que afetam esse plástico para se **auto-destruir mais rápido** (U52-P50-GF-E3).*

*Sim, a criação de **redes com furos nanométricos** para pegar os **plástico e o microplásticos** que vem do esgoto para o oceano (U52-P50-GF-E9).*

O objetivo principal que se desejava alcançar com a abordagem CTSA com enfoque nas QSCs por parte da professora pesquisadora, era poder desenvolver o pensamento crítico dos estudantes com relação a Ciência e a Tecnologia, e com isso que eles passassem a tomar as suas decisões como cidadãos, sem influência de notícias falsas. Entende-se que chegar a alcançar um objetivo como esse, é necessário que tenha um trabalho contínuo com os estudantes. Um pouco do que a professora pesquisadora pode observar um começo desta mudança de pensamento, é com relação a algumas respostas da última pergunta, que está descrita abaixo:

*Mal necessário, não posso considerá-lo "bem" pelo tanto de malefícios que ele traz ao ser humano e ao ambiente, porém entendo que ele, **além de economizar dinheiro, é algo muito fácil de se usar**, tanto ao cidadão e tanto com as empresas que os usam pata praticamente tudo (U52-P51-GF-E5).*

*Não dá para dizer que é ruim ou bom, pois o plástico pode ajudar em muitas coisas no dia-a-dia, **conservando melhor comidas**, na própria medicina, entre outros. Só acho que deveria ter um controle melhor nessa história, **fazendo um consumo mais consciente e uma melhor forma de descarte** (U52-P51-GF-E3).*

*Eu acredito que um pouco dos dois, embora seja extremamente útil, ele pode nos matar, mas também podemos ir **aos poucos trocando por outros meios que não agridem o meio ambiente** (U52-P51-GF-E27).*

*No momento é um mal necessário, mas com o tempo e **pesquisando substitutos** isso pode acabar e ajudar o planeta e **tirando o plástico de circulação** (U52-P51-GF-E31).*

Dessa forma, podemos notar que, quanto mais as atividades foram sendo realizadas nas salas de aula por meio da abordagem CTSA com enfoque nas QSCs, mais os estudantes ficaram estimulados a pensar e refletir sobre suas atitudes.

Além disso, são levados a considerar o impacto global de suas ações e as consequências para a sociedade como um todo. Essa abordagem, conforme destacado por Ziman (1980, p. 6), prepara os estudantes para "certos aspectos da vida moderna". Ele também argumenta que, ao incluir as ciências naturais no ensino, especialmente no contexto da Educação Básica, podemos prepará-los para uma variedade de empregos nos quais o conhecimento científico é necessário em diferentes níveis.

Qualquer proposta de mudança no ensino de ciências deve ser compatível com essas realidades. Isso não quer dizer que a forma como a ciência é ensinada atualmente alcance satisfatoriamente seus propósitos vocacionais. Pelo contrário, argumentar-se-á que muitas crianças em idade escolar e estudantes universitários seriam mais bem educadas para as vidas que realmente terão de viver se aprendessem um pouco menos de ciência como tal e um pouco mais sobre ciência. O objetivo prático e inteiramente adequado de preparar as pessoas para uma variedade de empregos em que o conhecimento científico é necessário em vários níveis têm sido interpretados de forma muito restrita como nada mais do que o ensino das teorias, técnicas e capacidades práticas da ciência, sem referência ao contexto de pensamento e ação no qual esse conhecimento deve ser usado (ZIMAN, 1980, p. 6, tradução nossa).

Apesar das reflexões de Ziman ter sido publicado há mais de 40 anos, podemos observar que o ensino de Ciências atual não superou os antigos problemas educacionais. Infelizmente, ainda podemos constatar que o ensino de Ciências muitas vezes se limita ao ensino de teorias, técnicas e fórmulas, deixando de lado uma abordagem mais abrangente que estimule os alunos a refletir sobre ações e seus impactos reais na sociedade e no meio ambiente.

7.7 Análise das Categorias que surgiram na pesquisa

Após a análise do corpus composto por questionários, falas extraídas das aulas e escritos dos diários de bordo, foram identificadas um total de 52 unidades de sentido. A partir dessas unidades, inicialmente foram identificadas 30 categorias, denominadas categorias iniciais. Posteriormente, essas categorias foram agrupadas em 4 categorias finais, que podem ser consultadas integralmente no Apêndice G desta dissertação.

Com o objetivo de abordar a problemática de pesquisa sobre a organização de uma sequência de aulas sobre Nanotecnologia e Nanoquímica na Educação Básica, por meio de Questões Sociocientíficas, essas categorias estabelecem relações diretas com as questões e o problema em discussão. Para facilitar a compreensão, a Quadro 9 apresenta as categorias iniciais, bem como as 4 categorias finais, que servirão de base para a elaboração da análise geral da pesquisa.

Quadro 9 - Categorias iniciais e finais - Análise final

Categoria inicial	Categoria final
<p>Busca por não menosprezar assuntos só porque parecem óbvios.</p> <p>Trabalhar com a percepção do estudante com o que ocorre ao seu redor.</p> <p>Realizar movimentos metodológicos claros de fácil compreensão.</p>	<p>Percepções do contexto real a partir dos saberes de senso comum</p>
<p>Desenvolvimento do sujeito para mudanças de atitudes práticas.</p> <p>Necessidade de um embasamento científico tecnológico para tomada de decisão assertiva.</p> <p>Desenvolver contexto histórico e cultural em aulas de ciências.</p>	<p>Fundamentação histórica e crítica sobre conceitos científicos para tomada de decisões</p>
<p>Elaborar atividades que envolvam mais análises a respeito das informações retiradas das mídias.</p> <p>Oportunidades de atividades multidisciplinares.</p> <p>Planejamento de aulas de ajudem no desenvolvimento crítico do estudante.</p> <p>Mesmo sendo aulas expositivas, criar espaços para a dialogar e troca de ideias.</p>	<p>Planejamento do ensino de Química/Ciências da Natureza a partir dos limites conceituais dos estudantes</p>
<p>Aprofundar conceituação sobre ciência e tecnologia.</p> <p>Estimular a prática de reflexão, para aprofundamento das ideias e conceitos.</p> <p>Metodologia e debates com objetivo de ajudar estudantes a formar opiniões e escolhas em níveis pessoais ou sociais.</p> <p>Praticar e aprofundar a busca por resolução de problemas.</p>	<p>Compreensão da relação entre o Conhecimento científico e a resolução de problemas de caráter social</p>

Fonte: Autoria própria (2023)

Com base no desenvolvimento da pesquisa e na aplicação da sequência de aulas com as categorizações estabelecidas, entende-se que houve um movimento que promoveu o entendimento do uso da abordagem CTSA com enfoque nas QSC, visando a inclusão da Nanotecnologia e Nanoquímica.

Com relação a primeira categoria final, "*percepções do contexto real a partir dos saberes de senso comum*", após a realização de todas as ações previstas nas sequências de aulas, foi possível constatar que a maioria dos estudantes não apresentou de fato, uma linha de pensamento e construção do conhecimento que os levasse a entender que a Ciência e a Tecnologia não são entidades isoladas, mas estão profundamente entrelaçadas com questões sociais, culturais, econômicas e ambientais.

É importante ressaltar que, por meio dos materiais utilizados para a construção do corpus da pesquisa e bem como de conversas extraclasse com a PP, foi constatado que a maioria desses estudantes nunca havia sequer ouvido falar das palavras "Polímeros" e "Nanotecnologia". Porém no início da sequência de aulas, os estudantes relataram que o tema "plásticos" estava batido já, e que eles já ouviam falar as mesmas coisas sobre reciclar e diminuir o consumo, desde o ensino fundamental, mesmo assim, ao responderem o questionário inicial, a maioria não conseguiu relacionar a palavra "Plástico" a palavra "Polímero". Isso nos leva a supor que somente metodologias diferenciadas de ensino não resolvem problemas históricos de aprendizagem.

Reforça-se aqui o discurso anterior de que além de se utilizar diferentes metodologias, estratégias e recursos de ensino, é necessário analisar os diversos fatores que limitam a aprendizagem, sobretudo a cultura pelo silêncio e disciplina oriundos de uma educação jesuítica e militar.

Além disso, por meio da análise dos diálogos em sala, também foi possível identificar que os discentes, mesmo estando na etapa final de sua trajetória escolar, tiveram poucas atividades semelhantes às aquelas realizadas na sequência de aulas, que utilizou a abordagem CTSA com enfoque nas QSC. Nessa abordagem, eles foram encorajados a serem protagonistas na busca de conhecimento, a dialogar e até mesmo a debater assuntos sensíveis que poderiam envolver valores preestabelecidos, algo que lhes é extirpado no desenho histórico de uma sociedade passiva e acrítica, mas que pode ser viabilizado, resultando em uma mudança de posicionamento em relação ao tema.

Portanto, compreende-se as dificuldades enfrentadas pela professora pesquisadora em elaborar cada etapa da sequência de aulas e em incentivar os estudantes a expressarem suas opiniões, buscando obter os resultados esperados, que consistiam em elaborar uma sequência de aulas que empregue questões sociocientíficas, abordando o plástico como problemática central, com o objetivo de ensinar temas contemporâneos.

Na segunda categoria final "*fundamentação histórica e crítica sobre conceitos científicos para tomada de decisões*", ficou evidente que quando os estudantes são expostos a temas que possuem uma relação direta com suas vivências, refletindo a realidade ao seu redor ou sendo assuntos de seu interesse, há um aumento significativo de engajamento por parte deles. Essa análise foi corroborada tanto pela análise comportamental dos estudantes nas gravações, quanto pelas falas mencionadas anteriormente em relação à repetitividade do tema "Plásticos".

Ao se aprofundar em fundamentos históricos, os estudantes podem compreender como o conhecimento científico evoluiu ao longo do tempo, de modo cumulativo, através de teorias, experimentações e revisões. Essa perspectiva histórica possibilita uma visão mais ampla e contextualizada da ciência, permitindo que os alunos percebam a natureza dinâmica e provisória do conhecimento científico.

Qualquer noção de literacia científica que procure desenvolver uma compreensão da ciência e das suas práticas não pode, portanto, escapar à consideração de questões contemporâneas também como as considerações epistemológicas levantadas na formulação do conhecimento científico (ZEIDLER, 2003, p. 98).

Essa categoria final está alinhada com a literatura educacional que enfatiza a importância de abordar temas que sejam relevantes e contextualizados para os estudantes. Ao escolher assuntos que estão diretamente conectados à realidade dos alunos, eles podem estabelecer vínculos mais significativos com o conteúdo e compreender melhor a aplicabilidade dos conceitos no seu dia a dia. Além disso, ao explorar tópicos de interesse dos estudantes, cria-se um ambiente propício para o diálogo, a troca de ideias e o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico, como destaca Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 149).

O diálogo a ser realizado refere-se aos conhecimentos que ambos os sujeitos da educação, aluno e professor, detêm a respeito do tema, objeto de estudo e compreensão. E aqui se pode compreender melhor o porquê da necessidade de estruturação curricular mediante a abordagem temática, que

inclua situações significativas para os alunos, em vez de uma estrutura curricular que se organize apenas na perspectiva da abordagem conceitual.

A importância de trabalhar com a percepção do estudante em relação ao seu entorno é essencial para o desenvolvimento de uma consciência crítica. A conexão entre os conteúdos escolares e os acontecimentos cotidianos permite aos alunos enxergarem a aplicabilidade do conhecimento em suas vidas e no mundo ao seu redor.

Ao unir a abordagem de temas relevantes com a busca pelo conhecimento da realidade dos alunos, os educadores podem promover uma educação mais contextualizada, envolvente e significativa. Se forem consideradas as preferências e experiências dos estudantes, é possível proporcionar um espaço de aprendizagem que valorize suas perspectivas e promova a construção conjunta do conhecimento.

A categoria que trata do "*Planejamento do ensino de Química/Ciências da Natureza a partir dos limites conceituais dos estudantes*" surge como uma análise diretamente relacionada à prática do professor em sala de aula, que pretende utilizar a abordagem CTSA com foco nas Questões Sociocientíficas. É importante destacar que as dimensões e aprofundamentos das QSCs são amplas e complexas, tornando impossível abarcá-las completamente em uma única prática pedagógica.

A abordagem CTSA com enfoque nas QSC, busca integrar diferentes dimensões presentes em questões sociocientíficas, incluindo aspectos científicos, tecnológicos, sociais, éticos e ambientais. Tais questões proporcionam a reflexão crítica sobre problemas e dilemas complexos, fomentando a discussão e o debate em sala de aula. No entanto, compreender e explorar todas as dimensões dessas questões requer um trabalho contínuo e aprofundado, que ultrapassa os limites de uma única prática pedagógica.

Embora a participação real ainda seja um ideal que não se tem conseguido plenamente até agora, é necessária a continuação do desenvolvimento dos processos de formação que contribuam para o enriquecimento dos sujeitos na contribuição de sua cidadania (PÉREZ, 2012, p. 60).

Portanto, a compreensão plena das dimensões e do envolvimento das Questões Sociocientíficas na abordagem CTSA é um processo contínuo de aprendizado e desenvolvimento profissional do professor. Esse processo requer dedicação, estudo e prática ao longo do tempo, a fim de que os estudantes sejam verdadeiramente estimulados e engajados em aulas mais significativas e enriquecedoras. A prática docente comprometida em explorar as QSCs pode

proporcionar aos alunos uma educação mais relevante, conectada com suas realidades e com o mundo ao seu redor.

Sobre a quarta e última categoria final tem relação com a “*compreensão da relação entre o conhecimento científico e a resolução de problemas de caráter social*” pois para desenvolver aulas que estimulem a participação ativa do estudante na construção do seu conhecimento e desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas, o professor precisa em primeiro lugar se apropriar desse modo de pensar a ciência e a tecnologia. Ou seja, se não as tomar como processos de progresso e desenvolvimento, reduz o seu propósito a um “determinismo tecnológico e com a concepção tecnocrática e salvacionista da ciência”. (PÉREZ, 2012, p.56)

Um estudo e planejamento pedagógico focado nos estudantes, envolve a busca por estratégias e recursos educacionais que sejam apropriados e acessíveis aos estudantes, levando em consideração as suas características individuais e necessidades específicas. Neste ponto, como Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018) destacam no movimento para a problematização inicial:

Apresenta-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas nos temas, embora também exijam, para interpretá-las a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas. Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018, p. 155).

Embora esse trecho esteja sendo descrita para detalhar a Problematização inicial dos três momentos pedagógicos, ela encaixa na prática da abordagem CTSA com enfoque nas QSC, pois segundo Ratcliffe e Grace (2003), as QSC envolvem a formação de opiniões e a tomada de decisões pessoais e sociais, incorporam valores e considerações éticas, e estão interligadas a problemas sociais que se manifestam em âmbito local, nacional e global.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa desenvolvida buscou responder à questão: de que maneira uma sequência de aulas sobre Nanotecnologia e a Nanoquímica na Educação Básica organizada por meio de Questões Sociocientíficas contribui para a compreensão do estudante sobre as relações CTSA? Para nortear a pesquisa buscou-se alcançar o objetivo geral: avaliar uma sequência de aulas sobre Nanotecnologia e Nanoquímica na Educação Básica por meio de Questões Sociocientíficas.

Os objetivos foram atingidos, desde o desenvolvimento da sequência de aulas, buscando obedecer aos preceitos da abordagem CTSA com enfoque nas Questões Sociocientíficas, até os levantamentos bibliográficos que trouxeram para a pesquisa a análise a compreensão teórica sobre a abordagem, bem como o que tem já produzido na literatura a respeito dos temas bem como esses trabalhos foram construídos.

Apesar de os conhecimentos em relação aos aspectos conceituais da Química sobre Nanoquímica, Nanotecnologia e Polímeros, não tenham sido aprofundados nesta pesquisa, nosso trabalho concentrou-se na análise da construção de uma sequência de aulas apoiada na abordagem CTSA com enfoque nas QSCs. Buscamos compreender o papel do professor nessa elaboração, assim como os desafios e benefícios relacionados a ela, bem como a receptividade dos estudantes em relação à abordagem utilizada.

