



REDE AMAZÔNICA DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
DOUTORADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

SANDRO ALÉSSIO VIDAL DE SOUZA

**APRENDIZAGENS DE FÍSICA ATRAVÉS DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS
DA BIORREGIÃO AMAZÔNICA PARAENSE**

**BELÉM-PA
2024**

SANDRO ALÉSSIO VIDAL DE SOUZA

**APRENDIZAGENS DE FÍSICA ATRAVÉS DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS
DA BIORREGIÃO AMAZÔNICA PARAENSE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Matemática pela Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, como exigência para obtenção do título de Doutor em Educação em Ciências e Matemática.

Área de concentração: Educação em Ciências e Matemática.

Linha de pesquisa: Fundamentos e Metodologias para a Educação em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. José Vicente Lima Robaina

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S729a Souza, Sandro Aléssio Vidal de.
Aprendizagens de física através de questões sociocientíficas da biorregião amazônica paraense [recurso eletrônico] / Sandro Aléssio Vidal de Souza. -- Dados eletrônicos (1 arquivo : 152 f., il., pdf). -- 2024.

Orientador: José Vicente Lima Robaina.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, Cuiabá, 2024.

Modo de acesso: World Wide Web: <https://ri.ufmt.br>.

Inclui bibliografia.

1. CTSA. 2. Ensino de Física. 3. Ensino por Pesquisa. 4. Fritjof Capra. 5. Questões Sociocientíficas. I. Robaina, José Vicente Lima, *orientador*. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA - REAMEC

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: “APRENDIZAGENS DE FÍSICA ATRAVÉS DE QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS DA BIORREGIÃO AMAZÔNICA PARAENSE”

AUTOR: DOUTORANDO SANDRO ALÉSSIO VIDAL DE SOUZA

Tese defendida e aprovada em **04 de junho de 2024**.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA

1. Doutor: José Vicente Lima Robaina (Presidente Banca / Orientador)

INSTITUIÇÃO: UFRGS

2. Doutora Maria de Fátima Vilhena da Silva (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UFPA

3. Doutora Maria Clara da Silva Forsberg (Membro Interno)

INSTITUIÇÃO: UEA

4. Doutora Luciana Dornelles Venquiaruto (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: URI

5. Doutor Saul Benhur Schirmer (Membro Externo)

INSTITUIÇÃO: UFRGS

6. Doutor José Ricardo e Souza Mafra (Suplente)

INSTITUIÇÃO: UFOPA

7. Doutor Erick Elisson Hosana Ribeiro (Suplente)

INSTITUIÇÃO: UEPA

Porto Alegre/RS, 04/06/2024.



Documento assinado eletronicamente por **MARIA CLARA DA SILVA FORSBURG**, **Usuário Externo**, em 17/06/2024, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIA DE FATIMA VILHENA DA SILVA**, **Usuário Externo**, em 05/07/2024, às 20:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Masculino registrado(a) civilmente como JOSE VICENTE LIMA ROBAINA, Usuário Externo**, em 08/07/2024, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luciana registrado(a) civilmente como Luciana venquiaruto, Usuário Externo**, em 08/07/2024, às 15:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Saul Benhur Schirmer, Usuário Externo**, em 08/07/2024, às 16:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufmt.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **6894694** e o código CRC **2D7B001B**.

Dedico esta tese à minha avó, Maria Moreira Vidal, a “Marieta”, que, na década de 50, foi a primeira docente da família, em São Miguel do Guamá-PA, no Grupo Escolar Licurgo Peixoto.

Agradecimentos

Ao meu pai e à minha mãe por possibilitarem as bases para que eu pudesse alcançar este momento.

À minha tia Laura Maria, professora da UEPA, que sempre me apoiou em todos os momentos, tanto na minha carreira quanto fora dela.

À minha admirável esposa e professora, Luely Oliveira, e aos meus filhos, Igor Vinícius, Isis Aléssia e Angelus Oliveira, que são uma das razões pelas quais persisto nas minhas lutas e conquistas.

Aos professores e professoras que marcaram minha trajetória escolar e acadêmica, pois deixaram possibilidades de aprendizado e reflexões para a vida.

Às instituições por onde passei, pois em cada uma tive a oportunidade de me tornar um profissional cada vez melhor e pelas quais tenho grande respeito. Elas me proporcionaram aprender muito com as diversas realidades regionais deste Estado do Pará.

Ao programa REAMEC, por possibilitar aos docentes das instituições de ensino superior do Norte do Brasil uma experiência de formação de alta qualidade, essencial para o desenvolvimento da região.

Ao orientador, Prof. Dr. José Vicente Lima Robaina, pela paciência, compreensão e compartilhamento de saberes desde o primeiro contato.

Ao Centro de Ciências e Planetário do Pará, pela disponibilidade em colaborar com seu grupo de estagiários, orientados pelo Prof. Dr. Reginaldo de Oliveira Corrêa Junior; aos Profs. Drs. Erick Elisson Hosana Ribeiro e José Fernando Pereira Leal, da UEPA, e aos seus estudantes da residência pedagógica, que possibilitaram que o projeto desta tese pudesse ser colocado em prática. Sem a colaboração de cada um deles, nada disso existiria.

Aos membros da banca e suplentes, que dedicaram seu tempo e conhecimentos valiosos para contribuir na avaliação desta tese.

Ao compadre Luiz Fernando de França e à comadre Leidiane Fátima do Carmo, pelo apoio constante em Santarém-PA durante todo o período de licença para o doutorado.

Ao Gilson Vasconcelos dos Santos, por cuidar das felinas desde que me ausentei para o doutorado.

A todas as pessoas que me apoiaram e acreditaram em minhas potencialidades acadêmicas desde sempre.

Aos meus professores, professoras e colega da UFPA que partiram fisicamente,

como o Prof. Dr. Paulo de Tarso Santos Alencar, que me proporcionou as primeiras bases científicas em física na graduação; a inteligente Profa. Dra. Rosália Maria Ribeiro de Aragão; e, durante o período do doutorado, especialmente o Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito, por ter semeado a abordagem CTS em minha mente na longínqua época do mestrado; ao bem-humorado Prof. Dr. João dos Santos Protázio, uma enciclopédia matemática ambulante; à atenciosa, carismática e suave Profa. Dra. Marisa Rosâni Abreu da Silveira; e ao meu colega de doutorado Jaime da Costa Pantoja, cuja mansuetude e o regionalismo estavam em uma outra frequência. Obrigado por terem estado aqui!

“A nova física, na qual o universo é visto como uma teia dinâmica de eventos inter-relacionados, deu-nos uma nova concepção da relação entre o indivíduo e o meio ambiente. Todos fazemos parte de um todo maior e o nosso bem-estar depende da saúde de todo o sistema”.
(Fritjof Capra)

Resumo

O objetivo da pesquisa foi possibilitar aprendizagens no ensino superior da licenciatura em física através de Questões Sociocientíficas (QSC) da biorregião amazônica paraense, considerando inter-relações da concepção sistêmica de Fritjof Capra e Pier Luigi Luisi, com a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), utilizando o Ensino por Pesquisa (EPP) de Cachapuz, Jorge e Praia, como metodologia de ensino. Partindo do princípio da necessidade de alcançar uma cidadania mais crítica perante problemas sociocientíficos amazônicos, mostra-se necessário, apropriar-se de concepções, abordagens e metodologias facilitadoras. Como problemática principal, temos a pergunta: Quais aprendizagens de física no ensino superior podem emergir através de questão sociocientífica da biorregião amazônica paraense, considerando inter-relações da concepção sistêmica de Capra e Luisi com a abordagem CTSA? Fiz uma revisão de literatura em quatro bases de dados, visando pesquisas que envolvessem temáticas similares ao tema desta tese, englobando educação CTSA ou educação em ciências, abrangendo os últimos 10 anos de artigos publicados em inglês, português e espanhol. Estudos relacionados à essa revisão de literatura ainda estão muito incipientes, pois nenhum artigo estava diretamente ligado à temática da tese, o que denota uma área de estudo ainda muito em aberto. As QSCs foram aplicadas utilizando o EPP, à partir de uma atividade de pesquisa de campo para 16 estudantes de licenciatura em física, entre estagiários do Centro de Ciências e Planetário do Pará e da residência pedagógica da Universidade do Estado do Pará, do Campus XX de Castanhal-PA. O principal resultado é que as aprendizagens emergidas foram multifacetadas. Incluíram além da compreensão de conceitos físicos, a aplicação destes em contextos ambientais e sociais, desenvolvimento de pensamento crítico, habilidades interdisciplinares, e uma visão holística, fundamental para abordar os desafios contemporâneos de forma mais eficaz e sustentável. Vários desdobramentos desta pesquisa foram sugeridos.

Palavras-chave: CTSA. Ensino de Física. Ensino por Pesquisa. Fritjof Capra. Questões Sociocientíficas.

Abstract

The objective of the research was to enable learning in higher education for a degree in Physics through Socioscientific Issues (SSI) of the Amazonian bioregion of Pará, considering the interrelations of the systemic conception of Fritjof Capra and Pier Luigi Luisi, with the Science, Technology, Society, and Environment (STSE) approach, using the Inquiry-Based Teaching (IBT) methodology of Cachapuz, Jorge, and Praia. Based on the principle of the need to achieve more critical citizenship regarding Amazonian socioscientific problems, it is necessary, to adopt facilitating conceptions, approaches, and methodologies. The main problematization is posed as the following question: What Physics learning outcomes in higher education can emerge through socioscientific issues in the Amazonian bioregion of Pará, considering the interrelations of Capra and Luisi's systemic conception with the STSE approach? I conducted a literature review across four databases, targeting research that involved themes similar to this thesis, encompassing STSE Education or Science Education, covering the last 10 years of articles published in English, Portuguese, and Spanish. Studies related to this literature review are still very incipient, as no article was directly linked to the thesis theme, indicating a field of study that is still very open. The SSIs were applied using IBT, through a field research activity for 16 Physics degree students, including interns from the Center for Sciences and Planetarium of Pará and the pedagogical residency program at the State University of Pará, Campus XX in Castanhal-PA. The main result is that the emergent learning outcomes were multifaceted. They included, in addition to the understanding of physical concepts, the application of these concepts in environmental and social contexts, development of critical thinking, interdisciplinary skills, and a holistic vision, which is fundamental to addressing contemporary challenges more effectively and sustainably. Several implications of this research were suggested.

Keywords: STSE. Physics Education. Inquiry-Based Teaching. Fritjof Capra. Socioscientific Issues.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Os três momentos pedagógicos no Ensino Por Pesquisa de CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002).	81
--	----

Lista de quadros

Quadro 1 – Legendas e seus respectivos unitermos	34
Quadro 2 – Modelo de quadro de busca para a língua inglesa nos unitermos (A), (B), (B1), (C) e (D).	36
Quadro 3 – Quantitativo dos artigos selecionados na primeira e segunda triagens, incluindo idioma de publicação e a quantidade encontrada por base após a segunda triagem.	37
Quadro 4 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua inglesa, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.	37
Quadro 5 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua portuguesa, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.	37
Quadro 6 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua espanhola, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.	38
Quadro 7 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base ERIC, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.	39
Quadro 8 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base SCOPUS, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.	40
Quadro 9 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base SCIELO, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.	41
Quadro 10 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base REDALYC, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.	42
Quadro 11 – Organização do quantitativo dos objetos de estudos e suas bases	43
Quadro 12 – Códigos dos títulos dos resumos e suas respectivas categorias.	44
Quadro 13 – Orientações da abordagem CTS para a contextualização social da ciência.	66
Quadro 14 – Códigos e respectivos significados da unitarização do corpus para a ATD.	89
Quadro 15 – Primeira categoria final.	92
Quadro 16 – Segunda categoria final.	93
Quadro 17 – Terceira categoria final.	93

Lista de abreviaturas e siglas

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
ABP	Associação Brasileira de Planetários
ABRAPEC	Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências
ANOVA	Analysis of Variance
ASC	Aspectos Sócio-Científicos
ATD	Análise Textual Discursiva
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAPES	Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CCPPA	Centro de Ciências e Planetário do Pará
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
CTSAM	Grupo de Estudo e Pesquisa em CTS na Amazônia
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPP	Ensino Por Pesquisa
EPT	Ensino Por Transmissão
ERIC	Education Resources Information Center
GECTSA	Grupo de Estudos em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
GEPEEA	Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Ambiental
ICED	Instituto de Ciências da Educação
IEMCI	Instituto de Educação Matemática e Científica
IFPA	Instituto Federal do Pará

INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIMF	Licenciatura Integrada em Matemática e Física
NPADC	Núcleo Pedagógico de Apoio ao Desenvolvimento Científico
PCE	Programa de Ciências Exatas
PLACTS	Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade
PLON	Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física
PPGECM	Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas
PPP	Projeto Político Pedagógico
PUC-Rio	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
QSC	Questão Sociocientífica
REAMEC	Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática
REDALYC	Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
RTE	Reescrita Teórico-Empírica
SCIELO	Scientific Electronic Library Online
SCOPUS	Banco de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares
SECTET	Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Educação Profissional e Tecnológica
SECTI	Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UE	Unidade Empírica
UEA	Universidade do Estado do Amazonas
UEPA	Universidade do Estado do Pará
UFOPA	Universidade Federal do Oeste do Pará
UFPA	Universidade Federal do Pará
UFRA	Universidade Federal Rural da Amazônia
URI	Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
UT	Unidade Teórica

Sumário

I	CAMINHO PARA O DOUTORADO	19
1	MEMORIAL	20
II	PRINCÍPIOS DA PESQUISA	25
2	BASES E ESTRUTURA	26
2.1	Problema de pesquisa	29
2.2	Objetivo geral	29
2.3	Objetivos específicos	29
III	REVISÃO DE LITERATURA QUALIFICADA PELA ATD	32
3	DELINEAMENTO	33
3.1	Base ERIC	38
3.2	Base SCOPUS	40
3.3	Base SCIELO	40
3.4	Base REDALYC	41
3.5	Organização e descrição das informações	43
3.6	Metatexto: a educação científica através de questões sociocientíficas: uma perspectiva crítica.	45
IV	REFERENCIAIS TEÓRICOS	46
4	ENSINO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEO	47
4.1	Sobre Fritjof Capra	48
4.2	A nova física	50
4.3	Crise de percepções e transformações sociais	53
4.4	Crescimento não sustentável	55
4.5	Características do pensamento sistêmico	56
5	CONTEXTUALIZAÇÃO DA ABORDAGEM CTS	63
6	QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS NA ABORDAGEM CTSA	70
6.1	Pressupostos teóricos-epistemológicos	70
6.2	Abordagem pedagógica	71

6.3	Características éticas	72
6.4	A ênfase ambiental na abordagem CTSA	72
6.5	A abordagem discursiva em sala de aula	73
6.6	Saberes acadêmicos e da tradição	74
V	A COLETA DE INFORMAÇÕES	76
7	METODOLOGIA	77
7.1	Momentos da pesquisa	79
7.1.1	Interpretação dos dados	81
7.2	Cronograma de aplicação do EPP	82
7.2.1	Primeiro momento pedagógico	82
7.2.1.1	Primeiro polo de interação recíproca	82
7.2.1.2	Segundo polo de interação recíproca	83
7.2.1.3	Terceiro polo de interação recíproca	83
7.2.2	Segundo momento pedagógico	83
7.2.3	Terceiro momento pedagógico	84
VI	RESULTADOS	86
8	VISÃO GERAL DA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	87
9	UNITARIZAÇÃO E CATEGORIZAÇÃO DO CORPUS	89
9.1	Categorizações iniciais, intermediárias e finais	91
9.2	Resultados e discussões dos metatextos	94
9.2.1	Metatexto 1: integração da física com QSCs e ambientais	94
9.2.2	Metatexto 2: desafios pedagógicos e inovações no ensino de física	99
9.2.3	Metatexto 3: reflexões individuais e amadurecimento acadêmico	101
9.2.3.1	Reflexões sobre os metatextos	103
10	CONCLUSÕES	105
	REFERÊNCIAS	107
	APÊNDICES	114
	APÊNDICE A – UNITARIZAÇÃO DOS ARTIGOS	115
	APÊNDICE B – AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA	119

APÊNDICE C – ATIVIDADE AVALIATIVA	120
APÊNDICE D – CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO DOS ESTUDANTES	121
APÊNDICE E – UNITARIZAÇÃO DA ATIVIDADE AVALIATIVA .	122
 ANEXOS	 151
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO PARA A PESQUISA NO CCPPA . .	152

Parte I

Caminho para o doutorado

1 Memorial

Passos iniciais

Durante a infância, estudei em diversas escolas no Rio de Janeiro-RJ e em Belém-PA, devido às transferências do meu pai, que era militar. Percebia que cada nova experiência em uma nova escola, era um desafio. A timidez ao experimentar uma nova experiência escolar se fazia presente, talvez por já saber que a mudança me afetava em alguns aspectos. Na escola *Sun-Yat-Sen*, no RJ, tive uma passagem breve, mas marcante, enfrentando desafios como chegar no meio de um semestre letivo e ser cobrado por assuntos que eu nunca havia estudado antes, incluindo a manutenção da horta da escola. Durante a juventude, também passei por várias escolas por motivos diversos. BENTO (2007, p. 1) corrobora com a sensação que eu tinha de como isso me afetava:

(...) a transição de ciclo quando envolve mudança de escolas não é um fator benigno. A maneira como o ambiente e contexto da nova escola satisfaz as necessidades dos pré-adolescentes tem um papel importante nos seus percursos acadêmicos e nas suas vidas.

No ensino médio, minha definição de seguir uma determinada carreira foi se afirmando. Primeiro, tive a intenção de prestar vestibular para Ciência da Computação, depois para Engenharia Elétrica e, finalmente, para o bacharelado em física. Escolhi a física, com a pretensão, na época, de seguir carreira na Astronomia/Astrofísica. Acertei na escolha, pois, através dos estudos que tive e continuo tendo, me sinto preparado para adentrar em diversas áreas.

Construindo-me Físico-Educador

A escolha pelo bacharelado em física foi feita principalmente com o propósito de trabalhar exclusivamente na área de pesquisa. No entanto, isso se revelou um engano, pois ser bacharel em física no Brasil e trabalhar somente com investigação científica é algo raro. A maior parte das atividades de pesquisa em física no país ocorre nas universidades públicas, onde a docência acaba sendo uma consequência natural para esses profissionais. Os números da física no Brasil no último relatório de 2020 apontam que, das 20 instituições brasileiras com maior produção científica em física e astronomia, que abrange o período de 2010 a 2019, 17 são universidades públicas, e a lista é completada por dois institutos de pesquisa públicos (CBPF e INPE) e uma universidade confessional (PUC-Rio) (Schulz, 2021).

Comecei a perceber a vocação pela docência ainda durante a graduação, pois iniciei minha carreira em um curso pré-vestibular popular por volta do primeiro trimestre do ano 2000. Ali já começavam as primeiras inquietações como docente, pois percebia que o docente ideal naquele contexto de ensino era diferente da forma como eu imaginava que deveria ser. O foco maior no número de questões resolvidas, a necessidade de humor para os estudantes, o afastamento dos livros em sala de aula e o “impedimento” de discutir qualquer coisa que não estivesse no conteúdo programático... Aquilo tudo parecia muito artificial para mim.

Na graduação, tive a oportunidade de escolher as chamadas “disciplinas optativas”. Dentre essas, escolhi uma que poucos graduandos de física se interessavam: a biofísica. O termo “bio” soava para muitos como “isso não é física”! Infelizmente, esse pensamento reducionista que alguns acadêmicos tinham era reflexo da própria concepção de ciência essencialmente positivista, característica dos cursos das chamadas “ciências exatas”. A influência do positivismo no ensino de ciências pode ser identificada até hoje em propostas e ações educativas (Souza, 2020). A escolha por fazer essa disciplina foi muito acertada! Ela intensificou meu interesse pela biofísica e pelos aspectos relacionados à interação do corpo humano com o meio ambiente, além da física Médica, que acabou sendo tema do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Tive a oportunidade de participar de um curso sobre física Conceitual durante todo o mês de julho de 2001, ministrado pelo Prof. Dr. Antônio Boulhosa Nassar¹. O curso me despertou bastante para a importância primordial dos conceitos no ensino de física, muitas vezes negligenciados em cursos enfatizados em cálculos para a resolução de exercícios propostos. O exercício de explicar conceitos de física aplicados em diversos contextos é importante para o desenvolvimento da escrita científica.

Durante a minha trajetória no mestrado, meu pré-projeto de pesquisa mudou de rumo. Dessa forma, minha pesquisa passou a focar no processo de ensino e aprendizagem por meio de um sistema de ensino individualizado baseado no Método de KELLER (1968). Daí surgiu minha dissertação de mestrado, um trabalho que considero corajoso e único até aquele momento no IEMCI por protagonizar esse tema, aparentemente esquecido ou envolvido em preconceitos por alguns pesquisadores da educação.

No IEMCI, tive contato com novas visões sobre ciência e educação que nunca antes havia imaginado que pudessem existir! Minha mente se abriu para entendimentos a respeito dos porquês dessas possibilidades diversas, o que fez com que a minha vocação pela docência se intensificasse ainda mais. Participei do grupo de pesquisa sobre modelagem matemática, liderado pelo Prof. Dr. Adilson Ribeiro, do próprio instituto. Pude perceber, através da modelagem, como a natureza se expressa em suas diversas formas, inclusive as “imperfeitas”, e o quanto essa metodologia pode facilitar a interdisciplinaridade na

¹ Professor da University of California (UCLA) em Los Angeles nos Estados Unidos.

educação matemática e científica.

Durante o mestrado, conheci de forma mais próxima o saudoso Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito, docente da UFPA nos últimos tempos, que fez parte da minha banca de mestrado. Meses antes da minha apresentação, ele me deu uma cópia de algumas páginas de um livro que versava sobre CTS, para que eu tivesse um contato com o assunto, ainda que não houvesse relação com a temática da dissertação. Eu ainda não tinha leitura sobre o CTS, mas ali plantou-se uma semente em minha mente, que germinou com o meu interesse em pesquisar nessa linha e seguir no doutorado com a temática atual. Tudo começou a fazer mais sentido e a me enriquecer com novas possibilidades de abordagem no ensino de física.

Na UEPA e no Centro de Ciências e Planetário do Pará

Em 2007, fui contratado pela Universidade do Estado do Pará (UEPA) como docente substituto itinerante. Ministrei aulas em pelo menos nove campi do interior do Pará, para oito graduações, mais de vinte disciplinas diferentes e dezenas de turmas. Orientei e participei de bancas de avaliação de dezenas de TCCs, bem como na avaliação de projetos de pesquisa e outras atividades acadêmicas. Em 2009, organizei um evento no campus de Conceição do Araguaia sobre o tema “Aquecimento Global”, envolvendo toda a comunidade acadêmica e o público em geral, e ajudei a organizar a Semana Acadêmica de 2010 no mesmo campus. Na UEPA, pude conhecer melhor o nosso estado em suas diversas realidades de educação e cultura e trabalhar com educação em ciências e ensino de física. Trabalhei por quatro anos (de 2007 a 2010) como docente itinerante e, nos meus últimos três anos (de 2011 a 2013), apenas no campus da capital. Minha missão como itinerante na UEPA se encerrou quando assumi, em novembro de 2010, o cargo de Técnico em Física e Planetarista no então Planetário do Pará, hoje “Centro de Ciências e Planetário do Pará” (CCPPA). A UEPA foi um grande ambiente de docência, permitindo-me experimentar diversas maneiras de ensinar, em diferentes contextos. Trago boas lembranças e uma experiência que nunca havia imaginado. Sinto-me gratificado por ter feito parte dela em tempo integral.

Acredito que todo docente que deseja ingressar na carreira no ensino superior deveria ser, primeiramente, docente substituto por algum tempo, pois a experiência adquirida traz um conhecimento profissional empírico fundamental para toda a vida.

No Planetário, vivenciei debates sobre educação em ciências e a prática da mesma. Nossa equipe dialogava, planejava e executava ações educativas para o ensino infantil até o nível superior, incluindo projetos voltados para a terceira idade. Participei de discussões sobre a implantação do Centro de Ciências, abordando a dinâmica a ser desenvolvida e as ações com os estagiários oriundos da UEPA, UFPA e IFPA. Orientei estagiários de

disciplinas de estágio em ambientes não formais de ensino, como estagiários específicos do planetário ou como participantes de projetos. Alguns destes projetos foram o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC) Jr., o Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) e Projeto Novos Talentos.

Participei de mostras científicas organizadas pela então Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (SECTI), hoje conhecida como Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Profissional e Tecnológica (SECTET), pelo interior do Estado do Pará. Proporcionávamos momentos de ciência com lazer para centenas de pessoas, através de oficinas, minicursos, palestras, entre outras possibilidades educacionais. Participávamos conjuntamente com várias outras instituições, tais como UFPA, UFRA, IFPA e Museu Emílio Goeldi. Numa dessas mostras, especialmente a de Paragominas-PA, a visão que tive de Júpiter com suas quatro principais luas, as mesmas que Galileu observou, foi a observação mais emocionante que tive. De certa forma, a motivação inicial que tive para entrar no curso de bacharelado em física acabou se concretizando, devido ao contato que tive com a astronomia nesse período.

Em algumas aulas da UEPA, eu as desenvolvia no Planetário, levando os estudantes para participarem e experimentarem algumas atividades. O Planetário também foi um ambiente de docência, um ambiente não formal de ensino, com liberdade de ação e intervenção no processo de ensino e aprendizagem em física e nas ciências em geral. Tudo isso foi intensificado e possibilitado com a cooperação de todos da equipe que existia naquele momento. Talvez por isso, eu tenha aprendido mais do que ensinado.

Em outubro de 2013, uma nova era iniciava-se: eu assumia o concurso para docente efetivo da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) em Santarém-PA, vinculando-me ao Instituto de Ciências da Educação (ICED).

Desenvolvendo-me na UFOPA

Ao ser admitido na UFOPA, tive a oportunidade de colocar em prática o que havia estudado e discutido na graduação, no mestrado e, mais ainda, pela experiência que obtive como docente da UEPA e Técnico em Física no Planetário do Pará. A partir daquele momento, poderia me envolver com atividades de extensão e, posteriormente, com pesquisa, com mais intensidade devido à minha efetivação.

Durante os quase seis anos de docência ininterrupta na UFOPA, pude redirecionar melhor minhas afinidades e interesses de estudos presentes e futuros. Assim, me envolvi no ensino de física com aspectos tecnológicos, sociais e ambientais. Esta é uma forma de ensino que consegue congrega aquilo que o tempo separou: a visão da natureza como um todo, além de ressaltar a significância do que se estuda. O ambiente da universidade, com

suas propostas de desenvolvimento da Amazônia, foi muito importante, pois me levou a fazer parte do Grupo de Estudo e Pesquisa em Educação Ambiental (GEPEEA), que congrega docentes e discentes de vários cursos da universidade, aproximando-se de um ambiente interdisciplinar. Assim, participei da extensão e pesquisa na proposta do grupo enquanto estive presente até minha saída para o doutorado.

Atuei como coordenador de área do Subprojeto física do PIBID da UFOPA de setembro de 2015 a março de 2018. Percebi que coordenar para a melhoria da formação dos graduandos e dos estudantes da educação básica é, antes de tudo, humanizar as relações entre todos os integrantes do projeto, para alcançar fins educacionalmente e cientificamente relevantes. É colocar em prática a cooperação, a colaboração para a produção em conjunto.

Posteriormente, participei da fundação do Grupo de Estudo e Pesquisa em CTS na Amazônia (CTSAM) em 2019, que foi amparado no seu início pelo Prof. Dr. Licurgo Peixoto de Brito. Ele era o coordenador do Grupo de Estudos em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (GECTSA), que visa estimular a produção acadêmica no âmbito da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Este grupo foi criado em 2011, sendo parte integrante do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemáticas (PPGECM) do IEMCI da UFPA, e tem desenvolvido estudos e pesquisas ao longo de sua existência com discussões epistemológicas e metodológicas na abordagem CTS/CTSA no âmbito da região amazônica, no estado do Pará. Atualmente, é coordenado pela Profa. Dra. Ana Cristina Pimentel Carneiro de Almeida. O CTSAM se originou para atuar inicialmente em três linhas de pesquisa: Abordagem CTS/CTSA e Questões Sociocientíficas; Alfabetização Científica e Tecnológica: Sociedade e Ambiente; e Processos, Recursos e Materiais Didáticos com Enfoque CTS/CTSA.

O estudo da natureza sob uma visão sistêmica facilita seu entendimento como algo complexo e interligado, um todo indivisível. Isso influencia minha prática docente de tal forma que o conhecimento científico e educacional não se separa de outros saberes, os integra no momento certo. Acredito que a discussão sobre a crescente agressão à natureza, especialmente no ambiente amazônico, como o acelerado processo de devastação da floresta, deve estar inserida nesta prática docente como Questões Sociocientíficas, para fomentar uma sociedade mais crítica e verdadeiramente pertencente à sua biorregião, ao planeta Terra e ao Universo. Por isso, desejo me aprofundar cada vez mais neste estudo, hoje no doutorado e amanhã como docente atuante novamente, com maiores retornos à sociedade.

Parte II

PRINCÍPIOS DA PESQUISA

2 Bases e estrutura

Uma forma de contribuir para a formação de uma cidadania mais crítica perante problemas sociocientíficos amazônicos é através da educação. Neste caso particular, é possível que, através do ensino de física, tenhamos a capacidade de contribuir para um ensino mais crítico, alicerçado numa educação científica inspirada no Movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Para isso, devemos, entre outras coisas, nos afastar das limitações de um Ensino por Transmissão (EPT) ainda vigente nos dias atuais. O EPT é descrito por [CACHAPUZ, JORGE e PRAIA \(2002, p. 141\)](#), como aquele que tem por base as exposições orais do docente, onde o papel do estudante é de grande passividade e o conhecimento é visto como cumulativo, absoluto e linear, entre outras características. Estudos influenciados pelo Movimento CTS possuem um caráter eminentemente multidisciplinar, onde há uma articulação dinâmica entre as questões científicas, tecnológicas e sociais, abordando temáticas em uma perspectiva crítica e relacional, de maneira a evidenciar suas diferentes dimensões a serem estudadas ([Hoffmann, 2011, p. 11](#)). Dentro desses estudos, destaco a educação CTS como campo de atividade de pesquisa acadêmica e orientador de políticas públicas no contexto da educação. Ela é abordada através de reflexões sobre os conteúdos escolares e as metodologias de ensino e aprendizagem ([Hoffmann, 2011, p. 12](#)).

Uma abordagem CTS é a aplicação das pesquisas e reflexões sobre conteúdos escolares e metodologias de ensino e aprendizagem abordadas na educação CTS. Temos, então, o Movimento CTS com pressupostos que influenciam discussões na educação CTS, o que, por consequência, possibilita uma abordagem para aplicações no meio escolar ou acadêmico de como ensinar ciências. Apesar de várias vertentes, a chamada abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) busca resgatar com maior ênfase as questões ambientais nos currículos das ciências, perdidas nas visões reducionistas de muitas propostas de ensino denominadas CTS ([Santos; Schnetzler, 2010](#)). Nesta pesquisa, entendo que a abordagem CTSA é a nomenclatura mais adequada; assim, a utilizarei quando considerar necessário.

O ensino de física pode ser explorado na região amazônica de forma contextualizada no ensino superior, utilizando o próprio ambiente amazônico, especificamente em suas Questões Sociocientíficas (QSC). O uso das QSCs no contexto educacional é um meio de viabilizar a educação CTSA ([Azevedo et al., 2013](#)). Por mais que existam variações no conceito de QSC, particularmente a maneira como [CONRADO e NUNES-NETO \(2018\)](#) as conceituam, interliga-se com os propósitos desta tese. Assim, podemos dizer as QSCs são:

Problemas ou situações geralmente complexos e controversos, que podem ser utilizados em uma educação científica contextualizadora, por permi-

tir uma abordagem de conteúdos inter ou multidisciplinares, sendo os conhecimentos científicos fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas.

Entendo, assim, que seja um ensino que necessite de uma abordagem predominantemente não positivista e passível de ser fundamentado numa concepção sistêmica, conforme discutido em CAPRA e LUISI (2020), pois há o entendimento da inseparabilidade entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Uma metodologia que possui características adequadas para este ensino é o Ensino por Pesquisa (EPP), baseado em CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002). Nesta, os conteúdos científicos não são considerados como fins de ensino, mas como meios instrucionais para que, a partir deles, se atinjam metas educacional e socialmente relevantes. BRASIL (2007, p. 9) defende a tese de que “as universidades na Amazônia devem desenvolver pesquisas que sejam pertinentes para o desenvolvimento da região”. Por pertinência entendem-se: “as relações institucionais que podem ser estabelecidas pelas universidades, pautadas no intermédio entre as expectativas sociais e o que as universidades realizam”.

O interesse por esta pesquisa foi inicialmente despertado pela consciência ecológica que devemos ter em relação às questões ambientais contemporâneas, especialmente nas regiões que precisam ser preservadas ou exploradas de forma mais sustentável. Além disso, ressalto a importância de formar futuros docentes de física sensíveis a essas questões na biorregião a que pertencem.

Biorregião é um conceito extraído do livro de Peter Berg¹ intitulado “*Discovering your life-place: a first bioregional workbook*” no capítulo “*Finding your own biorregion*” e está contido na obra de CAPRA (2006, p. 157). Peter Berg escreveu sobre este conceito e a importância de se sentir pertencente a uma biorregião, no seguinte trecho:

O conceito de biorregião é extremamente útil para nos colocar de volta dentro da natureza e não “acima” dela. Biorregião é um termo para descrever a geografia natural do lugar onde se vive. Ele também identifica um lugar para realizar atividades apropriadas para a manutenção dessas características naturais. Cada biorregião tem as suas próprias características, como clima, tipos de solo, de terreno, recursos hídricos e plantas e animais nativos. Elas também foram locais que os povos indígenas ocuparam no passado e podem ser reocupados pelos atuais habitantes.

Peter Berg afirma ainda que começar a adquirir uma noção da própria biorregião, um senso biorregional, pode se tornar a base da sua visão de comunidade. Tal perspectiva vai lhe proporcionar uma visão ecológica muito mais completa dessa região. Para ele:

¹ Berg foi fundador e diretor da Planet Drum Foundation, que se dedica ao trabalho ecológico de base (...), ela ajuda a iniciar novos grupos biorregionais e disponibiliza projetos, publicações, conferências e seminários para organizações que estão em busca de meios de viver de uma maneira sustentável dentro dos limites naturais das biorregiões. O site da fundação é <<https://www.planetdrum.org/>>.

A pessoa que de fato pratica o “viver no lugar onde mora” possui uma qualidade pessoal que não pode ser adquirida de outra forma. Ser alguém que optou por “viver no lugar onde mora” faz de você um membro autêntico da sua comunidade (Capra, 2006, p. 162).

Especialmente dois fatores de ordem socioambiental me motivaram a escolher o objeto da pesquisa, que são:

- A incompreensão do ser humano como integrante de sua biorregião, que repercute de forma danosa à sociedade local e global, revelada pela contínua degradação e poluição do meio ambiente;
- O ensino de física independente da biorregião dos estudantes, ignorando assim a importância do contexto para eles.

Destaco ainda motivações de ordem acadêmico-científica para a pesquisa, considerando que não há nenhuma experiência pedagógica associada a cursos superiores de física em temática similar à desta pesquisa encontrada nas bases e periódicos científicos pesquisados por mim, como mais explicitado no capítulo sobre revisão de literatura. Nesta perspectiva, a pesquisa contribuirá para a formação de físicos-educadores que vivenciarão práticas educacionais mais contemporâneas e socialmente críticas, além de contribuir para corroborar a falsidade da neutralidade científica.

Há um conhecimento científico escolarizado que pode ser oferecido em um ensino voltado para a descrição e discussão de problemas regionais, demonstrando como esses problemas podem ser investigados e qualificados/quantificados, considerando as complexidades inerentes e, sobretudo, a importância de soluções que façam sentido na vida dos estudantes. Os discursos contemporâneos sobre ensino e aprendizagem, que adotam uma perspectiva mais socialmente crítica e procuram distanciar-se de abordagens positivistas e reducionistas, não devem isentar os docentes da responsabilidade ao ministrar conteúdos específicos de física. O foco nos estudantes não implica em afastar-se dos conteúdos específicos.

A física tem sido descrita como uma ciência que permite “construir modelos idealizados do mundo”, mas, de forma paradoxal, os “estudantes de física que se saem bem nas avaliações são geralmente incapazes de aplicar os conceitos da física a situações comuns do dia a dia” (Hart, 2001, p. 525). E não menos importante, penso conceitualmente a física como a ciência do estudo da natureza em sua constituição energética nas formas material, imaterial e espaço-temporal. Tal conceito permite possibilidades de seu ensino e pesquisa para além do estudo físico-matemático das leis da natureza, pois a energia está presente na constituição do universo e, explícita ou implicitamente, em todas as áreas do conhecimento.

Assim, esperei como tese inicial que um ensino de física baseado em uma concepção sistêmica, por meio de QSCs inspiradas na abordagem CTSA e em uma metodologia que favorecesse a dialogicidade, pudesse proporcionar uma aprendizagem de física e uma formação cidadã mais crítica para estudantes do ensino superior da região amazônica, especialmente a paraense, considerando a biorregião em que a pesquisa foi conduzida.

A pesquisa está fundamentada principalmente em [CAPRA \(2012b\)](#), [CAPRA \(2020\)](#) e [CAPRA e LUISI \(2020\)](#), especialmente pela concepção científica na visão sistêmica; na abordagem CTSA; e em [CONRADO e NUNES-NETO \(2018\)](#) com relação às QSCs. Complementa-se nos pressupostos teórico-filosóficos da Fenomenologia de [HUSSERL \(2006\)](#), da Hermenêutica de [GADAMER \(2015\)](#); na abordagem educacional holística de [MILLER \(2019\)](#); e em [CACHAPUZ, JORGE e PRAIA \(2002\)](#) referente à metodologia do EPP. A análise das argumentações emergentes das atividades de campo foi realizada com base na Análise Textual Discursiva (ATD) desenvolvida por [MORAES e GALIAZZI \(2020\)](#), a partir da atividade com 16 estudantes do ensino superior da Licenciatura em física, oriundos do Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPPA) e da Universidade do Estado do Pará (UEPA). A linha de pesquisa “Fundamentos e Metodologias para a Educação em Ciências e Matemática” é a que me vinculei ao REAMEC, e onde se inseriu a temática desta tese.

2.1 Problema de pesquisa

Quais aprendizagens de física no ensino superior podem emergir através de Questões Sociocientíficas da biorregião amazônica paraense, considerando as inter-relações da concepção sistêmica de Capra e Luisi com a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente?

2.2 Objetivo geral

Possibilitar aprendizagens aos estudantes da licenciatura em física através de Questões Sociocientíficas da biorregião amazônica paraense, considerando as inter-relações entre a concepção sistêmica de Capra e Luisi e a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, utilizando o Ensino por Pesquisa de Cachapuz, Jorge e Praia como metodologia de ensino.

2.3 Objetivos específicos

- Estabelecer inter-relações entre a concepção sistêmica de Capra e Luisi e a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente;

- Desenvolver a Questão Sociocientífica: “Sendo o desmatamento um dos maiores problemas ambientais da Amazônia paraense, quais aprendizagens de física, Tecnologia, Sociedade e Ambiente podem emergir do estudo desta problemática?”, utilizando o Ensino por Pesquisa de Cachapuz, Jorge e Praia, através de atividades realizadas em aulas presenciais e a distância, para licenciandos em física;
- Analisar as argumentações emergentes dos licenciandos referentes às propostas avaliativas à luz dos referenciais teóricos, com o auxílio da Análise Textual Discursiva baseada em Moraes e Galiazzi.

Para que as ideias desta tese possam ser colocadas em prática ou para dar continuidade às pesquisas aqui iniciadas, uma mudança de concepção é desejada. Para atuar nessa perspectiva sistêmica na biorregião amazônica, é importante ter um perfil que permita integrar os conhecimentos de física com uma conscientização e engajamento ecológico e sociocientífico, especialmente focados nos desafios e características locais. É necessário que o docente busque incorporar algumas competências, tais como:

Interdisciplinaridade: ser capaz de conectar a física a outras disciplinas, como ecologia, biologia, tecnologia e ciências sociais, para explorar e resolver problemas ambientais complexos de maneira integrada.

Contextualização regional: ter conhecimento e consideração pelas questões específicas de sua biorregião, usando-as como exemplos práticos para ilustrar conceitos físicos e suas aplicações.

Engajamento sociocientífico: fomentar uma aprendizagem crítica entre os estudantes, encorajando-os a questionar e explorar como a física pode ajudar a resolver problemas locais e globais, promovendo uma postura proativa na busca de soluções sustentáveis.

Visão sistêmica: internalizar e ensinar o pensamento sistêmico, ajudando os estudantes a ver conexões e interdependências entre diferentes componentes de sistemas complexos, tanto naturais quanto sociais.

Educação para a sustentabilidade: incentivar os estudantes a pensar sobre como o conhecimento físico pode ser aplicado para o desenvolvimento de tecnologias e práticas que respeitem os limites do ambiente e promovam a sustentabilidade.

Essas competências não devem ser vistas como pré-requisitos, mas como predisposições que, mesmo que de forma inconsciente, servem como ponto de partida para definir o papel de um físico-educador que integra o conhecimento científico com a concepção sistêmica. A esse físico-educador, denomino ecofísico.

A tese está predominantemente escrita no gênero masculino ao se referir a “estudantes”, “participantes” e “docentes”, mas o que está escrito é válido para todos os gêneros. Quando for necessário especificar, deixarei claro se tratar do gênero feminino. Outro detalhe importante é a diminuição da impessoalidade, com predominância do “eu”, pois entendo que não sou apenas um observador externo neutro do que faço; sou um agente do processo e interfiro nele. A primeira pessoa do plural não é utilizada quando se trata de algo feito exclusivamente por mim. Este posicionamento resulta de uma reflexão pessoal e fruto de estudos durante o doutorado.

A tese está estruturada a partir do memorial, seguindo para esta introdução. Em seguida, no capítulo 3, apresento a revisão de literatura realizada em quatro bases de dados, com a intenção de contribuir com referências sobre temáticas similares ao presente trabalho e situar esta pesquisa nessas bases. No capítulo 4, intitulado “Ensino de física contemporâneo”, abordo o referencial teórico baseado em CAPRA (2012b), CAPRA (2020) e CAPRA e LUISI (2020), focando no pensamento sistêmico, que é a principal base epistemológica para a educação e ciência ao longo de toda a tese. Argumento que os problemas contemporâneos exigem soluções contemporâneas, demandando novas percepções mais interligadas e interdependentes com a realidade. Destaco que a crise ambiental está interligada com a tecnologia e o sistema econômico, que é obcecado por crescimento, expansão e produtividade, causando um desequilíbrio entre o sistema humano e o ambiental. Encerro o capítulo com a construção das principais características do pensamento sistêmico, ressaltando a necessidade de uma formação mais sistêmica dos estudantes para promover as transformações urgentes e necessárias em nosso planeta.

No capítulo 5, resalto a importância da contextualização da abordagem CTS. No capítulo 6, faço uma correlação entre as QSCs e a CTSA, enfatizando a importância no ensino de ciências. No capítulo 7, intitulado “Metodologia”, explico como a atividade de pesquisa de campo com as QSCs foi desenvolvida através do EPP de CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002). No capítulo 8, apresento uma visão geral da avaliação diagnóstica dos participantes, situando-os na tese. No capítulo 9, realizo a unitarização e categorização do corpus da atividade avaliativa, onde seguem análises dos dados e discussões geradas baseadas na ATD, utilizada para avaliar os textos emergentes dos estudantes durante a atividade e possibilitar uma resposta à problemática da pesquisa. Por fim, o capítulo 10, “Conclusões”, engloba as ideias principais da tese e, ao mesmo tempo, abre possíveis caminhos para novas pesquisas. Encerro com as “Referências”, e os “Apêndices”, que contêm etapas das ATDs, documento de consentimento de participação, a atividade avaliativa que fiz para os estudantes e, o “Anexo A”, que inclui o documento de autorização de pesquisa no CCPPA.

Parte III

Revisão de literatura qualificada pela ATD

3 Delineamento

O principal objetivo dessa revisão de literatura qualitativa realizada em quatro bases de dados foi, primeiramente, contribuir com referências que possam aprofundar a presente pesquisa ou estudos similares. Além disso, situar a temática da presente pesquisa em relação ao unitermo de maior frequência, para não dispersar dos objetivos da tese. Para isso, foi feita uma combinação de unitermos nas bases SCIELO¹, REDALYC², SCOPUS³ e ERIC⁴ em seus últimos dez anos de artigos publicados (de 2010 a 2019) em três línguas: inglês, português e espanhol. Em seguida, foram realizadas triagens com o resultado das buscas. Foi realizada uma ATD adaptada, da reescrita dos resumos dos artigos que possuíam o unitermo de maior frequência, para todas as bases. A unitarização desta ATD se encontra no Apêndice A. Segue um resumo sobre cada uma das bases:

SCIELO: uma plataforma online para publicação de trabalhos científicos de diversos países que provê acesso aberto aos conteúdos de periódicos científicos.

REDALYC: promove o acesso à literatura científica publicada em periódicos editados nos países da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal, contribuindo para sua internacionalização e é sem fins lucrativos.

SCOPUS: o maior banco de dados de resumos e citações de literatura revisada por pares.

ERIC: uma biblioteca digital de pesquisa e informações educacionais, patrocinada pelo *Institute of Education Sciences* do Departamento de Educação dos Estados Unidos. O ERIC fornece acesso a registros bibliográficos de publicações de periódicos e não periódicos desde 1966 até o presente, com mais de 600 periódicos indexados e *links* disponíveis para cópias de texto integral de muitos dos materiais.

Para a pesquisa nas bases, foram escolhidos unitermos que englobassem a temática deste estudo. Além disso, foi feita uma combinação entre eles para que todas as possibilidades de busca fossem contempladas. Os unitermos escolhidos para as três línguas e suas respectivas legendas no Quadro 1, foram os seguintes:

¹ <<https://scielo.org/>>
² <<https://www.redalyc.org/>>
³ <<https://www.scopus.com/home.uri>>
⁴ <<https://eric.ed.gov/>>

Quadro 1 – Legendas e seus respectivos unitermos

Inglês	Português	Espanhol
(A) "socio-scientific issues"	(E) "questões sociocientíficas"	(I) "problemas socio-científicos"
(A1) "socioscientific issues"	(E1) "problemas sociocientíficos"	(I1) "problemas sociocientíficos"
(A2) "socio-scientific controversies"	(E2) "controvérsias sociocientíficas"	(I2) "problemas controvertidos"
(A3) "socioscientific controversies"	(E3) "aspectos controversos"	(I3) "controversias sociocientíficas"
(B) "science, technology and society"	(E4) "aspectos controvertidos"	(I4) "controversias socio-científicas"
(B1) "science, technology, society and environment"	(E5) "problemas controvertidos"	(I5) "cuestiones sociocientíficas"
(C) "higher education physics"	(E6) "problemas controversos"	(I6) "cuestiones socio-científicas"
(D) "Amazon"	(E7) "temas controversos"	(I7) "aspectos controvertidos"
	(E8) "temas controvertidos"	(I8) "temas controvertidos"
	(E9) "temas polêmicos"	(I9) "temas polémicos"
	(F) "ciência, tecnologia e sociedade"	(J) "ciencia, tecnología y sociedad"
	(F1) "ciência, tecnologia, sociedade e ambiente"	(J1) "ciencia, tecnología, sociedad y ambiente"
	(G) "ensino superior"	(K) "enseñanza superior"
	(H) "Amazônia"	(L) "Amazón"

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os unitermos foram escolhidos não só baseados em palavras representativas da temática mediante leitura de diversos textos, mas principalmente as encontradas em artigos da área de educação em ciências, e suas expressões semelhantes, representados pelos índices de 1 a 9 no Quadro 1. Tais expressões semelhantes foram identificadas principalmente em uma pesquisa bibliográfica inicial para o desenvolvimento da tese, realizada no *Google Acadêmico*⁵. A escolha deste sistema de busca levou em conta a amplitude de sua busca em diversas áreas e publicações textuais de uso livre. Esse sistema de busca leva também em consideração a relevância da publicação e a frequência com que é citada, além de outras características. Foram encontrados quarenta e três artigos em periódicos diversos e publicados no Brasil, além de mais dois artigos (ainda em português) no exterior. Também foram selecionados vinte e sete artigos em periódicos diversos na língua inglesa. Na língua espanhola, foram encontrados nove artigos relevantes.

Esta foi uma primeira busca para a pesquisa inicial da tese, e tais referências permeiam por todo o texto. Além do *Google Acadêmico*, foi realizado um levantamento bibliográfico nas bases de dados do BDTD⁶, do catálogo de teses e dissertações da CAPES⁷ e do ENPEC⁸, focado nos últimos cinco anos do evento naquele momento (de 2013 a 2017), com os mesmos unitermos. Foram selecionadas dezoito teses, sendo nove no BDTD, oito na CAPES e trinta e cinco artigos no ENPEC. Observei que o BDTD apresenta resultados quantitativos inferiores ao catálogo de teses e dissertações da CAPES para os mesmos unitermos. Todas essas pesquisas iniciais foram importantes para direcionar em quais línguas, novos unitermos e suas expressões semelhantes deveriam ser pesquisados nesta

⁵ <<https://scholar.google.com.br/?hl=pt>>

⁶ A Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações integra os sistemas de informação de teses e dissertações existentes nas instituições de ensino e pesquisa do Brasil, e também estimula o registro e a publicação de teses e dissertações em meio eletrônico. Endereço eletrônico <<https://bdtd.ibict.br/vufind/>>.

⁷ Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior <<https://catalogodeteses.capes.gov.br>>

⁸ O Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências é um evento bienal promovido pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC).

revisão de literatura.

Para cada base e língua, foi criado um conjunto de quadros com as respectivas buscas realizadas. Cada quadro contém um número de linhas de acordo com as combinações possíveis entre os unitermos, e cada coluna representa o número de artigos obtidos em cada ano. O quantitativo de artigos computados nos quadros refere-se somente àqueles da área de educação em ciências e que tivessem alguma relação com o tema desta revisão de literatura. Todos os resultados de pesquisas que já haviam sido computados anteriormente em algum quadro foram descartados.

Em relação à forma de pesquisa em cada base, devido às suas particularidades, descrevo alguns detalhes:

- Na REDALYC, foi utilizado o filtro de busca apenas para a área “educação”, que mais se aproximava do propósito desta pesquisa;
- Na ERIC, há opções de escolha de artigos revisados por pares e que possuem texto completo disponibilizado pela base. Além disso, pode-se escolher apenas textos do tipo artigos e publicados com foco na educação superior. Todas essas opções foram assinaladas para realizar as buscas. Quando não havia resultados aproveitáveis, ampliava-se a busca desmarcando tais opções;
- Na SCOPUS, foram selecionados para a busca apenas artigos com acesso livre, buscando em todos os campos possíveis de pesquisa, como no título e resumo, entre outros;
- Na SCIELO, foi aplicada a filtragem para a área relacionada à educação;
- Todos os termos com mais de uma palavra foram pesquisados usando aspas, o que também influencia no quantitativo de resultados exibidos. Isso traz resultados mais significativos, porém em menor quantidade.

A combinação dos unitermos do Quadro 1 resultou em noventa e seis quadros de busca, sendo dezesseis na língua inglesa, quarenta na língua portuguesa e na língua espanhola. Um modelo de quadro a ser preenchido para a língua inglesa nos unitermos (A), (B), (B1), (C) e (D), para melhor entendimento de como foi construído, é visto no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelo de quadro de busca para a língua inglesa nos unitermos (A), (B), (B1), (C) e (D).

Combinações	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
(A) (B) (C) (D)										
(A) (B1) (C) (D)										
(A) (B) (C)										
(A) (B1) (C)										
(A) (B) (D)										
(A) (B1) (D)										
(B) (C) (D)										
(B1) (C) (D)										
(A) (B)										
(A) (B1)										
(B) (C)										
(B1) (C)										
(C) (D)										
(A) (D)										
(B) (D)										
(B1) (D)										
(A) (C)										

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para realizar as buscas nas demais combinações para a língua inglesa e as outras línguas, fazia-se uma nova combinação com os unitermos do Quadro 1 e a colocava na coluna “Combinações”. Outra possível sequência de unitermos para fazer combinações é usar (A1), (B), (B1), (C) e (D).

Para selecionar os materiais mais pertinentes para esta revisão de literatura, implementei o seguinte procedimento em todas as bases de dados examinadas: durante a primeira fase de triagem dos artigos, efetuei a escolha com base na análise dos títulos apresentados nos resultados das buscas nas respectivas bases. Esta triagem resultou em 19 artigos na língua inglesa, 9 na língua portuguesa e 23 na língua espanhola, totalizando 51 artigos.

Na segunda triagem, realizei a leitura dos resumos e, quando necessário, li outras partes dos textos para melhor compreensão. Restaram, então, 6 artigos em inglês, 3 em português e 11 em espanhol, totalizando 20 artigos. A representação quantitativa final das triagens, em suas respectivas línguas e bases, após a segunda triagem, está no Quadro 3.

Os artigos selecionados na segunda triagem em seus respectivos idiomas, anos de publicação e bases se encontram nos Quadros 4, 5 e 6.

Quadro 3 – Quantitativo dos artigos selecionados na primeira e segunda triagens, incluindo idioma de publicação e a quantidade encontrada por base após a segunda triagem.

Idioma	Primeira triagem	Segunda triagem	Quantidade de artigos encontrada por base após a segunda triagem			
			ERIC	REDALYC	SCIELO	SCOPUS
Inglês	19	6	4	0	0	2
Português	9	3	0	0	3	0
Espanhol	23	11	0	9	2	0
Total	51	20	4	9	5	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 4 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua inglesa, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.

Nº	Artigo	Ano	Base
01	Examination of students' small groups discussion in argumentation process: Scientific and socio-scientific issues (MEMIS Esra Kabatas; CEVIK Ebru Ezberci 2017).	2017	ERIC
02	Indicators of informal and formal decision-making about a socioscientific Issue (DAUER Jenny M.; LUTE Michelle; STRAKA Olivia 2017).	2017	
03	Determining the argument quality of pre-service science teachers regarding to socio-scientific issues: youtube as a source of argumentation (TÜRKÖZ Gizem; ÖZTÜRK Nurhan 2019).	2019	
04	Teaching with Socio-Scientific Issues in Physical Science: Teacher and Students' Experiences (TALENS Joy 2016).	2016	
05	The influence of learning models and learning reliance on students' scientific literacy (RATINI R. et al 2018).	2018	SCOPUS
06	The implementation of science technology and society environment (stse)-based learning for developing pre-service general science teachers' understanding of the nature of science by empirical evidence (GATHONG S.; CHAMRAT S. 2019).	2019	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 5 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua portuguesa, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.

Nº	Artigo	Ano	Base
07	Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação (JACOBI Pedro Roberto. 2014)	2014	SCIELO
08	A universidade viva na relação com as classes populares (MONFREDDINI Ivanise. 2019)	2019	
09	Usina: articulações entre ensino literatura e interações entre ciência tecnologia e sociedade (OLIVEIRA DAIANE QUADROS DE; GONÇALVES Fábio Peres. 2019)	2019	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 6 – Artigos selecionados da segunda triagem na língua espanhola, contendo o ano de publicação e as respectivas bases.

Nº	Artigo	Ano	Base
10	Las cuestiones sociocientíficas: una alternativa de educación para la sostenibilidad (TORRES MERCHÁN Nidia Yaneth 2011).	2011	SCIELO
11	La formación del profesorado en ciencias exactas y naturales: Perspectiva ciencia tecnología y sociedad (PORRO Silvia 2017).	2017	
12	Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la Ciencia (DÍAZ José Antonio Acevedo. 2010)	2010	REDALYC
13	Incorporando la perspectiva controversial en el currículum disciplinario (MAGENDZO Abraham 2016).	2016	
14	Educar para la sostenibilidad. un problema del que podemos hacernos cargo (PRIETO Teresa; ESPAÑA Enrique 2010).	2010	
15	Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica (DÍAZ MORENO Naira et al 2012).	2012	
16	Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (i): introducción (MATARREDONA Jordi Solbes 2013).	2013	
17	Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (ii): ejemplos (MATARREDONA Jordi Solbes 2013)	2013	
18	Formación científica en y para la civilidad: un propósito ineludible de la educación en ciencias (HENAO SIERRA Berta Lucila; PALACIO MEJÍA Luz Victoria 2013)	2013	
19	«algo antiguo algo nuevo algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica (ACEVEDO DÍAZ José Antonio et al 2016)	2016	
20	Estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias naturales en la educación superior (ORDÓÑEZ Paula Colorado; GAMBOA Leidy Adriana Gutiérrez 2016).	2016	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para cada artigo selecionado nos Quadros 4, 5 e 6, reescrevi o resumo em língua portuguesa (Quadros 7, 8, 9 e 10). Os termos destacados em preto são os principais objetos de estudo de cada artigo. Algumas vezes eles também coincidem com algum unitermo do Quadro 1. As numerações na primeira coluna estão de acordo com a respectiva numeração nos Quadros 4, 5 e 6.

3.1 Base ERIC

Na base ERIC, apresentada no Quadro 7, foram selecionados quatro artigos em inglês ao final da segunda triagem.

Quadro 7 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base ERIC, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.

Nº	Resumos
01	Neste estudo qualitativo examinou-se processos vivenciados por docentes em formação inicial em ciências, de diferentes níveis de desempenho em discussões feitas em grupos de argumentação em questões científicas e sócio-científicas, o estudo de caso foi utilizado na pesquisa. Concluiu-se que durante tais atividades, todas as aplicações baseadas na questão sociocientífica, combinado à questão científica, contribuíram para o desenvolvimento da habilidade argumentativa desses docentes em todos os níveis.
02	Este trabalho dá ênfase a dois tipos contrastantes de tomada de decisão do estudante, formal e informal, com base em modelos da psicologia social e cognitiva de processos mentais separados para resolução de problemas. Exploraram alguns indicadores em relação à tomada de decisão formal de estudantes, em um curso pós-secundário de ciências gerais, focados em questões sociocientíficas. A pesquisa traz uma contribuição significativa para a compreensão do papel que os valores dos estudantes desempenham na tomada de decisão em uma sala de aula, e como os pesquisadores de educação científica podem investigar ou documentar a melhoria no uso apropriado de valores e suas compensações pelos estudantes em decisões sobre questões sociocientíficas.
03	O objetivo deste estudo foi examinar a qualidade da argumentação escrita de docentes de ciências em formação sobre certas questões sociocientíficas. O estudo foi realizado utilizando-se da discussão em sala de aula com suporte da mídia social do <i>YouTube</i> . Os dados obtidos no estudo foram analisados com base em técnicas descritivas e de análise de conteúdo. Na avaliação do processo de pesquisa, foi determinado que a conscientização dos docentes em formação sobre as questões sociocientíficas e o processo de discussão em sala de aula apoiado pelo <i>YouTube</i> contribuíram positivamente, entre outras coisas, para a tomada de decisão, construção de hipóteses, discussão e pensamento analítico.
04	Este estudo explorou as experiências de docentes-pesquisadores e estudantes no uso de questões sociocientíficas no contexto das ciências Físicas, especificamente no tema das “fontes de energia”. Os docentes-pesquisadores conseguiram selecionar questões com base em um conjunto de critérios que permitiram aos estudantes relacionarem o que aprenderam em sala de aula com situações da vida real. Isso incluiu considerar o impacto dessas fontes de energia nas pessoas e no meio ambiente. O ensino por meio das questões sociocientíficas proporcionou aos estudantes a oportunidade de expressar suas opiniões e pontos de vista sobre o tema, aplicar o método científico para resolver problemas, reconhecer as limitações da ciência, avaliar riscos ao tomar decisões, identificar implicações morais e éticas e aplicar o conhecimento adquirido em suas vidas cotidianas. Como resultado dessas descobertas, foi desenvolvido um modelo de abordagem de aprendizado para o ensino de questões sociocientíficas nas ciências Físicas.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2 Base SCOPUS

Na base SCOPUS, apresentada no Quadro 8, foram selecionados dois artigos em inglês ao final da segunda triagem.

Quadro 8 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base SCOPUS, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.

Nº	Resumos
05	Esta pesquisa teve como objetivo identificar a influência de dois modelos de aprendizagem na alfabetização científica dos estudantes. Após análises através do teste estatístico de ANOVA e da análise do teste de Tukey, concluiu-se, entre outras coisas, que os estudantes universitários do Departamento de Educação em Biologia de alta confiança (estatística), que experimentaram a abordagem CTS, obtiveram maior alfabetização científica em relação aos que adotaram o modelo de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).
06	Neste trabalho foi implementado uma abordagem de conceitos de CTSA, enfatizando a evidência empírica . Concluíram que tal abordagem melhorou a natureza da compreensão de ciências dos docentes de ciências gerais em formação. Além disso, os estudantes ficaram satisfeitos com a utilização de um método de ensino com foco na capacidade de expor, explicar e dar exemplos sobre características e princípios importantes no desenvolvimento do conhecimento científico. Terminam enfatizando que a evidência empírica é uma questão da natureza da ciência, portanto, os docentes devem treinar os estudantes para identificar evidências científicas e criar explicações a partir das evidências, a fim de permitir que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais profunda da natureza da ciência.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3 Base SCIELO

Na base SCIELO, apresentada no Quadro 9, foram selecionados ao final da segunda triagem três artigos em português e dois em espanhol.

Quadro 9 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base SCIELO, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.

Nº	Resumos da língua portuguesa
07	A partir do reconhecimento da crise social e ambiental e a necessidade de criação de práticas sustentáveis, utiliza-se um conceito de Aprendizagem Social como meio crítico para a inclusão da temática das mudanças climáticas no ensino superior da Universidade de São Paulo, numa perspectiva interdisciplinar. Tal inclusão gera outros desdobramentos como a criação de um Núcleo para pesquisas relacionadas às mudanças climáticas que congrega diversas áreas de estudos da universidade. .
08	Neste ensaio bibliográfico realiza-se um balanço das políticas de ensino superior e de ciência e tecnologia, consideradas no aspecto da inclusão e da relação com as classes populares. Entende-se a Universidade como instituição em que o conhecimento seja fator de desenvolvimento sustentável, voltado para os seres humanos e a natureza. Portanto, público, compartilhado e acessível a todos.
09	Nesse artigo se apresenta a análise da obra literária “Usina” do autor brasileiro José Lins do Rego, que apresenta diversas possibilidades para uma abordagem das interações CTS no ensino de ciências da natureza. Este livro possibilita a abordagem de conteúdos relacionados às interações CTS, valorizando inclusive a dimensão tecnológica, nem sempre privilegiada nas discussões de caráter CTS no ensino de ciências da natureza.
	Resumos da língua espanhola
10	O artigo apresenta uma reflexão sobre o uso e abordagem das questões sociocientíficas na formação de futuros professores. Uma das conclusões destacadas é que é viável fomentar atitudes e valores relacionados à conservação e à educação para a sustentabilidade, desde que os professores demonstrem interesse em integrar questões sociocientíficas nos currículos, estabelecendo assim uma conexão coesa entre os processos de ensino e a vida cotidiana.
11	Uma das perspectivas que concorda com uma formação crítica é a chamada Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) . Neste artigo procura-se oferecer ideias sobre este tema abordando diferentes aspectos do mesmo e mencionando os obstáculos e dificuldades encontrados para modificar a visão dos professores.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 Base REDALYC

Na base REDALYC , apresentada no Quadro 10, foram selecionados ao final da segunda triagem nove artigos da língua espanhola.