Dessa forma, concluímos que o objetivo foi alcançado por meio da aplicação das atividades organizadas seguindo as principais recomendações para elaborar aulas na abordagem CTSA com enfoque nas QSCs.

No entanto, não pretendemos afirmar que tudo tenha ocorrido plenamente conforme o planejamento, tampouco podemos dizer que a abordagem CTSA com enfoque nas QSCs tenha resultado relevante para todas as disciplinas e conteúdos programáticos educacionais, muito menos que seja um movimento fácil de ser alcançado. Pelo contrário, a abordagem CTSA com enfoque nas QSCs exige muito do professor, tanto na preparação de cada detalhe da sequência didática quanto no engajamento mútuo. Conforme Schnetzler (2012) relata em sua própria trajetória como professora de Química:

Para tal, sem o outro e sem paixão, não se aprende e não se atua de forma humana e construtiva, profissional e pessoalmente falando. Explicando de outro modo: sem o outro não se aprende MESMO! Com o outro, mas sem paixão, pode-se aprender, mas não ensinar, não construir o desenvolvimento de uma nova área de investigação. No meu caso, Ensino de Química. (SCHNETZLER, 2012, p. 93).

Outro fator relevante que o professor também precisa enfrentar a desenvolver sequências de aulas com a abordagem CTSA com enfoque nas QSCs, é o fator do currículo rígido determinado pela Secretaria de Estado da Educação do PR, bem como a imposição de materiais, plataformas digitais e recursos em um cronograma organizado de forma vertical para todas as escolas, e que o professor precisa utilizar. Além disso, há um sistemático movimento de desvalorização do trabalho docente, que passa pelas limitações salariais às condições de trabalho. Essas são questões que naturalmente e normalmente, o profissional enfrenta, e que como consequência ele se encontrando em um desgaste emocional e físico, que muitas vezes sofre sozinho.

Portanto, entendemos, que o professor precisa buscar aprofundar-se nos detalhes da abordagem CTSA com enfoque nas QSCs. Algo que também precisa ser desenvolvido na divulgação científica, como mostrou o levantamento bibliográfico, em que alguns artigos e pesquisas na área abordam apenas a parte científica do tema, sem explorar a parte tecnológica ou, em alguns casos, sem desenvolver práticas que abordem a dimensão social do tema em questão.

Ao analisarmos a sequência de aulas elaborada, pudemos concluir que sua organização demanda estudo, dedicação e paciência. O professor precisa compreender a realidade dos alunos e considerar as habilidades que eles desenvolveram em tempos anteriores, até mesmo de sua vida escolar, uma vez que isso influenciará diretamente a atitude dos alunos em sala de aula.

A realidade tal como se apresenta pode, por isso mesmo, levar a frustrações por parte do professor que concebe o processo de ensino e aprendizagem a partir de um contexto ideal. Por isso, o professor pode sentir que os resultados obtidos ficaram aquém do esperado, como relatam Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2018, p. 89), “depois de tanto esforço, a sensação é de o resultado ter ficado muito aquém do esperado”.

A falta de planejamento de algum aspecto específico pode fazer com que o professor não perceba a abrangência do ensino de Química na perspectiva CTSA e, em casos extremos, desista de utilizar a abordagem proposta. Além disso a delimitação de expectativas muito elevadas, aliadas ao desejo de resultados

imediatistas, bem como a de motivação e participação dos estudantes em algumas aulas, geram dúvidas sobre sua eficácia.

Portanto, para evitar essas e outras frustrações, deve-se compreender que, entre tantos aspectos envolvidos em uma aprendizagem que tenha significado para o estudante, a principal, arriscaria dizer, é que o aluno é "dono" de sua própria aprendizagem (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2018). Para isso, é preciso levar em conta as características das diferentes realidades encontradas em cada sujeito e em cada turma, a fim de tornar a busca pelo conhecimento científico e tecnológico algo relevante para compreender e atuar sobre a realidade, em busca de compreender e resolver problemas.

Quanto à receptividade dos estudantes em relação às aulas baseadas na abordagem CTSA com enfoque nas QSCs, verificou-se que, em alguns casos, como ocorreu nesta pesquisa, os alunos não estavam acostumados a participar de aulas que exigiam o seu envolvimento ativo nas aulas, por meio de diálogos onde eles troquem suas opiniões uns com os outros e com o professor também, realizando questionamentos sobre os temas, promovendo discussões e aprofundando seus próprios conhecimentos prévios. Vale destacar que propostas dialógicas, ativas, participativas, não são novidades na educação em geral, contudo, parece que ainda não se fazem presentes de forma considerável na realidade escolar.

Com relação aos dez pontos que caracterizam a natureza das Questões sociocientíficas descritas por Ratcliffe e Grace (2003), a sequência de aulas conseguiu abordar sete delas. Isso se deve, sobretudo, ao se tomar como ponto de partida temáticas fronteiriças do conhecimento científico, tal como foi abordada no sentido com a Nanotecnologia e Nanoquímica, que são relativamente novas como áreas do conhecimento e com aplicações multidisciplinares.

No que se refere a formar opiniões e fazer escolhas em níveis pessoais ou sociais, por meio do tema micro e nanoplásticos como produto oriundo da Nanotecnologia e Nanoquímica, a sequência de aula buscou apresentar diferentes situações nos quais o aumento do consumo de materiais plásticos e o descarte incorreto desses materiais no meio ambiente têm provocado poluição e impacto de forma negativa a saúde da flora e fauna, incluindo de nossa espécie. Tal cenário se constitui um apelo para tomada de decisão individual e coletiva para mitigar essa problemática mundial.

Entre os três pontos da natureza das Questões Sociocientíficas (QSC) que não foram abordados nesta sequência de aulas, destacam-se: a possibilidade de informações incompletas devido a evidências científicas conflitantes ou insuficientes, bem como à inevitável limitação de espaço em reportagens; a consideração do desenvolvimento sustentável; e a necessidade de compreensão de probabilidades e riscos. A decisão de não aprofundar nesses aspectos decorre do tempo adicional exigido para analisá-los em conjunto com os estudantes.

Ao término desta pesquisa, percebo que minha visão se tornou mais crítica e reflexiva sobre a necessidade cada vez mais evidente de proporcionar aos jovens estímulos para desenvolver habilidades relacionais, expressar suas opiniões e tomar decisões embasadas em busca de conhecimento.

Concluo dizendo que o caminho até aqui trilhado é apenas o começo. Esta pesquisa não se propõe a fornecer uma resposta definitiva para a situação-problema ou as deficiências na educação brasileira. Em vez disso, deixa para futuras pesquisas o desafio de aprimorar atividades pedagógicas que utilizem a abordagem CTSA, focada nas QSC, abarcando todas as características da natureza das QSC. Além disso, é relevante investigar a conexão intrínseca entre a abordagem CTSA, enfocando as QSC, e o ressurgimento do interesse pela busca do conhecimento.

Esta pesquisa se aprimora constantemente a partir do Produto Educacional vinculado pois, com o seu uso e compartilhamento dos impactos, pode-se constituir uma rede de relações sobre como desenvolver o ensino de Química ou de Ciências da Natureza na perspectiva CTSA com o uso de QSC.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI (Brasil); MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Cartilha sobre nanotecnologia**. 2. ed. Brasília, DF. 2010. p. 60. Disponível em: <https://livroaberto.ibict.br/handle/1/572>. Acesso em: 30 mar. 2023.

AIKENHEAD, G. S. Research into STS science education. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 1-21, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4005/2569>. Acesso em: 17 jul. 2021.

AIKENHEAD, G. S. **Science Education for Everyday Life**. Evidence-based practice. New York. Editora Teachers College Press. 2006.

AIKENHEAD, G. S. STS Education: a rose by any other name. In **A Vision for Science Education: Responding to the world**. Peter J. Fensham (ed.) Cross, R.: Routledge Press. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/237702453_STS_Education_A_Rose_by_Any_Other_Name. Acessado em: 05 set. 2022.

AIKENHEAD, G. S.; RYAN, A. G.; FLEMING, R. W. **Views on Science Technology Society - Form CDN.mc.5**. Department of Curriculum Studies College of Education. 1986.p.1-116. Disponível em: <http://umdberg.pbworks.com/w/file/fetch/38495879/vosts.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2022

AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo “Paradigma”? **Revista ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 5, n. 1, p. 68-83, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/jp44NGpsBjLPrhgMz6PttHg/?format=pdf&lang=pt> Acessado em: 05 jun. 2023.

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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wJMcpHfLgzh53wZrByRpmkd/?lang=pt>. Acessado em: 05 set. 2022.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa edições 70 LDA, p. 225.

BATISTA, S. R.; SILVA, M. da S.; L., SOUZA, R. R. de M. et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Revista Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 479–490. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132010000200014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/tK9pXfs7gjnBYprJs6gzsNv/#> Acesso em: 30 mar. 2023

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. 4ª Edição. Florianópolis. Editora da USFC. 2014.

BAZZO, W. A. et al. **Introdução aos Estudos CTS (Ciência, tecnologia e sociedade)** – Cadernos de Ibero-America. 2003, p. 170.

BELL R. L. Exploring the role of nature of Science understandings in decision-making pipe dream or possibility? In: ZEIDLER, D.L. (Ed.). **The Role of Moral Reasoning on Socioscientific Issues and Discourse in Science Education**. Kalamazoo, USA: Editora Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 63-79.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative research for education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc. 1982 *apud* LUDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. 2º edição [Reimpr.]. E.P.U. Rio de Janeiro. 2022

BORGES, L. C. da S.; BROIETTI, F. C. D.; ARRUDA, S.deM. Ações Docentes Em Aulas Expositivas Dialogadas De Química No Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 1, p. 53-69. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/367949324_ACOES_DOCENTES_EM_AULAS_EXPOSITIVAS_DIALOGADAS_DE_QUIMICA_NO_ENSINO_MEDIO Acesso em: 20 abr. 2023

BRASIL. **CT&I para Tecnologias Convergentes e Habilitadoras**. Brasília, 2019. p. 1-55. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/tecnologia/tecnologiasSetoriais/Plano-de-Acao-em-CTI_Nanotecnologia_FINAL.pdf. Acesso em 20 fev. 2023

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 de dezembro de 1996. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 02 jul. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. p. 1-576. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_a_site_110518.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/historico/BNCC_EnsinoMedio_embaixa_site_110518.pdf). Acesso em: 21 fev 2023

CACHAPUZ, A. F. Do ensino das ciências: seis ideias que aprendi. In: CACHAPUZ, A. F; CARVALHO, A. M. P de; GIL-PÉREZ, D. (Orgs.). **O Ensino das ciências como compromisso científico e social: caminhos que percorremos**. 1ª Ed. São Paulo: Costez, 2012. p. 11 - 31.

CACHAPUZ, A. F.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P. de; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 2º Edição, São Paulo. Editora Cortez, 2005.

CACHAPUZ, A. F.; PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Revista Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/dJV3LpQrsL7LZXYkPX3xrwj/?lang=pt>. Acessado em: 27 jan. 2023.

CARMO, D. F. Metodologias ativas ou expositivas: avaliação em aulas sobre resíduos. In: FILHO, J. R. de F.; ASHLEY, P. A.; CORRÊA, M. M. (org.). **Educação ambiental, sustentabilidade e desenvolvimento sustentável** [livro eletrônico]. 1ª Edição. Niteroi, RJ. Editora Eduff, 2019.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências – fundamentos e métodos**. 5ª Edição, São Paulo. Editora Cortez, 2018.

DÍAZ, E. Entre la tecnociência y el deseo: la construcción de una epistemología ampliada. Buenos Aires: Biblos, 2007. In: SILVA, R. R. D da. Educação e Tecnociência No Brasil Contemporâneo: Perspectivas Investigativas Aos Estudos Curriculares. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 02, p. 47-60, maio-ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/zGzKzwZdtRtW4LXDYpCkwzv/?lang=pt>. Acesso em: 20 fev. 2023

Ecycle, O que são nanoplásticos e quais riscos oferecem, sem data. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/nanoplasticos> Acesso em: 05 de jun. de 2021.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda **Miniaurélio: o minidicionário da língua portuguesa dicionário**. 7 ed. revista e atualizada. Curitiba: Ed. Positivo, 2008.

FEYNMAN, R. **Surely You're Joking, Mr. Feynman - Adventures of a Curious Character**. Editora W. W. Norton & Co., 1985.

FOUREZ, G. (1997). **Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Colihue. In: **A Necessária renovação do ensino das ciências** / António Cachapuz; Daniel Gil-Perez et al., (organizadores). — São Paulo: Cortez, 2005.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Edição. Editora Atlas. São Paulo. 2002

GODOY, A. S. Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1495397>. Acessado em: 14 ago. 2022.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa qualitativa**. ePub. Rio de Janeiro – RJ. Editora Record LTDA. 2011.

HARTMANN; A. C.; MARONN, T. G.; SANTOS, E. G. A Importância Da Aula Expositiva Dialogada No Ensino De Ciências E Biologia. **Anais II Encontro de Debates sobre Trabalho, Educação e Currículo Integrado**. UNIJUI. v. 1, n. 1, 2019. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/enteci/article/view/11554>. Acesso em: 20 abr. 2023

HODGE, A. X. I; PÉREZ, M. F. L. Contribuciones Y Desafíos Que Poseen Los Profesores Durante La Articulación De Cuestiones Sociocientíficas En El Currículo De Ciências. In: CONRADO, M.D.; NUNES-NETO; N. **Questões Sociocientíficas**

Fundamentos, Propostas De Ensino E Perspectivas Para Ações Sociopolíticas.
1ª Edição. Salvador: Editora EDUFBA, 2018, p.1-570.

HODSON, D. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 13, n. 4, p. 313-331, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14926156.2013.845327>. Acesso em: 10 abr. 2023

JESUS, I. P.; LORENZETTI, L.; HIGA, I. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. **X ENPEC** Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de novembro de 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342852143_A_abordagem_CTS_em_propostas_de_ensino_da_nanotecnologia/link/5f08fbee299bf188161275ef/download. Acesso em: 21 ago 2022

JESUS, I. P.; LORENZETTI, L.; HIGA, I. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**. Águas de Lindóia, SP. Nov. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342852143_A_abordagem_CTS_em_propostas_de_ensino_da_nanotecnologia. Acesso em: 21 fev. 2023

KRASILCHIK, M. O professor e o currículo das Ciências. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1987 *apud* SANTOS, W. L. P. dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 21 – 48.

LATOURE, B. **Ciência em Ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo. Editora UNESP, 2000.

LEESON, C. **Oceanos de plástico**. 2016. 1 vídeo (102 minutos). Publicado pelo canal FAME-FUNJOB. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J-SBAG64ku8> . Acesso em: 03 mar. 2021.

LORENZETTI, L. **Scientia | Importância da alfabetização científica e tecnológica**. Curitiba: UFPR TV, 2022. 1 vídeo (17 min 31 seg). Disponível: <https://www.youtube.com/watch?v=Qypa6RvwqV8>. Acesso em: 21 fev 2023.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2ª edição [Reimpr.]. E.P.U. Rio de Janeiro. 2022

MANSUR, D.; ALTOÉ, R. O. Ferramenta Tecnológica para Realização de Revisão de Literatura em Pesquisas Científicas. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v.10, n.1, p.8-28, 2021. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1206/751>. Acessado em: 13 fev. 2023.

MELO, A. L. F. D. de. **Unidade de ensino potencialmente significativa para o estudo da interação animal com a poluição hídrica**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Ambientais) - Rede Nacional para Ensino das Ciências

Ambientais, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35818>. Acesso em: 20 mar. 2023

MORAES, R. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5314158/mod_folder/content/0/Moraes%20AN%C3%81LISE%20DE%20CONTE%C3%9ADO%201999.pdf. Acesso em: 26 set. 2023

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Revista Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/11242636/Analise_Textual_Discursiva. Acesso em: 31 mar. 2023.