Quadro 10 – Resumo e objeto de estudo dos artigos na base REDALYC, organizados de acordo com a numeração dos Quadros 4, 5 e 6.

Nº	Resumos
12	Discutem a formação do professor no ensino de ciências integrando Conhecimento Pedagógico do Conteúdo e Natureza da Ciência. Destacam, entre outros, que as Questões Sociocientíficas e tecno-científicas controversas com interesse social, devem ser um dos conhecimentos básicos que um professor de ciências deve obter em seu desenvolvimento profissional.
13	Este artigo convida a adentrar numa postura curricular controversa, fundamentada na teoria curricular crítica, afastando-se de concepções tecnicistas ainda vigentes nos currículos . Agora deve-se pensar numa formação cidadã, que faz parte do ideário CTSA. Para isso, os docentes são estimulados a incorporar temas controversos no conteúdo curricular de suas disciplinas.
14	Segundo os autores, se quisermos viver num futuro mais sustentável, deveremos incorporar a sustentabilidade ao trabalho em sala de aula, através da interdisciplinaridade e do ensino baseado em problemas sociocientíficos na formação dos professores.
15	Devido à prevalência de consensos nas notícias científicas divulgadas pela mídia, que muitas vezes se concentram principalmente em questões de saúde e meio ambiente, alguns professores enfrentam desafios ao abordar as controvérsias sociocientíficas . No entanto, eles têm à disposição diversas atividades que podem ser empregadas para incorporar controvérsias de diferentes naturezas e tópicos em suas aulas de ciências, com objetivos variados.
16	Baseado na didática e na história da ciência afirma-se que o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes nas aulas de ciências podem ser contribuído pelas questões sociocientíficas .
17	Este trabalho oferece exemplos de questões sociocientíficas abrangendo diversas áreas da ciência e níveis de ensino. Estas questões promovem a prática da argumentação, estimulam o debate e auxiliam no aprimoramento das habilidades críticas dos estudantes, dentre outras competências relevantes.
18	Salienta-se que a área de pesquisa que investiga o potencial pedagógico de abordagens centradas em debates acerca de questões sociocientíficas está intimamente ligada aos estudos sobre a argumentação no processo de ensino e aprendizagem das ciências.
19	Algumas tendências recentes sobre o que ensinar sobre a natureza da ciência são brevemente indicadas, e a abordagem CTS no ensino de ciências, que anos atrás incorporou muitos aspectos da natureza da ciência, é justificado. Tal abordagem nos últimos anos teve mais presença nos idiomas espanhol e português da Ibero-América, onde suas contribuições para a pesquisa sobre a natureza da ciência no ensino de ciências têm sido abundantes e frequentes.
20	As estratégias didáticas de ensino não devem ser consideradas como fórmulas padronizadas para o ensino de ciências naturais, pois devem ser escolhidas levando em consideração o contexto em que são aplicadas e a população com a qual trabalham. Devem se direcionar à descoberta autônoma e experiencial de estudantes do ensino superior.

3.5 Organização e descrição das informações

Após destacar o resumo e o objeto de estudo em cada artigo, conforme mostrado no subcapítulo 3, organizei-os pela quantidade de vezes que aparecem em cada base e em sua totalidade. Substituí os destaques por termos mais gerais, por exemplo: o destaque “formação do professor” foi substituído por “formação de professores”. A organização está mostrada no Quadro 11:

Quadro 11 – Organização do quantitativo dos objetos de estudos e suas bases

Objetos de estudo	Quantidades
ERIC	
Argumentação	2
Questões sociocientíficas	1
Tomada de decisão	1
SCOPUS	
Alfabetização científica	1
Evidência empírica	1
SCIELO	
CTS	2
Ensaio bibliográfico	1
Mudanças climáticas	1
Questões sociocientíficas	1
REDALYC	
Currículo	1
Estratégias didáticas	1
Formação de professores	1
Natureza da Ciência	1
Questões sociocientíficas	4
Sustentabilidade	1
Total	20

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os objetos de estudo mais frequentes, entre as vinte ocorrências nas bases, foram: Questões Sociocientíficas (seis), Argumentação (duas), CTS (duas) e os outros dez objetos, uma ocorrência cada.

No período de 1993 a 2002, [CACHAPUZ et al. \(2008\)](#) conduziram uma análise de artigos publicados em revistas internacionais de ensino de ciências, revelando o crescimento notável das interações CTS como uma área de pesquisa proeminente no início da década de 1990, em comparação com outras abordagens de pesquisa. Apesar desse crescimento, dos quinze objetos de estudo do Quadro 11, doze deles aparecem apenas uma vez, o que destaca a necessidade de ampliar pesquisas na área.

As “questões sociocientíficas” emergiram como um tema de pesquisa prevalente, sugerindo um crescimento nesse tema. O termo “Amazônia” não é mencionado em nenhum dos artigos analisados quando combinado com outros deste estudo. Além disso, é notável uma escassez de artigos em língua portuguesa nas bases de dados examinadas, com a base SCOPUS não apresentando nenhum resultado nesse idioma, e o número de artigos em espanhol supera os de língua inglesa.

Considerando a quantidade de noventa e seis quadros gerados durante a pesquisa nas bases de dados, contrastado com o resultado final de apenas vinte artigos após a triagem, é possível inferir que os estudos relacionados à temática desta revisão de literatura estão em estágio muito inicial nessas fontes. Isso se torna evidente quando consideramos que, se apenas um artigo por ano fosse encontrado em cada quadro de busca, teria pelo menos novecentos e sessenta artigos para avaliar durante o processo de triagem.

Uma possível expansão desta revisão de literatura pode incluir a extensão do período de busca, a inclusão de periódicos específicos de educação em ciências ou ensino de física, bem como em eventos científicos focados nessas temáticas. Pode-se com isso aprofundar também a pesquisa inicial realizada no *Google Acadêmico*, já mencionada.

De acordo com a forma como é estruturada a ATD, segue no Quadro 12 a categorização dos resumos obtidos, e no subcapítulo 3.6, o metatexto intitulado pela categoria final emergente.

Quadro 12 – Códigos dos títulos dos resumos e suas respectivas categorias.

Código	Categoria Inicial	Categoria Final Emergente
A01	Ensino e aprendizado através de questões sociocientíficas e modelo de aprendizagem	A educação científica através de Questões Sociocientíficas: uma perspectiva crítica
A02	Questões sociocientíficas e formação docente	
A03	Questões sociocientíficas em sala de aula	
A04	Questões sociocientíficas e pensamento crítico	
A05	Possibilidades das questões sociocientíficas	
A06	Questões sociocientíficas e argumentação científica	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma versão deste capítulo foi publicada como capítulo de livro em [SOUZA e ROBAINA \(2024\)](#).

3.6 Metatexto: a educação científica através de questões sociocientíficas: uma perspectiva crítica.

Na análise dos dados, identifiquei o termo mais frequente nos artigos selecionados e destaquei-o nos resumos que produzi para conduzir a ATD. As categorias iniciais abordaram aspectos relacionados às QSCs no contexto da educação em ciências que, quando combinados, convergem para um tema central das QSCs: a educação voltada para a formação de cidadãos críticos, capazes de assimilar conteúdos científicos contextualizados.

Além disso, notei que a abordagem das QSCs por parte dos docentes abre novas possibilidades na sala de aula, naturalmente demandando metodologias distintas das tradicionalmente utilizadas no ensino de ciências. O valor dessa abordagem não reside apenas na diferenciação metodológica, mas na capacidade de permitir uma análise crítica que integra o conteúdo científico com a realidade regional dos estudantes. Essa perspectiva regional enfatiza os aspectos ambientais, que emergem de maneira mais evidente quando as QSCs estão inseridas em um contexto de CTSA. Essa abordagem se revela importante para integrar as dimensões sociais e ambientais contemporâneas da região amazônica pela educação em ciências.

Parte IV

Referenciais teóricos

4 Ensino de física contemporâneo

“A mudança do paradigma mecanicista para o ecológico na física tem implicações profundas para o nosso sistema educacional. Requer uma mudança do ensino de fatos isolados para o ensino de redes de relações e padrões”.

Fritjof Capra

Quando penso em um ensino de física contemporâneo, não me refiro apenas a um ensino que se afaste de um EPT, mas também a um que possibilite fomentar maior criticidade nos estudantes em relação à biorregião em que vivem e aos contextos científico, social e tecnológico inerentes a ela. FREIRE (2003, p. 30) destaca a importância dessa relação do ser humano e sua realidade da seguinte forma:

Quando o homem compreende sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e com seu trabalho pode criar um mundo próprio: seu eu e suas circunstâncias.

Numa perspectiva de EPT, como discutem CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002, p. 141), destaco algumas características. Por exemplo, o docente reproduz o que já foi refletido a priori pelo pensador do conteúdo que ele ministra, e cabe ao estudante internalizá-lo de forma passiva, sequenciada e arquivada em seu cérebro, como um receptor de conhecimentos já justificados, para serem reproduzidos posteriormente. É uma visão cumulativa, absoluta e linear do conhecimento. Prosseguindo com mais características, o erro do estudante nesses casos impacta sua avaliação somente de forma negativa, pois o foco é a medida da memorização de conteúdos arquivados pela mente. Há uma via de mão única entre o dono do saber e a recepção do estudante, que não possui o conhecimento e está totalmente fora dele. Há um foco em avaliações somativas, cumprimento de programas e preparação para provas de seleção. O docente já está legitimado pelo seu currículo e saber acadêmico, não havendo o que discutir em relação à sua postura metodológica, inclusive pelos seus pares, colegiados e outras esferas administrativas e pedagógicas. Utilizam-se recursos das TICs como substituição ao material mais tradicional impresso, reproduzindo o aspecto demonstrativo, apenas mudando a mídia sem alterar a essência da prática docente.

Ainda baseado nas características destacadas por CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002, p. 141), o *feedback*¹ nas aulas e as particularidades do aprendizado dos estudantes não são preocupações deste tipo de ensino. Os conteúdos são verdades absolutas, sendo assim, o conhecimento científico é imutável. Há também uma utilização de livros didáticos

¹ Como um retorno para o estudante sobre o seu desempenho em vários aspectos.

como organizadores estáticos do conhecimento, privilegiando o instrucional ali posto. Neste caso, não há intencionalidade de conexão do que está nos livros com o contexto biorregional dos estudantes em nenhum momento. Os trabalhos experimentais nessa perspectiva têm a característica de serem exclusivamente de verificação de teoria. Não afirmo que o EPT não tenha seus méritos e contribuições para a aprendizagem e a sociedade; porém, numa perspectiva contemporânea, onde as subjetividades e o foco nos estudantes são fundamentais, ele não se mostra adequado. Em [SILVA \(2010, p. 11\)](#) vemos uma ideia bem elaborada sobre a questão da subjetividade do pesquisador, em suas palavras:

Penso que a produção científica traz em si um universo subjetivo que o pesquisador tenta silenciar, mas cada palavra escrita anuncia um pouco da sua forma de ver, sentir e de pensar o mundo. Ao tentar disfarçar ou esconder sua subjetividade, o pesquisador cria um mecanismo de autoridade cognitiva. Ele se põe no controle da produção do conhecimento, supondo ser o seu escrito um texto objetivo, científico, com ausência de subjetividade. Porém, é fato que qualquer produção acadêmica reflete a subjetividade de quem a escreve, pois a ciência é feita pelos seres humanos e constituída de racionalidade e emoção.

Para ensinar física em uma perspectiva contemporânea, é necessário adotar uma visão da realidade que possa guiar esse processo educativo. Nesse contexto, uma abordagem que integre questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais se mostra oportuna. A forma de pensar a ciência e sua relação com outros conhecimentos deve estar alinhada a essa abordagem integrada. Se o objetivo é formar cidadãos mais críticos, uma visão da ciência e do conhecimento que permeia essa necessidade contemporânea pode ser atendida na perspectiva do pensamento sistêmico de [CAPRA e LUISI \(2020\)](#).

4.1 Sobre Fritjof Capra

Fritjof Capra é um físico que desenvolveu pesquisas em física de partículas, mas que atualmente se dedica à teoria dos sistemas, filosofia da ciência e carreira de escritor. Há quase 50 anos, ele lançou a obra “O TAO da Física” ([Capra, 2020](#)), na qual faz paralelismos entre o “misticismo oriental”² e a física, especialmente a física moderna. Ele utiliza argumentos que relacionam a forma de pensar do cientista nos fenômenos físicos com pressupostos da filosofia oriental presente em certas religiões. São explorados os diálogos entre ciência e espiritualidade, particularmente os paralelismos entre a física quântica e o misticismo oriental. Capra identifica diversas correlações: a percepção de que todos os fenômenos são expressões de uma realidade única e indivisível, a ideia de que opostos são complementares, a visão de um universo intrinsecamente vazio, além do tangível, e a natureza dinâmica e fluída da realidade. Essas correlações não visam igualar os conceitos

² Capra se refere a este termo tendo em vista as filosofias religiosas do Hinduísmo, do Budismo e do Taoísmo.

místicos do oriente às conclusões da ciência moderna, mas sim destacar semelhanças e pontos de encontro entre a visão de mundo das filosofias budista, taoísta e hinduísta e os achados da física moderna (Pigozzo; Lima; Nascimento, 2019).

Ele tem discutido ao redor do mundo, em suas audiências, as implicações filosóficas e sociais da ciência contemporânea. O objetivo de “O TAO da Física” é de explorar a relação entre os conceitos da física moderna e as ideias básicas existentes nas tradições filosóficas e religiosas do extremo oriente. Segundo CAPRA (2020):

O foco dessa exploração é a mudança fundamental de visão do mundo que está ocorrendo atualmente na ciência e na sociedade, que é do próprio desdobramento de visão ocidental de um mundo ainda mecanicista sob a filosofia de Descartes, para um mundo mais desfragmentado, mais inter-relacionado, interdependente e inseparável do todo cósmico.

Um mundo orgânico e ecológico, que tem suas raízes nas filosofias orientais, é uma realidade que se manifesta em todos os aspectos da existência, onde tudo é parte integrante. Essa realidade é conhecida como Tao no Taoísmo. Em nossa vida diária, muitas vezes deixamos de perceber a profunda interconexão entre todas as coisas, o que nos leva a ver o mundo como uma coleção de objetos e eventos independentes. Essa percepção fragmentada é uma simplificação natural da mente para lidar com as demandas cotidianas, mas nem sempre reflete a complexa realidade da natureza. Da mesma forma, novos conhecimentos podem surgir com a mudança de uma visão reducionista da natureza para uma visão mais abrangente, como podemos observar em SILVA (2010, p. 15):

A crença em um diálogo fecundo entre diferentes maneiras de explicar os fenômenos do mundo pode trazer, no nosso entendimento, pistas para a produção de conhecimentos híbridos, que expressem em si as múltiplas verdades que o mundo comporta, sobretudo, aquelas que foram postas como não-existentes pela ciência ocidental.

Além disso, Capra discute as implicações sociais da transformação cultural ocasionada. É nesse mundo mais inter-relacionado que me atenho em relação ao “O TAO da Física”, que é uma das obras nas quais realizei meu embasamento teórico sobre essa física contemporânea. Outras obras do mesmo autor que foram mais consultadas, são: “O Ponto de Mutação” (Capra, 2012b), onde é investigado as implicações sociais da atual mudança de paradigmas e parte do princípio de que os problemas contemporâneos não podem ser compreendidos isoladamente, pois são problemas sistêmicos, interligados e interdependentes. E a terceira obra “A Visão Sistêmica da Vida” (Capra; Luisi, 2020), traz uma visão que transcende a visão mecanicista e envolve um pensamento que se processa por meio de relações, padrões e contextos, o pensamento sistêmico.

Desde a década de 80, Fritjof Capra também tem se dedicado ao ativismo ambiental fundando um *think tank*³ chamado Instituto *Elmwood*, que em 1994 se tornou uma organização chamada *Center for Ecoliteracy*⁴, que promove “educação para uma vida sustentável” em escolas chamadas primárias e secundárias. CAPRA (2020) afirma que:

O foco principal de minha educação e de meu ativismo ambientalista está em ajudar a construir e promover comunidades sustentáveis – comunidades nas quais podemos satisfazer nossas necessidades e aspirações sem diminuir as oportunidades das gerações futuras.

Ao escrever “O TAO da Física”, Capra acreditava que essa “nova física” (contemporânea) dissertada em sua obra seria um modelo para outras ciências, assim como foi, e de certa forma ainda é, a física newtoniana. No entanto, sua visão mudou ao reconhecer os aspectos vivos da natureza, concluindo que a física por si só não pode dizer muita coisa a respeito desses sistemas vivos ou da própria natureza da vida. Assim, ele se voltou para as ciências da vida, em especial a Ecologia, mas permanece plenamente coerente com a “nova visão da realidade” abordada nas obras anteriormente citadas.

4.2 A nova física

A partir do desenvolvimento da física moderna, CAPRA (2020) aponta algumas particularidades da mesma que começaram a gerar uma profunda revisão da concepção humana acerca do universo e do relacionamento do indivíduo com este último. No século XX, ao explorarmos o mundo atômico e subatômico, a física clássica revelou suas limitações, o que levou a uma revisão profunda de muitos conceitos fundamentais, como massa, espaço, tempo e causa e efeito. Uma vez que esses conceitos desempenham um papel fundamental em nossa compreensão do mundo, sua reformulação teve o efeito de transformar nossa percepção da realidade.

O conhecimento científico possui uma característica que é a abstração do mundo natural. Para que possamos fazer mensurações, comparações, classificações da pluralidade da matéria e de seus fenômenos, não temos como levar em consideração todas as variáveis e características envolvidas naquilo que estamos observando. Precisamos selecionar aquelas que consideramos mais relevantes para se extrair alguma informação e, em seguida, transformá-las em dados mediante algum arcabouço teórico. Dessa forma, ver o mundo através do conhecimento científico é vê-lo de maneira limitada, não em sua essência, mas como uma forma de interpretá-lo de modo aproximado para nos trazer algumas respostas.

³ São organizações que desenvolvem estudos, investigações e análises sobre políticas públicas, orientando suas reflexões e resultados para a tomada de decisões, seja por parte dos gestores e governantes seja por parte da sociedade. Atuam, assim, como ponte entre as comunidades acadêmicas e de formulação de políticas, aproximando-as. Fonte: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz. Sobre Think Tanks. Disponível em: <<https://www.cee.fiocruz.br/?q=node/143>>. Acesso em: 06 de Julho de 2021.

⁴ <<https://www.ecoliteracy.org/>>

Sobre tal limitação do conhecimento científico, [SILVA \(2010, p. 59\)](#) traz a seguinte reflexão:

Falar dos limites do conhecimento científico não é desconsiderar ou rejeitar o legado do conhecimento produzido pela ciência moderna. É, antes de tudo, estreitar o debate entre a ciência e os saberes que ela silenciou, é procurar alargar e flexibilizar as fronteiras disciplinares, criadas pela especialização extrema, e acima de tudo pensar na produção de um conhecimento mais comprometido com as populações que foram relegadas às ausências, fruto do projeto imperialista da ciência moderna.

O mundo natural é muito mais complexo e variado do que nossa capacidade de abstração. Nele, as coisas ocorrem concomitantemente e não de forma sequencial ou compartimentada. A física moderna mostra que até mesmo o espaço dito vazio é curvo. Assim, os conceitos tradicionais de espaço e tempo, de objetos isolados, de causa e efeito perdem seu significado. Na física, o conhecimento é adquirido através do processo de pesquisa científica. Em geral, se tal pesquisa é sustentada de forma que todas as teorias se apoiem firmemente em experimentos, dizemos que essa pesquisa utilizou o método científico. Sobre este método, [CAPRA \(2020\)](#) afirma que:

O método científico de abstração é bastante eficiente e poderoso; temos, não obstante, de pagar um preço por esse método. À medida que definimos de forma mais precisa nosso sistema conceitual, à medida que damos a ele forma “aerodinâmica” e fazemos as interligações cada vez mais rigorosas, nosso sistema torna-se cada vez mais desligado do mundo real.

As transformações na física, decorrentes do desenvolvimento da física moderna, não apenas alteraram nossa compreensão da ciência física, mas também revolucionaram nossa percepção da natureza. Agora, o universo é percebido como um todo dinâmico e indivisível. As mudanças nos conceitos fundamentais da física nos proporcionaram uma visão de mundo completamente nova e profundamente distinta, na qual o observador desempenha um papel essencial. Mas é uma visão que ainda se encontra em processo de desenvolvimento. Segundo [CAPRA \(2020, p. 68\)](#):

(...) a visão de mundo clássica e mecanicista teve de ser abandonada no começo do século XX, quando as teorias quântica e da relatividade – as duas teorias básicas da física moderna – levaram-nos a adotar uma visão mais sutil da natureza, holística e orgânica.

A perspectiva orgânica considera todos os fenômenos do universo como componentes intrínsecos de um todo harmônico e indivisível. Em contrapartida, a abordagem mecanicista da natureza é caracterizada por um determinismo estrito, sugerindo que, se tivéssemos conhecimento de todas as grandezas físicas que atuam em um sistema e fôssemos capazes de analisar todas as variáveis envolvidas, poderíamos prever com precisão a dinâmica

de todos os sistemas físicos. Essa base filosófica do determinismo tem raízes na divisão fundamental entre o “eu” e o “mundo” introduzida por Descartes no século XVII. Nesta abordagem, para descrever fisicamente o mundo, não é necessário inserir o observador, que está “fora” dele, pois ele é um sujeito subjetivo de uma descrição objetiva. Assim, o mecanicismo é uma percepção filosófica do mundo e um método de explicação do mesmo (Capra, 2020).

A mecânica newtoniana, desde seu surgimento, teve um enorme impacto na ciência e tecnologia, levando muitos a acreditar que seria a teoria definitiva para explicar todos os fenômenos naturais. No entanto, no início do século XIX, surgiram algumas lacunas em sua explicação, especialmente em relação a irregularidades nos movimentos planetários. Newton sugeriu que “Deus” corrigia essas irregularidades. No entanto, o matemático Pierre Simon Laplace (1749-1827) questionou essa ideia, afirmando que não precisava dessa hipótese para explicar tais fenômenos.

A influência da mecânica newtoniana foi tão forte que o físico James Clerk Maxwell (1831-1879), ao estudar fenômenos elétricos e magnéticos, inicialmente tentou explicar o campo de força como uma vibração em um meio chamado éter. No entanto, Albert Einstein (1879-1955), cerca de cinquenta anos depois, demonstrou que o éter não era necessário para explicar os campos eletromagnéticos. Com a eletrodinâmica de Maxwell no início do século XX, a mecânica newtoniana deixou de ser a única teoria capaz de explicar todos os fenômenos naturais. O mundo de espaço e tempo absolutos da Mecânica newtoniana não era mais suficiente para abranger todos os fenômenos, indicando a necessidade de novos conceitos e teorias na física da época (Capra, 2020).

A unidade fundamental do universo é uma das descobertas mais significativas da física moderna, especialmente quando se adentra o mundo subatômico. Ao estudarmos os modelos da física subatômica, fica evidente que os componentes básicos da matéria e seus fenômenos estão constantemente interconectados de diversas maneiras. Eles existem em um estado constante de interação e interdependência, não podendo ser considerados como entidades isoladas, mas sim como partes essenciais de um todo. Nesse contexto, um físico nesta área não pode assumir o papel de um observador objetivo distante. À medida que observa, influencia cada vez mais as propriedades dos objetos observados. WHEELER (1973) destaca como fundamental o observador na teoria quântica, sugerindo inclusive a substituição da palavra “observador” pela palavra “participante”, segundo ele:

Nada é mais participante acerca do princípio quântico do que isso, ou seja, que ele destrói o conceito do mundo como “algo que existe lá fora”, com o observador em segurança e separado dele por uma chapa de vidro de 20 cm de espessura. Até mesmo para observar um objeto tão minúsculo como um elétron, ele precisa despedaçar o vidro. Precisa poder atingi-lo. Precisa, então, instalar seu equipamento de medida. Cabe a ele decidir se deve medir a posição ou o *momentum*. A instalação do equipamento para medir um deles exclui a instalação do equipamento para medir o

outro. Além disso, a medição altera o estado do elétron. Depois disso, o universo jamais será o mesmo. Para descrever o que aconteceu, temos de cancelar a velha palavra “observador”, substituindo-a por “participante”. Num estranho sentido, o universo é um universo participante.

Seguindo o raciocínio de Wheeler, a física clássica é eficaz para descrever os fenômenos físicos do cotidiano e tem grande sucesso na área tecnológica. No entanto, ao explorarmos o mundo microscópico, suas limitações se tornam evidentes. Não se trata de substituir uma visão pela outra, pois tanto a visão mecanicista quanto a orgânica do universo são válidas e úteis. Ao nos aprofundarmos no mundo da matéria microscópica, a física moderna revela uma natureza cada vez mais orgânica. Pode-se dizer que esta visão é mais abrangente e, portanto, mais fundamental do que a mecanicista, assim como a física clássica pode ser vista como um caso particular da teoria quântica. O inverso, contudo, não se aplica.

CAPRA e LUISI (2020) diferenciam as nomenclaturas que estão de acordo com o novo paradigma emergente, o qual pode ser descrito de mais de uma maneira. Pode-se chamá-lo de visão de mundo holística, que reconhece no mundo uma totalidade integrada, e não uma coleção de partes dissociadas entre si. Ou ainda ecológica, mas no sentido da “ecologia profunda”, uma escola filosófica fundada pelo norueguês Arne Naess no início da década de 70, fazendo a distinção entre “ecologia rasa” e “ecologia profunda”. Uma das distinções cruciais entre a ecologia superficial e a profunda é a perspectiva antropocêntrica da primeira, que coloca os seres humanos acima e fora da natureza, considerando-os a fonte de todos os valores e atribuindo à natureza apenas um valor instrumental, ou seja, um “valor de uso”. Por outro lado, a abordagem profunda não separa os seres humanos do ambiente natural, nem separa qualquer elemento dele. Ela percebe o mundo como uma teia de fenômenos intrinsecamente interligados e interdependentes. A nova física desempenha um papel fundamental nessa visão de mundo emergente, que está se tornando prevalente em todas as áreas da ciência e na sociedade.

4.3 Crise de percepções e transformações sociais

Altas taxas de inflação e desemprego, crise energética, problemas na assistência à saúde, poluição e outros desastres ambientais, bem como o aumento da violência e da criminalidade, representam diversas faces de uma única crise: a crise de percepção. De maneira análoga, podemos fazer um paralelo com a crise na física que ocorreu no final do século XIX. Naquela época, tentou-se aplicar uma visão de mundo mecanicista baseada na ciência cartesiana-newtoniana a uma realidade que já não podia ser compreendida por meio desses conceitos (Capra, 2012b).

A crescente incapacidade dos especialistas em diversas áreas de lidar com problemas

urgentes dentro de seus respectivos campos é um sinal evidente do nosso tempo. Essa limitação está diretamente relacionada à maioria dos intelectuais no mundo acadêmico, que muitas vezes adotam perspectivas estreitas da realidade, inadequadas para enfrentar os principais desafios contemporâneos. CAPRA (2012b, p. 25) argumenta que esses problemas são sistêmicos, ou seja, estão intrinsecamente interconectados e interdependentes. Portanto, não podem ser plenamente compreendidos através da metodologia fragmentada que caracteriza nossas disciplinas acadêmicas e organizações governamentais. Para abordar esses problemas, é necessária uma mudança estrutural que leve a transformações profundas em nossas instituições sociais, valores e ideias.

CAPRA (2012b, p. 37) ressalta a importância tanto do pensamento intuitivo quanto do racional. Ele destaca que esses dois modos de funcionamento da mente humana são complementares, mas possuem características distintas. Enquanto o pensamento racional é linear, focado e analítico, o pensamento intuitivo se baseia em uma experiência direta e não intelectual da realidade, resultante de um estado ampliado de percepção consciente. O pensamento racional está associado ao domínio intelectual, cuja função é discriminar, medir e classificar, o que o torna tendencialmente fragmentado. Por outro lado, o pensamento intuitivo tende a ser sintetizador, holístico e não linear.

Uma diferença fundamental entre esses dois tipos de pensamento é que o pensamento racional pode levar a uma abordagem egocêntrica, enquanto o pensamento intuitivo serve de base para ações mais ecológicas. Em nossa sociedade, existe um desequilíbrio que favorece o pensamento racional em detrimento do intuitivo. Esse viés é exemplificado pela famosa frase de Descartes, “Penso, logo existo”, que enfatiza a primazia da mente sobre a matéria e nos afasta do nosso ambiente natural como parte integrante dele.

Esse favorecimento do pensamento racional se manifesta na prevalência do conhecimento científico sobre a religião, na ênfase na competição em vez da cooperação, na exploração dos recursos naturais em vez da conservação, entre outros aspectos. Como consequência, é incerto quais transformações sociais ocorreriam se houvesse um equilíbrio maior em direção ao pensamento intuitivo, sobre esse pensamento EINSTEIN (1931) afirmou que:

Eu acredito na intuição e na inspiração. A imaginação é mais importante que o conhecimento. O conhecimento é limitado, enquanto a imaginação abraça o mundo inteiro, estimulando o progresso, dando luz à evolução. Ela é, rigorosamente falando, um fator real na pesquisa científica.

A concepção mecanicista, alimentada pelo pensamento racional, ainda é a base da maioria das nossas ciências e exerce uma grande influência em nossas vidas. A fragmentação de nossas disciplinas acadêmicas e a abordagem do meio ambiente natural como uma coleção de peças separadas a serem exploradas por grupos distintos são exemplos dessa

influência duradoura. Esse modelo é tão influente que, desde o século XVII, a física tem sido considerada o modelo de uma ciência “exata” para todas as outras disciplinas. Estas abraçaram a visão mecanicista e reducionista da física clássica como a representação precisa da realidade, adotando-a como modelo para suas próprias teorias.

Essa influência foi tão profunda que a filosofia científica defendida por Francis Bacon (1561-1626) e amplamente disseminada como método na física ficou conhecida como método científico, como se fosse uma abordagem universalmente válida para todas as ciências. A psicologia e a sociologia, por exemplo, direcionaram-se naturalmente para os princípios básicos da física para ganhar uma credibilidade científica. No entanto, [CAPRA \(2012b, p. 46\)](#) destaca que até mesmo a física transcendeu a visão cartesiana e incorpora elementos de um pensamento científico mais contemporâneo, afirmando que “A física moderna pode mostrar às outras ciências que o pensamento científico não tem que ser necessariamente reducionista e mecanicista, que as concepções holísticas e ecológicas também são cientificamente válidas”. Quando internalizamos que os cientistas não lidam com a verdade absoluta, e sim com descrições da realidade limitada e aproximada, esta perspectiva faz todo o sentido.

4.4 Crescimento não sustentável

Paralelamente ao constante avanço tecnológico, temos testemunhado um agravamento das condições ambientais que afetam a qualidade de vida. O ruído excessivo, a contaminação química, o trânsito intenso, o aumento dos riscos de exposição à radiação e outras fontes prejudiciais tornaram-se parte do dia a dia de uma grande parte da população global. O envenenamento da água e do ar, por exemplo, representa ameaças graves à vida humana. Esses aspectos prejudiciais não são meras consequências do progresso tecnológico, mas também resultado de um sistema econômico que valoriza o crescimento, a expansão e a produtividade a qualquer custo. O consumismo tecnológico impulsiona o aumento na geração de resíduos, exigindo, por sua vez, um aumento na produção de energia para atender a essa demanda. A dependência contínua de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis, na produção de energia, está se tornando cada vez mais dispendiosa, à medida que esses recursos escasseiam, além de causar danos ecológicos crescentes ([Capra, 2012b](#)).

Assim como o corpo humano, o solo é um organismo vivo e está sujeito a sérias perturbações em seu equilíbrio natural devido a abordagens inadequadas. O desequilíbrio no corpo humano resulta em doenças, enquanto no solo ele se manifesta na forma de ervas daninhas ou pragas nas áreas agrícolas. Na agricultura moderna, esse desequilíbrio muitas vezes está relacionado aos métodos de cultivo, que são acompanhados por aplicações em larga escala de produtos químicos para manter a produtividade. No caso do ser humano, o desequilíbrio é frequentemente resultado do condicionamento promovido pela indústria

farmacêutica, que influencia médicos e pacientes, levando-nos a acreditar que precisamos de tratamentos medicamentosos constantes. CAPRA (2012b, p. 245) afirma que:

A influência da indústria farmacêutica sobre a prática médica tem um interessante paralelo na influência petroquímica sobre a agricultura e a lavoura. Os agricultores, tal como os médicos, lidam com organismos vivos que são seriamente afetados pela abordagem mecanicista e reducionista de nossa ciência e tecnologia.

É importante notar que esses dois sistemas, o humano e o ambiental, estão intrinsecamente interconectados. Qualquer desequilíbrio no solo afetará a qualidade dos alimentos produzidos e, por consequência, a saúde das pessoas que consomem esses alimentos.

4.5 Características do pensamento sistêmico

No prefácio da obra “Visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas” (Capra; Luisi, 2020), encontramos sua finalidade:

Para estudantes que não se contentam com modelos de educação fragmentados e ultrapassados e buscam uma formação mais sistêmica e completa. Para cidadãos que querem colocar a mão na massa e promover as transformações necessárias, e urgentes, no nosso planeta. E querem começar já!

Desta forma, entende-se que tal obra traz uma perspectiva de pensamento mais contemporâneo em relação à ciência e ao fazer ciência. No século XVII, durante a Revolução Científica, sujeito e objeto foram separados, levando-nos a acreditar que a prática do cientista é independente dos fatos científicos e, conseqüentemente, dos nossos valores. Porém, além desse paradigma⁵ mecanicista, CAPRA (2000) na obra “A Teia da Vida” generalizou a definição de KUHNS (2021) de paradigma científico para a de paradigma social, como “Uma constelação de concepções, de valores, de percepções e de práticas compartilhados por uma comunidade, que dá forma a uma visão particular da realidade, a qual constitui a base da maneira como a comunidade se organiza”.

Nessa nova perspectiva científica, ocorre uma mudança de paradigma em que o mundo deixa de ser visto como uma máquina e passa a ser compreendido como uma rede interconectada. Isso implica uma reavaliação de algumas referências no campo da ciência. Por exemplo, para CAPRA (2012a), “o moderno pensamento científico não surgiu

⁵ Baseando-se no termo “paradigma” a partir da obra “A Estrutura das Revoluções Científicas” (Kuhn, 2021) de Thomas Kuhn, que seria como uma estrutura mental vigente, composta por concepções, valores, técnicas, teorias, entre outros aspectos, que norteiam o pensamento científico e utilizados por essa comunidade para definir problemas e soluções legítimos.

com Galileu, como historiadores da ciência costumavam afirmar, mas com Leonardo da Vinci (1452-1519)”. Leonardo da Vinci incorporava não apenas elementos do chamado método científico, como a abordagem empírica, a observação sistemática da natureza, o raciocínio lógico e a matemática, mas também uma abordagem visual, semelhante à de um pintor. Sua pintura envolvia o estudo das formas naturais e a conexão íntima entre a representação artística dessas formas e a compreensão intelectual de sua natureza intrínseca e dos princípios subjacentes. Dessa forma, ele conseguiu unir arte e ciência em uma abordagem única.

No campo científico do século XX, a perspectiva holística passou a ser conhecida como “sistêmica”. Suas principais características começaram a surgir na Europa na década de 1920 em diversas disciplinas. Os pioneiros em desenvolver o pensamento sistêmico foram, em grande parte, biólogos que enfatizavam a visão dos organismos vivos como totalidades integradas. Posteriormente, essa abordagem se expandiu para áreas como a psicologia da Gestalt, ecologia e física quântica. Por volta da década de 1930, a maioria das principais características do pensamento sistêmico já havia sido formulada. A exploração dos sistemas vivos levou os cientistas a adotar uma maneira de pensar que enfatiza conceitos como conectividade, relações e contexto, em vez de se concentrar apenas em objetos e estruturas materiais. Ao mesmo tempo, as descobertas na física quântica forneceram suporte para essa nova visão do universo. O pensamento sistêmico representa uma mudança na percepção, passando de um foco em objetos e estruturas materiais para uma compreensão centrada em processos e padrões de organização não materiais, que constituem a essência da vida (Capra; Luisi, 2020).

É importante salientar que “a ênfase nas relações, nas qualidades e nos processos não significa que os objetos, as quantidades e as estruturas não são mais importantes” (Capra; Luisi, 2020, p. 112). Não se trata de eliminar totalmente uma perspectiva em favor da outra, mas que haja uma interação complementar entre as duas.

A relação entre as partes e o todo está diretamente ligada à compreensão mais profunda das leis fundamentais que regem a interação da matéria. Nas novas abordagens, as propriedades das partes só podem ser totalmente entendidas através da dinâmica do conjunto. Ao compreender a dinâmica global, é possível deduzir, em princípio, as propriedades e os padrões de interação das partes. Essa transformação na compreensão começou com a física, quando a teoria quântica foi desenvolvida. O conceito clássico de átomo ou partícula perdeu sentido, pois era impossível defini-los com precisão, e eles demonstraram ter propriedades variáveis dependendo do contexto experimental. Gradualmente, os físicos mudaram sua percepção, passando a enxergar a natureza atômica não como blocos de construção fundamentais, mas como uma rede de relações interconectadas. Isso representa uma mudança de paradigma, do pensamento baseado em estrutura para o pensamento baseado em processo, é um dos critérios do novo paradigma científico (Capra, 2020).

Cada estrutura observada é vista como uma manifestação de um processo subjacente. Segundo CAPRA (2020, p. 340), esse pensamento em termos de processo surge na física com a teoria da relatividade de Einstein, na seguinte forma:

O reconhecimento de que a massa é uma forma de energia eliminou da ciência o conceito de substância material, e com ele também o de estrutura fundamental. As partículas subatômicas não são feitas de qualquer estofamento material; são padrões de energia. A energia, no entanto, está associada com atividade, com processos, e isto implica que a natureza das partículas subatômicas é intrinsecamente dinâmica. Ao observá-las, nunca vemos qualquer substância, nem qualquer estrutura fundamental. O que observamos são padrões dinâmicos, transformando-se continuamente uns nos outros - uma contínua dança de energia.

Segundo CAPRA (2020, p. 341), o físico Werner Heisenberg (1901-1976) introduziu o papel crucial do observador na física quântica e afirmou que “não podemos nunca falar sobre a natureza sem falar, ao mesmo tempo, sobre nós mesmos. Em outras palavras, “o que você vê depende de como você olha”. Capra chama de “mudança de ciência objetiva para a ciência epistêmica”. As descrições científicas objetivas caracterizam o paradigma anterior pela independência do observador humano e do processo de conhecimento. No novo paradigma, o entendimento do processo de conhecimento é fundamental na descrição dos fenômenos naturais. Destaca também que a epistemologia terá que ser parte integrante de toda teoria científica.

No pensamento sistêmico questiona-se os fundamentos sólidos e firmes de um “edifício do conhecimento” dito por cientistas, baseados em “princípios e leis fundamentais”, “constantes fundamentais”, “blocos de construção básicos da matéria” e de “equações fundamentais”. CAPRA (2020) salienta que nem sempre as fundações do conhecimento científico deste “edifício” permaneceram sólidas. Além das mudanças repentinas, houve muitos abalos na ciência devido à mudança de paradigmas, que ocorreram como importantes revoluções científicas.

Capra também destaca que Descartes, na obra “Discurso do método” (Descartes, 2001), julgava que “nada sólido podia ser construído sobre fundações tão móveis”, mas Einstein trezentos anos depois escreveu em sua biografia a respeito da física quântica: “Foi como se o chão tivesse sido arrancado sob os nossos pés, sem que se visse, em lugar algum, qualquer base sólida sobre a qual se pudesse construir algo”. Em relação aos alicerces do conhecimento científico, CAPRA (2020) evidencia que:

Repetidas vezes, durante toda a história da ciência, teve-se a sensação de que os alicerces do conhecimento estavam se movimentando, ou mesmo desmoronando. A atual mudança de paradigma na ciência evoca novamente essa sensação, mas agora pode ser a última vez; não porque não haverá mais progresso ou mudanças, mas pelo fato de que não haverá mais quaisquer alicerces no futuro. Talvez não consideremos necessário,

numa ciência futura, construir o nosso conhecimento sobre bases sólidas, e talvez possamos substituir a metáfora da construção pela metáfora da rede. Assim como vemos a realidade ao nosso redor como uma rede de relações, também nossas descrições - conceitos, modelos e teorias - formarão uma rede interconexa, representando os fenômenos observados. Nessa rede, não haverá nada primário ou secundário, nem quaisquer alicerces.

CAPRA (2020) alinha-se com a filosofia *bootstrap* de CHEW (1968), que sustenta que a natureza não pode ser simplificada em entidades fundamentais, como partículas elementares ou campos fundamentais. Em vez disso, a natureza é compreendida em termos de sua própria coerência interna, onde seus componentes são consistentes entre si e consigo mesmos. A filosofia *bootstrap* conduz a uma nova perspectiva de mundo e é considerada um dos sistemas de pensamento mais profundos do Ocidente, uma vez que não aceita a existência de entidades fundamentais na ciência.

Essa filosofia representa a rejeição final dos ideais mecanicistas pela nova visão de mundo da física moderna. Após as revoluções na ciência lideradas por Einstein com sua teoria da relatividade e por Bohr e Heisenberg na interpretação da mecânica quântica, CAPRA (2020) argumenta que Chew deu o terceiro passo revolucionário na física do século XX.

Apesar da complexidade das interconexões nos fenômenos naturais, não é necessário compreender todas essas conexões para explicar um fenômeno específico. Seria praticamente impossível conhecer todas as relações possíveis entre eles. Torna-se viável entender a natureza ao reconhecermos que possuímos apenas um conhecimento aproximado dela. Se nos contentarmos com esse nível de compreensão, podemos descrever alguns fenômenos enquanto ignoramos outros que consideramos menos relevantes. Dessa forma, podemos obter uma compreensão aproximada de diferentes aspectos da natureza sem a necessidade de compreender tudo de uma vez. É uma mudança da busca pela verdade para a descrição aproximada dos fenômenos. A respeito disso, CAPRA (2020) explica que:

O paradigma cartesiano baseava-se na crença da certeza do conhecimento científico (...). No novo paradigma, reconhece-se que todos os conceitos e teorias científicas são limitados e aproximados. A ciência nunca poderá proporcionar um entendimento completo e definitivo. Os cientistas não lidam com a verdade (no sentido de uma correspondência precisa entre a descrição e os fenômenos descritos); lidam com descrições limitadas e aproximadas da realidade.

CAPRA (2020, p. 345) afirma que: “Defendo a mudança de uma atitude de dominação e controle da natureza, incluindo os seres humanos, para um comportamento cooperativo de não violência”. Ele reforça que tal comportamento é profundamente ecológico, uma perspectiva necessária para descrever apropriadamente nosso mundo globalmente

interligado, assim como os fenômenos biológicos, psicológicos, sociais e ambientais. A ameaça à sobrevivência humana frente a um holocausto nuclear e à devastação ambiental é real, se não houver uma mudança radical nos métodos e valores subjacentes à nossa ciência e à nossa tecnologia.

Posteriormente, esses critérios fundamentais ao “pensamento do novo paradigma em ciência”, vieram a se tornar características do pensamento sistêmico. A essência de cada uma dessas características pode ser entendida da seguinte forma (Capra; Luisi, 2020, p. 113):

Mudança de perspectiva das partes para o todo: A característica mais fundamental do pensamento sistêmico é a mudança de perspectiva das partes para o todo. Os sistemas vivos são totalidades integradas, cujas propriedades não podem ser reduzidas às de suas partes componentes. Suas propriedades essenciais, chamadas de propriedades sistêmicas, são características do sistema como um todo e não podem ser atribuídas a nenhuma das partes individualmente. Essas propriedades emergem a partir de padrões de organização específicos que são característicos de uma classe particular de sistemas. As propriedades sistêmicas são perdidas quando um sistema é desmembrado, seja fisicamente ou conceitualmente, em elementos isolados.

Multidisciplinaridade inerente: Na natureza, encontramos uma profusão de sistemas vivos. Cada ser vivo, seja um animal, planta, microorganismo ou humano, é, em si, um sistema integrado. Além disso, as partes individuais de organismos, como folhas ou células, também podem ser consideradas sistemas vivos. Sistemas vivos podem estender-se a comunidades de organismos, que podem ser sociais, como uma família ou uma organização, ou ecossistemas inteiros. A perspectiva sistêmica da vida revela que todos esses sistemas compartilham propriedades e princípios de organização semelhantes. Isso ressalta a natureza multidisciplinar do pensamento sistêmico, que pode ser aplicado em diversas áreas acadêmicas para identificar semelhanças entre diferentes fenômenos em uma ampla gama de sistemas vivos.

De objetos para relações: Na perspectiva mecanicista, o mundo é percebido como uma reunião de objetos que interagem entre si, com as relações entre eles sendo consideradas secundárias. Por outro lado, na abordagem sistêmica, entendemos que os próprios objetos são intrinsecamente redes de relações, inseridos em sistemas mais amplos. Para o pensador sistêmico, as relações ocupam um papel de importância primordial.

De medição para mapeamento: Na ciência, frequentemente nos ensinam a medir e pesar coisas. No entanto, as relações não podem ser medidas ou pesadas da mesma forma; em vez disso, precisamos mapeá-las. Portanto, a mudança de perspectiva,

passando do foco em objetos para o foco em relações, está intrinsecamente ligada a uma mudança na metodologia, da medição para o mapeamento. Quando mapeamos as relações, começamos a identificar certos arranjos que emergem de forma imprevista, conhecidos como padrões.

De quantidades para qualidades: O ato de mapear relações e investigar padrões não segue uma abordagem baseada em quantidades, mas sim em qualidades. Assim, o pensamento sistêmico representa uma transição de ênfase de quantidades para características qualitativas.

De estruturas para processos: No contexto mecanicista, existem estruturas fundamentais, seguidas por forças e mecanismos pelos quais elas interagem, resultando em processos. Por outro lado, na ciência sistêmica, cada estrutura é considerada uma manifestação de processos subjacentes.

Da ciência objetiva para a ciência epistêmica: A perspectiva sistêmica da realidade como uma intrincada rede de relações tem implicações significativas não apenas para nossa concepção da natureza, mas também para nossa compreensão do conhecimento científico. Na ciência cartesiana, acreditava-se que as descrições científicas fossem objetivas, ou seja, independentes do observador humano e do processo de obtenção do conhecimento. Por outro lado, na ciência sistêmica, reconhecemos que a epistemologia - a compreensão do processo de conhecimento - deve ser explicitamente incorporada na descrição dos fenômenos.

Da certeza cartesiana ao conhecimento aproximado: O que permite a transição para uma abordagem sistêmica rigorosa é a descoberta de que o conhecimento aproximado é viável. Essa compreensão é de vital importância em toda a ciência contemporânea. O paradigma mecanicista se baseia na crença cartesiana na certeza do conhecimento científico. No paradigma sistêmico, reconhecemos que todos os conceitos e teorias científicas são inerentemente limitados e aproximados. A ciência nunca pode fornecer um conhecimento completo e definitivo. Em termos diretos, na ciência, não estamos buscando a verdade no sentido de uma correspondência exata entre nossas descrições e os fenômenos que estamos descrevendo. Sempre estamos lidando com um conhecimento que é limitado e aproximado.

Com base nessas características, posso concluir que essa abordagem representa uma mudança significativa na maneira como podemos perceber e estudar o mundo. O pensamento sistêmico nos convida a uma abordagem mais holística e interdisciplinar para compreender sistemas vivos e complexos. Ele nos lembra da importância das relações e processos, afastando-nos da busca pela certeza absoluta e reconhecendo a complexidade da realidade.

Essa abordagem se alinha com a CTSA, que enfatiza a interconexão entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, permitindo aprofundar nas relações e processos que permeiam essas áreas, sendo fundamental para uma visão mais integrada do mundo e para abordar desafios complexos.

5 Contextualização da abordagem CTS

“Na física, como na educação, a compreensão dos princípios e relações fundamentais é mais crucial do que a acumulação de conhecimento factual”.

Fritjof Capra

O nome CTS pode ser atribuído à influente coleção de artigos publicados sob o nome de *Science Technology and Society* por Spiegel-Rosing e Price em 1977. Nessa data, havia um movimento acadêmico internacional pequeno, mas vigoroso, em estudos de ciências, que examinou os aspectos econômicos e políticos das questões baseadas na ciência, bem como a história, a sociologia e a filosofia da própria ciência (Fensham, 1988, p. 19). SOLOMON (1993, p. 19) afirma que não há uma definição unívoca da CTS, no entanto, suas origens e propósitos convergem dentro da educação científica principalmente a partir da década de 50. Os problemas socioambientais alertados pelos movimentos ambientalistas e sociais, e as discussões sobre as consequências do impacto da Ciência e Tecnologia na sociedade moderna, envolvidos num cenário de tensão social (desde a década de 50) foram o contexto em que a abordagem CTS começou a se estabelecer (Santos; Schnetzler, 2010, p. 18).

PÉREZ (2012, p. 11) acrescenta nesse contexto o movimento da contracultura e o Movimento *Pugwash*, que de certa forma já representavam um embate diante dos conflitos bélicos e processos de dominação e controle cultural vigentes na época. Albert Einstein e o filósofo Bertrand Russell (1872-1970) lideraram esse movimento, que ficou conhecido como *Pugwash Conferences on Science and World Affairs* e deu origem a uma organização não-governamental, que fazia um apelo em um manifesto para uma reunião de cientistas a fim de discutir os riscos da proliferação nuclear. O manifesto foi divulgado em uma conferência de imprensa em Londres, no dia 9 de julho de 1955 (D’Ambrosio, 2005). Com o fim da guerra, em 1945, a iminência de uma catástrofe nuclear sem precedentes levou cientistas, de todo o mundo, a se organizarem para alertar governos e populações.

Outro contexto importante que impulsionou o surgimento da abordagem CTS foram as discussões acadêmicas sobre a natureza da ciência e seu papel na sociedade, questionando o paradigma vigente naquele período. Tais discussões foram influenciadas fundamentalmente pela obra “A estrutura das revoluções científicas” de Thomas Kuhn (Kuhn, 2021) lançada primeiramente em 1962 (Santos; Schnetzler, 2010, p. 18). Essa obra questionava, entre outras coisas, a aparente neutralidade do conhecimento científico, salientando os fatores sociais como relevantes para a evolução da ciência PÉREZ (2012, p. 11).

Nesse período, a imagem cultural da ciência e tecnologia na sociedade já era caracterizada pela visão clássica do positivismo acerca da natureza da ciência. Tal concepção ainda está presente no mundo acadêmico, sendo descrita por PALACIOS, GALBARTE e BAZZO (2005, p. 120) da seguinte forma:

A concepção clássica das relações entre a ciência e a tecnologia com a sociedade é uma concepção essencialista e triunfalista, que pode resumir-se em uma simples equação, o chamado “modelo linear de desenvolvimento”:
+ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social.

Ainda sobre problemas socioambientais, a obra “Primavera Silenciosa” (Carson, 2010) de Rachel Carson, lançada em 1962, nasceu em um período de insatisfação social com os valores da sociedade capitalista e problemas de ordem social e política que ocorreram nos anos 50 e 60. Nesse período, houve um clima favorável para o envolvimento da sociedade civil, impulsionando o fortalecimento de movimentos sociais como o ambientalismo.

Essa obra impulsiona debates contundentes sobre o uso de agrotóxicos e questões relacionadas a armas químicas no contexto da Segunda Guerra Mundial (Oliveira; Uhmman, 2021). Inicia-se uma tomada de consciência crítica de que o crescimento e a sociedade de consumo, atrelados aos ideais da razão ocidental burguesa e aos valores da cultura industrial, estão associados à destruição do meio ambiente (Ramos, 2001). “Primavera Silenciosa” é considerada um dos marcos fundadores do movimento ambientalista internacional.

O movimento de contracultura surgiu nos anos 60 e referia-se a manifestações culturais contestadoras em vários países, como os Estados Unidos e especialmente na Europa, e com menor intensidade e repercussão na América Latina. O movimento representava formas não tradicionais de oposição e havia o embate contra a rápida industrialização, o crescimento econômico e a racionalização científica no pós-guerra. Também foi representada em manifestações artísticas como o *Rock*, o *Punk Rock* e os movimentos *Hippies*. Foi o momento da internacionalização do movimento estudantil, havendo manifestações a este respeito em diversos países em maio de 1968 (Pereira, 1989, p. 11 - 13). Desde então tem-se defendido a abordagem CTS no ensino de ciências em diversos países (Santos; Schnetzler, 2010, p. 18).

Na América Latina, o Pensamento Latino-Americano em Ciência, Tecnologia e Sociedade (PLACTS) emergiu durante um período crítico marcado pelo debate sobre a transferência tecnológica. Este movimento, liderado por cientistas, engenheiros e matemáticos, buscou desafiar e reformular o modelo de industrialização predominante. Desde as décadas de 1960 e 1970, seus proponentes sublinharam que a transferência tecnológica não consistia apenas na movimentação de ferramentas neutras, mas também de modelos sociais implícitos. Criticaram a dinâmica de desenvolvimento científico-tecnológico por ser desconectada das necessidades da sociedade latino-americana em sua totalidade. Propuseram a criação de uma política científico-tecnológica que se baseasse nas demandas

da maioria da população, frequentemente ignoradas. Buscavam romper com o modelo de desenvolvimento linear, promovido pelo enfoque norte-americano, que via a ciência e a tecnologia como elementos centrais para o progresso econômico e o bem-estar social. Em vez disso, visavam a uma ciência e tecnologia que atendessem às necessidades específicas da população latino-americana (Dias; Dagnino, 2007).

Entre as décadas de 1970 e 1980, houve uma convergência maior entre o PLACTS e a perspectiva educacional do educador Paulo Freire, com uma ênfase crescente no desafio aos mitos do cientificismo, como a neutralidade científica e o salvacionismo tecnológico, promovendo uma educação que fomentasse uma análise crítica das inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (Auler; Delizoicov, 2015). Nos Estados Unidos e na Europa, o movimento CTS emergiu com características diferentes da América Latina e do Brasil. Uma característica mais global desse movimento para a abordagem CTS é destacada por SANTOS e SCHNETZLER (2010, p. 19):

As propostas de ensino de ciências com enfoque CTS que emergiram desse movimento apresentavam um caráter interdisciplinar, com uma preocupação central com os aspectos sociais relativos às aplicações da Ciência e Tecnologia, vinculados diretamente à formação da cidadania.

Além disso, o movimento CTS propunha um ensino mais humanizado de ciências, em contraste com o ensino elitista, tecnocrático, conteudista e compartimentalizado que se observava nas disciplinas de ciências naturais (Pérez, 2012, p. 12).

Em termos de ensino de ciências, é bem provável que ZIMAN (1980) tenha sido o primeiro a publicar um trabalho para discutir a renovação no ensino de ciências com abordagem CTS. Havia uma série de orientações interessadas na contextualização social da ciência. ZIMAN (1980, p. 108) destacou sete delas, apresentadas no Quadro 13 estão na seguinte forma:

Quadro 13 – Orientações da abordagem CTS para a contextualização social da ciência.

Orientações CTS	Principais características
Tornar a ciência relevante	Ensinar ciência, tecnologia e suas aplicações, levando em consideração o contexto social e a necessidade dos estudantes, com o objetivo de aumentar o interesse dos mesmos sobre a ciência, e assim favorecer aprendizados mais significativos.
Abordagem vocacional	Destaca a importância de incluir na formação profissional uma parte substancial dos aspectos sociais dos futuros empregos dos estudantes.
Interdisciplinaridade	As disciplinas específicas da educação científica convencional podem estar relacionadas a temas maiores que têm aspectos sociais significativos.
Abordagem histórica	A história da ciência não é, por si só, uma “abordagem” da educação CTS: é um método, ou um modo pelo qual temas CTS podem ser aprofundados.
Abordagem filosófica	A educação CTS deve ser construída sobre uma teoria da natureza da ciência. A análise filosófica de teorias científicas bem estabelecidas deve ser abordada e refletida antes de tentar ampliar a discussão para aspectos mais sociais.
Abordagem sociológica	Analisa a construção social da ciência levando-se em consideração que temas CTS são tanto sobre a sociedade em geral quanto sobre ciência ou tecnologia. Propõe que a educação CTS comece com uma introdução elementar aos conceitos sociológicos.
Abordagem problemática	A ciência e a tecnologia são a causa e a solução de muitos problemas que afetam diretamente a sociedade. Estes são problemas socioambientais que devem ser abordados como uma das grandes frentes da educação CTS.

Fonte: Elaborado pelo autor.

ZIMAN (1980, p. 132) esclarece que essas sete abordagens não esgotam as possibilidades de contextualização e que nenhuma é excluyente das outras. Para cada assunto a ser abordado, variadas metodologias podem ser aplicadas, cada uma com suas características intrínsecas, focando em objetivos educacionais específicos. Uma dessas metodologias é a de investigação em pequenos grupos, que pode ser adequadamente desenvolvida dentro do EPP de CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002).

Em relação ao ensino de ciências, ZIMAN (1980, p. 134) destaca que:

Em um mundo ideal, o conteúdo e o estilo de ensino seriam adaptados às necessidades pessoais de cada estudante (...). Na prática, exige uma reflexão séria sobre as capacidades características, gostos e objetivos educacionais dos vários grupos de estudantes nas escolas e faculdades onde a educação CTS está sendo realizada.

Dessa forma, ZIMAN (1980) indica romper com um ensino centrado no docente para um ensino centrado no estudante. A abordagem problemática do ensino de ciências com a abordagem CTS oferece importantes possibilidades para trabalhar QSC do mundo contemporâneo, centrado nos estudantes. Problematizar tais questões implica um questionamento profundo das causas dos grandes problemas associados à destruição da natureza, doenças, guerra e pobreza, que os estudantes podem vivenciar na biorregião em que vivem ou que desejam conhecer através do estudo de outras realidades.

Estes estudantes se constituirão sujeitos, e não objetos, “por uma reflexão sobre sua situação, sobre seu ambiente concreto. Quanto mais refletir sobre a realidade, sobre sua situação concreta, mais emerge, plenamente consciente, comprometido, pronto a intervir na realidade para mudá-la” (Freire, 1980, p. 35).

Uma possível origem das primeiras discussões sobre a complexidade inerente da educação científica nas escolas, associadas ao CTS, está na obra *Developments and Dilemmas in Science Education* de FENSHAM (1988), mais especificamente nos capítulos *The Dilemma of Science, Technology and Society Education* de SOLOMON (2012) e *Broadening the Aims of Physics Education* de EIJKELHOF e KORTLAND (2012). Nesses capítulos, discute-se um movimento promissor chamado “Ciência-Tecnologia-Sociedade”, que reunia educadores inovadores em Ciência e Tecnologia.

Naquela época, fim dos anos 70 e início dos anos 80, a chamada educação CTS já enfrentava visões opostas sobre questões como o propósito das escolas, o currículo de ciências, o ensino, a avaliação, o papel dos docentes, a natureza da aprendizagem, a diversidade dos estudantes e o significado de “Ciência”.

CARR e KEMMIS (1988) identificam diferentes dimensões relacionadas à pesquisa curricular, das quais destaco aquelas que abordam os distintos enfoques sobre a educação como um fenômeno intrinsecamente humano e social, bem como as diversas formas de intervenção do pesquisador. Essas dimensões reforçam os meus pressupostos teóricos, que não seguem a abordagem positivista. Uma dessas dimensões diz respeito à maneira como alguns estudiosos da educação percebem as evidências relacionadas aos fenômenos educacionais. Alguns argumentam que somente os elementos comportamentais externos podem ser adequadamente quantificados utilizando o modelo das ciências físicas; tal abordagem considera o processo educativo como algo determinístico e, portanto, sujeito a potencial controle científico. Por outro lado, há aqueles que não aceitam prontamente essa comparação com as ciências físicas e enxergam a atividade humana como largamente intencional. Neste caso a educação é vista como:

(...) distintamente humana e social na medida em que é um produto de nossa linguagem e interações com os outros, bem como parte de um ambiente social e cultural. (...) Nossas ações educativas são consequência de nossas escolhas e compromissos morais, de modo que só podem ser

compreendidas no contexto de nossos valores, aspirações e intenções.

Essa divisão de visões tem sido frequentemente apresentada como métodos “quantitativos” versus “qualitativos”, ou “objetividade” versus “subjetividade”, como parte de uma ou outra perspectiva. Cada visão tem suas potencialidades e limitações. É claro que o currículo é humano e social por sua natureza, e que há divergências entre seus pesquisadores, como em outros ramos das ciências sociais, sobre o grau em que seus problemas e questões podem ser examinados com instrumentos semelhantes aos das ciências físicas. Mas, na medida em que esses métodos são inadequados para o estudo da vida social, será necessário empregar outros julgados mais apropriados para tal estudo (Carr; Kemmis, 1988).

Sobre a dimensão que envolve a pesquisa curricular em relação aos diferentes níveis de intervenção do pesquisador na situação estudada, temos essencialmente dois tipos: aqueles que acreditam que suas observações não influenciam de alguma forma o objeto observado, chamadas de observações “não reativas”; e aqueles cujas observações costumam repercutir sobre o que se observa, sendo a observação longe de ser neutra ou indiferente, em termos de suas consequências teóricas ou práticas.

Na contemporaneidade, tendemos a pensar que a observação vem carregada de uma bagagem de teorias e avaliações anteriores, e o pesquisador não acredita que seu trabalho seja “não reativo”. Há discordância, porém, sobre até que ponto a intervenção do pesquisador na situação estudada é necessária para entendê-la.