MORAN, J. M. **Ensino e Aprendizagem Inovadores com Apoio de Tecnologias**. In: MORAN, J.M.; MASETTO, T.M.; BEHRENS, M.A. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas – São Paulo. Editora Papirus, 2015.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Editora Cortez. 1ª Edição. São Paulo. e-PUB. 2013

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 283–306, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 17 abr. 2023.

OZIN, G. A.; CADEMARTIRI, L. Nanochemistry: What Is Next? **Small Journal**. v. 5, n. 11, p. 1240 – 1244, 2009.

PAGLIARO, M. Advancing Nanochemistry Education. **Chemistry – A European Journal**, v.21, n. 34, p. 11931 – 11936. 2015. DOI:10.1002/chem.201501042

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Superintendência da Educação. **Referencial Curricular para o Novo Ensino Médio**. Paraná, 2021.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Superintendência da Educação. **Formação Geral Básica – Currículo para o Ensino Médio do Paraná**. Paraná, 2022.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Superintendência da Educação. **Material disponibilizado por meio do Registro de Classe on Line**. Paraná, 2023.

PASSOS, C. G.; MARIA, G. dos S.; RIBEIRO, D. das C. A.; Experimentação como estratégia para abordar a temática Nanotecnologia no Ensino Médio numa perspectiva CTSA. **Revista Virtual Química**, v. 13, n. 3, p. 747-755, 2021. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/4215>. Acesso em: 30 mar. 2023.

PEDRETTI, E.; NADIR, J. **Currents in STSE Education: Mapping a Complex Field, 40 Years On**. Science education Wiley Periodicals, Inc. Ed. 95, vol 4. July 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229885212_Currents_in_STSE_Education_Mapping_a_Complex_Field_40_Years_On. Acesso em: 05 Dez. 2021.

PÉREZ, L. F. M. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo. Editora Unesp, 2012.

PORTAL INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **NOTÍCIAS**, 2019. Brasília: Ministério da Educação, 2019. Disponível em: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil/21206. Acesso em: 10 set. 2022.

PUGLISI, M. L.; FRANCO, B. **Análise de Conteúdo**. Brasília, 2ª Edição: Editora Liber Livro Editora, 2005.

RATCLIFFE, M. **The place of socio-scientific issues in citizenship**. Philadelphia. Editora Open University Press, 2003

RATCLIFFE, M.; GRACE M. **Science education for citizenship. Teaching Socio-Scientific Issues**. In Ross, A. (ed) **Human Rights and Citizenship Education**. London, p. 12 – 16. Conference of the Children's Identity and Citizenship in Europe Academic Network, CICE 2009.

ROMERO, A. L.; RIBEIRO, L. D.; ROMERO, R. B. Estimulando a consciência ambiental por meio da produção e avaliação da biodegradação de plásticos à base de amido. **Revista Educação Ambiental em Ação**, v.20, n. 77, p. 1-6, 2021. Disponível em: <https://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=4235>. Acesso em: 30 jun. 2021.

ROQUE, M.; GALIAZZI, M.do C. **Análise Textual Discursiva**. 2ª Edição Revisada. Ijuí. Editora: Unijuí, 2011.

SANTOS, G.; NIHEI, O. K. **Nanotecnologia no ensino de ciências: integrando o saber científico de ponta no ensino fundamental**. Cadernos PDE. Dia a Dia Educação. Governo do Paraná. 2013. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_unioeste_cien_artigo_geovana_dos_santos.pdf. Acessado em: 05 set. 2022.

SANTOS, W. L. P. dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; AULER, D. (Orgs.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. P. 21 – 48

SCHNETZLER, R.P. Minhas trilhas de aprendizagem como educadora química. In: **O Ensino das ciências como compromisso científico e social: caminhos que percorremos**. 1ª Ed. São Paulo: Cortez, 2012. p.91-112.

SILVA, A. M. Proposta para Tornar o Ensino de Química mais Atraente. **Revista da Química industrial**. 2º semestre 2011. Disponível em: <https://www.abq.org.br/rqi/2011/731/RQI-731-pagina7-Proposta-para-Tornar-o-Ensino-de-Quimica-mais-Atraente.pdf>. Acessado em: 05 jun. 2022.

SILVA, A. R.; MARCELINO, V. S. (org.) **Análise Textual Discursiva (ATD): teoria na prática**. Ebook. Encontrografia Editora. Campo dos Goytacazes, RJ. Livro eletrônico. 2022

SILVA, A. R.; MARCELINO, V. S. (org.). **Análise Textual Discursiva (ATD): teoria e prática**. Campo dos Goytacazes – RJ. Editora: Encontrografia. Livro eletrônico. 2022

SILVA, D. G.; TOMA, H. E. **Nanotecnologia para Todos!** Cartilha educativa para divulgação e ensino na nanotecnologia. São Paulo. Edição dos autores, 2018.

SILVA, D. K. **A Controvérsia Agroecológica Em Uma Abordagem Intercultural De Educação Científica: A Biodiversidade Nos Discursos De Licenciandos Do Campo**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal Triângulo Mineiro, Uberaba, Minas Gerais. p. 116. 2017. Disponível em: <http://bdtd.uftm.edu.br/handle/tede/978>. Acesso em: 08 abr. 2023.

SILVA, P. P. G. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo USP. São Paulo, p.85. 2016.

SILVA, R. R. D da. Educação e Tecnocência No Brasil Contemporâneo: Perspectivas Investigativas Aos Estudos Curriculares. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 14, n. 02, p. 47-60, maio-ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/zGzKzwZdtRtW4LXDYpCkwzv/?lang=pt>. Acesso em: 20 fev. 2023

TOMA, H. E. **Nanotecnologia molecular: materiais e dispositivos**. Editora Blucher, São Paulo. 2016. E-book. ISBN 9788521210245. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521210245/>. Acesso em: 09 jun. 2023.

TOMA, H. E. **O mundo nanométrico: a dimensão do novo século**. 2ª Edição. Editora Oficina de Textos. São Paulo. 2009.

TOMKELSKI M. L.; SCREMIN G.; FAGAN S. B. Ensino de Nanociência e Nanotecnologia: perspectivas manifestadas por professores da educação básica e superior. **Revista Ciência e Educação**, Bauru, v. 25 n. 3, jul-set. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132019000300665. Acesso em: 14 ago 2022.

ZANQUI, R. K. **Horta escolar como proposta de abordagem cts/ctsa da química do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, p.11. 2022.

ZEIDLER, D. L.; OSBORNE, J.; ERDURAN, S.; SIMON, S.; MONK, M. The Role of Argument During Discourse About Socioscientific Issues. In: ZEIDLER, D. L. **The Role Of Moral Reasoning On Socioscientific Issues And Discourse In Science Education**, Editora Kluwer Academic Publishers, 2003.

ZEIDLER, D. L.; SADLER, T. D. Bad Science and Its Social Implications: Historical Perspectives. In: **Annual Meeting of the Southeastern Association for the Education of Teachers in Science XVI**, 2000, Auburn – AL. Opinion paper, p.1-23. Disponível em: https://www.academia.edu/26191769/Bad_Science_and_Its_Social_Implications_Historical_Perspectives. Acesso em: 21 fev. 2023

ZIMAN, J. **Teaching and learning about science and Society**. New York – NY. Editora Cambridge University Press. 1980

ZOLLER, U. The technology/Education Interface: STES Education for all. **Canadian Journal of education**. v. 17, n. 1, p. 86-91, 1992. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1495397>. Acessado em: 14 ago. 2022

APÊNDICE B - INTRODUÇÃO DO LIVRO

PLÁSTICO: BEM SUPÉRFUO OU MAL NECESSÁRIO? – Eduardo Leite do Canto

*Texto retirada do livro de Canto (1995), porém foram realizadas adaptações para a realidade atual e para nossa prática.

Há séculos o homem retira da natureza materiais úteis ao seu conforto. Madeira, borracha, lã, seda, algodão, couro e peles de animais --- empregados na fabricação de artigos do dia a dia, tais como móveis, pneus, roupas, calçados e tapetes --- são apenas alguns exemplos.

Em certos casos, a evolução da tecnologia possibilitou que matéria naturais fossem processados e, após passarem por modificações adequadas, fornecessem produtos com importantes aplicações.

É o caso do papel, cuja fabricação envolve uma série de transformações químicas sofridas pela polpa da madeira. Ou de metais como ferro e alumínio, que, por intermédio de reações químicas apropriadas, são obtidos a partir de, respectivamente, hematita e bauxita, minérios encontrados no solo e subsolo.

Dentre os muitos materiais criados com o avanço da tecnologia, estão os **PLÁSTICOS**.

Elimine do seu cotidiano o colchão, o travesseiro, a escova de dente, os carpetes e os tapetes, os cobertores de fibra acrílica, as roupas de náilon e de poliéster, os guarda-chuvas e guarda-sóis, o baquelite presente em placas de circuitos eletrônicos de televisão e rádios (atualizando o texto, de placas de computadores e celulares), o teflon das frigideiras antiaderentes e o polietileno das canetas, das lapiseiras, dos sacos de lixo e das sacolas de compra, apenas para citar alguns poucos exemplos. **Como seria a sua vida sem esses objetos feitos de plástico?**

Imagine um automóvel. Como ele seria se os plásticos não existissem? Painel, para-choques, estofamento, tapetes, lanternas, acabamento das laterais e do teto, pneus e muitos outros itens deixariam de ser como conhecemos.

Tintas, borrachas e espumas sintéticas são também substâncias pertencentes ao grupo dos plásticos. Sem dúvida, dificilmente desfrutaríamos do mesmo conforto se eles não estivessem presentes em nosso dia a dia.

Podemos dizer que a humanidade, que já vivenciou as idades da Pedra Lascada, da Pedra Polida e dos Metais, encontra-se atualmente na Era dos Plásticos.

Leves e resistentes, práticos e versáteis, duráveis e relativamente baratos, eles são uma das expressões máximas da ideia da **tecnologia** a serviço do homem.

Contudo, em virtude da sua não-degradabilidade e também da redução progressiva dos estoques naturais de matérias-primas, eles podem representar uma séria ameaça ao meio ambiente.

Vale a pena ter todo o conforto proporcionado pelos plásticos, mesmo sabendo que, num futuro próximo, os aterros sanitários poderão estar abarrotados de montanhas de lixo plástico, que demorarão décadas para desaparecer? (atualizando o texto para nossos dias, já existem montanhas, e montanhas de plásticos em aterros, e até em cidades inteiras, como mostra no documentário Oceano de Plásticos)

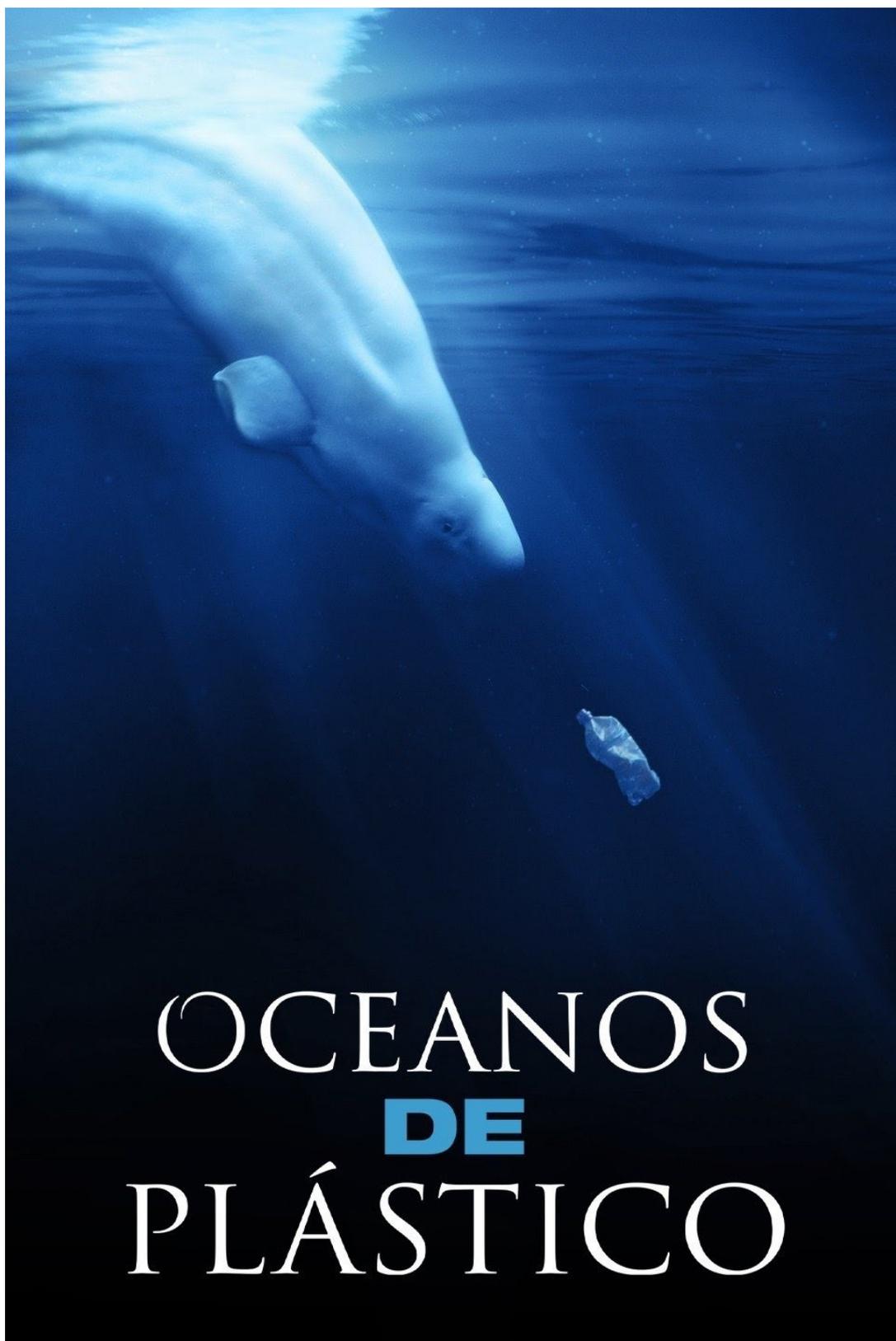
Mas, por outro lado, seria uma decisão inteligente proibir a fabricação desse tipo de material e viver sem o conforto que ele traz? Seria justo suspender o uso de plásticos como por exemplo, o teflon, empregado em próteses ósseas, marcapassos e dentaduras? Enfim, haveria um meio-termo conciliador para todas essas e tantas outras questões polêmicas relativas aos plásticos?

Mocinho ou Bandido? Bem supérfluo ou mal necessário? O livro (e em nossa prática em sala de aula), não tem a pretensão de dar as respostas a essas e outras questões que vamos estudar juntos. Pois a ideia é poder buscarmos juntos as informações, para não sermos levados pelas opiniões dos outros, da mídia e entre outros assim, como ressalta Canto (1995):

“Então, após estar munidos dessas informações --- e, espera-se, tanto vacinado contra as maravilhosas colocações publicitárias que endeusam os plásticos, quanto prevenindo contra “ecologismo catastrófico” e “chutes” baseados no senso comum e nas informações veiculadas pela mídia (nem sempre corretas e confiáveis nos seus aspectos científicos) – cabe ao leitor posicionar-se, como pessoa e cidadão, diante dessa contravertida e atual discussão.” (CANTO, 1995, p.8).

Vamos aprender que por meio das informações científicas e tecnológicas sobre plásticos, micro e nanoplásticos, Nanoquímica e nanotecnologia, suas propriedades e aplicações, vantagens e desvantagens, pode nos ajudar a construir esse conhecimento juntos e poder assim, nos ajudar a tomarmos as devidas decisões, baseados em nossa pesquisa e informação científica.