As atitudes dos pesquisadores em relação às pessoas que participam de suas pesquisas e suas relações com elas variam. Os participantes podem ser vistos como objetos de estudo (ou elementos do fenômeno, “sujeitos experimentais”, por assim dizer), como colaboradores do pesquisador na busca do conhecimento, ou ainda como parceiros na busca de melhores práticas. Essas distinções têm consequências importantes para o que a pesquisa pode produzir (Carr; Kemmis, 1988).

Ainda enfatizando o currículo, ele deve ser orientado no estudante, e não no cientista, como é feito tradicionalmente. Este é um dos aspectos que ele destaca como característica da educação CTS, é torná-lo mais cidadão, no sentido dele acompanhar as mudanças sociais e atendê-las, assim, ensinar ciência significa “ensinar sobre os fenômenos naturais de maneira que a ciência esteja embutida no ambiente social e tecnológico do estudante” (Aikenhead, 1994).

A verdadeira natureza da ciência interdisciplinar se evidencia em programas educacionais nos quais disciplinas são integradas de diversas áreas tradicionais da ciência. SILVA (2010, p. 15) reforça tal questão interdisciplinar destacando que “a busca de conhecimentos que se localizam em áreas fronteiriças da ciência poderá contribuir para revelar elementos capazes de responder a questões que as disciplinas isoladas não são capazes de responder”.

Porém, faz um alerta:

A abordagem interdisciplinar não se relaciona somente com os interesses e articulações das ciências existentes, mas sim com as ideologias e teorias que produzem sentidos e mobilizam ações sociais para a construção de uma outra racionalidade social (Silva, 2010, p. 73).

Nesse contexto, surge uma oportunidade promissora para a CTS, pois as disciplinas isoladas do ensino de ciências convencional podem ser relacionadas a temas mais amplos que tenham relevância social significativa. Isso nos permite avançar em direção a uma maior relevância social em comparação com abordagens focadas em uma única disciplina “válida”. Por exemplo, podemos destacar como a combinação da física, química e engenharia pode abordar desafios relacionados à crise energética, enquanto também ressalta as limitações e a falta de relevância da ciência pura diante de questões sociais e éticas emergentes.

Um dos equívocos do cientificismo é a crença em uma “ciência” (real ou potencial) capaz de resolver todos os tipos de problemas. No entanto, uma análise das capacidades conjuntas das ciências existentes revela rapidamente as vastas lacunas e as áreas desconhecidas em nossa compreensão científica do mundo (Ziman, 1980).

A educação CTS foi vista como algo que se afastava do então paradigma positivista, pois se direcionava a uma visão holística da educação científica (Aikenhead, 2005). Assim, a abordagem CTS tem pressupostos tais como a contextualização sociocultural, a interdisciplinaridade e a ampliação da consciência crítica. Tal consciência, FREIRE (2003, p. 30) salienta que:

Uma educação que procura desenvolver a tomada de consciência e a atitude crítica, graças à qual o homem escolhe e decide, liberta-o em lugar de submetê-lo, de domesticá-lo, de adaptá-lo, como faz com muita frequência a educação em vigor num grande número de países do mundo, educação que tende a ajustar o indivíduo à sociedade, em lugar de promover-lo em sua própria linha.

Daí a importância do ensino de ciências envolver temas científicos ou tecnológicos problemáticos na perspectiva das QSC. Consequentemente, isso aproxima as problemáticas socioambientais, potencializando uma educação que valoriza o cidadão para ser mais participante em seu processo de aprendizagem, crítico e consciente de sua biorregionalidade.

6 Questões Sociocientíficas na abordagem CTSA

As QSCs têm sido utilizadas em várias estratégias práticas e eficazes no contexto da educação CTSA (Hodson; McFarlane, 2011; Pedretti; Nazir, 2011; Zeidler et al., 2005). Para se alcançar os fins estabelecidos, é necessário que não haja incoerências entre o que se propõe a fazer e o referencial que o apoia. Propostas educacionais baseadas nas QSCs precisam estar coerentes entre seus fundamentos, meios didáticos ou métodos e as finalidades ou fins sociais da educação (Conrado, 2017). A prática docente ou a pesquisa em educação deve ser apoiada por certos pressupostos teórico-epistemológicos, pedagógicos e éticos em relação aos valores, saberes e ações humanos. Assim, apresento alguns conceitos e características das bases que permeiam as QSCs.

6.1 Pressupostos teóricos-epistemológicos

Esta pesquisa se fundamenta teórica e epistemologicamente na abordagem da Fenomenologia de HUSSERL (2006). A obra considerada como ponto de partida formal da fenomenologia é “Ideias para uma Fenomenologia Pura e para uma Filosofia Fenomenológica”, publicada originalmente em 1913. Este livro expõe os principais conceitos e métodos fenomenológicos e permanece um texto fundamental para o entendimento do movimento fenomenológico.

Realizar um estudo baseado nos princípios fenomenológicos implica adotar uma abordagem que vai além de apenas reconhecer a realidade e o conhecimento conforme surgem. Trata-se de um processo dinâmico em que os significados são construídos e revelados de maneiras variadas, influenciados pelo ponto de vista do observador e pelo contexto histórico em que se desdobram. A expressão desses significados é mediada e transmitida pela linguagem, o que representa um desafio substancial na pesquisa fenomenológica.

É preciso ter em mente que a fenomenologia busca conhecer o que determinado fenômeno significa e como ele é experienciado, indo além de uma simples descrição de entrevistas e recortes de depoimentos. Portanto, é necessário um trabalho interpretativo hermenêutico. A proposta da fenomenologia não é explicar ocorrências a partir de teorias e pressupostos já conhecidos¹ (Bicudo, 2011).

¹ Diferentemente da Análise de Conteúdo de BARDIN (2011), que implica um conhecimento prévio sobre o que se deseja descobrir em um texto, este método de investigação estabelece critérios para a análise, evidenciando que as características significativas do assunto sob investigação já são conhecidas de antemão (Bicudo, 2011).

A hermenêutica é a arte e a ciência da interpretação, originalmente aplicada a textos religiosos e literários, mas que se expandiu para uma teoria geral da compreensão. Em sua forma moderna, a hermenêutica não só investiga como interpretamos textos escritos, mas também como entendemos uns aos outros e o mundo ao nosso redor. Isso envolve a análise de linguagem, símbolos e suas significações, contextualizando a interpretação dentro da tradição cultural e histórica (Gadamer, 2015).

O filósofo alemão Hans-Georg Gadamer (1900-2002) é considerado um dos principais contribuintes para o desenvolvimento da hermenêutica contemporânea. Sua obra “Verdade e Método”, publicada pela primeira vez em 1960, é essencial para o estudo da hermenêutica filosófica. Nesse livro, Gadamer argumenta que a compreensão é um processo dialético que envolve a fusão de horizontes, ou seja, a interseção entre a perspectiva do intérprete e a tradição histórica daquilo que é interpretado.

A fenomenologia e a hermenêutica estão intimamente relacionadas e muitas vezes são vistas como complementares em suas abordagens filosóficas. Ambas se concentram na experiência da consciência e na interpretação do significado, mas de maneiras um pouco diferentes. A fenomenologia fornece uma base para a hermenêutica, na medida em que ambos os campos se preocupam com a experiência e a interpretação da realidade. A fenomenologia enfatiza a percepção direta dos fenômenos, enquanto a hermenêutica enfoca o processo de interpretação e compreensão dessa percepção, sempre dentro de um contexto (Gadamer, 2015).

6.2 Abordagem pedagógica

Da mesma forma que Fritjof Capra, John Miller propõe uma abordagem pedagógica/educacional holística. Seu livro “*The Holistic Curriculum*” (Miller, 2019) concentra-se na educação como um meio de contemplar o todo, e não apenas as partes separadas de conhecimento ou disciplinas isoladas. Ele argumenta que a educação deve considerar a conexão entre diferentes formas de conhecimento e a experiência vivida dos estudantes, integrando aspectos intelectuais, emocionais, sociais, físicos e espirituais do aprendizado.

As principais ideias de Miller giram em torno do desenvolvimento de um currículo que não apenas transmite informações, mas também promove a consciência de si mesmo e do mundo. Ele acredita que os educadores devem criar ambientes de aprendizagem que permitam aos estudantes fazer conexões intrapessoais e interpessoais, entendendo como os vários elementos do conhecimento e da experiência humana são interligados. Enfatiza a importância da criatividade, da imaginação e da intuição na educação, propondo que a aprendizagem deve ser uma jornada de descoberta pessoal e coletiva.

Miller defende uma abordagem mais integrada à educação que reconheça a unidade

subjacente de todos os campos de estudo e experiências humanas, e encoraja os estudantes a verem o mundo como um sistema interconectado.

6.3 Características éticas

Todas as práticas educativas são permeadas por valores e, portanto, a neutralidade é uma ilusão no processo educacional. Na educação voltada para as QSCs, a responsabilidade ética é frequentemente enfatizada, orientando os estudantes em sua capacidade de julgamento e na tomada de decisões conscientes. As QSCs, pela sua própria natureza de gerar debate, exigem uma análise cuidadosa dos valores e interesses dos diferentes grupos sociais envolvidos.

É essencial, portanto, que os aspectos éticos sejam claramente elucidados nas propostas curriculares que se fundamentam nessas questões. As QSCs são um veículo para explorar os dilemas e os impactos das decisões humanas na sociedade e no meio ambiente, promovendo a compreensão de que a ciência e a tecnologia estão intrinsecamente ligadas aos valores humanos e às questões éticas.

Dessa forma, é fundamental que a educação CTSA incorpore a ética, não apenas transmitindo conhecimento, mas também formando indivíduos conscientes de suas responsabilidades e impactos no mundo. Os educadores devem ser facilitadores desse processo, incentivando a reflexão crítica e o diálogo aberto sobre os valores éticos e o papel que cada indivíduo desempenha na sociedade (Bauchspies, 2006; Association et al., 2016).

6.4 A ênfase ambiental na abordagem CTSA

Os projetos educacionais que envolvem a CTS podem se diferenciar em relação aos temas sociocientíficos, mas, em geral, possuem uma estrutura característica de etapas em comum. Um exemplo de projeto no ensino da física é o PLON (Projeto de Desenvolvimento Curricular em Física), que se inicia a partir da abordagem de fenômenos sociais e tecnológicos, e em seguida introduz os conceitos físicos articulados com os fenômenos iniciais para serem melhor compreendidos. Foi desenvolvido no início da década de 1970 na Holanda, tendo como ponto de partida a realidade do estudante de ensino médio.

É uma abordagem que parte de um tema social para um tratamento pela física, que retorna a discussão para a sociedade (Santos; Schnetzler, 2010). Já a abordagem utilizada na presente pesquisa se diferencia principalmente na primeira etapa desse processo, pois busca-se primordialmente trazer para discussão não exatamente um tema, mas uma ou mais questões sociocientíficas com ênfase ambiental.

Houve uma aproximação entre o movimento CTS e a educação ambiental, influ-

enciando suas linhas de pesquisa e atuação educativa. Esse processo está relacionado ao surgimento do CTSA, refletido na crescente consciência da situação de emergência ambiental planetária em que nos encontramos, e na tomada de consciência pela comunidade científica, educadores, instituições internacionais e movimentos de cidadãos (Vilches; Gil-Pérez; Praia, 2011). A educação realizada sob a abordagem CTSA se caracteriza pela contextualização e interdisciplinaridade, além de objetivar a conscientização dos estudantes na percepção dos problemas socioambientais decorrentes dos impactos gerados pela Ciência e Tecnologia (Moraes; Araújo, 2012).

A interdisciplinaridade provoca a busca de abordagens integradas para a resolução dos problemas sociais e das degradações ambientais. Sobre a interdisciplinaridade é importante enfatizar que:

A interdisciplinaridade não pretende a unificação dos saberes, e sim deseja a abertura de um espaço de mediação entre conhecimentos e articulação de saberes, no qual as disciplinas estejam em situação de mútua coordenação e cooperação, construindo um marco conceitual e metodológico comum para a compreensão de realidades complexas. O intuito da interdisciplinaridade não é a unificação dos campos disciplinares, e sim de construir conexões entre eles, para construir referenciais conceituais e metodológicos consensuais e promover diálogos e trocas entre diferentes disciplinas, SILVA (2010, p. 73).

A conscientização se torna imprescindível, pois “é preciso reestabelecer as inter-relações entre homem/natureza/cultura, considerando que a visão de disjunção e de redução do ser humano e da natureza, conduziu a humanidade a uma crise no âmbito socioambiental que precisa ser superada” (Silva, 2010, p. 60).

6.5 A abordagem discursiva em sala de aula

Considerando que os princípios do movimento CTSA incentivam o desenvolvimento da autonomia e do pensamento crítico de todos os envolvidos, é apropriado que os docentes conduzam suas atividades pedagógicas utilizando abordagens discursivas em suas aulas. Além disso, no contexto do diálogo em sala de aula, o docente deve ser capaz não só de orientar as ações, mas também de conceder espaço para que os estudantes participem ativamente, tomando iniciativas na construção de seu próprio conhecimento e na busca por novos aprendizados (Moraes; Araújo, 2012).

Em termos dessa abordagem discursiva, VILLANI e BAROLLI (2006) exploraram os possíveis efeitos que os saberes mobilizados pelo docente podem provocar em situações de ensino. Nesse contexto, argumentam que o conhecimento do docente (seja científico ou didático-pedagógico), expresso na forma como estrutura o discurso durante as aulas, pode criar uma dinâmica que influencia os estudantes, desde que estejam dispostos a participar

da conexão que cada tipo de discurso procura estabelecer. Os principais pontos ressaltados pelos autores são a importância de o docente definir o rumo do processo de ensino e a necessidade de alternar discursos para garantir a participação efetiva dos estudantes, democratizando os espaços de interação.

Portanto, para alinhar-se ao movimento CTSA, é aconselhável que os docentes priorizem o Discurso de Análise², estimulando os estudantes, valorizando suas iniciativas, ajudando-os a superar desafios e possibilitando a construção de novos conhecimentos (Moraes; Araújo, 2012). Assim, a aula se torna democrática na manifestação de ideias, com a possibilidade de intercâmbio entre saberes acadêmicos e outras formas de conhecimento.

6.6 Saberes acadêmicos e da tradição

A promoção do diálogo entre a ciência e as experiências sociais exige atitudes de solidariedade com o outro, com a natureza e com outras culturas. Reconhece que não existem culturas ou períodos privilegiados que possam julgar ou hierarquizar conhecimentos como mais corretos ou verdadeiros. Em vez disso, existem diversas abordagens para compreender a realidade. Essa discussão incentiva uma postura de respeito mútuo em relação aos diferentes sistemas de explicação e conhecimento presentes na comunidade, rejeitando qualquer forma de arrogância ou prepotência acadêmica (D'Ambrosio, 1997).

É importante diferenciarmos o senso comum dos saberes da tradição. Entendamos por senso comum “um conhecimento cotidiano pouco lapidado, casual, fruto das impressões primeiras, não refletido metodicamente, sem crítica” (Almeida, 2017, p. 63). Almeida ALMEIDA (2017, p. 65) explica ainda que:

Distantes do senso comum, os saberes da tradição constituem uma ciência, mas uma ciência que, mesmo operando por meio das universais aptidões para conhecer, expressa contextos, narrativas e métodos distintos. Daí a importância da complementaridade entre saberes científicos e saberes da tradição e da emergência de um intelectual que articule a dupla face do conhecimento.

É importante frisar que tanto intelectuais-cientistas quanto os intelectuais da tradição também cometem erros. Portanto, a aceitação de ambos tem um limite, pois podem construir interpretações que excedem a dinâmica dos fenômenos. Assim como o conhecimento científico, é fundamental que os saberes da tradição estejam abertos à crítica, reconhecendo-os como algo não sacramentado e em permanente auto-organização (Almeida, 2017).

² No Discurso da Análise, o docente desafia o estudante a buscar sua independência. Nesse contexto, o papel do docente é desempenhado por aquilo que estimula o estudante, o impulsionando em direção aos seus próprios objetivos. A partir desse ponto de vista, o docente se comunica com o estudante, que, ao se sentir desafiado em suas dificuldades, consegue identificar seus obstáculos e tenta superar sua situação.

Ao abordar a pesquisa em ensino sob o paradigma ecológico de [CAPRA \(2020\)](#), é necessário mudar a perspectiva do ensino da física como objeto central, devido à necessidade de transcender as fronteiras disciplinares impostas pelas relações ecológicas. Do ponto de vista epistemológico, esse paradigma valoriza e legitima formas de conhecimento que não são tradicionalmente consideradas científicas. Quanto à definição de problemas de pesquisa, deve-se focar em questões reais e complexas da existência humana, evitando soluções simplistas. Isso implica reconhecer que os desafios educacionais são multifacetados, envolvendo aspectos cognitivos, discursivos, afetivos e sociais simultaneamente.

Por último, em relação à metodologia, as pesquisas dentro deste paradigma devem enfatizar a análise de processos em detrimento de produtos. Isso requer uma revisão nas metodologias de pesquisa em ensino de física, promovendo o diálogo com conceitos de outras áreas para melhor abordar os complexos desafios educacionais contemporâneos ([Pigozzo; Lima; Nascimento, 2019](#)).

Parte V

A coleta de informações

7 Metodologia

A natureza desta pesquisa, de forma geral, objetiva a produção de conhecimentos de ordem prática para problemas e realidades específicas regionais já descritas. Nesse sentido, caracteriza-se como de **natureza aplicada**. Quanto aos objetivos, é uma pesquisa de **caráter exploratório**, que não busca uma resposta específica e definitiva acerca do objeto de estudo, mas compreender mais aspectos sobre o tema, buscando especificar mais o assunto. Dessa forma, aprofunda-se o conhecimento no contexto em que ela é desenvolvida com os participantes (Gil, 2008). Utilizou-se a flexibilidade da **abordagem qualitativa**, que enfatiza o estilo **indutivo**, no sentido de que a análise dos dados será construída a partir das particularidades para os temas gerais. Tem um foco no significado individual e na importância da interpretação da complexidade de uma situação (Creswell, 2010, p. 26). As ideias, os valores e a interação entre pesquisador e pesquisado influenciam na configuração dos “fatos” (Moreira, 2011).

A concepção filosófica proposta nesta metodologia está mais estreitamente ligada à **construtivista social**, pois, de forma geral, esta pesquisa leva em consideração a realidade socialmente construída pelos estudantes, implicando múltiplas realidades. Estes desenvolvem significados subjetivos de suas experiências. Tais significados não estão simplesmente estampados nos estudantes, mas são formados pela interação com outros estudantes e outras pessoas, surgindo dentro e fora da interação com uma comunidade humana e por normas históricas e culturais que operam em suas vidas. Por isso, as categorias ou ideias dos estudantes devem surgir a posteriori para o pesquisador. Nesta concepção, o objetivo da pesquisa é confiar o máximo possível nas visões que os participantes têm da situação a qual está sendo estudada. É preciso que o pesquisador saiba escutar o que estes dizem e fazem nos ambientes em que vivem (Creswell, 2010, p. 31).

Não existe um posicionamento com neutralidade; os pesquisadores reconhecem que suas próprias origens moldam sua interpretação e se posicionam na pesquisa para reconhecer como sua interpretação flui de suas experiências pessoais, culturais e históricas. Nesse entendimento, a intenção do pesquisador é interpretar significados que os estudantes atribuem ao mundo (Creswell, 2010, p. 31). Assim, tal concepção filosófica influencia diretamente na minha abordagem de pesquisa, em que os elementos integrantes desta se direcionam essencialmente a uma abordagem qualitativa com as características apresentadas.

Como procedimento ou estratégia de investigação para a abordagem qualitativa que mais se aproximava desta pesquisa, utilizou-se o **estudo de campo** na perspectiva do **Ensino por Pesquisa (EPP)**, em que se dá ênfase na construção de conceitos,

competências, atitudes e valores. É incentivado também, junto ao EPP, experiências de ensino na abordagem CTSA combinada com outras orientações, pois se mostra promissora em termos de maior motivação dos estudantes e permite uma melhor preparação destes para darem respostas mais adequadas e elaboradas aos problemas científico-tecnológicos do mundo contemporâneo (Cachapuz; Jorge; Praia, 2002). Os instrumentos de coleta de informações foram os textos de uma **avaliação diagnóstica**, uma **avaliação formativa** (pela pesquisa produzida para responder uma QSC) e uma **avaliação somativa** (através da apresentação da pesquisa produzida e de perguntas abertas). A coleta de informações foi feita presencialmente e recebida via *internet*. Os locais de coleta presencial e *online*, bem como os participantes envolvidos, foram os seguintes:

- **Auditório do Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPPA):** uma turma de estagiários da licenciatura em Física, composta por 10 estudantes do primeiro ao terceiro ano letivo da UEPA e da UFPA, dos quais apenas 2 participaram de toda a atividade.
- **Sala de aula no Campus XX da UEPA:** 16 estudantes do curso de licenciatura em Física e integrantes da residência pedagógica, dos quais 14 participaram de toda a atividade ou autorizaram o uso de suas informações pessoais para a pesquisa.
- **Critério de participação:** apenas os participantes que concluíram todas as atividades da pesquisa ou autorizaram o uso de suas informações foram contabilizados e avaliados nesta pesquisa, totalizando 16 participantes.
- **Duração dos encontros:** os encontros presenciais ou *online* foram realizados em um período total aproximado de 15 horas, distribuídas em dois turnos toda vez que necessário, para acomodar o maior número de estudantes de acordo com sua disponibilidade de horário.

Para a análise desses textos, me baseei na **Análise Textual Discursiva (ATD)**, que “corresponde a uma metodologia de análise de dados e informações de natureza qualitativa com a finalidade de produzir novas compreensões sobre os fenômenos e discursos” (Moraes; Galiazzi, 2020), visando posteriormente a elaboração dos resultados finais. Esta metodologia, por sua proposta de combinar análise rigorosa e síntese subsequente, permite a reconstrução do texto/discurso de forma a ampliar seus significados. A ATD tem aproximações com a hermenêutica de Gadamer¹, distanciando-se do pensamento positivista e, portanto, opondo-se ao “mito do objetivismo”, ou seja, à crença em uma verdade objetiva que corresponde a uma realidade também objetiva. Dessa forma, traz a perspectiva da interpretação, da produção de sentido e da impossibilidade de separar o sujeito do

¹ Ver subcapítulo 6.1.

mundo objetivado. A hermenêutica quer fazer valer o fenômeno da compreensão diante da “pretensão de universalidade da metodologia científica” (Hermann, 2003). A relação entre a hermenêutica de Gadamer e a ATD reside principalmente nesse processo interpretativo: ambos enfatizam a importância do contexto, das pré-concepções e do diálogo na construção de significados. Sendo assim, esta análise é fundamental na reconstrução dos discursos implícitos. Segundo MORAES e GALIAZZI (2020, p. 33), a ATD, “inserida no movimento da pesquisa qualitativa não pretende testar hipóteses para comprová-las ou refutá-las ao final da pesquisa; a intenção é a compreensão, a reconstrução de conhecimentos existentes sobre os temas investigados”.

7.1 Momentos da pesquisa

Há três principais momentos na perspectiva do EPP. Tais momentos são chamados de ciclos de ensino e aprendizagem², e não necessariamente seguem uma sequencialidade rígida.

Para o **primeiro momento**, chamado de “Problematização”, temos três pólos de interação recíproca, conforme CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002):

- I O polo do currículo intencional, para um dado nível de ensino/disciplina e representando os saberes, de diversa ordem, considerados essenciais para a formação dos estudantes, compreende conhecimentos, capacidades, atitudes e valores. O currículo intencional, que pode ser mais ou menos flexível, deve, nas suas linhas mestras, ser dado a conhecer aos estudantes pelo docente, explicitando quais saberes se espera que venham a atingir. Um tal processo valoriza não só uma visão estrutural e dinâmica do currículo por parte do docente, mas também ajuda os estudantes a definirem quadros de referência para as suas aprendizagens.
- II O polo dos saberes acadêmicos, pessoais e sociais que os estudantes já trazem não se restringe às suas ideias prévias. Esses saberes podem ser congruentes ou não com os previstos no currículo intencional, resultando em maior ou menor tensão entre esses dois polos. É possível que esses saberes variem conforme o contexto sociocultural em que os estudantes se inserem. A diversidade é um fator de enriquecimento, pois potencializa diferentes modos de abordar o mesmo problema. Por exemplo, a questão da abordagem didática do desmatamento pode ser apresentada de forma diversa para estudantes oriundos de um meio rural em relação aos estudantes do meio urbano.

² Apesar do autor utilizar o termo “ensino-aprendizagem”, eu opto pelo termo separado, por entender que o “ensino” não implica necessariamente numa “aprendizagem”. O termo assim, sem o uso do hífen, expressa melhor esta minha concepção.

III O pólo das QSCs³ está relacionado, naturalmente, ao âmbito CTSA e constitui pontos de partida para os percursos de aprendizagem, dando mais sentido ao que se aprende. Tais QSCs podem ser suscitadas pelo docente ou pelos estudantes. É importante que o docente leve em conta o nível previsível de dificuldades das QSCs escolhidas e as adapte aos seus estudantes.

Para o **segundo momento**, chamado de “Metodologias de Trabalho”, temos as QSCs, que fazem uma ponte entre o primeiro e o segundo momentos. Através da interação entre os três polos do primeiro momento pedagógico, propicia-se destacar uma ou mais QSCs para o posterior desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. O objetivo principal do segundo momento pedagógico é encontrar a resposta ou respostas para as QSCs previamente elaboradas (Cachapuz; Jorge; Praia, 2002).

É um momento em que as atividades podem polarizar-se mais no docente, nos estudantes ou em ambos, dependendo do planeamento, desenvolvimento, avaliação e comunicação, assim como da utilização de recursos diversos. A decisão final sobre esse desenvolvimento deve vir do docente, em função das finalidades do seu ensino, dos estudantes que tem e das demais características da disciplina.

Para o **terceiro momento**, chamado de “Avaliação terminal da aprendizagem e do ensino”, tem-se um aspecto predominantemente avaliativo. No terceiro momento pedagógico procura-se averiguar se foi encontrada ou não uma resposta adequada para as QSCs do segundo momento pedagógico e como o processo decorreu. O aprofundamento do EPP passa pelo avanço da investigação sobre a avaliação. Tal avaliação visa uma dimensão formadora do processo de ensino e se dá em três formas (Cachapuz; Jorge; Praia, 2002):

Avaliação diagnóstica: utilizada para identificar alguns conhecimentos e habilidades dos estudantes antes de iniciar um novo conteúdo ou módulo de ensino. Ela permite ao docente compreender as competências prévias dos estudantes, suas dificuldades e necessidades, facilitando a adaptação do planeamento de ensino para atender de maneira mais eficaz às demandas de aprendizagem da turma (Luckesi, 2014).

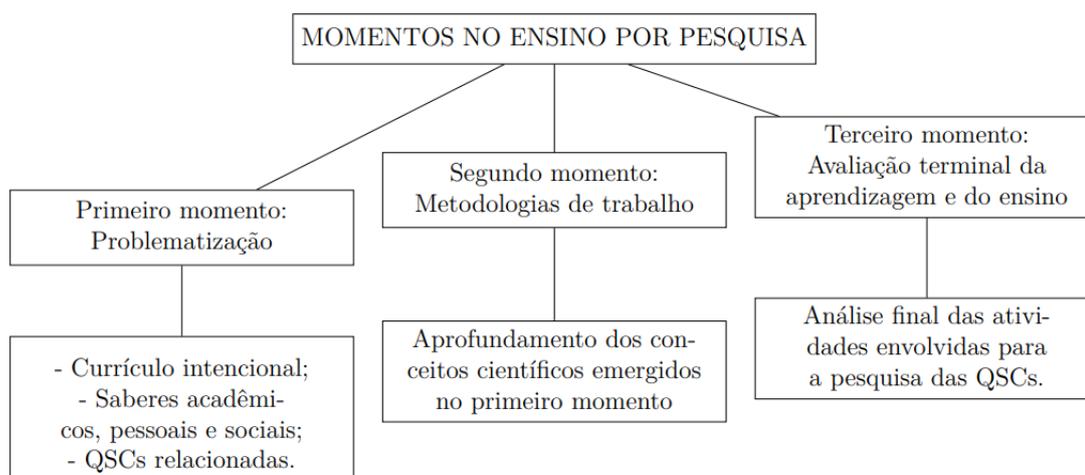
Avaliação formativa: é implementada de forma contínua e progressiva ao longo de um programa educacional, com o objetivo de efetuar modificações que contribuam para seu aprimoramento. Ela foca nas questões práticas que envolvem a melhoria e o controle do processo de ensino e aprendizagem. A avaliação passa a ter uma importante função pedagógica, de ajuda, de reflexão, de tomada de decisão. Não é suficiente apenas identificar as dificuldades dos estudantes; é fundamental oferecer meios, estratégias e atividades de suporte para ajudá-los a superar esses desafios (Barreira; Boavida; Araújo, 2006).

³ CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002) utilizam a expressão “situações problemáticas” e “questões-problema”. Na presente pesquisa tais situações ou questões são especificadas como QSCs.

Avaliação somativa: tem a função de classificar os estudantes ao final da unidade, semestre ou ano letivo, segundo níveis de aproveitamento apresentados (Haydt, 2000). Na presente pesquisa, a intenção não foi classificá-los, mas avaliá-los individualmente para identificar suas aprendizagens.

Podemos ver na Figura 1, a estrutura geral do EPP.

Figura 1 – Os três momentos pedagógicos no Ensino Por Pesquisa de CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002).



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.1 Interpretação dos dados

Avaliação diagnóstica (Apêndice B): o objetivo principal foi identificar os saberes socio-culturais dos estudantes em relação à biorregião amazônica paraense, além de permitir que os estudantes destacassem alguma questão sociocientífica de interesse a ser pesquisada. Os textos resultantes desta avaliação não passaram pela ATD); as informações obtidas foram complementares na análise final da pesquisa.

Avaliação formativa, Questão 2 (Apêndice C): foi realizada através de uma síntese e reflexão pessoal dos estudantes sobre toda a atividade desenvolvida com eles.

Avaliação somativa, Questão 1 (Apêndice C): Os dados foram interpretados em relação às aprendizagens de Física, Tecnologia e Sociedade referentes às QSCs que eu propus, bem como àquelas que os estudantes propuseram.

7.2 Cronograma de aplicação do EPP

Segue o detalhamento dos três momentos pedagógicos do EPP de CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002) adaptados para esta pesquisa.

7.2.1 Primeiro momento pedagógico

7.2.1.1 Primeiro polo de interação recíproca

O primeiro polo de interação recíproca é o do “currículo intencional”, que durou aproximadamente 2 horas. Nesse momento, iniciei a apresentação formal da atividade que desejava desenvolver com os estudantes. Expliquei alguns saberes⁴ científicos que esperava que eles atingissem, normalmente discutidos nos dois primeiros anos de um curso de licenciatura em Física. Através de um dos docentes responsáveis pelos estagiários e da direção do CCPPA, tive um primeiro contato presencial com os estagiários para explicar, de forma geral, qual era o meu propósito de pesquisa com eles, na data de 22/12/22. Pedi autorização aos mesmos para divulgarem seus *e-mails* e, assim, informar mais detalhes sobre o objetivo da atividade que desejava desenvolver.

Após obter os *e-mails* dos estudantes, enviei um formulário eletrônico para saber o quantitativo inicial de interessados em participar. Na semana do início da atividade de campo, recebi a autorização para a pesquisa no CCPPA pela diretora (Anexo A), e o termo de consentimento de participação foi socializado para assinatura dos estudantes (Apêndice D). Além disso, enviei um *link* do *Google Drive* aos estudantes, onde poderiam acessar alguns materiais para consulta, como textos e um vídeo, que serviram como referências iniciais para o início das atividades.

A atividade de pesquisa começou no dia 23/01/23 com três participantes. Em uma sala do próprio CCPPA, iniciei o primeiro momento pedagógico com uma apresentação em slides do plano de atividade a ser desenvolvido, explicando o que é uma QSC e outras questões relacionadas à licenciatura em Física. Encerrei a apresentação destacando a pergunta “Sendo o desmatamento um dos maiores problemas ambientais da Amazônia paraense, quais aprendizagens de Física, Tecnologia, Sociedade e Ambiente podem emergir do estudo desta problemática?” como a QSC a ser aprofundada, abrindo espaço para dúvidas, sugestões ou qualquer outra colocação por parte dos estudantes.

O primeiro polo de interação recíproca desenvolvido no Campus XX da UEPA ocorreu de forma similar ao descrito anteriormente, porém foi realizado em 14/03/2023. A autorização para a atividade veio dos docentes responsáveis pela turma de residência pedagógica.

⁴ Cachapuz (2002) vislumbra tais saberes de acordo com a ementa da disciplina escolhida para a atividade de pesquisa, no caso do EPP acompanhar uma disciplina por completo ou parte dela.

7.2.1.2 Segundo polo de interação recíproca

O segundo polo de interação recíproca é dos “saberes acadêmicos”, que durou aproximadamente 2 h. No dia 27/01/23, no CCPPA, e no dia 15/03/2023, no Campus XX da UEPA, deixei claro que não somente os saberes disciplinares seriam o foco do trabalho na sala de aula, mas também os saberes sócio-culturais que os estudantes já possuem da biorregião em que vivem.

Para este segundo polo, procurei explorar esses saberes fazendo perguntas abertas e buscando ter um diálogo com a turma, para extrair tais informações. É um momento em que o currículo intencional se torna mais flexível e menos prescritivo, aberto a problemáticas locais. Essas perguntas também constituíram uma avaliação diagnóstica textual (Apêndice B), ajudando os estudantes a melhor tomar consciência de alguns saberes que já possuem e dos que necessitam desenvolver.

Os estudantes foram questionados a respeito de QSCs, incluindo aquelas que revelassem interesse em discutir. Além disso, esse momento serviu como uma fonte para conhecer mais sobre o perfil dos participantes.

7.2.1.3 Terceiro polo de interação recíproca

O terceiro polo de interação recíproca é das “situações problemáticas” no âmbito CTSA, que durou aproximadamente 2 h. Esse terceiro polo de interação ocorreu no dia 30/01/23 com os estagiários do CCPPA e no dia 16/03/23 com a turma da residência pedagógica do Campus XX da UEPA.

Neste momento, foi retomada a QSC “Sendo o desmatamento um dos maiores problemas ambientais da Amazônia paraense, quais aprendizagens de física, tecnologia, sociedade e ambiente podem emergir do estudo desta problemática?”. Conduzi uma abordagem discursiva utilizando uma apresentação em *slides*, correlacionando algumas questões científicas, sociais, tecnológicas e ambientais que envolvem essa QSC proposta.

Além disso, a discussão sobre outras QSCs que os estudantes propuseram foi retomada. Encerrei com a abertura de espaço para tirar dúvidas, receber sugestões ou qualquer outra colocação por parte dos estudantes.

7.2.2 Segundo momento pedagógico

No segundo momento pedagógico, foram realizadas as atividades para o aprofundamento dos conceitos científicos que emergiram no primeiro momento pedagógico, a partir das discussões e interações sobre tudo que foi apresentado. Além disso, buscou-se encontrar a resposta ou respostas para as QSCs previamente elaboradas. O tempo de duração aproximado foi de 7 h, realizadas parceladamente, incluindo os momentos de

interação comigo durante o processo de pesquisa de cada grupo.

As pesquisas em grupo⁵ foram utilizadas como avaliações formativas. Tais avaliações têm como características trazer o estudante para o centro de sua própria formação, além de promover uma autoavaliação. É importante que o docente forneça um retorno orientador sobre o desenvolvimento dos trabalhos dos estudantes e que os próprios estudantes informem ao docente questões pertinentes sobre como está o processo de ensino e aprendizagem na disciplina para eles.

A partir dos conceitos que emergiram no primeiro momento pedagógico, orientei cada grupo para que pudessem se aprofundar em um ou mais conceitos, contextualizando-os com a QSC principal da atividade ou com alguma QSC que havia emergido deles. Nas atividades de pesquisa, cada grupo apresentou presencialmente ou de forma *online* para os demais do seu local de atuação e compartilhou a pesquisa através do envio de arquivos digitais. Na avaliação formativa de cada grupo, foi levado em consideração o processo de produção da pesquisa até o produto final. Para isso, acompanhei periodicamente tal processo, com agendamentos para abordagem de cada grupo, seja presencialmente ou *online* através do *Google Meet*, de acordo com a necessidade ou requisição deles.

7.2.3 Terceiro momento pedagógico

No terceiro momento pedagógico, o tempo de duração aproximado foi de 7 h, realizadas parceladamente, incluindo 20 minutos de apresentação de cada grupo e o tempo para avaliação escrita individual, sem limite estabelecido. O terceiro momento pedagógico iniciou em 13/02/23 e encerrou em 24/04/23 para estagiários do CCPA, e iniciou em 12/04/23 e encerrou em 19/04/23 para a turma de residência pedagógica do Campus XX da UEPA. As atividades transcorreram em períodos diferenciados devido à necessidade de adaptação de acordo com a disponibilidade da maioria dos participantes. No terceiro momento pedagógico, o foco é predominantemente avaliativo, procurando examinar a adequação das respostas encontradas para as QSCs propostas pelo docente/estudantes e o modo como o processo transcorreu.

Para a avaliação somativa, levei em consideração a apresentação da pesquisa produzida por cada grupo e a primeira questão da atividade avaliativa de perguntas abertas (Apêndice C).

Para a avaliação formativa, considerei o processo de participação e pesquisa de cada grupo, observado pelos diálogos durante os momentos de interação recíproca, seja comigo apresentando algum conteúdo, seja através da orientação para a pesquisa de cada grupo ou individualmente. Além disso, a segunda questão da avaliação somativa individual

⁵ CACHAPUZ, JORGE e PRAIA (2002) orienta que haja também cooperação intergrupos, porém não consegui identificar tal ocorrência, apesar de informar aos estudantes que isso seria não só permitido mas também incentivado.

textual também forneceu informações a respeito desse processo pela visão do estudante (Apêndice C).

Após o término das atividades avaliativas do terceiro momento pedagógico, realizei o meu procedimento da ATD.

Parte VI

Resultados

8 Visão geral da avaliação diagnóstica

Antes do início da unitarização e categorização do corpus da atividade de produção e apresentação da pesquisa de cada grupo, segue um panorama geral sobre os participantes pela avaliação diagnóstica. O resultado desta avaliação foi organizado como uma síntese de perfis possíveis, com base nas respostas dos participantes, agrupando-os conforme suas percepções de identificação com a Amazônia paraense, suas experiências educacionais e sua capacidade de engajamento com as QSCs. Dos 16 participantes que foram até o final da pesquisa de campo, somente foi possível aproveitar as informações de 10 deles para a avaliação diagnóstica. Houve participantes que retornaram a avaliação por e-mail (participantes da residência pedagógica da UEPA) e outros que entregaram pessoalmente no momento dessa avaliação (participantes estagiários do CCPPA). Apenas uma avaliação diagnóstica foi descartada do grupo da residência pedagógica por falta de coerência entre perguntas e respostas, porém este participante seguiu até o final das atividades e suas demais informações foram consideradas. Do grupo do CCPPA, somente dois foram até o final da pesquisa de campo. Uma desistência no grupo do CCPPA ocorreu por motivos de saúde, e os demais não retornaram os e-mails ou interagiram mais para prosseguir nas atividades. Entendi assim que não houve mais interesse destes últimos, e não consegui detalhes sobre essas desistências. Foram excluídas as informações de todos os participantes que não foram até o final da atividade de campo.

A maioria dos participantes nasceu na Amazônia paraense, o que pode indicar um forte vínculo com a região. Eu os dividi em “Integrados ativos”, “Integrados passivos”, “Observadores críticos” e “Desengajados ou inexperientes”, conforme descritos a seguir:

Integrados ativos: participantes que se sentiam profundamente conectados e integrados à sua cultura e ao meio ambiente, envolvidos em atividades educacionais que incluíam aspectos socioculturais e ambientais da região. Como exemplo, temos aqueles que não só se sentiam parte da Amazônia paraense, mas também tiveram experiências educacionais relacionadas e propuseram questões sociocientíficas relevantes.

Integrados passivos: participantes que se sentiam parte da Amazônia paraense, mas tiveram pouca participação ativa ou pouco conhecimento sobre questões sociocientíficas específicas. Valorizavam o ambiente e a cultura, mas podem não ter tido a oportunidade de se envolver profundamente. Como exemplo, temos aqueles que indicavam uma conexão cultural e pessoal, mas expressavam falta de conhecimento ou experiência para formular questões sociocientíficas.

Observadores críticos: participantes que estavam conscientes dos aspectos culturais e

sociais da região, mas sentiam-se deslocados ou críticos em relação ao seu próprio papel ou ao impacto sociocultural mais amplo. Tinham uma visão crítica sobre a cultura e seus desenvolvimentos. Como exemplo, temos aqueles que, apesar de reconhecerem a cultura local, sentiam-se deslocados ou não totalmente integrados, muitas vezes devido à falta de contribuição ativa ou proximidade com a cultura local.

Desengajados ou inexperientes: participantes que mostraram pouco envolvimento ou falta de experiências educacionais que os conectassem às questões socioculturais e científicas da região. Podem se beneficiar de programas educacionais que aumentem sua consciência e envolvimento. Como exemplo, temos aqueles que se sentiam integrados em alguns aspectos, mas não têm experiências educacionais relevantes ou não conseguem formular questões sociocientíficas.

Algumas possíveis intervenções educacionais podem ser recomendadas para os “integrados ativos e passivos”. Por exemplo, promover mais atividades que aprofundem seu conhecimento e engajamento com questões complexas da região, estimulando a liderança e a participação em projetos de pesquisa e intervenção. Para os “observadores críticos”, encorajar o envolvimento em discussões e projetos que abordem suas preocupações críticas, ajudando-os a transformar sua crítica em ação positiva. Aos “desengajados ou inexperientes”, oferecer mais oportunidades de aprendizagem experiencial que os conectem com as questões locais, utilizando metodologias que fomentem a curiosidade e o conhecimento sobre sua própria região. Em algum nível, a presente pesquisa contribuiu com todos estes perfis destacados, como evidenciado pelos resultados finais obtidos.

9 Unitarização e categorização do corpus

Neste capítulo explica-se como foi realizada a unitarização e categorização do *corpus* da atividade avaliativa pela ATD. A unitarização é um processo analítico que busca desmontar estruturas e textos, examinando-os em seus detalhes com o intuito de fragmentá-los em unidades constituintes. Esse procedimento visa a produção de enunciados referentes aos fenômenos estudados e a busca de outros sentidos, resultando na elaboração de novos textos interpretativos (Moraes; Galiazzi, 2020, p. 33). O *corpus* selecionado são os textos resultantes da atividade avaliativa final da pesquisa de campo, contidos nas Unidades Empíricas (UE).

A categorização estabelece relações entre as UEs, combinando-as e classificando-as na formação de conjuntos que possuem elementos ou sentidos próximos, como temas ou discussões que se assemelham (Moraes; Galiazzi, 2020). As categorias iniciais são o primeiro agrupamento de ideias/temas similares resultantes das UEs; as categorias intermediárias são agrupamentos das categorias iniciais que também possuem ideias/temas similares; e da mesma forma, são as categorias finais. Todas as categorias selecionadas foram do tipo emergentes (pautadas na intuição e indução), ou seja, não houve nenhuma categoria a priori (pautada na objetividade e dedução) ou categorias mistas (que são categorias a priori e emergentes). Resultaram em três categorias finais emergentes, e então, tive um metatexto produzido para cada uma delas, sendo o título de cada metatexto o próprio título da categoria final emergente correspondente.

O quadro 14 a seguir, contém os códigos e respectivos significados usados na unitarização.

Quadro 14 – Códigos e respectivos significados da unitarização do corpus para a ATD.

Código	Significado
UT<número>	Unidade Teórica de 1 até no máximo 6
UE<número>	Unidade Empírica de 1 até no máximo 11
PAR<letras>	Participante referenciado pelas duas primeiras letras do nome, ou pelas três, em caso de código repetido
RTE<número>	Reescrita Teórico-Empírica de 1 até no máximo 6

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aqueles participantes que não especificaram um nome fictício para ser usado na pesquisa, conforme sugeri que fizessem, foram designados com um nome genérico. Foi acordado que, caso não escolhessem, eu usaria o nome assinado nas avaliações ou parte dele. A UT ficou composta de um código que a identifica, uma referência e uma citação

direta desta referência. A UE ficou composta de um código, um título e a citação direta de um texto escrito por um participante. A RTE é composta de um código e o texto da reescrita.

Um exemplo de como ficou a estrutura da unitarização, neste caso para uma primeira UT, UE e sua respectiva RTE, foi a seguinte:

Participante “Sandro”:

UT1.PARSA: <referência da UT1>

<Citação direta da UT1>

UE1.PARSA: <título da UE1>

<Texto da UE1>

RTE1.PARSA: <texto da RTE1>

Minha reescrita das unidades teóricas difere da ATD original, pois fiz cada reescrita baseada na reflexão da unidade teórica com a empírica correspondente. Na ATD original, a reescrita é feita baseada na citação indireta de cada UT. A opção pela reescrita de cada UT com suas UEs foi devido a perceber que tais reescritas já serviriam também como um pré-texto para os posteriores metatextos, pois as discussões teóricas já se iniciavam ali. Sabemos pela ATD que o diálogo com o referencial teórico vai além daquele ocorrido com os “referenciais principais”. Portanto, cada reescrita das unidades teóricas é um diálogo inicial com um determinado referencial teórico. Por esta percepção, denominei cada reescrita como uma Reescrita Teórico-Empírica (RTE).

Uma outra diferença da estrutura original da ATD é que todas as UEs que se assemelhavam em sentido foram agrupadas para serem reescritas usando a mesma UT, para cada participante. Na ATD original, não há esse agrupamento. Assim, a reescrita de uma UT dessa maneira proporciona um entendimento mais global das escritas daquele participante. Não houve colocação de título para as citações diretas das UTs, pois não foi feita a reescrita destas da forma tradicional, como já mencionado. Dessa forma, para cada UT pode haver mais de uma UE associada, mas apenas uma RTE. A numeração de cada UT, UE e RTE reinicia a cada participante.

Os metatextos são formados a partir das unidades teórica e empírica reorganizadas, reescritas e entrelaçadas, de forma que surjam sentido e justificativas para o texto. É também um diálogo com o fenômeno que o pesquisador busca compreender, podendo ter referenciais (conhecidos previamente ou não) para auxiliar nessa compreensão.

Toda a unitarização realizada com os participantes está detalhada no Apêndice E.

Após a unitarização, foi realizada a categorização, indicando as respectivas categorias inicial, intermediária e final no subcapítulo 9.1.

9.1 Categorizações iniciais, intermediárias e finais

Após a etapa da unitarização, foram feitas as categorizações iniciais, intermediárias e finais. Foram geradas 13 categorias iniciais, 5 categorias intermediárias e 3 categorias finais. Cada categoria inicial está relacionada com as UEs que se associam a ela. Para indicar tal associação, os códigos de cada UE estão descritos ao lado dessas categorias. Cada categoria intermediária possui uma breve descrição do conteúdo das categorias iniciais que ela engloba. As categorias finais aparecem como tópicos maiores que englobam as demais categorias e com suas respectivas numerações.

Algumas UEs fazem parte de mais de uma categoria inicial, pois podem ter mais de uma interpretação em relação à sua temática e, conseqüentemente, à categoria na qual poderiam pertencer. Alguns títulos dados na UE na fase de unitarização podem não corresponder exatamente ao mesmo tema da categoria inicial, isso ocorreu devido a um novo olhar para as UEs na hora de caracterizá-las, uma nova reflexão daquilo que pareceu mais evidente, categorizar também é um processo intuitivo. A seguir, a estrutura final das categorizações nos Quadros 15, 16 e 17.

Quadro 15 – Primeira categoria final.

Categoria final 1: Integração da física com QSCs e ambientais
Categoria intermediária: Conceitos de física e relação com QSCs. Inclui a aplicação de conceitos físicos para entender e resolver problemas sociocientíficos e ambientais.
Categorias iniciais: <ul style="list-style-type: none"> • Termologia e clima: UE2.PARMA, UE3.PARMA, UE1.PARRO, UE4.PARRO. • Conceitos termodinâmicos: UE1.PARRO. • Relação da física com contextos amazônicos: UE2.PARKA, UE1.PARMAR. • Física e tecnologia: UE1.PARHE.
Categoria intermediária: Impactos ambientais e sociais. Aborda os efeitos das atividades humanas, como desmatamento e queimadas, nos aspectos ambientais e sociais.
Categorias iniciais: <ul style="list-style-type: none"> • Desmatamento e queimadas: UE1.PARMA, UE4.PARMA, UE6.PARMA, UE1.PARKA, UE1.PARNA, UE3.PARNA, UE1.PARSI, UE1.PARJO, UE1.PARMI, UE1.PARAM, UE3.PARAM, UE1.PARJE, UE1.PARCH, UE2.PARCH, UE3.PARCH, UE1.PARVA, UE1.PARRE, UE5.PARMA, UE4.PARKA. • Saúde e sociedade: UE2.PARNA. • Alagamentos e planejamento urbano: UE2.PARSI, UE2.PARMAR, UE3.PARMAR.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 16 – Segunda categoria final.

Categoria Final 2: Desafios pedagógicos e inovações no ensino de física
Categoria intermediária: Metodologia e dificuldades no ensino. Destaca as metodologias utilizadas e as dificuldades enfrentadas no ensino de física relacionado a questões sociocientíficas.
Categorias iniciais: <ul style="list-style-type: none"> • Experiência com a metodologia: UE11.PARMA, UE6.PARRO, UE5.PARMIC. • Dificuldades na relação de conceitos: UE10.PARMA, UE2.PARRO, UE3.PARJO, UE4.PARMIC.
Categoria intermediária: Aspectos tecnológicos e inovações. Enfatiza o uso de tecnologias e inovações para monitorar e mitigar problemas ambientais e para melhorar o ensino de física.
Categorias iniciais: <ul style="list-style-type: none"> • Tecnologias de monitoramento ambiental: UE5.PARRO, UE1.PARMIC, UE1.PARCH. • Impactos na comunicação e tecnologia: UE4.PARKA, UE1.PARRE.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 17 – Terceira categoria final.

Categoria Final 3: Reflexões individuais e amadurecimento acadêmico
Categoria intermediária: Perspectivas e reflexões pessoais. Engloba reflexões individuais sobre a formação recebida, a visão ampliada da física e a interdisciplinaridade.
Categorias iniciais: <ul style="list-style-type: none"> • Reflexões sobre a formação: UE7.PARMA, UE8.PARMA, UE9.PARMA, UE5.PARCH, UE5.PARAM. • Visão ampliada e interdisciplinaridade: UE1.PARVA, UE4.PARJO, UE1.PARFA.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os metatextos produzidos integram a produção textual das UEs, UTs, o referencial teórico já pré-estabelecido a respeito do pensamento sistêmico, a abordagem CTSA e todo o processo resultante das QSCs inseridas através do EPP. Além disso, todo e qualquer referencial teórico não previsto é utilizado conforme a necessidade que cada metatexto pode exigir. Devido a não haver nenhuma categoria dedutiva a priori, as

categorizações finais resultaram de um processo bastante indutivo, intuitivo e qualitativo. Cada metatexto abrangeu principalmente todas as categorias das quais ele faz parte e também foi desenvolvido levando-se em consideração a problemática da pesquisa. Esses metatextos também destacam os principais pontos abordados pelas RTEs relacionadas a cada categoria final nas principais reflexões dos participantes da pesquisa.

9.2 Resultados e discussões dos metatextos

Reiterando a física como ciência do estudo da natureza em sua constituição energética material, imaterial e espaço-temporal, ressalto que essa conceituação não se identifica com concepções reducionistas em relação às possibilidades de pesquisa científica e de ensino que esta ciência pode proporcionar. Colocando-a numa situação em que o científico encontra possibilidades tecnológicas vinculadas ao uso e impacto socioambiental, nos levaria a conexões que se distanciariam de aspectos positivistas. Tal hipótese se confirmou no momento em que a pesquisa se revelou indutivamente em três metatextos, que se enriquecem mutuamente pela relação entre a física e o ser humano como parte integrante da natureza. Como primeiro fator que contribuiu para esse todo, temos o primeiro metatexto destacado, que vincula ciência e natureza integradas com questões humanas em sua biorregionalidade.

9.2.1 Metatexto 1: integração da física com QSCs e ambientais

A integração da física com questões sociocientíficas e ambientais é fundamental para compreender e resolver problemas reais abordados pelo ensino de física, considerando o contexto em que estão inseridos. Estudantes envolvidos nessa perspectiva podem ter uma aprendizagem mais crítica e socialmente engajada, conforme esperado em uma proposta de ensino sob a abordagem CTSA. Essa integração se torna mais significativa quando diferentes áreas do saber se interligam para proporcionar uma melhor compreensão da complexidade desses problemas. A interdisciplinaridade, destacada aqui, é um meio de conectar conceitos físicos a questões ambientais locais. Ela vai além da mera combinação de diferentes disciplinas, buscando criar uma síntese que transcenda as fronteiras tradicionais, promovendo uma compreensão mais holística e conectada do universo e do nosso lugar nele.

A física, especialmente relacionada às questões termodinâmicas e tecnológicas, inclusive no ambiente amazônico, está presente nas categorias iniciais deste metatexto. A necessidade de buscar outros conhecimentos e entender a relação de conceitos físicos pelos estudantes, para melhor compreensão das QSCs pesquisadas, torna o ambiente amazônico paraense um habitat de múltiplas possibilidades para o aprendizado. Tal necessidade é expressa em UE2.PARKA:

Assuntos de física como a lei da conservação de energia e a termodinâmica, com relação as queimadas na Amazônia, me ajudaram a entender melhor como a física pode se relacionar nesse contexto regional.

A integração aqui discutida traz possibilidades aos estudantes que possivelmente ainda não haviam experimentado. Essas são novas perspectivas na educação em física que merecem atenção, a partir do relato em UE1.PARRO:

Durante a pesquisa foram trabalhados conceitos termodinâmicos como temperatura, calor sensível e calor latente, de uma maneira que ainda não havia vivenciado na graduação. Relacionar a física com questões sociocientíficas é uma nova experiência na formação acadêmica.

Um efeito possibilitado pela educação crítica se observa também pela reflexão causada pelo novo conhecimento e o impacto deste no modo como o estudante vê seu contexto socioambiental. Em UE1.PARMAR, o estudante entende que há múltiplas conexões que a ciência física pode ter e as consequências disso para melhor entendimento sobre a Amazônia paraense. Ele conclui que há a possibilidade de projetos sustentáveis nesta região, como vemos a seguir:

Durante a formação percebemos que a física se interliga em vários âmbitos. Desta maneira, adquirimos um grande conhecimento sobre a Amazônia paraense e sua vasta região, no qual veio para nos aprimorar e abrir a mente para a realização de pesquisas, e a necessidade de se estudar e discutir sobre como a física participa fortemente de grandes características existentes na Amazônia e de como pode-se surgir projetos sustentáveis através da física.

Assim, o ensino de física se torna mais voltado para os desafios concretos da sociedade em sua biorregionalidade, abordando também os impactos socioambientais das atividades humanas. Tais impactos tornam-se evidentes na segunda categoria intermediária desta categoria final. A questão dos desmatamentos e das queimadas, saúde e sociedade, além da relação urbana entre alagamentos e planejamento urbano.

Mais uma vez a questão interdisciplinar se faz presente, na UE1.PARMA, afirma-se: “As aprendizagens de Física, Tecnologia, Sociedade e Ambiente emergiram a partir da questão sociocientífica proposta pelo docente, relacionado ao desmatamento”. A abordagem CTSA sendo colocada em prática pela QSC e evidenciando-se uma questão ambiental. As UE4.PARMA e UE6.PARMA evidenciam as queimadas com consequências para a população além de relacioná-las com o desmatamento, mostrando que o tema “queimadas na Amazônia” deve ser abordado relacionando-se com outros conceitos ou conhecimentos. Indo além, percebe-se que a Física tem relação direta com a Amazônia para compreensão do desmatamento, como vemos em UE1.PARKA. Essa relação entre desmatamento e queimadas, destacada em UE5.PARMA, além da população, também trouxe a reflexão

de que as QSCs levantaram importantes questões de interesse, despertado pela atividade de pesquisa, como visto em UE1.PARNA. Isso é conscientização ambiental pela educação sociocientífica.

A Física, como uma ciência da natureza, naturalmente pode ser contextualizada pelos seus fundamentos em qualquer fenômeno ou ambiente natural. Porém, nem sempre isto parece óbvio ao estudante, que talvez, devido ao excesso de matematização precoce nas aulas de Física, enxergue-a somente como uma ciência para treino matemático. Entender que a Física está em todo esse ambiente natural, correlacioná-la com as queimadas, e ainda destacar os conteúdos específicos que podem ser aplicados presentes nesse estudo, sem dúvida, demonstra que há uma expansão na percepção das possibilidades de aplicação dos conceitos físicos e a integração entre ciência, sociedade e ambiente. A discussão tecnológica poderia enriquecer ainda mais tal percepção, mas, como mencionado em UE3.PARNA, faltou maior aprofundamento da equipe nesse estudo. De qualquer forma, a interdisciplinaridade que ocorreu pela pesquisa da equipe, nas aplicações de conceitos físicos nas queimadas na Amazônia, é evidente.

Há problemas socioambientais evidenciados pela exploração da floresta, relacionados à exploração de recursos naturais, como visto na UE1.PARJO. Recursos provenientes da fauna e flora explorados ilegalmente, assim como queimadas visando à ampliação de pastos e biopirataria, são destacados pela pesquisa da sua equipe. As QSCs provocam a busca por informações que não estão previstas ou não fazem parte dos conteúdos físicos padrões. O surgimento de novas informações a serem pesquisadas, principalmente levando-se em consideração as consequências sociais, torna o ensino mais relevante e promove um aprendizado mais crítico sobre a região amazônica paraense, seja na área urbana ou florestal, como encontrado em UE1.PARMI.

A tecnologia, até aqui, parece não estar evidenciada como uma das protagonistas dos resultados do estudo das QSCs pelas equipes. Surgiu uma relação entre ciência, tecnologia e meio ambiente quando foi aprendido que as queimadas podem influenciar nas transmissões de rádio e TV, devido ao acúmulo de resíduos na atmosfera, como relatado na UE1.PARRE. Na UE4.PARKA, acrescenta-se a alteração química causada no solo e os prejuízos causados principalmente para as comunidades que dependem dos recursos das florestas. O participante “*America*”, na UE3.PARAM, reforça esse aspecto CTSA da pesquisa dizendo: “As leis físicas foram apresentadas de uma maneira diferente, pois foram associadas a outros aspectos, enriquecendo assim o conteúdo”. É algo que pode ser aproveitado, por exemplo, para aprofundar no estudo da transmissão e recepção das ondas eletromagnéticas e a relação com os impactos ambientais causados pela fumaça das queimadas em disciplinas de física. Nesse caso, pode ser destacado também como uma relação improvável, descoberta como resultado da pesquisa do participante “Renato”.

Uma de tantas falas enriquecedoras, que consegue mostrar em poucas linhas a

amplitude que as QSCs puderam chegar na pesquisa, correlacionando a física e toda uma importância no ambiente regional, é encontrada em UE1.PARJE:

Falar sobre nossa região foi bastante interessante para que pudesse entender um pouco mais sobre questões ambientais no Pará. Sobretudo, a física está presente em bastantes fenômenos ambientais. Ela é essencial para a criação de novos mecanismos de proteção dos ecossistemas, além dela explicar o princípio de funcionamento de várias máquinas, as quais se tornam poluentes para o meio ambiente. Ver a física em outros ramos foi algo que ainda não tinha experimentado a fundo, mas que foi muito bom de ser discutido.

Em [BERBEL \(2011\)](#), já vimos que “uma só forma de trabalho” não atinge todos da mesma forma e ao mesmo tempo, daí a importância de buscar diferentes alternativas para evidenciar diferentes habilidades. Esta forma de trabalho é a própria metodologia utilizada, mas nesta pesquisa não foi possível haver outras opções metodológicas, o que ocorreu foi a diversidade de pesquisas dos estudantes, pela liberdade para escolhê-las e expressá-las. Quando não optavam pela QSC proposta, pesquisavam o que mais lhes interessavam, sem desviar da física no contexto socioambiental.

A forma como UE1.PARJE se expressou mostrou que a atividade desenvolvida pela equipe foi muito acertada para ele, pelas conexões e reflexões demonstradas, a partir de uma atividade desenvolvida sob a abordagem CTSA. Da mesma forma, vemos em UE1.PARCH e UE2.PARCH essa percepção do valor do meio ambiente e sua ligação com a física, e como esta se interliga com a tecnologia e a sociedade. Corroborado assim pelo entendimento de que o conhecimento físico também está aplicado à tecnologia utilizada na detecção do desmatamento ilegal na Amazônia, a qual é constantemente fiscalizada por essas tecnologias. Tal pesquisa realizada pela equipe de “Chico” se mostrou como fator motivacional para ele, incentivando a continuidade dos estudos e o aprofundamento da temática, pois trouxe reflexão a respeito dos impactos ambientais que causamos, especialmente pelo aumento do consumo de carne bovina. Essa associação com conhecimentos diversos permitiu ao participante “Van” não só sair da zona de conforto, como perceber como o CTSA se relacionava em sua pesquisa. É importante dizer que o “Ambiente” do CTSA não está em igualdade com os demais significados da sigla CTS, está acima deles, pois os engloba. Dentro de um contexto ambiental é que se articula os demais significados da sigla.

Estar envolvido numa pesquisa com QSC é estar disposto a lidar com uma série de conhecimentos, novos ou não, que a priori não têm relação aparente com o conteúdo específico de uma área de conhecimento. A busca por esses conhecimentos para um entendimento mais global da QSC que se estuda torna-se uma necessidade natural, e os mesmos já surgem contextualizados, tornando a área específica mais abrangente. Uma relação surgida na UE2.PARNA é entre saúde e meio ambiente, que, por mais que pareça óbvia, não é evidente que ela surja através de uma pesquisa em que a física é o núcleo da

atividade. Se tal relação não surgisse, seria mais um conteúdo a ser estudado ou conhecido isoladamente.

A participante Silvia, em UE2.PARSI, relacionou enchentes com questões sociais e econômicas e percebeu que faltou entender mais a questão física do problema, conforme apresentado em UE3.PARMAR. Silvia pôde entender melhor o funcionamento das áreas verdes com o auxílio da internet para tal relacionamento. Ela salientou que a metodologia foi benéfica e interessante para a compreensão do assunto. Esse é mais um exemplo de que o entendimento das partes conectadas com o todo traz maior visão do problema a ser estudado ou conhecido. Assim como Silvia, Marilis abordou a questão dos alagamentos em Belém-PA. A QSC dessa equipe relacionava um problema local, social e político, parâmetros previstos quando se pesquisa uma QSC. Além disso, levantou-se a questão da sustentabilidade necessária para a região e conscientização da população. Apesar de terem percebido que poderiam ter utilizado mais a ciência física para melhor entendimento do sistema de drenagem, isso não se torna demérito. Pelo contrário, mostra que, pela QSC, se sentiram instigadas a conhecer mais e sabiam que o conhecimento físico só iria ampliar o entendimento da QSC da equipe. Para um trabalho de maior duração, certamente este seria um dos passos seguintes a serem investigados, e conteúdos de fluidodinâmica certamente emergiriam e, conseqüentemente, já estariam contextualizados.