APÊNDICE C - LINK DOCUMENTÁRIO OCEANO DE PLÁSTICOS



OCEANOS **DE** PLÁSTICO

<https://youtu.be/J-SBAG64ku8>

APÊNDICE D - QUADRO QUESTIONÁRIOS

Quadro 10 - Respostas dos estudantes ao Questionário Inicial

Part.	O que você entende ser polímeros e o que os polímeros têm a ver com plásticos?	Você já ouviu falar sobre Nanotecnologia? E Nanoquímica? Se sim, onde? Se não, o que você acha que significa esses dois termos?	Você sabe qual o impacto do descarte inadequado de plásticos na natureza? Você já leu alguma notícia sobre isso, ou documentário sobre isso?	Você acha que algumas marcas como o McDonalds, que trocou os canudinhos de plástico pelos canudos de papel, são exageradas? Ou você acha que a atitude é só para "fazer uma média" com os ambientalistas? O que você pensa sobre isso?	Que ações, em seu cotidiano, você considera que possam ser feitas para que o impacto dos plásticos na natureza não aumente mais? Você acha que ainda tem solução?
E1	Nada. (U1-P1-QI-E1)	Sim, vi em uma propaganda achei interessante (U5-P2-QI-E1)	Não (U5-P3-QI-E1)	Acho desnecessário esse tipo de canudo. (U7-P4-QI-E1)	As pessoas têm que ter mais noção das coisas e saber jogar o lixo no lixo. Tem solução sim, mas ninguém vai adiante para que isso aconteça. (U9-P5-QI-E1)
E2	Não sei direito o que são polímeros, é tipo uma parte que se desfaz. Poli = muitos, meros = partes (U1-P1-QI-E2)	Nanotecnologia sim, no filme vingadores guerra infinita. Nanotecnologia é uma tecnologia minúscula, quase imperceptível até o momento que é utilizada, então acho que Nanoquímica deve ser mais ou menos isso também.	Mais ou menos, sei que o plástico demora muito a se "desfazer", sim, já li algumas coisas na internet sobre. (U5-P3-QI-E2)	Eu vejo como uma média com o público, porque substituir canudos de plásticos é muito pouco tendo em vista a diferença que essas grandes empresas poderiam fazer. (U7-P4-QI-E2)	Acho que dar outros rumos ao plástico que usamos (reciclar). Sim, eu acredito que nada é tão ruim que não possa piorar, então podemos tornar pior ou podemos melhorar. (U9-P5-QI-E2)
E3	Então eu não tenho a menor ideia.	Ainda não, talvez tenha algo a ver sobre química no lixo ou os impactos.	A morte da flora e fauna, o aquecimento global e desequilíbrio ambiental.	Tudo não passa de uma jogada de marketing e capitalismo, não é como se os empresários realmente se importassem. (U7-P4-QI-E3)	Produtos mais ecológicos, o apoio de microempreendedor que não produzem em massa, a reutilização.
E4	Eu não tenho ideia (U1-P1-QI-E4)	Já ouvi falar, em filmes de ficção científica sobre nanotecnologia	Grande impacto, dependendo da situação, já vi notícias sobre afetar a vida marinha em grande escala. (U5-P3-QI-E4)	Só para mídia, um bom marketing. (U7-P4-QI-E4)	Reciclagem, solução existe, mas nem todos cooperam então a solução é anulada automaticamente.
E5	Seria várias menores partes e acho que talvez seja mesmas partículas que constituem uma face de plásticos no caso.	Sim, em jogos na internet. Acho que seria trabalhar com algo tecnológico (no caso da nanotecnologia) que é pequeno, talvez um software com base pequena.	Já li e pelo geral o que eu sei é que o descarte indevido ocasiona danos ao meio ambiente, tanto pela sujeira e a lenta degradação do objeto e tanto pelas toxinas contidas. (U5-P3-QI-E5)	É uma causa boa, porém eu acho que é só "moda" de quando falar de reciclagem e afins ter garantia, visibilidade e dinheiro. (U7-P4-QI-E5)	Seria não comprar alimentos e produtos que não contenha plástica. Porém, isso é algo muito complicado porque teria que deixar de usar comprar quase tudo do mercado, o que complica ainda mais. Acho que não tem solução. (U10-P5-QI-E5)

E6	Já ouvi falar nessa palavra, mas não lembro. (U2-P1-QI-E6)	Não, e não faço ideia o que significa.	Acho super certo, é um meio de diminuir o consumo de plástico.	Na maioria das coisas sim. Como no exercício a uma trocar canudo de plástico para um canudo de papel, e outros exemplos.	d) realiza experimentos para resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.
E7	Não sei o que é. (U1-P1-QI-E7)	Ouvi em meu trabalho, pois um cliente é fornecedor de matéria prima para criação de nano itens.	Nunca li a respeito dos impactos. (U6-P5-QI-E7)	Acho que não passa de marketing para lacrar junto.	Usar itens mais vezes, não ficar usando coisas descartáveis.
E8	Não sei do que se trata. (U1-P1-QI-E8)	ainda não, talvez tenha algo a ver sobre química no lixo ou os impactos.	Não, jogados de forma correta, podem contribuir para o efeito estufa com a liberação de gases. Também para alguns animais marinhos.	Acho que é mais para fazer média, ainda mais no Brasil. (U7-P4-QI-E8)	Jogar os lixos corretamente. Sim.
E9	Já ouvi falar, mas não sei muito bem o que é. (U2-P1-QI-E9)	Nanotecnologia já ouvi falamos filmes, eu acho que são mini tecnologia como o diz. Nanoquímica, nunca ouvi falar.	Polui a natureza e mata animais marinhos. Sim, já vi em alguns lugares. (U5-P3-QI-E9)	Eu acho uma iniciativa intrigante, mas os canudos de papeis são muito ruins.	Temos que aprender a reciclar e fazer o descarte correto dos plásticos. Eu acho que ainda tem solução.
E11	Não sei (U1-P1-QI-E11)	Não me lembro dessas palavras, penso que tem a ver com avanço de tecnologia e química.	Já ouvi dizer que impacta no mar, as tartarugas acabaram comendo e morrendo achando que era comida. (U5-P3-QI-E11)	Não tenho opinião sobre isso no momento. (U8-P4-QI-E11)	Não jogar na rua colocar no lixo separando, acho que já dá uma boa amenizada considerável.
E13	Não (U1-P1-QI-E13)	Não. Acho que são experimentos com plásticos.	Sim. Porque eles demoram muito para se decompor no meio ambiente. (U5-P3-QI-E13)	Acho que é para fazer média.	Basta as pessoas ter consciência e não jogar o lixo no meio ambiente e fazer mais a reciclagem do plástico.
E16	Não sei. (U1-P1-QI-E16)	Nunca. Algo relacionado ao meio ambiente.	Sim, já ouvi muito sobre isso e gosto desse assunto mais a parte de reciclagem. (U5-P5-QI-E16)	Não, mas acho que sim foi pela mídia.	Acho que podemos melhorar, mas achar uma solução 100% não. (U10-P5-QI-E16)
E18	Não sei o que é. (U1-P1-QI-E18)	Já ouvi sim o que é, mas não lembro.	Morre tartaruga e acabam com o meio ambiente.	Sim, não precisava.	Ter mais respeito com o planeta pois aqui é nossa casa.
E20	Polímeros são macromoléculas formados por outros várias moléculas,	Eu já ouvi falar nas redes sociais, mas não explicar detalhadamente.	Acredito que seja o tempo que ele demora para se decompor trazendo prejuízo para o solo, para os animais e até mesmo nós, seres humanos, já ouvi notícia sobre isso.	Não acho a atitude exagerada, mas acredito que seja para fazer uma média, pelo fato de ser tão conhecido.	Não respondeu
E21	Não respondeu. (U1-P1-QI-E21)	Sim.	Sim, matérias, notícias, campanhas. (U5-P5-QI-E21)	Uma boa ideia e ótima atitude, também deu início ao uso de itens biodegradáveis em redes de fastfoods (U7-P4-QI-E21)	Campanhas, muitas, para quem for pego jogando lixo nas ruas.

E23	Não entendo nada (U1-P1-QI-E23)	Não conheço.	Não. (U6-P5-QI-E23)	Não, acho que eles sabem que usam muito plástico, tem consciência de querer reduzir o uso total.	Reciclagem.
E24	Não sei o que é polímero. (U1-P1-QI-E24)	Sim, já ouvi falar sobre nanotecnologia em filmes e documentários.	Sim prejudica o meio ambiente	Só para fazer uma média. Querendo ou não ajuda.	Não.
E27	Não sei quase nada (U1-P1-QI-E27)	Já ouvi, para mim é uma tecnologia pequena, ao longo dos anos os celulares, computadores entre outros encolheram.	Sim, os plásticos que não são descartados corretamente afetam o meio ambiente porque demoram alguns séculos para se decompor. (U5-P5-QI-E27)	Não acho exagerado, acho que é uma medida muito boa e que pode ser usada por diversas empresas, marcas e redes de comida.	Acho que tem solução, incentivar o descarte em casa o plástico é separado para o caminhão de reciclagem.
E29	Polímeros são uma molécula com vários monômeros	Não ouvi.	Sim, a poluição dos rios e do mar demora na decomposição etc. (U5-P5-QI-E29)	Acho que é para fazer "média", exemplo o Mcdonalds apesar de substituir os canudos, continua usando distribuindo brinquedos de plásticos no seu lanche.	Não acho que tenha solução, mas podemos diminuir o risco reciclando, optando por utensílios que não são plásticos etc. (U10-P5-QI-E29)
E30	Já ouvi falar sobre polímeros, porém não sei o que tem a ver com plásticos (U2-P1-QI-E30)	Já ouvi falar, mas não lembro o que é cientificamente.	Polui a natureza e mata animais marinhos. Sim, já vi em alguns lugares.	Acho certo, porque é um meio de diminuir um consumo	Sim há muitas coisas há ser feita como reciclagem do plástico ou trocar um canudo de plástico por um de papel.
E32	Não sei. (U1-P1-QI-E32)	Acredito que seja a nanotecnologia seja uma tecnologia extremamente minúscula.	Os plásticos podem durar até 2 centenas de anos para se decomporem. Sendo extremamente prejudicial para natureza.	Com certeza é uma atitude para fazer média.	Acredito sim que podemos diminuir o uso, como por exemplo, evitar sacolas plásticas. Porém o fim do uso do plástico creio que seja impossível.

Fonte: Autoria própria (2023)

APÊNDICE E - DETALHAMENTO DAS FALAS DAS AULAS

FALAS DETALHADAS DA AULA 2

E23: Professora, bem na verdade acho que não adianta a gente...não que não seja interessante o documentário, mas eles só mostram que o plástico causa problemas (inaudível) isso e aquilo, só que não trazem solução. Não querem uma mudança realmente. (U13-A1-E23)

PP: Nós estamos no começo da atividade, vamos ter mais informações para ver se vai ter uma solução ou não.

E23: Mas eles fizeram esse documentário daí mais por vítima, porque eu acho que a mulher ali que tá fazendo o documentário, nem a mulher que ela tava querendo reduzir o plástico entendeu? Você acha mesmo que alguém faz algo pra mudar aquilo dali? Ela faz o que todo mundo faz, porque tá todo mundo (palavrão) para a situação na verdade. (U14-A1-E23)

PP: E como aquele plástico chegou até ali, nesta ilha que a mulher estava morando?

E23: Ah, chegou pelo mar né! Eu acho que as águas trazem né, só viaja aqueles ficam que tava chegando aquele plástico, e acho que eles foram jogando, porque tinha uma (inaudível) máquina de lavar ali jogado bem na beiradinha, e máquina de lavar não tem como vim lá dos “cafundós do judas”.

PP: “Será que não?”

E1: Temmm sim!

PP: O próprio contêiner que bateu na ilha, foi arrastado pelo mar, e ficou parado naquela outra ilha na China, abriu e espalhou aquelas “bolhinhas” que vimos no começo do documentário. Um contêiner gigantesco que foi arrastado. Sim, ela não consegue fazer nada. Ela poderia limpar ali o buraco onde ela mora como eles chamaram ali, eles traduziram como buraco, mas ela sozinha, ou as pessoas daquela Ilha não conseguem fazer muita coisa mais.

E23: Não, tipo assim, eu sei que ela não consegue mais limpar, mas tipo assim de tentar evitar ou reciclar quando come algo ou tomar um refrigerante que seja, acho que ela pega e simplesmente joga assim, não tá dando muita importância. (U14-A1-E23)

PP: É nesse caso em específico, a gente não consegue saber se ela faz isso.

E23: Sim.

PP: Mas a gente sabe o que a gente faz.

E22: Oh Professora, é eu sei que o plástico não pode ser queimado porque ele faz muito mal ele libera coisa muito forte, mas, de repente, se jogar ele no ácido, ele dá o mesmo problema ou não?

PP: “Derreter ele no ácido? Mas em casa?”

E22: “Não, (inaudível) num lugar apropriado e controlado” (U15-A1-E22)

PP: “é que vocês não estavam aqui, mas eles mostraram que no navio deles, eles têm um dispositivo que faz com o todo o lixo produzido por eles, passe por uma...vou usar um termo “brusco aqui” passam por tipo um triturador. Mas porque não tem algo assim em todo lugar? Porque é caro. “

E8: “exato”

PP: Uma das coisas que vamos ver, é a visão da indústria com relação aos plásticos. Porque não substituímos tudo de plástico para o vidro, por exemplo?

E23: “Porque é mais caro que o plástico.”

PP: e o plástico vindo do petróleo é mais barato ainda, do que mudar para uma alternativa de bioplástico.

E22: “Mas barato e mais resistente.”

E8: e não tudo que dá pra fazer com vidro

E23: Esse tema plástico é batido porque a gente vê isso lá no 6º 5º ano. Tá batido porque, porque é um problema que vem se agravando mais ainda ao longo dos anos e os (inaudível) a política né não faz nada. PP: Será que a só a política? Eu acho que sim professora. (U16-A1-E23)

PP: Mas só a política?

E23: Eu acho que sim professora. (U16-A1-E23)

E23: Não, só a política não, porque tem da gente também né! A gente também tem que fazer a nossa parte. Só que eu acho assim, se a política fizesse algo com pessoas que jogam as coisas nos rios. (U17-A1-E23)

E8: Mas tem!! (U18-A1-E8)

E23: Dar uma multa alta, ou levar pra cadeia, ou algo do tipo.

E8: Aqui no Paraná é crime ambiental se você jogar lixo na rua, fora do carro, e alguém ver e denunciar...(U18-A1-E8)

E23: Mas quantas vezes você viu acontecer isso? (U19-A1-E23)

E8: é que não fica polícia toda hora na rua né! Não dá pra ficar fiscalizando tudo em todo lugar (inaudível).

PP: A questão é batida, a gente fala, a gente discute. Mas até que ponto a gente vai atrás de informação para saber e para realmente começar a ter atitudes de mudança lá dentro da minha casa por exemplo?

E23: Sim. Mas por exemplo na tecnologia por exemplo. Eles podiam inventar algo, sei lá que fizesse algo com os plásticos para reciclar. (U20-P13-A1-E23)

PP: Legal! Mas agora pensa em você, dona de uma empresa. Você tem o sustento da sua vida daquela empresa. Você tem que pagar funcionários, impostos e tudo mais que custa ter uma indústria. Você investiria dinheiro em estudo e tecnologia para que a sua empresa fizesse algo diferente com relação a essa situação com os plásticos?

E23: uma parte, uma parte sim. Mas eu acho que o Brasil poderia desenvolver ou fazer algo alguma coisa, uma máquina para aquilo não dão mais problema, porque tá demais, e não só aqui é no mundo inteiro né. O governo poderia ajudar também, mas você acha que eles vão dae usar 100% daquele dinheiro? Não, ele vai sendo desviado, vão ficar enrolando (inaudível). Dae tem a lei que você falou, mas dae não é aplicado, e dae ta tô mundo tocando (palavrão) e dae ta corroendo tudo. E dae é capaz de alguns anos a gente acabar pegando doença, já ta pegando, mais dae não tem solução por conta do plástico porque o povo não ta dando bola.

PP: Que adianta ficar falando isso, lendo sobre isso, ir atrás de informações sobre isso, sendo que nada vai mudar? Dae a gente precisa mudar a nossa mentalidade. se a gente vê as coisas superficialmente: Ah o plástico polui! que é como você disse que a gente aprende desde pequenos.

E23: Sim, mas o que ele polui? O que ele causa? Será que é só aqui no Brasil? Será que está prejudicando só os seres marítimos? Será que já não tá prejudicando a gente? (U21-A1-E23)

PP: São essas reflexões que eu gostaria que nós fizessemos juntos aqui! Essa análise mais profunda.

E23: Sim

PP: Por isso vamos ver todas as informações que temos acesso aqui juntos, porque tem coisas que não conseguimos acessar. Para gente tentar entender o que tá acontecendo, e ir atrás de mais informações, e tentar começar a mudar lá na dentro da nossa casa.

E23: Eu quero sim, que ache uma solução para poder resolver esse problema. Porque é um tema que já tá muito batido, o que eu to querendo dizer, porque um tema batido tá causando muito problema. Tipo, se a gente fica sempre batendo na mesma tecla, sempre falando daquele problema. Quando não se fala mais tanto no problema é que ele está sendo solucionado, ou está sendo escondido. (U21-A1-E23)

E1: Tenho uma dúvida! Sobre aquele dardo que eles estavam atirando lá no mar, no golfinho, do que é feito aquilo?

PP: Eles pegam aquele pedacinho da parte da gordura do golfinho, porque é onde fica alojado as toxinas e dae eles fazem as análises por ali.

E1: Mas aquela paradinha?

PP: É um dardo, como se fosse um negócio que pinça e segura o pedacinho, na hora do impacto ele abre e puxa o pedacinho da gordura e guarda.

E1: Mas do que é feito? O material? Aquele negócio amarelo em volta?

PP: Não dá pra enxergar muito bem no vídeo, mas por ser tipo um dardo, é pode ser feito de plástico.

FALAS DETALHADAS DA AULA 3 – TURMA A

PP: Vamos lá! Eu vou fazer também. O meu que eu peguei é: não consuma animais marinhos e contribua com iniciativas que retirem redes de pesca e outros plásticos do mar.

E33: A parte de não é comer é facinho.

PP: Para mim esta parte de não comer é difícil, porque eu gosto de comer um peixinho. Não como todo o dia, mas eu gosto.

E16: 1 vez por mês pra matar à vontade.

PP: A segunda parte contribua com iniciativas que retirem redes de pesca e outros plásticos do mar pra mim é mais difícil!

E31: Como que vai fazer isso?

PP: Tem que ter um engajamento muito grande, viver nas praias, conscientizar as pessoas a usarem outras formas.

E14: O meu é no lugar de tecidos de fibra sintética, utilize algodão orgânico; É inviável!! Imagina no futebol você ter que usar camisa de algodão? Meu Deus do céu! Não tem como, não dá. (U14-P19-AU3-E14)

E11: Professora o meu não sei o que é: Conheça a New Plastics Economy, uma iniciativa que quer repensar o futuro aplicando os princípios da Economia Circular ao ramo do plástico, começando pelas embalagens;

PP: É uma organização que tenta engajar e conscientizar as pessoas a mudarem a utilização de plásticos por itens alternativos.

E14: O meu é zere o consumo de itens de plástico supérfluos, como canudinhos, glitter, copos descartáveis e sacolas;

E33: Acho super viável, tipo no mercado dá pra levar sacolinha de pano. (U28-P20-AU3-E33)

PP: Alguns mercados disponibilizam as caixas de papelão para quem não quer levar nas sacolas de plásticos suas compras;

E33: Mas o papelão só se você for de carro né!

E28: O meu é, pressione empresas e governos para que diminuam o uso de plástico, utilizem embalagens retornáveis e com design menos nocivo e garantam o retorno do plástico utilizado à cadeia de produção.

PP: E então, você achou viável ou não? A gente quer ir lá brigar com a Coca Cola por exemplo?

E33: Mas dae tem que ir junto com as pessoas

PP: É tem que se mobilizar. Mas o que vocês acham que precisou acontecer com a rede McDonald's. Porque no McDonalds hoje, não tem mais os canudinhos de plásticos. O que vocês acham que causou essa comoção no McDonalds para eles mudarem do canudinho de plásticos para o de papel?

E14: Marketing

E25: Aí mais é muito ruim tomar naquele negócio.

E14: Eu duvido que foi por causa da tartaruga, porque senão eles mudariam o resto também. (U24-P20-AU3-E14)

E31: Mas a caixinha é de papelão, os copinhos são de papel, eles não dão mais tampa, eles só dão o canudinho de papel. (U29-P20-AU3-E31)

PP: E pra viagem será, como que faz?

E16: Mas não mudaram tudo pra papel, o de milkshake ainda é de plástico. (U29-P20-AU3-E16)

PP: O E14, foi esses dias lá, o copo do milkshake é de papelão?

E14: Não lembro, sei que era milkshake de morango! (U29-P20-AU3-E14)

PP: viu a gente não observa onde está tomando só o que ta tomando. (risos)

E14: Aquela parte de cima, aquela parte de cima do copo é de plástico. (U29-P20-AU3-E14)

E13: O meu é pegue e dê carona. Cada carro a mais é sinônimo de mais microplásticos no ar e na água;

E25: Por isso que eu ando de ônibus. (risos) (U29-P21-AU3-E25)

E13: Usar carro elétrico! (U30-P22-AU3-E13)

E25: Troque sua escova de dentes de plástico por uma de bambu.

E33: É possível! (U27-P22-AU3-E33)

E14: Não, é horrível. (U27-P22-AU3-E14)

E33: Mas é só a estrutura de bambu. (U27-P22-AU3-E33)

E9: Mas as cerdas continuam sendo de plásticos. (U27-P22-AU3-E9)

E12: Zere o consumo de cosméticos com esfoliantes sintéticos: substitua-os por receitas naturais.

E28: Haaa eu acho que não funciona. Café não funciona. (U27-P23-AU3-E28)

E16: Eu mudaria. (U30-P23-AU3-E16)

E9: Diminua o consumo de plásticos. É bem genérico, mas dá pra mudar. Mas tem plásticos que não tem como parar assim.

E10: Tente usar absorventes de pano ou coletor menstrual.

E31: Não, nem a paú. (U27-P24-AU3-E31)

E25: Não

E33: Eu acho legal! (U30-P24-AU3-E33)

E31: Imagina ter que limpar tá doido! (U27-P24-AU3-E31)

E33: Tem também aquelas calcinhas que dá pra reutilizar. (U30-P24-AU3-E33)

E27: Descarte corretamente e encaminhe para reciclagem.

Todos juntos: Ha mais isso todo mundo deveria fazer. Isso é fácil.

PP: O último, quando comprar alimentos, cosméticos e produtos em geral, prefira aqueles que venham em embalagens de vidro, papel ou sem embalagens, como shampoos e sabonetes em barra.

E25: Shampoo em barra?? (expressão de espanto) (U32-P25-AU3-E25)

Todos: Nunca vi shampoo em barra.

E9: Talvez comprar produtos menores que é bem menor que usem menos plásticos. (U30-P25-AU3-E33)

FALAS DETALHADAS DA AULA 3 – TURMA B

PP: Então agora a E29 vai ler a dica que ela sorteou, e ela irá dizer se para ela é viável ou não e depois todos discutiremos com nossas opiniões, se concordamos ou não, ok?

Todos: Sim.

E29: Zere o consumo de cosméticos com esfoliantes sintéticos: substitua-os por receitas naturais;

PP: Viável ou não viável?

E29: Tem receita natural que faz mal para pele, então acho que (ficou quieta e fez uma expressão encabulada). (U27-P23-AU3-E29)

PP: Até esfoliar com café?? Faz mal??

E29: Machuca, eu fiz muito (risos) na minha vida. Mas tem outros como açúcar, mel. E o é o que é mais barato. (U27-P23-AU3-E29)

PP: Substituir produtos, como cosméticos entre outros, é fácil ou não? É viável ou, não é? A E29 acha que não.

E29: Acho mais ou menos prof.

E23: Eu acho viável!

PP: Por que você acha viável?

E23: Porque eu acho que o planeta mais é importante que ficar “emperquetando” a cara inteira! (Risos). É onde a gente vive né gente, a cara a gente resolve depois. (U30-P23-AU3-E23)

PP: Beleza, quem é o próximo? Todo mundo vai ler! (risos)

E23: Troque sua escova de dentes de plástico por uma de bambu. P22

PP: E daí viável ou não?

E23: Eu acho viável. (U30-P22-AU3-E23)

A maioria: Nunca vi isso!

PP: O E22 falou que uma escova de dente de Bambu, custa em torno de 50 reais.

E8: A normal, vem 3 e custa 30! Eu acho que não rola, muito caro. (U24-P22-AU3-E8)
(muito barulho e som inaudível)

E23: a professora falou antes que substituir utensílios de plástico por vidro, é mais caro, certo? Ok? Mas tem muitas pessoas que gastam esse dinheiro, que para alguns é bastante, para outras gastam em besteira, então para melhorar o planeta, que é o mundo inteiro que ta com problema, eu gastaria 50 reais, se eu tivesse condição ali eu gastaria. (U24-P22-AU3-E23)

E1: Professora a E5 tem um ponto!

E5: Mas o que falei é que tem a questão do desmatamento, e pelo que eu vi a data de validade de uma escova de dente de bambu é de 2 meses. (U24-P22-AU3-E5)

E29: Mas a de plástico também é de 2 meses. (U24-P22-AU3-E29)

PP: Próximo! E4 vai você!

E4: Diminua o consumo de plásticos;

PP: E dae, bem genérico né!! Viável ou não?

E4: Depende professora, porque a gente usa plástico pra tudo, dae tem coisas que você vive sem outras não. (U24-P30-AU3-E4)

FALAS DETALHADAS DA AULA 5 e 6 – TURMA A

E14: É obrigatório tem esse negocinho na embalagem? (U39-P37-A6-E14)

PP: Teoricamente é obrigatório!

E11: Professora, o meu tem aqui tem vários símbolos: pote 5, rótulo 5, tampa 6 e outros 7! (U39-P37-A6-E11)

PP: Viu que legal! Nesse produto eles separam o plástico da tampa, rótulo e desta aba de proteção.

E14: Qual é mais útil professora? (U39-P37-A6-E14)

PP: Como assim?

E14: O melhor? (U39-P37-A6-E14)

PP: Dos números ali?

E14: Isso! (U39-P37-A6-E14)

PP: Não tem assim um melhor...

E16: Tá, mais pra reciclagem? (U39-P37-A6-E16)

PP: Para reciclagem, os mais difíceis de reciclar ali, são as embalagens que usam o número 2, que são os polietilenos de alta densidade

FALAS DETALHADAS DA AULA 8 e 9 – TURMA A

Essa informação dá início a um diálogo:

PP: Então o que é a Nanotecnologia?

E7: É uma tecnologia que muitas vezes não dá pra ser visto a olho nu, coisa microscópica que é feito para contribuir. (U42-P39-A8-E7)

PP: E qual a diferença do tamanho normal, por exemplo uma partícula de prata e uma nanopartícula de prata?

E7: Há dae esse negócio aí eu não sei. (U42-P39-A8-E7)

PP: E a diferença de comportamento, foi visto na aula?

E7: Não. Ela explicou por cima a parte da Biologia e do que era aplicado na biologia. (U42-P39-A8-E7)

PP: E na Biologia, onde é aplicado?

E7: Ela falou em microcomponente dentro do marcapasso, tem uma série de eletrônicoszinhos, ela falou que juntam para fazer a função do marcapasso. É um aparelho grandão, mas dentro tem nanopças, nanochips essas coisas. (U42-P39-A8-E7)

FALAS DETALHADAS DA AULA 10 e 11 – TURMA A

E7: Protege os produtos, conseqüentemente gerando segurança alimentar, no sentido de proteção, é evita contaminação de maneira prática, evita proliferação de bactérias no caso da exposição do material com o meio externo, conserva o alimento, tem a questão da flexibilidade e por lado a resistência e permite a variação de temperatura. (U43-A10-E7)

E29: Mais você falou da indústria alimentícia. Não da tecnologia que envolve os plásticos. (U43-A10-E29)

E8: Essa é a visão dos cientistas que desenvolveram a tecnologia. (U43-A10-E8)

E7: Por exemplo, eu coloquei aqui flexibilidade e resistência, tem que ter um estudo do material pra você conseguir chegar num ponto que você quer chegar com aquele material, e dae tem que ser um estudo mais científico para chegar nesse efeito. (U44-A10-E7)

PP: Como cientistas vocês acham que eles teriam algum poder, de determinar quando vai esse produto que vai pra indústria, de regular o uso a quantidade, como cientistas vocês tem como interferirem nesse quesito?

E7: Não, o trabalho é uma engrenagem cada um faz a sua parte. O Cientista tem que focar, voltar para o desenvolvimento de novas tecnologias, porque se eles tiverem que voltar e ter que se preocupar até com isso, onde vai ser o final do caminho do plástico, dae eles vão perder tempo útil que eles poderiam estar usando para desenvolver coisas novas. (U23-P42-A10-E7)

PP: Mais alguém quer fazer algum contraponto?

PP: Próximo grupo é da visão da indústria.

E29: O plástico é muito barato para indústria, uma matéria prima de fácil acesso, e muito maleável, você pode fazer várias coisas com ele. E contribui para várias áreas, segurança dos alimentos, higiene, área médica, na área hospital desde luvas até as válvulas cardíacas por exemplo. Na construção civil, capacete, nos esportes, joelheira, encanamento, na indústria automotiva, isolante térmico. (U23-A10-E29)

E2: Na indústria automobilística é muito interessante, pois eles começaram a utilizar os plásticos, porque ele é mais leve e quanto mais leve o veículo menos combustível o carro consome. Então cada vez menos as toxinas dos combustíveis acabam sendo jogadas no ar, porque os plásticos são utilizados nos carros. (U23-A10-E2)

PP: Alguém quer dar um contraponto?

E7: Mas as válvulas cardíacas são feitas com plástico?

PP: Sim porque ele apresenta uma flexibilidade que o Titânio não apresenta.

E23: Meu único contraponto é na questão do meio ambiente. Eu acho que eles deveriam pegar o sistema junto com os cientistas e desenvolverem alguma coisa pra resolver a poluição. Tem muito pouco aproveitamento, você até falou que aquela indústria do macarrão lá pega o pacotinho e recicla, acho que todas as indústrias deveriam fazer isso. (U43-A10-E23)

E29: Outra coisa que eu falava sobre a poluição, é que quando derrete o plástico não vai liberar poluição pro ar? (U39-A10-E29)

PP: Qualquer tipo de queima, vai liberar um tipo de sujeira.

E23: É que nem lá em Araucária gente é horrível o cheiro no ar, não pra você ficar lá. É horrível, é demais.

E1: É professora a gente viu aqui que quando o plástico é derretido ele libera uma toxina, que é cancerígena, todo o tipo de queima libera isso? (U23-A10-E1)

PP: Todo o tipo de queima gera o CO₂, mas essas toxinas que vocês estão falando são os bisfenóis, benzeno as dioxinas, e outro tipos de substâncias que são utilizadas como aditivos na produção dos plásticos.

E5: Então é isso que faz com que os plásticos se tornem mais cancerígenos do que outras coisas. (U23-A10-E5)

E7: Mas precisa de um equilíbrio porque não adianta para tudo para ter um mundo saudável, e para com tudo, teria que buscar uma substituição, tipo as pastilhas de freio de carro, que antes era de Amianto e depois foi descoberto que era cancerígeno, e hoje até os carros novos são feitos de outro tipo, mas também nos velhos está sendo substituído. Não como extinguir por completo. (U23-A10-E7)

PP: Qual o próximo grupo? Ambientalista.

E5: Uma alternativa que trouxemos são os plásticos que são biodegradáveis que vão se degradar mais rápido, e incentivar esse tipo de pesquisa. E os ambientalistas devem que tenha o fim de plásticos até 2040, porque se é despejado umas 17 toneladas assim, de lixo no mar, eles querem reduzir o uso de plástico. (U44-A10-E5)

E26: Mas é meio impossível porque tudo usa plástico. (U43-A10-E26)

E5: Mais é que falta investimentos!