A visão mais ampla das potencialidades da física e seu relacionamento com a tecnologia, sociedade e meio ambiente foi observada nos relatos dos participantes neste primeiro metatexto, em suas duas categorias intermediárias. Houve uma mudança de perspectiva das partes para o todo, como uma das características do pensamento sistêmico. A integração da física com questões sociocientíficas demanda uma visão holística, onde a mudança de foco das partes isoladas para a compreensão do todo na física representa uma transformação paradigmática. O foco se desloca da análise individual de componentes para a compreensão de sistemas integrados.

A educação em física deve considerar as conseqüências de fenômenos sociais e ambientais interligados, pois essa abordagem é essencial para formar cidadãos conscientes e responsáveis, capazes de tomar decisões informadas e éticas em relação à preservação do meio ambiente. Ao focar nas relações entre os fenômenos físicos e ambientais, a física pautada numa abordagem sistêmica destaca a importância de compreender os padrões de interação e interdependência, abrindo caminho para soluções mais sustentáveis. Na abordagem sistêmica, é fundamental reconhecer que os fenômenos físicos e ambientais são interconectados e que as relações entre diferentes elementos são primordiais para compreender os sistemas como um todo. Daí, mais uma característica do pensamento sistêmico que pode ser destacada neste primeiro metatexto: a mudança de objetos para relações.

A importância das tecnologias de satélite para o planejamento ambiental é ressal-

tada, assim como a necessidade de abordar a física de maneira contextualizada, conectando-a com situações práticas e atuais. Tal contextualização é fundamental para tornar o ensino mais relevante e engajador, facilitando a conexão dos estudantes com os conceitos e incentivando a aplicação prática do conhecimento adquirido. Este engajamento dos estudantes com questões ambientais e sociais reais é enfatizado, incentivando-os a aplicar seus conhecimentos na busca de soluções sustentáveis para os desafios contemporâneos. Isso não apenas enriquece sua formação acadêmica, mas também os capacita a serem agentes de mudança, utilizando a física como ferramenta para abordar e resolver problemas globais.

Mais uma característica apresentada é a mudança de foco de quantidades para qualidades. Ao abordar questões ambientais e sociocientíficas, o foco se desloca da mera quantificação para a análise das qualidades, como as da sustentabilidade. Dessa forma, mostra-se a necessidade de uma abordagem mais qualitativa e integrada na física, alinhada com os princípios do pensamento sistêmico e com a abordagem CTSA.

9.2.2 Metatexto 2: desafios pedagógicos e inovações no ensino de física

Os desafios pedagógicos e as inovações no ensino de física são evidenciados pela dificuldade de encontrar literatura com aplicações em problemas sociocientíficos reais. Há uma necessidade de integrar ensino e pesquisa na graduação, preparando os estudantes para enfrentar desafios reais e aplicar o conhecimento teórico de maneira prática. A importância da abordagem CTSA no ensino de ciências é destacada, por possibilitar uma compreensão mais completa e contextualizada dos conceitos científicos e suas implicações na vida real. A abordagem interdisciplinar no ensino enfrenta desafios significativos, muitas vezes decorrentes da resistência enraizada nas abordagens tradicionais de educação e na formação disciplinar dos docentes.

Uma possibilidade para desenvolver competências é através de uma metodologia aplicada. Porém, quais competências estaremos interessados? Se precisamos quebrar uma barreira entre o mundo do conhecimento científico e o mundo biorregional do estudante, é preciso mostrar que esses mundos possuem intersecções. Na UE11.PARMA, vimos que “Marques” afirma relacionar conceitos físicos com a QSC proposta pela pesquisa, destacando que os conceitos físicos estudados se integraram com questões sociais, ambientais e tecnológicas, enriquecendo sua compreensão do todo. A metodologia apreciada por ele parece ter tido bastante influência nessa relação de conceitos. De maneira similar, na UE6.PARRO, o participante “Rodrigo” destaca que sua imersão na problemática sociocientífica fez com que ele realmente entendesse a conexão entre conceitos físicos e sociedade, salientando que a QSC foi um fator facilitador da aprendizagem. O participante “Michel”, na UE5.PARMIC, destaca que a construção do seminário foi bastante agregadora para a produção dos conhecimentos na formação vivenciada, podendo estar assim mais ativo. Temos, assim, uma situação em que o processo de construção da pesquisa tem seu

valor para o aprendizado e não somente o produto final. É uma demonstração pontual da importância de uma avaliação formativa na construção de seminários de pesquisa por estudantes.

Reiterando em parte as conclusões obtidas no capítulo de revisão de literatura, na UE10.PARMA é relatado que a maior dificuldade foi relacionar conceitos físicos com a QSC proposta. Fatores que dificultaram essa relação incluíram a escassez de trabalhos relacionados ao tema da pesquisa e a data de publicação dos mesmos, reforçando a necessidade de produzir pesquisas similares ao presente trabalho. Não esquecendo que, para muitos, se não todos, durante a graduação em licenciatura em física, pode ser o primeiro contato com QSC (como na UE2.PARRO). As referências na área dessa temática, principalmente em língua portuguesa, precisam de mais publicações. Houve outra dificuldade para relacionar conceitos de física, neste caso, com tecnologia e biopirataria, como relatado pelo participante “Joel” na UE3.PARJO. Ele identifica que há uma dificuldade nesse relacionamento de conceitos, pois a problemática do trabalho de sua equipe é interdisciplinar. Na UE4.PARMIC, também observamos essa dificuldade de associar áreas diferenciadas; porém, a interação com outros estudantes e o prosseguimento das pesquisas pessoais facilitou o entendimento dos conteúdos. Apesar das dificuldades de implementar um ensino e um estudo interdisciplinares, sabemos das potencialidades já evidenciadas pelos participantes para um aprendizado mais integral.

Associados a questões que envolvem metodologia e suas dificuldades no ensino, temos os aspectos tecnológicos e as inovações voltadas para o ensino de física e os problemas ambientais. Enfatizou-se os satélites de monitoramento ambiental, como vemos em UE5.PARRO, como uma tecnologia para auxílio no combate ao desmatamento ilegal. Esse aspecto tecnológico foi o mais destacado na UE1.PARMIC, acrescido do uso de softwares e drones, pois através deste aspecto, houve descobertas durante a formulação da pesquisa na relação entre tecnologia e meio ambiente. Isso mostra que o ponto de partida para um aprendizado mais sistêmico pode se iniciar de formas diferentes. A QSC pode trazer essa possibilidade porque não engessou um caminho para o aprendizado, permitindo, dentro da metodologia usada, caminhos diversos para tentar respondê-la e emergir novas aprendizagens, como evidenciado também na UE1.PARCH. Nesta, a tecnologia tem um papel de colaboração com o avanço da física e vice-versa, além de enfatizar a conexão com o meio ambiente e a sociedade que elas possuem, mas que recebem sua devida importância pelo ser humano. Neste caso, a pergunta epistemológica se a tecnologia gera ciência ou o contrário parece não ter mais uma importância dicotômica aqui, mas sim a importância de progredirem mutuamente para o combate ao desmatamento ilegal na Amazônia.

Novamente, a relação entre tecnologia e ciência emerge quando, na UE4.PARKA, destaca-se a interferência nas ondas eletromagnéticas para a comunicação, especialmente devido às queimadas, levando a uma conclusão sobre a importância de uma consciência

crítica socioambiental. O participante “Kaleb” complementa que, ambientalmente, há uma alteração química do solo devido às queimadas, prejudicando as comunidades que dependem dos recursos da floresta. A relação entre tais componentes mostra-se eficaz para o entendimento do problema das queimadas de forma mais ampla. Isso é confirmado também na UE1.PARRE pela surpresa despertada no participante “Renato”, quando na pesquisa “Queimadas na Amazônia”, de sua equipe, conseguiu extrair conhecimentos de física relacionados a essa temática, dos quais antes não fazia ideia serem possíveis. Novamente, é mencionada a fumaça das queimadas e sua interferência em ondas eletromagnéticas.

Nesta categoria, as características do pensamento sistêmico que mais emergiram da atividade com QSC, são principalmente duas: a multidisciplinaridade inerente e a mudança de foco da medição para o mapeamento. Ressalta-se que para o entendimento das QSC estudadas houve necessidade de conectar diferentes conhecimentos. Aqui, a multidisciplinaridade não significa necessariamente várias disciplinas tratando o mesmo tema, mas sim várias interdisciplinaridades colaborando para entender melhor o problema posto e os problemas que surgem durante a pesquisa. É importante destacar que, no ensino de física, na abordagem utilizada na atividade de pesquisa, a ênfase se desloca do foco na medição ou cálculo de variáveis para o mapeamento de relações e padrões, com o objetivo de facilitar a compreensão de conceitos complexos e a aplicação prática do conhecimento. Certos padrões emergiram para os estudantes, evidenciados na descoberta de relações CTSA nas pesquisas de cada grupo, como, por exemplo, o entendimento da conexão e causalidade entre atividades humanas, uso de tecnologia, impactos biorregionais e conteúdos específicos de física.

9.2.3 Metatexto 3: reflexões individuais e amadurecimento acadêmico

As reflexões individuais e o amadurecimento acadêmico podem ser características de uma educação dirigida à autorreflexão crítica, conforme já destacado em [ADORNO \(1995\)](#). Na aplicação da pesquisa dos estudantes, destaca-se a necessidade de uma exploração mais aprofundada dos conceitos físicos aplicáveis e de uma contextualização mais ampla dos projetos sustentáveis. O conhecimento adquirido pode ser utilizado para estabelecer conexões culturais relevantes em diferentes contextos de ensino de física, valorizando a diversidade cultural e a realidade regional dos estudantes.

Uma primeira reflexão a ser destacada é o fato de que, na UE7.PARMA, o participante “Marques” enfatizou a aprendizagem obtida por relações aprendidas, como entre terminologia e questões socioambientais. Talvez, na forma como disciplinas de física têm sido desenvolvidas na universidade, com o foco somente em conteúdos específicos da ciência, isso não seria esperado como resposta. Numa abordagem mais tradicional, talvez pelo EPT, o estudante responderia “terminologia” como algo aprendido, mas não uma relação entre esta e outro conhecimento ou área. O ineditismo de experimentar essa

atividade com a QSC proposta foi ao mesmo tempo proveitoso, como descrito por este participante na UE8.PARMA, mas trouxe dificuldades no início da pesquisa, conforme descrito na UE9.PARMA. Possivelmente, estudantes de licenciatura em física poderão ter mais dificuldades em colocar em sua prática docente uma metodologia que nunca experimentaram durante a graduação, daí a necessidade de partir do teórico à prática. Conhecer múltiplas metodologias ativas de forma teórica, por exemplo, não os tornará necessariamente estudantes propagadores destas metodologias.

Na UE5.PARCH, “Chico” destaca a satisfação e aprendizado de ter participado da pesquisa e aprendido muito sobre o quanto a física pode ser solucionadora de problemas. Neste caso, sabemos implicitamente que os problemas aos quais ele se refere não são os problemas propostos idealizados pelo livro didático, mas sim uma problemática contextualizada com sua realidade.

O participante “America” destaca na UE5.PARAM o tempo limitado na pesquisa da QSC para a interação entre estudantes e docente. Num EPP, certamente aplicado num semestre letivo universitário, leva a crer que mais interações e possibilidades de aprendizado podem surgir.

Na UE1.PARVA, o participante “Van” associou uma mudança de postura pessoal quando vai em busca de uma visão mais interdisciplinar dos conhecimentos, devido à oportunidade de ter novas percepções por meio daquela atividade de pesquisa na formação de sua residência pedagógica. Tais percepções contribuíram para que ele associasse conhecimentos através das relações CTSA. Além disso, o despertar de uma consciência mais crítica sobre as queimadas ocorreu pela pesquisa que estava desenvolvendo. O EPP pelas QSCs se mostrou uma metodologia que provoca e instiga o estudante a buscar naturalmente novos conhecimentos. Uma visão ampliada relativa aos saberes sociocientíficos pode ocorrer quando se entende que o conhecimento científico e o conhecimento que já trazemos da vivência do dia a dia podem dialogar entre si. Aprofundar nas problemáticas mais locais é uma conclusão vista na UE4.PARJO, para que esse diálogo possa ser mais produtivo. No mesmo caminho, “Fábio”, na UE1.PARFA, percebeu a importância de agregar o conhecimento da física com a realidade local em sua futura prática docente. A contextualização no ensino de física ocorrida trouxe-lhe uma visão crítica desse processo, vista na ênfase que ele deu na biorregionalidade dos estudantes.

Nesta categoria, as características do pensamento sistêmico mais relacionadas são: “Da ciência objetiva para a ciência epistêmica” e “Da certeza cartesiana ao conhecimento aproximado”. Na passagem da ciência objetiva para a sistêmica, reconhece-se a importância de incorporar a epistemologia no processo educacional, promovendo uma reflexão crítica sobre o conhecimento científico e seu papel na sociedade. As reflexões obtidas e refletidas também no amadurecimento acadêmico após a experiência com a atividade de campo trouxeram novos pensamentos a respeito da ciência. Demonstraram que a ciência física não

deve ser isolada em seu ensino em suas especificidades, mas deve estar conectada com a realidade vivida pelo futuro docente de física e com seus estudantes, assim como interferir diretamente na sociedade, entrelaçada pelas relações CTSA. Na característica “Da certeza cartesiana ao conhecimento aproximado”, destaco que a aceitação da natureza limitada e aproximada do conhecimento científico foi fundamental para o amadurecimento acadêmico dos participantes. Isto incentivou a humildade intelectual e a disposição para explorar novas perspectivas e abordagens. O foco das atividades não era necessariamente chegar a cálculos precisos, mas sim, no entendimento global do problema, e com suas conexões com outras áreas, enriquecer o aspecto crítico de cada participante, mesmo com o conhecimento aproximado da realidade vivida.

9.2.3.1 Reflexões sobre os metatextos

Ao integrar as características do pensamento sistêmico nessas categorias finais, destaco a importância de uma abordagem holística e interdisciplinar no ensino de física, na compreensão de questões ambientais e sociocientíficas e no desenvolvimento de uma postura crítica e reflexiva no processo de ensino e aprendizagem. Especificamente sobre as aprendizagens dos conteúdos de física que emergiram nos estudantes, elas ocorreram de forma atrelada a outro conhecimento específico ou a uma temática. Ocorreram em maior ou menor frequência pela QSC proposta por mim ou pela equipe, e posso destacá-las da seguinte forma:

Termodinâmica:

Lei da conservação de energia: os estudantes relacionaram esta lei fundamental com o fenômeno das queimadas na Amazônia, explorando como a energia é transformada e quais são seus impactos ambientais;

Temperatura, calor sensível e calor latente: os conceitos foram aplicados para entender fenômenos climáticos locais e suas relações com a biodiversidade e os ecossistemas;

Termoquímica: discutiu-se sobre as reações químicas ocorridas nas queimadas, incluindo a liberação de gases e partículas e como essas reações afetam a qualidade do ar e o clima local.

Hidrodinâmica:

Fluxos e correntes: enfatizou-se tais conceitos para compreender os sistemas de drenagem e o impacto de enchentes em áreas urbanas, como visto nos casos de Belém-PA. Em contextos de desmatamento e queimadas, os estudantes exploraram como a alteração da vegetação afeta a dinâmica atmosférica e hidrológica da região.

Eletrromagnetismo:

Propagação de ondas eletromagnéticas: aprenderam como as queimadas podem interferir nas transmissões de rádio e televisão, explorando a absorção e dispersão de ondas eletromagnéticas pela fumaça.

Ecologia:

Estudo de sistemas ecológicos: aplicação de conceitos físicos para entender a interação entre diferentes componentes do ecossistema amazônico, como a interdependência entre flora, fauna, e climatologia.

De uma forma geral, a física ambiental permeou as UEs. Ela desempenha um papel crucial na compreensão e gestão dos recursos naturais da Amazônia, assim como no entendimento da dinâmica de sistemas complexos e interações entre componentes físicos e biológicos do meio ambiente (Junior, 2019). A física ambiental, dentro do contexto da biorregião amazônica paraense, requer uma abordagem holística que integre conceitos físicos com conhecimentos de ecologia, biologia, geografia e ciências sociais. Isso permite uma compreensão mais profunda das interações complexas entre os elementos físicos e biológicos, essencial para promover práticas sustentáveis e para a conservação dos recursos naturais.

Os futuros físicos, nessa abordagem ambiental, sejam pela educação ou pela pesquisa aplicada, podem contribuir especialmente para o entendimento e resolução de problemas ambientais complexos, melhorar a interação humana com o meio ambiente e para o desenvolvimento de uma sociedade mais sustentável na biorregião amazônica paraense. Além da física ambiental, uma característica geral que esteve presente nas UEs foi o desenvolvimento pessoal e acadêmico. A participante “Marilis”, em uma UE não citada anteriormente, sintetizou o que pode ter preponderado para a maioria dos participantes:

Obrigada por ter-nos ensinado a ter um olhar ainda mais amplo durante essa formação. Professor, tive a oportunidade de aprender coisas que nem imaginava que pudesse se estudar, tenho certeza que isso foi de grande contribuição para o nosso processo de aprendizagem, tanto de vida quanto de graduação.

Minha percepção a respeito desta citação se baseia nos resultados obtidos pela análise dos dados dos participantes. Eles não devem ser superestimados para pesquisas futuras, mas sim servirem como incentivo para que se dê continuidade a esta temática, alcançando uma amplitude e resultados ainda mais significativos no que tange à melhoria do ensino de física e ao aprendizado dos estudantes.

10 Conclusões

Os metatextos mostraram que o ensino de física, quando integrado com QSCs específicas da biorregião amazônica paraense, pode facilitar um aprendizado mais crítico e contextualizado. Esta abordagem possibilitou aos estudantes reconhecer a física não apenas como uma série de conceitos abstratos, mas como uma ferramenta útil para compreender e resolver problemas reais, como o desmatamento, as queimadas e seus impactos sociais associados. A concepção sistêmica enfatiza a interdependência e a complexidade dos sistemas naturais e sociais. Nos metatextos, esta visão é refletida na maneira como os conceitos físicos são interligados com questões ambientais e tecnológicas, promovendo uma compreensão mais holística dos problemas e das possíveis soluções.

Os conceitos de termodinâmica foram aplicados para compreender as queimadas na Amazônia, destacando a interação entre energia, matéria e impactos ambientais. A abordagem CTSA ampara um ensino que transcende a mera transferência de conhecimento técnico, incentivando uma análise crítica das implicações científicas e tecnológicas na sociedade e no ambiente. As QSCs amparadas por essa abordagem foram cruciais para que os estudantes relacionassem a física com a realidade ambiental e social da Amazônia, resultando em uma aprendizagem mais significativa e aplicada.

Os estudantes desenvolveram uma capacidade crítica e reflexiva sobre seu papel como futuros docentes de física e cidadãos, o que é uma das metas da educação sob a abordagem CTSA. Além disso, reconheceram que a física pode contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável e para a resolução de problemas complexos. A experiência de conectar teoria física a questões reais parece ter motivado um engajamento mais profundo e um pensamento mais inovador e interdisciplinar. Ao aplicar esses conceitos em QSCs específicas, que mostraram ser questões humanas em sua biorregionalidade vinculadas à ciência, os estudantes foram capazes de ver a relevância da física em suas vidas e no mundo ao redor.

Portanto, as aprendizagens de física no ensino superior que podem emergir de questões sociocientíficas da biorregião amazônica paraense, considerando as inter-relações da concepção sistêmica de Capra com a abordagem CTSA, são multifacetadas. Incluem não apenas a compreensão de conceitos físicos, mas também a aplicação desses conceitos em contextos ambientais e sociais complexos, o desenvolvimento de pensamento crítico, habilidades interdisciplinares, e uma visão holística que é crucial para abordar os desafios contemporâneos de forma eficaz e sustentável.

Analisando a problemática respondida, posso afirmar que o objetivo geral da tese foi alcançado, pois houve aprendizagens para estudantes no ensino superior da licenciatura

em física através de QSC da biorregião amazônica paraense. As inter-relações da concepção sistêmica com a abordagem CTSA, utilizando o EPP como metodologia de ensino, formaram um ambiente teórico que, posto em prática, possibilitou aprendizagens conceituais não só de conteúdos de física, mas também de diversos outros conhecimentos. Em relação aos objetivos específicos, foram alcançados durante o EPP e no processo de unitarização e sua análise.

Alguns aspectos não foram o foco desta pesquisa ou não foram observados. É importante considerar explorar algumas direções adicionais que ampliem o escopo da investigação e proporcionem novas perspectivas sobre o impacto e a aplicação da física na Amazônia.

Certamente, um tempo maior de contato com os estudantes permite explorar mais possibilidades de estudo nessa temática. Uma possibilidade é avaliar os impactos a longo prazo dessa abordagem educacional nos estudantes, acompanhando sua trajetória acadêmica. Investigar como essa educação influencia suas escolhas de carreira.

Outra possibilidade é explorar como abordagens semelhantes podem ser aplicadas no ensino de outras ciências, como Química e Biologia, e estudar a interdisciplinaridade entre estas e a física para abordar questões ambientais complexas da região.

Podemos também investigar como o conhecimento indígena e local pode ser integrado ao ensino de física para enriquecer a compreensão dos estudantes sobre os sistemas naturais e promover uma abordagem mais holística e culturalmente relevante.

Outra direção é desenvolver modelos teóricos que explicitem as conexões entre os conceitos de física e as aplicações práticas em contextos ambientais e sociais, ajudando a formalizar e expandir o conhecimento gerado pela pesquisa inicial.

Pode-se também aprofundar o estudo sobre como práticas específicas influenciadas pela física (como a gestão de recursos naturais e o manejo de resíduos) impactam ambiental e socialmente as comunidades locais.

Um último possível desdobramento vislumbrado é analisar aprendizagens relacionadas aos desenvolvimentos físico-matemáticos realizados nessa abordagem, como um passo seguinte à abordagem conceitual.

Esses possíveis desdobramentos visam expandir a aplicabilidade da tese, fomentando uma integração maior entre a educação científica e os desafios reais. Essa expansão contribuirá para a formação de uma rede de conhecimentos que possam ser diretamente aplicados em benefício da região amazônica paraense e de outras biorregiões.

Referências

- Adorno, T. W. *Emancipação e educação. Trad. Wolfgang Leo Maar. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1995. Citado 2 vezes nas páginas 101 e 146.*
- Aikenhead, G. What is sts science teaching. *STS education: International perspectives on reform*, v. 2, n. 12, p. 47–59, 1994. Citado na página 68.
- Aikenhead, G. Educación ciencia-tecnología-sociedad (cts) una buena idea como quiera que se le llame. *Educación química*, v. 16, n. 2, p. 304–315, 2005. Citado na página 69.
- Aleixandre, M. P. J.; Agraso, M. F. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na sala de aula. *Educação em Revista*, n. 43, p. 13–34, 2006. Citado na página 143.
- Almeida, M. D. C. X. D. *Complexidade, saberes científicos, saberes da tradição*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2017. Citado na página 74.
- Arbex, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, SciELO Brasil, v. 30, p. 158–175, 2004. Citado na página 123.
- Association, N. S. T. et al. *NSTA position statement: Teaching science in the context of societal and personal issues*. 2016. Citado na página 72.
- Auler, D.; Delizoicov, D. Investigação de temas cts no contexto do pensamento latino-americano. *Linhas críticas*, v. 21, n. 45, p. 275–296, 2015. Citado na página 65.
- Azevedo, R. O. M. et al. Questões sociocientíficas com enfoque cts na formação de professores de ciências: perspectiva de complementaridade. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Universidade Federal do Pará, v. 9, n. 18, p. 84–98, 2013. Citado na página 26.
- Bacich, L.; Moran, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. [S.l.]: Penso Editora, 2017. Citado na página 131.
- Bardin, L. *Análise de conteúdo: Edição revisada e ampliada (edições 70)*. São Paulo, 2011. Citado na página 70.
- Barreira, C.; Boavida, J.; Araújo, N. Avaliação formativa: novas formas de ensinar e aprender. *Revista portuguesa de pedagogia*, p. 95–133, 2006. Citado na página 80.
- Bauchspies, W. K. *Science, technology, and society: A sociological approach*. 2006. Citado na página 72.
- Bento, A. V. Efeitos das transições de ciclo e mudanças de escola: Perspectivas dos alunos do 5º ano (2º ciclo). *A escola sob suspeita*, Edições Asa, p. 375–384, 2007. Citado na página 20.
- Berbel, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, v. 32, n. 1, p. 25–40, 2011. Citado 2 vezes nas páginas 97 e 148.

- Bicudo, M. A. V. A pesquisa qualitativa fenomenológica: interrogação, descrição e modalidades de análise. *Pesquisa qualitativa segundo a visão fenomenológica*. São Paulo: Cortez, p. 41–74, 2011. Citado na página 70.
- Brasil, W. Ciência e educação superior na amazônia. In: *Ciência e educação superior na Amazônia*. [S.l.: s.n.], 2007. p. 166–166. Citado na página 27.
- Cachapuz, A. et al. Do estado da arte da pesquisa em educação em ciências: linhas de pesquisa e o caso “ciência-tecnologia-sociedade”. *Alexandria: revista de educação em ciência e tecnologia*, v. 1, n. 1, p. 27–49, 2008. Citado na página 43.
- Cachapuz, F.; Jorge, M. P.; Praia, J. *Ciência, educação em ciência e ensino das ciências*. [S.l.]: Ministério da Educação, 2002. Citado 13 vezes nas páginas 12, 26, 27, 29, 31, 47, 66, 78, 79, 80, 81, 82 e 84.
- Capra, F. *A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. Trad. Eicheberg, Newton Roberval. [S.l.]: São Paulo: Pensamento-Cultrix, 2000. Citado na página 56.
- Capra, F. *Alfabetização ecológica*. [S.l.]: Editora Cultrix, 2006. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- Capra, F. *A alma de Leonardo da Vinci: Um gênio em busca do segredo da vida*. [S.l.]: Cultrix, 2012. Citado na página 56.
- Capra, F. *O ponto de mutação*. [S.l.]: editora Cultrix, 2012. Citado 7 vezes nas páginas 29, 31, 49, 53, 54, 55 e 56.
- Capra, F. *O Tao da Física: uma análise dos paralelos entre a física moderna e misticismo oriental*. [S.l.]: Editora Cultrix, 2020. Citado 11 vezes nas páginas 29, 31, 48, 49, 50, 51, 52, 57, 58, 59 e 75.
- Capra, F.; Luisi, P. L. *Visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas*. [S.l.]: Editora Cultrix, 2020. Citado 10 vezes nas páginas 27, 29, 31, 48, 49, 53, 56, 57, 60 e 137.
- Carr, W.; Kemmis, S. Teoría crítica de la enseñanza. Martínez Roca, 1988. Citado 2 vezes nas páginas 67 e 68.
- Carson, R. L. Primavera silenciosa. São Paulo: Gaia, 2010. Citado na página 64.
- Chew, G. F. “bootstrap”: A scientific idea? the place of the bootstrap idea in science is analyzed, from the broad and limited points of view. *Science*, American Association for the Advancement of Science, v. 161, n. 3843, p. 762–765, 1968. Citado na página 59.
- Conrado, D. M. *Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico*. Tese (Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências)) — Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017. 218 f. Instituto de Física. Citado 4 vezes nas páginas 70, 116, 117 e 143.
- Conrado, D. M.; Nunes-Neto, N. Questões sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no ensino de ciências. *Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, p. 77–118, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 29.

- Couto, R. C. de S. Saúde e ambiente na amazônia brasileira. *Novos Cadernos NAEA*, v. 23, n. 3, 2021. Citado na página 133.
- Creswell, J. W. *Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto*. Porto Alegre: Artmed, 2010. Citado na página 77.
- Descartes, R. Discurso do método. 3^a tiragem. *SP.: Martins Fontes*, 2001. Citado na página 58.
- Dias, R.; Dagnino, R. A política científica e tecnológica brasileira: três enfoques teóricos, três projetos políticos. *Revista de Economia*, v. 33, n. 2, p. 91–113, 2007. Citado na página 65.
- D'Ambrosio, U. Transdisciplinaridade. são paulo. *Ed. Palas Athena*, 1997. Citado na página 74.
- D'Ambrosio, U. Albert einstein e sua atuação para a paz. *Revista Brasileira de História da Matemática*, v. 5, n. 10, p. 01–17, 2005. Citado na página 63.
- Eijkelhof, H. M.; Kortland, K. Broadening the aims of physics education. In: *Developments and dilemmas in science education*. [S.l.]: Routledge, 2012. p. 282–305. Citado na página 67.
- Einstein, A. Sobre religião cósmica e outras opiniões e aforismos. *Nova Iorque: Editora Covici-Friede*, 1931. Citado na página 54.
- Ericone, D. *Os desafios da pesquisa*. [S.l.]: EDIPUCRS, 1996. Citado na página 124.
- Fearnside, P. M. Exploração mineral na amazônia brasileira: O custo ambiental. *Dossiê desastres e crimes da mineração em Barcarena, Mariana e Brumadinho*. Belém: Editora do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, p. 35–42, 2019. Citado na página 149.
- Fensham, P. J. *Development and dilemmas in science education*. [S.l.]: Psychology Press, 1988. v. 23. Citado 2 vezes nas páginas 63 e 67.
- Florenzano, T. G. *Os satélites e suas aplicações*. [S.l.]: Sindicato dos servidores Públicos Federais na Área de Ciências e Tecnologia . . . , 2008. Citado na página 127.
- Freire, P. *Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*. [S.l.]: São Paulo: Moraes, 1980. Citado 2 vezes nas páginas 67 e 135.
- Freire, P. *Educação e Mudança*. 27. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2003. Citado 3 vezes nas páginas 47, 69 e 132.
- Gabardo, G.; Sarzedas, C. G.; Silva, H. L. da. Queimadas na amazônia brasileira: Brasil em chamas. *A educação ambiental em uma perspectiva interdisciplinar*. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/200800872.pdf>> Acesso em jan. 2024, v. 4, 2021. Citado na página 129.
- Gadamer, H.-G. Verdade e método i: Traços fundamentais de uma hermenêutica filosófica [1960]. *Tradução: Flávio Paulo Meurer*. Petrópolis: Editora Vozes, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 71.