PP: Alguem quer falar mais alguma coisa, fazer mais algum contraponto?

E1: Não, vamos logo para o próximo, próximo!!

PP: E o próximo é o último grupo, é que ficou com os recicladores de lixo.

E30: Professora nós vamos falar os pontos positivos de ser um catador de lixo. Ele cuida do meio ambiente, e tem uma renda extra no mês. Muitos além de reciclar eles fazem outras coisas, inventam brinquedos e outras coisas, eles também podem desenvolver o empreendedorismo e parcerias, e (inaudível) atividades públicas. (U44-A10-E30)

PP: Existe uma forma que poderia melhorar a vida dessas pessoas no caso?

E29: Acho que o governo, prefeitura valorizasse mais o trabalho, porque também tem muito preconceito, e as vezes esses trabalhos deveriam ser mais valorizados. Imagina se não tivesse os catadores, imagina o lixo acumulando na rua, e falta valorização. (U43-P43-A10-E29)

FALAS DETALHADAS DA AULA 10 e 11 – TURMA B

PP: Então vamos lá, qual será o primeiro grupo? Os cientistas? Elas vão falar o que elas trouxeram de importante que os cientistas têm em relação aos plásticos, e vocês terão que contrapor.

E31: Os primeiros plásticos substituíram a utilização do marfim. Surpreendente o primeiro plástico foi desenvolvido pelo algodão, e substituiu os candelabros que utilizados as garras de marfim retirados dos animais, e não só os candelabros, mas até mesmo as teclas de pianos eram usadas deste material que estava se tornando escasso. Então um fabricante de bola de sinuca ofereceu a algum cientista para desenvolver algo que substituísse. Então um cientista por meio da nitrocelulose, um material amarelado que podia ser manipulado de diversas maneiras. (U44-A11-E31)

PP: Então foi uma ideia de alguém que usou todos os marfins, e precisou de um cientista para resolver um problema.

E13: E o que é marfim? (U45-P44-A11-E13)

E31: É tipo aquelas garras de elefante. (U45-P44-A11-E31)

E3: Presa. (U45-P44-A11-E3)

E31: Mas também tem um estudante de designer, que desenvolveu um tipo diferente de armazenar a água, com bolhinhas de um revestimento tipo aqueles de remédio bem finos que ao colocar na boca ela dissolve e você toma água. (U46-A11-E31)

E28: A música antigamente só podia ser escutada diretamente dos instrumentos musicais, mas com a invenção do Thomas Edson um cilindro feito de plástico que podia gravar sons, mas o uso dos plásticos na música só cresceu com a invenção dos discos, fitas cassetes e cds. (U46-A11-E28)

E33: Hospitais ficaram mais higiênicos, por meio do uso dos plásticos, pois os tubos, e materiais feitos por plásticos se tornaram mais fáceis de higienizar e reutilizar. Fora que a utilização de seringas foi substituída por seringas descartáveis tornaram o processo de transmissão de doenças diminuir. (U46-A11-E33)

E13: Mas assim, a poluição dos plásticos não acaba aumentando muito, poluindo muito, porque eles jogam fora, mas jogam fora sujo. (U23-A11-E13)

E33: O certo é a sociedade assim, ser mais higiênica, risos, porque nós somos cientistas. O certo e vocês que usam limpar antes de jogar fora. (risos gerais). (U30-A11-E33)

E31: Se o ser humano tivesse a responsabilidade de limpar e reciclar bunitinho, não teria tanto plástico no mar, no lixo, poluindo o meio ambiente. Taria tudo bunitinho no planeta, mas como a gente não é responsável e a gente não faz isso, então ta como ta, então a culpa é nossa é não do plástico. O plástico ajuda a gente. (U30-A11-E31)

PP: Mais alguma questão?

E9: E a questão de os plásticos deixarem resíduos na comida, que a gente usa, aqueles de micro-ondas. (U43-A11-E9)

E31: O certo é vocês não colocarem no micro-ondas. Mas tem plásticos que não podem ir ao micro-ondas, mas tem aqueles que são próprios para isso, o certo é você ler a embalagem e ver os simbolozinhos lá, aqueles que falava os tipos de plásticos. (U43-A11-E31)

E14: Bom vocês estão falando muito sobre que vocês criam os plásticos e tal, mas tem uma frase de um ambientalista que diz que uma sociedade não é definida somente pelo que ela cria, mas também pelo que ela nega construir. Às vezes você deixar de criar aquilo que você sabe que pode fazer mal para o ambiente, vai construir muito mais uma sociedade do que construir algo que vai ser útil para eles mais vai destruir o ambiente. (U43-A11-E14)

E31: continuando, a culpa é muito mais de vocês não nossa. A responsabilidade de bunitinho, o nosso plástico que a gente o inventou estaria ajudando muito mais pessoas que precisam, mas como você a sociedade não tem a responsabilidade de reciclar. (U43-A11-E31)

PP: Agora o próximo grupo, a Industria.

E9: A gente usa o plástico porque ele é moldável, e barato pra gente e isso acaba diminuindo o custo de produção e o custo de venda pra vocês. (U43-A11-E9)

E25: O plástico garante o aumento de 30% na produção agrícola, e reduz em 65% o uso de defensivos agrícolas, e reduz o consumo de água em 50% nesse setor. E reduz a emissão de CO2 na atmosfera. (U43-A11-E25)

E3: Mas vocês não acham que seria mais fácil vocês utilizarem algum produto que fosse biodegradável tipo papel, no lugar de usar o plástico? Que pode acabar indo pro meio ambiente. (U43-A11-E3)

E9: A gente criou alguns plásticos que demoram menos para serem degradados. Nós reciclamos os materiais que usamos. Utilizamos o sistema de refil que reduz um pouco mais do uso de plásticos. Mas a gente depende de vocês reciclarem. (U43-A11-E9)

E31: Mas porque você utiliza plásticos que liberam toxinas no nosso alimento, e que pode passar para os alimentos, como vocês falaram que usam na agricultura. (U43-A11-E31)

E9: Podemos aumentar as informações nas embalagens com instruções de como usar corretamente. (U43-A11-E9)

E25: Fazer campanhas. (U43-A11-E25)

E9: É fazer campanhas publicitárias alertando como usar, como descartar, e de devolverem para a indústria poder reutilizar. (U43-A11-E9)

APÊNDICE F - QUADRO DOS DIÁRIOS DE BORDO

Quadro 11 - Descrição diário de Bordo Aula 2

Diário de Bordo – Aula 2			
Estudante	Pergunta 1- Como você sente agora que sabe, que dentro do seu organismo e do organismo dos seus familiares e amigos, pode existir micro e nanoplásticos?	Pergunta 2 - Você imagina que nanopartículas, possam estar em outros ambientes além dos nanoplásticos, que vimos no documentário, na notícia e no site sobre nanoplásticos? Onde?	Pergunta 3 - Como você se sente, ao ser motivado a pensar nessas coisas?
E1	Me sinto mal, mas não tem muito o que fazer, mas tento evitar, não sei como, mas dá para dar um jeito. (U25-DB2-P15-E1)	Sim, eu imagino que tenha na água não filtrada e no oxigênio. (U26-DB2-P16-E1)	É estranho como me sinto. Pois nunca imaginaria que algum dia da minha vida iria pensar sobre algo assim.(U26-DB2-P16-E1)
E5	Preocupante, pois imaginar em todas as consequências que ele ocasiona e que os mesmos estão presentes em alimentos e afins, me deixa alerta. (U24-DB2-P15-E5)	Sim. Por serem nanopartículas, imagino que esteja presente na água não filtrada, assim como no oxigênio. (U26-DB2-P16-E5)	Me sinto bem, pois é algo que eu não imaginava e nem me questionava para um dia refletir. (U26-DB2-P16-E5)
E7	Percebo o quão impactante é a contaminação causada pelo plástico. (U24-DB2-P15-E7)	Podem ser muitos estilos e modelos, sendo fácil contaminação estando presente até em lixões. U26-DB2-P16-E7)	Sinto com o dever de contribuir na causa, para a redução do impacto ambiental causado. (U26-DB2-P16-E7)
E9	Tenho medo, pois ainda não sabemos o que pode causar na gente. (U24-DB2-P15-E9)	Sim, em tudo como no celular, canetas, utensílios de cozinha entre outras. U26-DB2-P16-E9)	Eu me sinto bem, pois estou aprendendo sobre coisas que eu não sabia sobre o mundo. (U26-DB2-P16-E9)
E11	Não só pode, mas em nosso sangue tem, o que é algo interessante de se pensar, que está tão perto de nós, no nosso sangue. (U23-DB2-P15-E11)	Imagino sim, pelo tamanho pode estar em qualquer lugar. U26-DB2-P16-E11)	Eu penso, reflito sobre, me sinto bem. (U26-DB2-P16-E11)
E13	Preocupado pois acredito que futuramente possa trazer problemas para a sociedade. (U24-DB2-P15-E5)	Não respondeu	É uma situação preocupante, mas não só depende de mim, precisamos conscientizar a sociedade sobre isso. (U26-DB2-P16-E13)
E16	Nem um pouco confortável, por isso poder fazer no futuro. (U24-DB2-P15-E5)	Bem provável.	Muito bom e motivada. (U26-DB2-P16-E16)
E21	Pensativo e reflexivo (U23-DB2-P15-E21)	Sim, todos (oceanos, rios, matas etc). U26-DB2-P16-E21)	Estamos acabando com o planeta. (U26-DB2-P16-E21)
E24	Não ligo muito desde que não prejudique a mim. (U22-DB2-P15-E24)	Sim, deve existir na maioria do ambiente. U26-DB2-P16-E24)	Me sinto feliz e motivado a ajudar o mundo. (U26-DB2-P16-E24)
E26	É estranho pensar que o que eu, minha família e meus amigos podemos estar comendo plástico mesmo acreditando que o que eu sempre comi era o que me salvava. (U23-DB2-P15-E26)	Acredito que possa estar em diversas fábricas. U26-DB2-P16-E26)	Isso me faz pensar qual a solução para esse problema, pois me sinto mal ao saber que pessoas estão sofrendo por isso e que a próxima geração pode sofrer mais ainda. (U26-DB2-P16-E26)
E27	Acho que não muito bem, tenho certeza de que é tóxico para nosso corpo.	Claro, lixões, rios e lagos, nas pessoas possivelmente. U26-DB2-P16-E27)	Me sinto motivado a tentar mudar isso, mas não sei por onde começar. (U26-DB2-P16-E27)

Fonte: Autora própria (2023)

Quadro 12 - Descrição diário de Bordo Aula 3

Diário de Bordo – Aula 3			
Estudante	Pergunta 1 - Ao lermos as duas notícias sobre microplásticos, a primeira de 2019 e a segunda de 2022, o que mais chamou a sua atenção?	Pergunta 2 - Quando você analisa essas duas notícias: que em 2019 os riscos eram desconhecidos para a saúde humana, e dois anos depois, em 2022, passou a ser detectado os micros e nanoplásticos dentro do corpo humano, como você se sente?	Pergunta 3 - Pensando hoje, você acha que tentar uma mudança em suas atitudes, ou conversar com as pessoas da sua casa sobre isso, para que de certa forma, a situação da poluição com os plásticos, não aumente é algo que vale a pena?
E11	Com certeza o estudo, riscos eram desconhecidos, e teve evolução, sabemos que está em nosso sangue. (EU não me preocupo) (U23-P31-DB3-E11)	Não vejo preocupação no momento. (U34-P32-DB3-E11)	Acho importante atitude das pessoas sobre eu tenho um exemplo, separar o lixo orgânico do reciclável, algo simples e de extrema importância. (U35-P33-DB3-E11)
E21	O aumento dos plásticos. (U23-P31-DB3-E21)	Sim, corremos muito mais riscos à saúde. (U23-P32-DB3-E21)	Sim, se todos fizerem pelo menos um pouco já vai melhorar a poluição. (U35-P33-DB3-E21)
E24	O aumento em tão pouco tempo. (U23-P31-DB3-E24)	Não sinto nem preocupação. (U34-P32-DB3-E24)	Vale e todos temos que se esforçar. (U35-P33-DB3-E24)
E9	A questão de termos plásticos no nosso sangue e não sabemos o que ele pode causar. (U23-P31-DB3-E09)	Péssimo, pois o plástico que eu uso está dentro de mim. Disso piorar. (U23-P32-DB3-E9)	Vale muito, pois é as nossas vidas que estão em perigos. (U35-P33-DB3-E9)
E27	O fato de não podermos confiar completamente em algumas pesquisas, pela mostra de que muitas vezes eles escondem várias informações. Na notícia de 2022 revela que em 2019 eles já sabiam que os microplásticos se espalharam quase completamente, mas na notícia de 2019 eles não revelam essa informação. (U33-P31-DB3-E27)	Sim, me sinto preocupado, não sei o que os microplásticos vão fazer com o organismo, mas pelo que fazer com o meio ambiente. (U23-P32-DB3-E27)	Sinto, mas acho que várias pessoas mais velhas não vão adotar a ideia, acho melhor tentar influenciar os jovens. (U35-P33-DB3-E27)
E13	Que em 2019 eles falaram que não sabia se tinha microplásticos no nosso corpo e em 2022 eles citam que em 2019 já tinham encontrado micro e nanoplásticos no nosso corpo. (U33-P31-DB3-E13)	Vem sempre uma preocupação mais ao mais preocupante que muitas pessoas não sabem dessa informação ou sabe e pensa que isto não é preocupante e seguem a vida normal delas (que isso interfere na vida delas) (U23-P32-DB3-E13)	Acho que não só depende de mim. Para que possamos ter uma grande mudança precisamos pelo menos que todas as pessoas façam o básico como: separar o lixo reciclável e jogar o lixo no lixo. (U35-P33-DB3-E13)
E7	Que se encontra em quase tudo, inclusive no corpo humano. (U23-P31-DB3-E07)	Que podemos ter a saúde diretamente prejudicada, pois está na corrente sanguínea. (U23-P32-DB3-E7)	Com toda certeza, se todos começarem a ter esse pensamento, gradativamente haverá a diminuição de plásticos no meio ambiente. (U35-P33-DB3-E7)

Fonte: Autora própria (2023)

APÊNDICE G - QUADRO DAS UNIDADES E CATEGORIAS

Quadro 13 - Unidades e Categorias de pesquisa – Análise de Conteúdo

Quant	Unidades	Categorias iniciais	Categorias finais
1	U31 - Analisar práticas dos cotidianos, que são bem divulgadas e até certo ponto óbvias.	Busca por não menosprezar assuntos só porque parecem óbvios.	Abordar temas relevantes para os estudantes.
2	U15 - Busca por alternativas de resolução de problemas	Fornecer conhecimento científico aprofundados adaptados ao mundo real.	
3	U22 - Falta de entendimento da responsabilidade individual, em relação a sociedade como um todo.	Abordar temas do cotidiano, com profundidade, complexidade e de maneira natural.	Busca conhecer a realidade do aluno.
4	U23 - Novas compreensões sobre sua vida, obtida por meio da reflexão sobre um tema controverso.		
5	U24 - Reflexão mais profunda sobre a temática abordada		
6	U25 - Reflexão sobre a temática abordada analisada de maneira simplista.		
7	U1 - A falta de conhecimento prévio de Polímeros	O contato com a ciência e a tecnologia no cotidiano na vida do estudante.	
8	U3 - Conhecimento prévio do estudante sobre a nanotecnologia, e o contato dela no cotidiano do estudante.		
9	U4 - Interesse em relação ao tema Nanotecnologia.	Perspectiva crítica dos estudantes em relação as políticas ambientais.	
10	U5 - Interesse por assuntos relacionados ao meio ambiente.		
11	U7 - Opinião crítica prévia do estudante sobre um tema controverso		
12	U9 - Opinião positiva em relação a poluição ao meio ambiente baseado em seus conhecimentos prévios		
13	U29 - Busca por analisar o uso de itens do dia a dia, prática diárias, uso da observação mais atenta ao que se usa, come etc.	Trabalhar com a percepção do estudante com o que ocorre ao seu redor.	
14	U39 - Análise sobre a percepção dos estudantes aos materiais e produtos do cotidiano	Ajudar a desenvolver um consumidor mais crítico e curioso.	
15	U51 - Aplicação prática do que se aprende em sala de aula para seu cotidiano	Desenvolvimento do sujeito para mudanças de atitudes práticas.	Compreensão das dimensões e do envolvimento das questões sociocientíficas.
16	U52 - Aprofundamento e desenvolvimento do pensamento crítico sobre um tema controverso	Necessidade de um embasamento científico tecnológico para tomada de decisão assertiva.	
17	U10 - Opinião negativa em relação a poluição ao meio ambiente baseado em seus conhecimentos prévios	Aprofundamento de conceitos científicos e tecnológicos de maneira gradativa.	
18	U2 - Dificuldade de assimilação de termos científicos em anos escolares anteriores.	Aprofundamento de conceitos científicos e tecnológicos de maneira gradativa.	
19	U37 - Aquisição do conhecimento de novas informações por meio do diálogo	Desenvolver contexto histórico e cultural em aulas de ciências.	Estudo e planejamento focado nos estudantes.
20	U45 - Troca de aprendizado por pares. Alunos que cooperam um com o outro na busca por conhecimento	Desenvolver espaços onde o aprendizado por pares possa ocorrer.	
21	U46 - Busca por aprofundar uma ideia, um conhecimento, para realizar uma atividade, que gera significado para vida, e ajuda na tomada de decisão.		

22	U40 - Interesse do estudante pela atividade desenvolvida	Desenvolver mais práticas atraentes e significativas para os sujeitos.	
23	U41 - Interpretação de observações e conteúdos mais técnicos com algo relacional e de fácil correlação.		
24	U33 - Análise a respeito das notícias vinculadas nas mídias	Elaborar atividades que envolvam mais análises a respeito das informações retiradas das mídias.	
25	U26 - Apropriação da compreensão sobre a temática ensinada	Metodologia e debates com objetivo de ajudar estudantes a formar opiniões e escolhas em níveis pessoais ou sociais.	
26	U16 - Análise dos problemas ambientais e identificar possíveis responsáveis.		
27	U17 - Análise dos problemas ambientais e nossa responsabilidade direta na causa do problema.		
28	U18 - Conhecimento prévio do estudante com relação a legislação do local onde vive.		
29	U19 - Descrença com a aplicação da lei do local onde vive.		
30	U14 - Julgamento das atitudes das outras pessoas sem refletir sua própria prática.	Oportunidades de atividades multidisciplinares.	
31	U42 - Conhecimento adquirido na vida escolar de maneira rasa		
32	U48 - Compreensão e apropriação de conceitos complexos	Planejamento de aulas de ajudem no desenvolvimento crítico do estudante.	
33	U49 - Muitas vezes o aluno entrará em contato com um tema ou conteúdo mais complexo pela primeira vez na escola		
34	U50 - Falta de engajamento pode atrapalhar na apropriação do conteúdo/conhecimento do estudante		
35	U36 - Dificuldades de compreensão de conteúdos complexo	Práticas didáticas facilitadoras.	
36	U13 - Não entendimento sobre as práticas educacionais em sala de aula	Realizar movimentos metodológicos claros de fácil compreensão.	
37	U35 - Análises relacionadas a suas próprias atitudes e como podem realizar a conscientização de outros na sociedade	Trabalhar com mais movimentos práticos que estimulem a realização de mudanças internas e externas.	
38	U43 - Desenvolvimento de locais que possam gerar debates de opiniões diferentes, troca de ideias	Ajudar na busca do conhecimento científico.	Promover a construção de significados e interpretação dos estudantes.
39	U44 - Desenvolvimento de defesa de opinião por meio da busca de conhecimento		
40	U11 - Visão sobre a ciência e tecnologia como salvadora dos problemas da sociedade atual.	Aprofundar conceituação sobre ciência e tecnologia.	
41	U12 - Relaciona a tecnologia a somente aparelhos e dispositivos eletrônicos		
42	U20 - Compreensão da tecnologia como mecanismo para construção de artefatos que resolvem problemas.		
43	U27 - Falta de correlação da ciência e tecnologia a situações socioeconômicas.		
44	U21 - Estudantes que buscam por meio de indagações realizar suas reflexões.	Estimular a prática de reflexão, para aprofundamento das ideias e conceitos.	
45	U28 - Disposição para aplicar uma mudança de atitude	Fomentar mais discussões que ajude o estudante a avaliar seus valores e atitudes.	
46	U38 - Importância em ouvir a opinião e entendimento do estudante a respeito de alguma informação ou tema.	Mesmo sendo aulas expositivas, criar espaços para a dialogar e troca de ideias.	

47	U34 - Sujeitos sem refletir profundamente os danos diretos a sua vida	Motivar a profundidade da reflexão por meio de acontecimentos mais palpáveis.	
48	U30 - Por meio da análise das discussões e dos temas controversas busca-se alternativas de solução.	Praticar e aprofundar a busca por resolução de problemas.	
49	U6 - Desinteresse por assuntos relacionados ao meio ambiente.	Promover discussões em sala de aula onde estudantes possam ter contato com temas sobre o meio ambiente	
50	U8 - Falta de opinião prévia do estudante sobre tema controverso		
51	U32 - Descoberta de coisas novas por meio da discussão, roda de conversa e análise de um tema	Proporcionar uma educação que amplie os conhecimentos de mundo do estudante.	
52	U47 - Conhecimento de mundo limitado		

Fonte: Autoria própria (2023)

ANEXO A - AUTORIZAÇÃO DO COLÉGIO

SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO – SEED



ANEXO V da RESOLUÇÃO N.º 406/2018 – GS/SEED

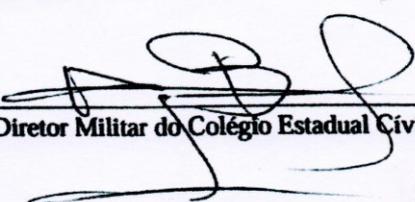
CONCORDÂNCIA DA INSTITUIÇÃO COPARTICIPANTE

Declaramos para os devidos fins que a realização da pesquisa intitulada pesquisa Nanoquímica e Nanotecnologia por meio de Questões Sociocientíficas: temas contemporâneos interdisciplinares na educação básica, realizada por Regiane Rocha Santana Lopes, sob o RG 6.512.024-0, orientada do Prof Dr. Marcelo Lambach, e coorientada do Prof. Dr. Adriano Lopes Romero, nas dependências do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz, CNPJ: 76.470.509/0001-60, que se encontra na Rua Isaias Regis de Miranda, nº 848 bairro Hauer, CEP 81.630-050, Curitiba-Paraná, telefone de contato (41) 3276-1542, email: ctasegismundo@seed.pr.gov.br, está autorizada mediante entrega de Parecer do Comitê de Ética da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Local, 06 de maio de 2022.



 Denise Tobias – Diretora Cívica do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz



 Antônio Brás – Diretor Militar do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz

Obs: a declaração deverá estar em papel timbrado ou carimbado pelo declarante

COL. EST. SEGISMUNDO FALARZ
 ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO
 Rua Isaias Regis de Miranda, 848 Hauer
 Curitiba / PR - CEP: 81630-050
 Fone: (41) 3276-1162 / 3376-1542

COL. EST. SEGISMUNDO FALARZ
 ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO
 Rua Isaias Regis de Miranda, 848 Hauer
 Curitiba / PR - CEP: 81630-050
 Fone: (41) 3276-1162 / 3376-1542

ANEXO B - (TCLE) E (TCUISV)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) E TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE IMAGEM E SOM DE VOZ (TCUISV)

Título da pesquisa: Nanoquímica e Nanotecnologia por meio de Questões Sociocientíficas: temas contemporâneos interdisciplinares na educação básica.

Pesquisadores Responsáveis pela Pesquisa, com Endereços e Telefones: Marcelo Lambach, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de Química e Biologia - DAQBI. Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Bloco C, Sede Ecoville, 81280-340 - Curitiba, PR – Brasil, Telefone: (41) 32796435.

Adriano Lopes Romero, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, Laboratório de Pesquisa e Extensão em Química - G008. R. Rosalina Maria Ferreira, 1233 - Vila Carolo, 87301-899 Campo Mourão, PR - Brasil, Telefone: (44) 3518-1534.

Regiane Rocha Santana Lopes, Rua Waldemar Kost, 2741, casa 45 Rua B, 81630-512 - Curitiba-PR – Brasil, Telefone: (41) 98494 8492.

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz

Endereço: Isaías Régis de Miranda, 848 – Hauer, Curitiba - PR, 81630-050

A) INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE

Convidamos você para participar da presente pesquisa que tem como objetivo de abordar a Nanoquímica/Nanotecnologia em sala de aula por meio da Educação em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas. A sua participação consistirá em: a) participar das aulas de Química, nos dias que serão trabalhados sobre a temática sobre a Nanoquímica/Nanotecnologia, e os problemas ambientais relacionado aos micro e nanoplásticos, b) permitir ao pesquisador que seja gravado áudios e vídeos das aulas em questão, para análise dos dados, c) participar das práticas metodológicas que serão realizadas em horário de aula e ao final realizar um seminário sobre os assuntos discutidos nos dias das aulas sobre a temática. A sua participação é voluntária e que caso você opte por não participar, não terá nenhum prejuízo ou represálias.

1. Apresentação da pesquisa.

A pesquisa consistirá em realizar práticas metodológicas em sala de aula, onde serão abordados temas sobre a Nanoquímica/Nanotecnologia e sobre o problema ambiental relacionado aos micros e nanoplásticos, por meio do desenvolvimento de discussões e desenvolvimento crítico sobre novas tecnologias e sobre a ciência, com enfoque na educação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Serão realizados trabalhos em horário de aula, dentro da escola, com os alunos do 3ºAno do Ensino Médio do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz

2. Objetivos da pesquisa.

Organizar uma proposta interdisciplinar de ensino de temas contemporâneos, como a Nanotecnologia e a Nanoquímica, por meio da abordagem de ensino Ciência, Tecnologia,

Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas, onde serão discutidos sobre o problema ambiental causado pelos plásticos nos oceanos. Identificar na Base Nacional Comum Curricular, no Referencial Curricular do Estado do Paraná para a Educação Básica e em publicações na área de ensino de ciências, elementos que possibilitem estabelecer relações com temas contemporâneos como a Nanoquímica e a Nanotecnologia. Desenvolver materiais didáticos interdisciplinares sobre temas contemporâneos, como Nanoquímica e Nanotecnologia. Organizar práticas pedagógicas com o uso de Questões Sociocientíficas para o ensino de temas contemporâneos, como Nanoquímica e Nanotecnologia. Elaborar um caderno orientador sobre Nanoquímica e a Nanotecnologia para o ensino de Química na educação básica, na perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas.

3. Participação na pesquisa.

A sua participação dará da seguinte maneira: participando das aulas onde serão abordados os temas Nanoquímica/Nanotecnologia e o problema ambiental causado pelos plásticos, onde a temática será realizada por meio de atividades que envolvem a participação ativa do estudante, por meio de compartilhar sua opinião sobre o assunto abordado, discutir e buscar por resolver problemas, análises de notícias, compreensão sobre a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e sua relação com os conteúdos da disciplina de Química, você irá desenvolver trabalhos sobre o tema. Para análise da dos pesquisadores sobre o resultado da pesquisa, será necessário fazer as gravações destas aulas, por meio de áudio e/ou vídeo.

4. Confidencialidade.

Em nenhum momento a sua identidade será divulgada, quando necessário destacar alguma fala de algum estudante, que seja pertinente ao projeto de pesquisa, ele será referido por codinomes ou por numerações, mas nunca pelo nome pessoal dos estudantes.

5. Riscos e Benefícios.

5a) Riscos: Como será necessário o uso do laboratório da escola para a realização da síntese do plástico de amido de batata, os participantes entrarão em contato com vidrarias, aparelhos e alguns reagentes que necessitam ser manipulados com equipamento de proteção individual (EPI), que será fornecido no momento da realização da atividade. Todavia, ainda assim há a possibilidade de danos de ordem física resultantes do mau uso deles.

Para reduzir tais riscos, serão adotados, por parte do pesquisador, os seguintes procedimentos: (i) indicar, no material escrito a ser fornecido aos estudantes, os eventuais riscos de manipulação das vidrarias, reagentes e processos da atividade prática; (ii) exigir o uso dos EPIs necessários à execução de cada atividade; (iii) antes de iniciar a atividade prática todos os participantes serão advertidos verbalmente quanto ao uso seguro das vidrarias, instrumentos e como manusear corretamente os reagentes a serem utilizados durante a atividade; (iv) durante a execução da atividade, a professora-pesquisadora irá acompanhar o uso de qualquer ferramenta ou equipamento que ofereça risco a integridade física dos participantes, por menor que seja este risco.

Além dos possíveis riscos quanto à integridade física dos participantes, também há a possibilidade que, durante a realização da prática metodológica, seja feita alguma pergunta que cause constrangimento aos participantes da pesquisa. Desta forma, todas as respostas (perguntas) a serem realizadas durante a pesquisa são não obrigatórias, podendo o participante optar por não responder, caso não se sinta confortável para tanto.

Serão tomados os cuidados com a transmissão do coronavírus Sars-CoV-2 de acordo com as regras estabelecidas pelos órgãos responsáveis vigentes durante o período de realização da pesquisa, tais como: distanciamento social; uso de máscaras de proteção

individual; uso de álcool gel. Todo este material será custeado pela pesquisa, não cabendo gastos aos participantes.

O trabalho com os estudantes será conduzido, durante todo o processo de pesquisa, dentro dos termos da ética em pesquisa prevista na resolução Nº 466, de 12 de dezembro de 2012 (MS-CNS), de forma que não são previstos riscos de danos de ordem psíquica, moral, intelectual, social, cultural ou espiritual aos participantes.

5b) Benefícios: Considera-se como benefícios do projeto, aqueles diretamente relacionados aos participantes sendo: discutir temas contemporâneos vinculados à Nanoquímica/Nanotecnologia e o seu impacto no cotidiano das pessoas. Praticar maneiras de defender pontos de vista, baseando-se na argumentação científica. Sensibilizar os estudantes para o problema dos microplásticos e nanoplásticos dispersos nos diferentes ambientes, inclusive na estrutura orgânica dos seres vivos. Disseminar o alerta à comunidade escolar e à sociedade como um todo, sobre os impactos ao ambiente e à saúde dos materiais micro e nanoparticulados, sobretudo os plásticos.

Como produto educacional, será elaborado um caderno de orientações com a descrição da sequência de aulas aplicada na pesquisa, e com orientações e informações importantes, para os professores de Química, que desejem abordar o tema Nanotecnologia/Nanoquímica, utilizando a abordagem CTS com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Esperamos que esse caderno incentive e facilite o planejamento dos professores de Química da Educação Básica que atuam tanto em escolas públicas como particulares.

6. Critérios de inclusão e exclusão.

Serão convidados a participar todos os estudantes matriculados no 3ºAnos do Ensino Médio, do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz.

Os estudantes das turmas do 1º e 2º Ano do Ensino Médio não serão incluídos na pesquisa.

7. Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

O participante tem os direitos de: a) deixar o estudo a qualquer momento; b) de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa e c) de recusar ou retirar o seu consentimento a qualquer momento sem penalização.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

() quero receber os resultados da pesquisa (email para envio : _____)

() não quero receber os resultados da pesquisa

8. Ressarcimento e indenização.

O desenvolvimento da pesquisa não gerará custos financeiros, portanto os participantes não serão ressarcidos. No entanto, o direito à indenização haverá sempre que um participante entender que houve algum tipo de dano, de acordo com a resolução 466/12.

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa

não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR Dois Vizinhos). **Endereço:** Estrada para Boa Esperança, km 04, Zona Rural, CEP: 85660-000, Bloco G 10, sala 711, Dois Vizinhos, Paraná. **CNPJ:** 75.101.873/0007-85. **Telefone:** (46) 3536-8900, **e-mail:** coep@utfpr.edu.br.

B) CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos, benefícios, ressarcimento e indenização relacionados a este estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, permitir a minha participação neste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento **obtenham fotografia, filmagem ou gravação de voz de minha pessoa para fins de pesquisa científica/ educacional. As fotografias, vídeos e gravações** ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Concordo **que o material e as informações obtidas** relacionadas a minha pessoa possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, minha participação não deve ser identificada por nome ou qualquer outra forma.

Estou consciente que eu posso deixar o projeto a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

Nome completo do Estudante: _____

RG: _____

Data de Nascimento: ____/____/____ Telefone: _____

Endereço: _____

CEP: _____ Cidade: _____ Estado: _____

Assinatura: _____ Data: ____/____/____

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome completo: Regiane Rocha Santana Lopes

Assinatura do Pesquisado: _____ Data: ____/____/____

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Regiane Rocha Santana Lopes, via e-mail: regiane.rochasantanalopes@gmail.com ou telefone: (41) 9 8494 8492.

Contato do Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos para denúncia, recurso ou reclamações do participante pesquisado:

Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR Dois Vizinhos). **Endereço:** Estrada para Boa Esperança, km 04, Zona Rural, CEP: 85660-000, Bloco G 10, sala 711, Dois Vizinhos, Paraná. **CNPJ:** 75.101.873/0007-85. **Telefone:** (46) 3536-8900, **e-mail:** coep@utfpr.edu.br

ANEXO C - (TALE)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Informação geral: O projeto de pesquisa, tem como objetivo realizar atividades com metodologias em sala de aula, onde serão abordados temas sobre a Nanoquímica/Nanotecnologia, por meio do desenvolvimento de discussões e desenvolvimento crítico sobre novas tecnologias e sobre a ciência, com enfoque na educação em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Serão realizados trabalhos em horário de aula, dentro da escola, com os alunos do 3ºAno do Ensino Médio do Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz.

Título do Projeto: Nanoquímica e Nanotecnologia por meio de Questões Sociocientíficas: temas contemporâneos interdisciplinares na educação básica.

Investigador: Marcelo Lambach, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, Departamento Acadêmico de Química e Biologia - DAQBI. Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 5000 – Bloco C, Sede Ecoville, 81280-340 - Curitiba, PR – Brasil, Telefone: (41) 32796435.

Adriano Lopes Romero, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Campo Mourão, Laboratório de Pesquisa e Extensão em Química - G008. R. Rosalina Maria Ferreira, 1233 - Vila Carolo, 87301-899 Campo Mourão, PR - Brasil, Telefone: (44) 3518-1534.

Regiane Rocha Santana Lopes, Rua Waldemar Kost, 2741, casa 45 Rua B, 81630-512 - Curitiba-PR – Brasil, Telefone: (41) 98494 8492.

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Cívico Militar Segismundo Falarz

Endereço: Isaías Régis de Miranda, 848 – Hauer, Curitiba - PR, 81630-050

O que significa assentimento?

O assentimento significa que você concorda em fazer parte de um grupo de adolescentes, da sua faixa de idade, para participar de uma pesquisa. Serão respeitados seus direitos e você receberá todas as informações por mais simples que possam parecer. Pode ser que este documento denominado TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO contenha palavras que você não entenda. Por favor, peça ao responsável pela pesquisa ou à equipe do estudo para explicar qualquer palavra ou informação que você não entenda claramente.

Informação ao participante da pesquisa:

Convidamos você para participar da presente pesquisa que tem como objetivo de abordar a Nanoquímica/Nanotecnologia em sala de aula por meio da Educação em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente com enfoque nas Questões Sociocientíficas. Sua participação consistirá em: a) participar das aulas de Química, nos dias que serão trabalhados sobre a temática sobre a Nanoquímica/Nanotecnologia, e a questão do problema ambiental relacionado aos micro e nanoplásticos nos oceanos, b) permitir ao pesquisador que seja gravado áudios e vídeos das aulas em questão, para análise dos dados, c) participar das atividades metodológicas que serão realizadas em horário de aula e ao final realizar um seminário sobre os assuntos discutidos nos dias das aulas sobre a temática. Sua participação é voluntária e que caso você opte por não participar, não terá nenhum prejuízo ou represálias.

Direito de sair da pesquisa e a esclarecimentos durante o processo.

O participante tem os direitos de: a) deixar o estudo a qualquer momento; b) de receber esclarecimentos em qualquer etapa da pesquisa e c) de recusar ou retirar o seu consentimento a qualquer momento sem penalização.

Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse:

() quero receber os resultados da pesquisa (email para envio : _____)

() não quero receber os resultados da pesquisa

DECLARAÇÃO DE ASSENTIMENTO DO PARTICIPANTE DA PESQUISA:

Eu li e discuti com o investigador responsável pelo presente estudo os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para aceitar ou recusar, e que posso interromper a minha participação a qualquer momento sem dar uma razão. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Eu entendi a informação apresentada neste TERMO DE ASSENTIMENTO. Eu tive a oportunidade para fazer perguntas e todas as minhas perguntas foram respondidas.

Eu receberei uma cópia assinada e datada deste Documento DE ASSENTIMENTO INFORMADO.

Nome do participante: _____

Assinatura: _____

Data: ___/___/___

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome da investigadora: Regiane Rocha Santana Lopes

Assinatura: _____

Data: ___/___/___

Se você ou os responsáveis por você (s) tiver(em) dúvidas com relação ao estudo, direitos do participante, ou no caso de riscos relacionados ao estudo, você deve contatar a investigadora do estudo: Regiane Rocha Santana Lopes, telefone fixo número: 41 3278-6065 e celular 41 98494 8492. Se você tiver dúvidas sobre direitos como um participante de pesquisa, você pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA:

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa

envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR Dois Vizinhos). Endereço: Estrada para Boa Esperança, km 04, Zona Rural, CEP: 85660-000, Bloco G 10, sala 711, Dois Vizinhos, Paraná. CNPJ: 75.101.873/0007-85. Telefone: (46) 3536-8900, e-mail: coep@utfpr.edu.br

ANEXO D - APROVAÇÃO NO COMITÊ DE ÉTICA



Continuação do Parecer: 5.562.507

Outros	MO_DE_CONCORDANCIA_DO_NRE_PARA_A_UNIDADE_CEDENTE.pdf	13:52:11	Marcelo Lambach	Aceito
Outros	DESPACHO_1.pdf	21/05/2022 13:50:53	Marcelo Lambach	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_COMPROMISSO_CONFIDENCIALIDADE_ASSINADA_COMPLETA.pdf	21/05/2022 13:50:04	Marcelo Lambach	Aceito
Declaração de concordância	ANEXO_5_resolucao_406_2018_CONCORDANCIA_USO_LABORATORIO_CO_PARTICIPANTE_ASSINADA_CARIMBADA.pdf	21/05/2022 13:47:51	Marcelo Lambach	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Assinada_Coordenacao_orient.pdf	25/04/2022 17:18:11	Marcelo Lambach	Aceito
Outros	QUESTIONARIO_INICIAL_QUESTOES_NORTEADORAS.pdf	25/04/2022 01:31:53	Marcelo Lambach	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

DOIS VIZINHOS, 04 de Agosto de 2022

Assinado por:
Edival Sebastião Teixeira
(Coordenador(a))

ANEXO E - QUESTIONÁRIO INICIAL - VOSTS

Quadro 14 - Respostas dos estudantes do VOSTS

Pergunta	Definir ciência é difícil porque a ciência é complexa e faz muitas coisas. Mas PRINCIPALMENTE a ciência é: Sua posição, basicamente:
Alternativas	
a) é um estudo de áreas como biologia, química e física.	E9; E18; E21
b) é um corpo de conhecimento, como princípios, leis e teorias, que explicam o mundo ao nosso redor (matéria, energia e vida).	E2; E4; E5; E20
c) explora o desconhecido e descobre coisas novas sobre nosso mundo e universo e como eles funcionam.	E6; E8; E11
d) realiza experimentos para resolver problemas de interesse sobre o mundo ao nosso redor.	E7; E24; E30
e) inventa ou projeta coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).	
f) encontra e usa o conhecimento para tornar este mundo um lugar melhor para se viver (por exemplo, curar doenças, resolver a poluição e melhorar a agricultura).	E1; E3; E13; E16; E23; E27; E29 (U11-P6-QI-E1); (U11-P6-QI-E3); (U11-P6-QI-E13); (U11-P6-QI-E16); (U11-P6-QI-E23); (U11-P6-QI-E27); (U11-P6-QI-E29)
g) é uma organização de pessoas (chamadas cientistas) que têm ideias e técnicas para descobrir novos conhecimentos.	E6; E8; E11
h) ninguém pode definir a ciência.	
i) não entendo.	
j) eu não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha.	
k) nenhuma dessas escolhas se encaixa no meu ponto de vista básico.	E32
Definir o que é tecnologia pode causar dificuldades porque a tecnologia faz muitas coisas no Brasil e no mundo. Mas PRINCIPALMENTE a tecnologia é: Sua posição, basicamente:	
a) é muito parecida com a ciência.	
b) é a aplicação da ciência	E11
c) são os novos processos, instrumentos, ferramentas, máquinas, aparelhos, gadgets, computadores ou dispositivos práticos para uso diário.	E6; E9; E21; E23; E29; E30 (U12-P7-QI-E6); (U12-P7-QI-E9); (U12-P7-QI-E21); (U12-P7-QI-E23); (U12-P7-QI-E29); (U12-P7-QI-E30)
d) é robótica, eletrônica, computadores, sistemas de comunicação, automação etc.	E4; E7; E18; E20
e) é uma técnica para fazer coisas, ou uma maneira de resolver problemas práticos.	E2
f) é inventar, projetar e testar coisas (por exemplo, corações artificiais, computadores, veículos espaciais).	E3; E8; E24
g) são ideias e técnicas para projetar e fabricar coisas, para organizar trabalhadores, empresários e consumidores, para o progresso da sociedade.	E1; E5; E13; E16; E27
h) eu não entendo.	
i) eu não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha.	
j) nenhuma dessas escolhas se encaixa no meu ponto de vista básico	E32
A ciência e a tecnologia oferecem uma grande ajuda na resolução de problemas sociais como pobreza, crime e desemprego. Sua posição sobre essa afirmação, basicamente é:	

a) A ciência e a tecnologia certamente podem ajudar a resolver esses problemas. Para resolver os problemas, poderiam ser usadas novas ideias da ciência e novas invenções da tecnologia.	E7; E9; E13; E16; E20; E21; E27 (U11-P8-QI-E7); (U11-P8-QI-E9); (U11-P8-QI-E16); (U11-P8-QI-E20); (U11-P8-QI-E21); (U11-P8-QI-E27)
b) A ciência e a tecnologia podem ajudar a resolver alguns problemas sociais, mas não outros.	E8; E11
c) A ciência e a tecnologia resolvem muitos problemas sociais, mas a ciência e a tecnologia também causam muitos desses problemas.	E4; E5
d) Não é uma questão de ciência e tecnologia ajudar, mas é uma questão de as pessoas usarem a ciência e a tecnologia com sabedoria.	E2; E3; E6; E23; E29; E30 (U27-P8-QI-E2); (U27-P8-QI-E3); (U27-P8-QI-E6); (U27-P8-QI-E23); (U27-P8-QI-E29); (U27-P8-QI-E30)
e) É difícil ver como a ciência e a tecnologia podem ajudar muito na resolução desses problemas sociais. Os problemas sociais dizem respeito à natureza humana; esses problemas têm pouco a ver com ciência e tecnologia. A ciência e a tecnologia só pioram os problemas sociais. É o preço que pagamos pelos avanços da ciência e da tecnologia.	E24
g) Eu não entendo.	E18
h) Eu não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha.	E32
i) Nenhuma dessas escolhas se encaixa no meu ponto de vista básico.	E1
	A ciência e a tecnologia oferecem uma grande ajuda na resolução de problemas sociais como poluição, superpopulação e desenvolvimento de doenças. Sua posição, basicamente:
a) A ciência e a tecnologia certamente podem ajudar a resolver esses problemas. Para resolver os problemas, poderiam ser usadas novas ideias da ciência e novas invenções da tecnologia.	E1; E2; E3; E7; E9; E13; E16; E18; E23; E27 (U11-P9-QI-E1); (U11-P9-QI-E2); (U11-P9-QI-E7); (U11-P9-QI-E9); (U11-P9-QI-E13); (U11-P9-QI-E16); (U11-P9-QI-E18); (U11-P9-QI-E23); (U11-P9-QI-E27)
b) A ciência e a tecnologia podem ajudar a resolver alguns problemas sociais, mas não outros.	E8; E11; E20
c) A ciência e a tecnologia resolvem muitos problemas sociais, mas a ciência e a tecnologia também causam muitos desses problemas.	E6; E21; E29; E30
d) Não é uma questão de ciência e tecnologia ajudar, mas é uma questão de as pessoas usarem a ciência e a tecnologia com sabedoria.	E4; E5
e) É difícil ver como a ciência e a tecnologia podem ajudar muito na resolução desses problemas sociais. Os problemas sociais dizem respeito à natureza humana; esses problemas têm pouco a ver com ciência e tecnologia.	E24; E32
f) A ciência e a tecnologia só pioram os problemas sociais. É o preço que pagamos pelos avanços da ciência e da tecnologia.	
g) Eu não entendo.	
h) Eu não sei o suficiente sobre este assunto para fazer uma escolha.	
i) Nenhuma dessas escolhas se encaixa no meu ponto de vista básico.	
	Em sua vida cotidiana, o conhecimento de ciência e tecnologia ajuda você a resolver problemas práticos pessoalmente (por exemplo, nas atividades do dia a dia como, cozinhar, limpar a

	casa, cuidar do jardim ou cuidar de um animal de estimação). Sua posição, basicamente:
a) Me ajuda a resolver alguns problemas do meu dia a dia. Os problemas cotidianos são resolvidos com mais facilidade e lógica se tratados como problemas científicos.	E9; E20; E23
b) Me dá maior conhecimento e compreensão dos problemas cotidianos. No entanto, as técnicas de resolução de problemas que aprendemos não são diretamente úteis na minha vida diária.	E2; E5; E7; E11; E13
c) Ideias e fatos que aprendo nas aulas de ciências às vezes me ajudam a resolver problemas ou tomar decisões sobre coisas como cozinhar, manter a saúde ou explicar uma grande variedade de eventos físicos.	E3; E4; E6; E8; E18; E24; E30 (U12-P10-QI-E3); (U12-P10-QI-E4); (U12-P10-QI-E6); (U12-P10-QI-E8); (U12-P10-QI-E18); (U12-P10-QI-E24); (U12-P10-QI-E30)
d) O raciocínio sistemático e as ideias e fatos que aprendo nas aulas de ciências me ajudam muito. Eles me ajudam a resolver certos problemas e entender uma grande variedade de eventos físicos.	E21; E29
e) O que aprendo nas aulas de ciências geralmente não me ajuda a resolver problemas práticos; mas me ajuda a perceber, relacionar e entender o mundo ao meu redor	E1
Alunos que não responderam essa pergunta	E16; E27; E32
	O que aprendo nas aulas de ciências não se relaciona com a minha vida cotidiana:
a) Biologia, química e física não são práticas para mim. Eles enfatizam detalhes teóricos e técnicos que pouco têm a ver com o meu dia a dia.	E2; E7; E11; E20
b) Meus problemas são resolvidos por experiências passadas ou por conhecimentos não relacionados à ciência e tecnologia.	E4; E5; E9
c) Eu não entendo.	E3; E24
d) Eu não sei o suficiente sobre esse assunto para fazer uma escolha.	E13; E16; E27; E32
e) Nenhuma dessas escolhas se encaixa no meu ponto de vista básico.	E1
Alunos que não responderam essa pergunta	E6; E8; E18; E21; E23; E29 E30 (U12-P11-QI-E6); (U12-P11-QI-E8); (U12-P11-QI-E21); (U12-P11-QI-E23); (U12-P11-QI-E29); (U12-P11-QI-E30)

Fonte: Adaptado de Aikenhead e Fleming (1989)