- Gil, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. [S.l.]: 6. ed. Editora Atlas SA, 2008. Citado na página 77.
- Hart, C. Examining relations of power in a process of curriculum change: The case of vce physics. *Research in Science Education*, Springer, v. 31, p. 525–551, 2001. Citado na página 28.
- Haydt, R. C. C. *Avaliação do processo ensino-aprendizagem*. [S.l.]: Editora Ática, 2000. Citado na página 81.
- Hermann, N. *Hermenêutica e educação*. [S.l.]: DP & A, 2003. Citado na página 79.
- Hodson, D.; McFarlane, D. A. *Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism*. 2011. Citado na página 70.
- Hoffmann, W. A. M. Ciência, tecnologia e sociedade: desafios da construção do conhecimento. In: *Ciência, tecnologia e sociedade: desafios da construção do conhecimento*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 312–312. Citado na página 26.
- Husserl, E. *Ideias para uma fenomenologia pura e para uma filosofia fenomenológica*. [S.l.]: Ideias & Letras São Paulo, 2006. v. 1. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 70.
- Japiassu, H. A atitude interdisciplinar no sistema de ensino. *Revista Tempo Brasileiro*, v. 108, n. 199, p. 83–93, 1992. Citado na página 122.
- Junior, R. A. O. S. *Ambiente e Sociedade na Amazônia: Uma Abordagem Interdisciplinar*. [S.l.]: Garamond, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 104 e 125.
- Keller, F. S. Good-bye, teacher... *Journal of applied behavior analysis*, Society for the Experimental Analysis of Behavior, v. 1, n. 1, p. 79, 1968. Citado na página 21.
- Kuhn, D. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science education*, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company New York, v. 77, n. 3, p. 319–337, 1993. Citado na página 118.
- Kuhn, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. [S.l.]: Guerra e Paz Editores, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 63.
- Laburú, C. E.; Arruda, S. d. M.; Nardi, R. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, Graduação em Educação para a Ciência, v. 9, n. 02, p. 247–260, 2003. Citado na página 138.
- Landulfo, E. *Meio ambiente & física*. [S.l.]: Editora Senac São Paulo, 2020. v. 4. Citado na página 134.
- Lima, A.; Martins, I. As interfaces entre a abordagem cts e as questões sociocientíficas nas pesquisas em educação em ciências. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, p. 1–8, 2013. Citado na página 126.
- Luckesi, C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. [S.l.]: Cortez editora, 2014. Citado na página 80.
- Mesquita, D. W. d. O. Contexto e realidade amazônica: questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências/química. Universidade Federal do Amazonas, 2017. Citado na página 144.

- Miller, G. T.; Spoolman, S. E. *Ciência Ambiental*. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2021. Citado na página 139.
- Miller, J. P. *The holistic curriculum*. [S.l.]: University of Toronto press, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 71.
- Moraes, J. U. P.; Araújo, M. S. T. d. O ensino de física e o enfoque ctsa: caminhos para uma educação cidadã. *São Paulo: Livraria da Física*, v. 144, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 73 e 74.
- Moraes, R.; Galiazzi, M. d. C. *Análise Textual Discursiva*. 3. ed. [S.l.: s.n.], 2020. Revisada e Ampliada. Citado 4 vezes nas páginas 29, 78, 79 e 89.
- Moreira, M. A. *Metodologias de pesquisa em ensino*. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2011. Citado na página 77.
- Mota, A. R.; Rosa, C. T. W. da. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. *Revista Espaço Pedagógico*, v. 25, n. 2, p. 261–276, 2018. Citado na página 142.
- Nascimento, J. M. d.; Amaral, E. M. R. d. O papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos. *Ciência & Educação (Bauru)*, SciELO Brasil, v. 18, p. 575–592, 2012. Citado na página 141.
- Oliveira, M. M.; Uhmman, R. I. M. Educação ambiental na perspectiva de Rachel Carson: um olhar aos anais do Anped. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v. 38, n. 1, p. 362–373, 2021. Citado na página 64.
- Ozelame, D. M.; Filho, J. B. da R. As dificuldades docentes em desenvolver práticas interdisciplinares no ensino de ciências e matemática. *Acta Scientiae*, v. 18, n. 1, 2016. Citado na página 134.
- Palacios, E. M. G.; Galbarte, J. C. G.; Bazzo, W. *Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)*. [S.l.]: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), 2005. Citado na página 64.
- Pedretti, E.; Nazir, J. Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science education*, Wiley Online Library, v. 95, n. 4, p. 601–626, 2011. Citado na página 70.
- Pereira, C. A. M. *O que é contracultura*. [S.l.]: Brasiliense, 1989. Citado na página 64.
- Pérez, L. F. M. A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2010. Citado na página 116.
- Pérez, L. F. M. Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores. Editora Unesp, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 63, 65 e 115.
- Pigozzo, D.; Lima, N. W.; Nascimento, M. M. A filosofia sistêmica de Fritjof Capra: Um olhar ecológico para a física e para o ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 36, n. 3, p. 704–734, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 49 e 75.
- Ramos, E. C. Educação ambiental: origem e perspectivas. *Educar em Revista*, SciELO Brasil, p. 201–218, 2001. Citado na página 64.

Reis, D. A. d.; Silva, L. F.; Figueiredo, N. As complexidades inerentes ao tema "mudanças climáticas": desafios e perspectivas para o ensino de física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, SciELO Brasil, v. 17, n. 3, p. 535–554, 2015. Citado 3 vezes nas páginas 138, 140 e 142.

Ribeiro, H.; Assunção, J. V. d. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos avançados*, SciELO Brasil, v. 16, p. 125–148, 2002. Citado na página 130.

Rodrigues, V. A. B.; Felix, M. A. C.; Quadros, A. L. de. Aprendizagem de conceitos científicos no ensino de ciências com abordagem cts. *Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Universidade Federal de Minas Gerais, 2017. Citado na página 145.

Santos, G. G. D. *Geotecnologia aplicada na identificação e análise de queimadas no município de Altamira/PA*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal Rural da Amazônia, 2022. Citado na página 149.

Santos, W. L. P. d.; Schnetzler, R. P. *Educação em química: compromisso com a cidadania*. [S.l.]: Unijuí, 2010. Citado 5 vezes nas páginas 26, 63, 64, 65 e 72.

Santos, W. L. P. dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas cts em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)*, v. 1, 2008. Citado 2 vezes nas páginas 128 e 147.

Santos, W. L. P. dos; Mortimer, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191–218, 2009. Citado na página 130.

Sayago, D.; Bursztyn, M. A tradição da ciência e a ciência da tradição: relações entre valor, conhecimento e ambiente. *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI*, p. 89–109, 2006. Citado na página 135.

Schulz, P. A. *Números da Física no Brasil 2020*. 2021. Schulz, P. A. Números da Física no Brasil 2020. Sociedade Brasileira de Física. 2021. Disponível em: <<https://www.sbfisica.org.br/arquivos/Numeros-da-Fisica-Brasil-2020.pdf>> Acesso em: 03 ago. 2022. Disponível em: <<https://www.sbfisica.org.br/arquivos/Numeros-da-Fisica-Brasil-2020.pdf>>. Citado na página 20.

Silva, M. R. F. d. *Ciência, natureza e sociedade: diálogo entre saberes*. São Paulo: Livraria da Física, 2010. Citado 8 vezes nas páginas 48, 49, 51, 68, 69, 73, 124 e 136.

Simões, C. M. A. R. et al. *Educação e ensino CTS com projetos sustentáveis de alunos de física e química*. Tese (Tese (Doutorado)) — Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Faculdade de Ciências Sociais, Educação e Administração, 2016. Citado na página 145.

Solomon, J. *Teaching Science, Technology and Society. Developing Science and Technology Series*. [S.l.]: ERIC, 1993. Citado na página 63.

Solomon, J. The dilemma of science, technology and society education. In: *Developments and dilemmas in science education*. [S.l.]: Routledge, 2012. p. 266–281. Citado na página 67.

- Souza, D. C. de. O positivismo de auguste comte e a educação científica no cenário brasileiro. *REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, v. 8, n. 1, p. 29–42, 2020. Citado na página 21.
- Souza, S. A. V. de; Robaina, J. V. L. Questões sociocientíficas da biorregião amazônica: uma revisão de literatura qualificada pela análise textual discursiva. In: SILVA, A. R. da; MARCELINO, V. de S. (Ed.). *Análise Textual Discursiva (ATD): teoria na prática: pesquisas autorais como uma tempestade de luz*. Campos dos Goytacazes, RJ: Encontrografia Editora, 2024. cap. 12, p. 211–227. Citado na página 44.
- Steinke, E. T. *Climatologia fácil*. [S.l.]: Oficina de Textos, 2016. Citado na página 126.
- Suertegaray, D. M. A. Natureza e sociedade: A articulação necessária. In: MEDEIROS, R. M. V.; SUERTEGARAY, D. M. A.; DAUDT, H. M. L. (Ed.). *EIA-RIMA: estudo de impacto ambiental*. Porto Alegre: Metrópole, 1993. Citado na página 122.
- Terra, C.-G. d. O. da. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira por satélite*. 2023. Citado na página 140.
- Vasconcellos, E. S. d. Abordagem de questões socioambientais por meio de tema cts: análise de prática pedagógica no ensino médio de química e proposição de atividades. 2008. Citado na página 147.
- Vilches, A.; Gil-Pérez, D.; Praia, J. De cts a ctsa: educação por um futuro sustentável. *CTS e Educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisa*, Editora Universidade de Brasília Brasília, p. 161–184, 2011. Citado na página 73.
- Villani, A.; Barolli, E. Os discursos do professor e o ensino de ciências. *Pro-posições*, v. 17, n. 1, p. 155–175, 2006. Citado na página 73.
- Wheeler, J. A. From relativity to mutability. In: *The physicist's conception of nature*. [S.l.]: Springer, 1973. p. 202–247. Citado na página 52.
- Yabiku, K. R.; Bernardo, E. P. Uma abordagem interdisciplinar no ensino da física por meio da matemática e dos recursos tecnológicos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, 2020. Citado na página 131.
- Zeidler, D. L. et al. Beyond sts: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science education*, Wiley Online Library, v. 89, n. 3, p. 357–377, 2005. Citado na página 70.
- Ziman, J. M. *Teaching and learning about science and society*. [S.l.]: Cambridge University Press, 1980. Citado 4 vezes nas páginas 65, 66, 67 e 69.

Apêndices

APÊNDICE A – Unitarização dos artigos

Uma vez que o corpus desta Análise Temática de Dados consiste em resumos pessoais dos artigos que mencionaram o termo mais frequente, neste caso, as “QSCs” com seis ocorrências, não foi preciso fragmentar ainda mais o texto. Em cada resumo, apresentamos um exemplo da estrutura de códigos a seguir, seguido pela identificação das unidades correspondentes:

- Título escolhido para o resumo do artigo número 01 = A01
- Unidade Teórica 1 = UT01
- UT01.A01 = Unidade Teórica 1 referente ao resumo do artigo numero 01
- R.UT01.A01 = reescrita do resumo do artigo 1 baseado na UT1

Unitarização

A01: Ensino com QSC.

UT01: PÉREZ, L. F. M. Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores. Editora Unesp, 2012.

UT01.A01: “A clonagem, o uso de células-tronco, os transgênicos, as energias alternativas e outros assuntos controversos na sociedade envolvem consideráveis implicações científicas, tecnológicas, políticas e ambientais que podem ser trabalhadas em aulas de ciências com o intuito de favorecer a participação ativa dos estudantes em discussões escolares que enriqueçam seu crescimento pessoal e social” (Pérez, 2012, p. 25).

R.UT1.A01: As questões sociocientíficas têm o potencial de estimular a iniciativa dos estudantes na sala de aula, ao mesmo tempo em que facilitam a ligação entre o conhecimento científico e o contexto da vida cotidiana. Além disso, elas oferecem aos educadores a oportunidade de abordar tópicos controversos na sociedade e promover um processo de ensino e aprendizagem mais direcionado às ciências físicas, especialmente em relação a questões que envolvem temas ambientais.

A02: Questões sociocientíficas e sustentabilidade.

UT02: PÉREZ, L. F. M. A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2010.

UT02.A02: “A abordagem de QSC (...) implica pensar o porquê e para quê ensinar ciências na sociedade atual, transcendendo a mera busca de metodologias voltadas ao ensino de conteúdos preestabelecidos“ (Pérez, 2010, p. 231) .

R.UT02.A02: A educação para a sustentabilidade engloba temas contemporâneos, com ênfase especial nas questões ambientais. Em nosso mundo, onde os desafios ambientais continuam a crescer e têm um impacto direto na sociedade, é não apenas sensato, mas fundamental, abordá- los nas aulas de ciências. Além de considerar metodologias para o ensino das ciências, é crucial reconhecer a importância de iniciar o debate por meio de questões sociocientíficas. O papel do educador também inclui a responsabilidade de promover discussões e reflexões sobre a inclusão desses temas no currículo, estreitando a conexão entre o ensino e a vida cotidiana dos estudantes.

A03: QSC e educação científica.

UT03: CONRADO, D. M. Questões sociocientíficas na educação ctsa: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. Instituto de Física, 2017.

UT03.A03: “As QSCs podem ser planejadas e transpostas para o ensino, no âmbito de uma estratégia didática ou um método de ensino que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado com o entorno e o cotidiano, assim como compreender criticamente a natureza da ciência e desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento crítico” (Conrado, 2017, p. 83).

R.UT03.A03: O foco principal não deve estar nas metodologias, mas sim no meio pelo qual os estudantes são guiados para desenvolver o pensamento crítico durante as aulas de ciências, por meio das questões sociocientíficas. No entanto, não devemos subestimar a importância das metodologias e estratégias de ensino, as quais devem ser concebidas considerando a contextualização e a realidade cotidiana dos estudantes. A dificuldade enfrentada pelos docentes ao implementar essas abordagens talvez se deva, em parte, à sua relativa novidade no ambiente escolar, como evidenciado pelos resultados da pesquisa nas bases mencionados nessa revisão de literatura.

A04: Introdução às QSCs e pensamento crítico.

UT04: CONRADO, D. M. Questões sociocientíficas na educação ctsa: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. Instituto de Física, 2017.

UT04.A04: “A prática do pensamento crítico em sala de aula, com todas as possibilidades filosóficas que lhe fundamentam, parece ter um papel muito relevante, uma vez que é uma manifestação de emancipação e empoderamento na educação” (Conrado, 2017, p. 80).

R.UT04.A04: A aprendizagem por meio de questões sociocientíficas pode ocorrer por meio de conteúdos que se relacionam com a realidade cotidiana dos estudantes, incorporando um contexto significativo. A pesquisa na área de Didática e História da Ciência respalda o papel das questões sociocientíficas no fomento do pensamento crítico durante as aulas de ciências. A aplicação do pensamento crítico em sala de aula pode ser vista como um processo de emancipação e empoderamento no contexto educacional.

A05: Exemplos de QSC e pensamento crítico.

UT05: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Aspectos sociocientíficos em aulas de Química. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, 2002. 337 p.

UT05.A05: “Aspectos sócio-científicos (ASC)¹ são questões ambientais, políticas, econômicas, éticas, sociais e culturais relativas à ciência e tecnologia. Tal abordagem tem sido recomendada em currículos com ênfases em CTS, os quais possuem como principal objetivo a formação para a cidadania.” (p. 23)

R.UT05.A05: As questões relacionadas às questões sociocientíficas, sem dúvida, demandam argumentação e habilidades críticas. As questões sociocientíficas são particularmente recomendadas quando o objetivo é cultivar o pensamento crítico, uma vez que estão intrinsecamente ligadas a esses aspectos mencionados. Elas também são altamente recomendadas em currículos com ênfase em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), que visam à formação de cidadãos críticos e conscientes de sua responsabilidade na sociedade.

A06: QSC e educação em ciências.

UT06: KUHN, D. Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. Science education, Wiley Subscription Services, Inc., A Wiley Company New York, v. 77, n. 3, p. 319–337, 1993.

¹ Apesar dos autores fazerem uma diferenciação em relação às QSCs, em essência, o uso de ASC na educação em ciências possuem propósitos semelhantes.

UT06.A06: “O conhecimento científico se diferencia de outros domínios, em termos de enunciados, conclusões, hipóteses ou teorias, pois não constituem meras opiniões, mais devem estar sustentadas e justificadas em provas, dados empíricos ou respaldo de natureza teórica. Esta justificação do conhecimento científico é também chamada de argumentação, como a capacidade de relacionar dos dados às conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz de dados empíricos ou de outras fontes” (Kuhn, 1993).

R.UT06.A06: As questões sociocientíficas estão intimamente ligadas à prática da argumentação científica, uma vez que a exploração e busca por respostas em questões desse tipo nos levam a buscar conhecimento científico legítimo. Isso significa que a argumentação científica é inerente à própria essência da ciência. Essa forma de argumentação não depende de opiniões pessoais; portanto, não deve ser vista como uma simples manipulação de palavras. É essencial que ela seja fundamentada em princípios científicos sólidos, especialmente quando se trata do contexto de ensino e aprendizagem das ciências.

APÊNDICE B – Avaliação diagnóstica

Prezados(as) participantes do projeto “Aprendizagens emergentes de física através de questões sociocientíficas da biorregião amazônica paraense”, seguem algumas perguntas a respeito de saberes sócio-culturais que vocês já possuem desta biorregião amazônica paraense em que vivem, além de alguma questão sociocientífica a ser destacada.

1. Você nasceu na Amazônia paraense?
2. Você se sente integrante da Amazônia paraense ou sente-se deslocado de seu ambiente social e cultural? Por que?
3. Quais os principais aspectos sociais e culturais da Amazônia paraense que se diferenciam de outras regiões? Pode ser aspectos que você conheça pessoalmente ou através de alguma mídia.
4. Você já teve alguma experiência como estudante do ensino básico ou superior em participar de alguma aula ou atividade pedagógica que envolvesse questões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais da Amazônia paraense? Se sim, poderia descrever?
5. Poderia formular uma questão sociocientífica de interesse que está diretamente associada com a Amazônia paraense? Se sim, qual seria?

APÊNDICE C – Atividade avaliativa

Prezados e prezadas participantes do projeto “Aprendizagens emergentes de física através de Questões Sociocientíficas da biorregião amazônica paraense”, esta é uma atividade com intuito de avaliar as possíveis aprendizagens e impressões ocorridas durante a participação neste projeto. Mais especificamente durante o desenvolvimento da QSC proposta intitulada “Sendo o desmatamento um dos maiores problemas ambientais da amazônia paraense, quais aprendizagens de física, Tecnologia, Sociedade e Ambiente podem emergir do estudo desta problemática?” e/ou com a QSC ou tema propostos pelo seu grupo, mostrados na apresentação da pesquisa feita por vocês.

Não há necessariamente respostas certas ou erradas, o importante é saber as impressões de cada um a respeito do desenvolvimento de uma QSC numa proposta de ensino por pesquisa (EPP) como foi desenvolvido. Além disso, saber o que a atividade desenvolvida proporcionou ou facilitou em termos de aprendizado científico, tecnológico, social e ambiental, numa perspectiva de ciência sistêmica, em poucas palavras, numa perspectiva em que o conhecimento científico se interliga com outros conhecimentos igualmente importantes, como por exemplo, conhecimentos que você já traz da biorregião amazônica paraense em que vive.

Nesse sentido, seguem algumas propostas para que você possa expressar o resultado da sua interação com a participação no projeto.

1. Disserte sobre as aprendizagens de física, Tecnologia, Sociedade e Ambiente que possam ter emergidas em você durante a participação nesta pesquisa. Inclua também aprendizagens que você já tinha, mas que durante a atividade foram aplicadas/discutidas de uma forma como nunca você havia experimentado.
2. Faça uma síntese a partir da reflexão da atividade que foi desenvolvida para vocês, incluindo, por exemplo, como seu percurso de aprendizagem se desenvolveu, quais suas principais dificuldades e como pode superá-las. Inclua alguma avaliação do ensino através desta metodologia que você experimentou nesta pesquisa, o que pode ser alterado e porquê. Em síntese, avalie livremente a sua participação e a metodologia do professor da pesquisa.
3. Caso queira acrescentar algo mais nesta avaliação final, fique à vontade.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

(Albert Einstein)

APÊNDICE D – Consentimento de participação dos estudantes

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) a participar do projeto de pesquisa intitulado “Aprendizagens Emergentes de física Através de Questão Sociocientífica da Biorregião Amazônica Paraense”, vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGECEM, da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). O objetivo geral da pesquisa é possibilitar aprendizagens de física associadas a uma formação mais crítica para os licenciandos(as), pelas articulações entre questões sociocientíficas (QSC) da biorregião amazônica paraense e as inter-relações da concepção sistêmica de Fritjof Capra com a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), utilizando o ensino por pesquisa de António Cachapuz como metodologia de ensino.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária. Caso você decida não participar, ou ainda, desistir de participar e retirar seu consentimento durante a pesquisa, não haverá nenhum prejuízo às suas atividades na UEPA. Por ocasião da publicação dos resultados, seu nome será mantido em sigilo absoluto, bem como em todas as fases da pesquisa. Os resultados da pesquisa serão enviados para você e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. É garantido à você, o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que queira saber sobre sua participação. Caso você tenha dúvidas, poderá entrar em contato com o pesquisador responsável Sandro Aléssio Vidal de Souza, pelo telefone (93)(...) ou pelo e-mail sandro.souza@ufopa.edu.br.

Declaro que concordo em participar desse estudo e recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido. Me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Participante

Pesquisador responsável

APÊNDICE E – Unitarização da atividade avaliativa

PARTICIPANTE: “MARQUES”

UT1.PARMA: JAPIASSU, H. (1992). A atitude interdisciplinar no sistema de ensino. Revista Tempo Brasileiro, 108, 83-94.

“Interdisciplinaridade é a (...) interação entre duas ou mais disciplinas, podendo ir da simples comunicação das ideias até a integração mútua dos conceitos, da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização da pesquisa” (Japiassu, 1992, p. 88).

UE1.PARMA: Interdisciplinaridade. “As aprendizagens de física, tecnologia, sociedade e ambiente emergiram a partir da questão sociocientífica proposta pelo professor, relacionado ao desmatamento.”

RTE1.PARMA: A física não deve ser isolada de questões sociais e ambientais, pelo contrário, deve-se utilizar o ensino de disciplinas específicas como um meio de compreender e resolver problemas do mundo real, e possibilitar uma aprendizagem mais socialmente crítica. O desmatamento, um problema ambiental e social complexo, exemplifica aqui como a interdisciplinaridade pode ser executada na prática numa abordagem CTSA abordada como parte de uma questão sociocientíficas complexa.

.....

UT2.PARMA: SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Natureza e Sociedade: A Articulação Necessária. In: MEDEIROS, Rosa M. Vieira; SUERTAGARAY, Dirce M. Antunes; DAUDT, Helena M. Luzardo.(org.) EIA-RIMA: estudo de impacto ambiental. Porto Alegre: Metrópole, 1993.

“Trabalhar conjuntamente requer ‘hábito’ de interdisciplinaridade. Por sua vez, a dimensão da interdisciplinaridade na pesquisa, requer a construção de um objetivo novo, um objetivo que será a expressão do coletivo. Isso exigirá o rompimento com a ideia de corpo (corporativismo) e a capacidade de transgressão de nossos limites de formação” (Suertegaray, 1993, p. 12).

UE2.PARMA: Interdisciplinaridade e impacto ambiental. “Sobre a física, vi conceitos de tecnologias que eram possíveis para trabalhar. No caso optamos por trabalhar o conceito de calor latente e sensível e temperatura. Relacionamos estes conceitos com características climáticas de Belém (temperatura máxima, mínima e

média, umidade relativa do ar, evaporação) por meio de gráficos, e a partir disso, concluímos como os efeitos do desmatamento e queimadas interferem no clima.”

UE3.PARMA: Interdisciplinaridade e impacto ambiental. “Além do conceito de termologia, verificamos a influência das estações do ano e como cada estação se apresenta ao longo dos meses e sua relação com as queimadas. No geral sabemos que as estações não são bem definidas em nossa região, logo procuramos abordar e ver como se manifestam e quais suas características.”

RTE2.PARMA: Na UE2 ilustra-se um caso prático de como a interdisciplinaridade pode ser aplicada na educação em física, vinculando conceitos científicos a questões ambientais locais. Destaco a importância e o potencial da interdisciplinaridade na educação e pesquisa, apontando para a necessidade de uma mudança paradigmática na forma como abordamos o ensino e a pesquisa, incentivando uma maior colaboração e integração entre diferentes campos do conhecimento para resolver problemas complexos, como os ambientais.

.....

UT3.PARMA: Arbex MA, Cançado JED, Pereira LAA, Braga ALF, Saldiva PHN. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. *J Bras. Pneumol.* 2004; 30(2):158-175.

“A queima deliberada ou acidental de vegetação, apesar do grande avanço tecnológico experimentado pela humanidade, ou até justamente por causa dele, torna-se por vezes incontrolada, atingindo grandes extensões de florestas, savanas ou outras vegetações menos densas. O fogo é um problema crescente no que resta das florestas tropicais do planeta e a poluição devida à fumaça gerada tem um importante impacto sobre a saúde das populações expostas” (Arbex et al., 2004, p. 159).

UE4.PARMA: Impacto social e ambiental das queimadas. “A partir das consequências das queimadas, verificou-se como esta afetava a população próxima as áreas afetadas.”

UE5.PARMA: Impacto social e ambiental das queimadas. “Sobre as causas das queimadas e desmatamento, nesse ponto foi interessante, pois não havia pensado que ambos os problemas poderiam ter relação.”

UE6.PARMA: Impacto social e ambiental das queimadas. “A pesquisa sobre desmatamento e queimadas foi interessante, Pude ver relação entre as duas problemáticas e quais as consequências em relação a sociedade e as causas”.

RTE3.PARMA: Mostra-se a importância para promover uma cidadania crítica pelo ensino de física através de uma abordagem que considere educar os indivíduos pelas

consequências de fenômenos sociais e ambientais interligados, para proteger tanto o meio ambiente quanto a saúde das comunidades.

.....

UT4.PARMA: SILVA, Márcia Regina Farias da. *Ciência, natureza e sociedade: diálogo entre saberes*. São Paulo: Livraria da Física, 2010.

“A interdisciplinaridade não pretende a unificação dos saberes, e sim deseja a abertura de um espaço de mediação entre conhecimentos e articulação de saberes, no qual as disciplinas estejam em situação de mútua coordenação e cooperação, construindo um marco conceitual e metodológico comum para a compreensão de realidades complexas. O intuito da interdisciplinaridade não é a unificação dos campos disciplinares, e sim de construir conexões entre eles, para construir referenciais conceituais e metodológicos consensuais e promover diálogos e trocas entre diferentes disciplinas” (Silva, 2010, p. 73).

UE7.PARMA: Interdisciplinaridade e desenvolvimento de competências. “A respeito das aprendizagens que possuo, são sobre os conceitos físicos que relacionamos. Durante a graduação não relatei os conteúdos de terminologia com questões ambientais e sociais, por exemplo”.

UE8.PARMA: Interdisciplinaridade e desenvolvimento de competências. “A experiência de abordar os conceitos físicos a partir da questão sociocientífica proposta, foi boa e interessante. Nunca havia feito isso durante a graduação”.

RTE4.PARMA: Muitos currículos ainda seguem um modelo disciplinar rígido, o que pode limitar a compreensão dos estudantes sobre questões complexas. Uma abordagem mais integrada, que combina diferentes campos do conhecimento, pode enriquecer significativamente o processo de aprendizagem e preparar melhor os estudantes para compreender e abordar problemas complexos do mundo real.

.....

UT5.PARMA: ERICONE, Dêlcia. *Os desafios da pesquisa*. EDIPUCRS, 1996.

“Se concordarmos que a pesquisa é obrigação da pós-graduação e que ainda deveria cumpri-la melhor, ela deve ser iniciada na graduação. É constatável que o ensino de graduação é a atividade mais importante da Universidade, voltada para a formação do profissional competente, crítico e capacitado cientificamente” (Ericone, 1996, p. 38).

UE9.PARMA: Desenvolvimento de competências e desafios da pesquisa. “No início, nos primeiros encontros, em que o professor falou sobre questões sociocientíficas,

fiquei um pouco “perdido”. Foi a primeira vez que trabalhei com questões sociocientíficas, então procurei entender melhor o assunto. Foi difícil no início mas durante o processo de pesquisa para apresentação, aos poucos o assunto foi compreendido”.

UE10.PARMA: Desenvolvimento de competências e desafios da pesquisa.

“Nesse processo de pesquisa, a dificuldade maior estava em relacionar os conceitos que destacamos com a QSC proposta. Encontramos alguns trabalhos que nos ajudaram na relação, porém eram antigos. Alguns com publicação na década de 90 e outros nos anos 2000. O trabalho mais recente encontrado era de 2009. Essa foi a segunda dificuldade, os anos de publicação dos trabalhos”.

RTE5.PARMA: A dificuldade de encontrar literatura atualizada e o desafio de aplicar conceitos acadêmicos a problemas sociocientíficos reais pode refletir uma desconexão entre a teoria ensinada e sua aplicação prática. É importante integrar pesquisa e ensino na graduação, preparando os estudantes para enfrentar desafios reais e aplicar o conhecimento teórico de maneira prática. Há a necessidade de atualizar e expandir os recursos de pesquisa disponíveis para estudantes, especialmente em áreas interdisciplinares.

.....

UT6.PARMA: JUNIOR, Roberto Araújo Oliveira Santos. *Ambiente e Sociedade na Amazônia: Uma Abordagem Interdisciplinar*. Garamond, 2019.

“(...) a solução de problemas ambientais na Amazônia passa pela integração de dados científicos dos sistemas naturais com os sociais e pela abordagem de temas mais específicos, que necessitam de um aprofundamento do conhecimento, de quebra de paradigmas e de diálogos entre disciplinas em uma atividade interdisciplinar” (Junior, 2019, p. 14).

UE11.PARMA: Interdisciplinaridade, desenvolvimento de competências e metodologia. “No geral, gostei da metodologia. Foi possível relacionar conceitos físicos a questão proposta e aprofundar os conhecimentos sobre a problemática. O que possibilita verificar onde os conceitos físicos relacionam-se em questões sociais, ambientais e tecnológicas”.

RTE6.PARMA: a importância da interdisciplinaridade na educação e pesquisa, particularmente em relação a problemas complexos como os ambientais, sugere que integrar diferentes campos de conhecimento não apenas enriquece a compreensão dos estudantes, mas também os prepara melhor para enfrentar desafios reais do mundo.

PARTICIPANTE: “RODRIGO”

UT1.PARRO: LIMA, Amanda; MARTINS, Isabel. As interfaces entre a abordagem CTS e as questões sociocientíficas nas pesquisas em educação em ciências. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, v. 9, p. 1-8, 2013.

“As interfaces entre a abordagem CTS e a exploração de questões sociocientíficas no ensino de ciências encontram-se nas estratégias didáticas e metodologias adotadas nas aulas de ciências, pois se valoriza o desenvolvimento de atividades práticas como atividades de campo, experimentais e/ou simulações de situações cotidianas que estimulem a argumentação e a reflexão sobre aspectos da ciência e da tecnologia na sociedade” (Lima; Martins, 2013, p. 5).

UE1.PARRO: *Novas perspectivas na educação em física.* “Durante a pesquisa foram trabalhados conceitos termodinâmicos como temperatura, calor sensível e calor latente, de uma maneira que ainda não havia vivenciado na graduação. Relacionar a física com questões sociocientíficas é uma nova experiência na formação acadêmica”.

UE2.PARRO: *Novas perspectivas na educação em física.* “Devido ser o primeiro contato com QSC, foi complicado relacionar a física nesse meio”.

UE3.PARRO: *Novas perspectivas na educação em física.* “Conseguimos relacionar a problemática com as estações do ano. Através desse trabalho foi possível ver um novo caminho para o ensino de física, o qual não havia percebido antes”.

RTE1.PARRO: Há uma dificuldade de adaptar-se ao uso das QSC, pode haver uma necessidade de mais orientação para estudantes e docentes na integração desses conceitos em suas aulas. Ressalta-se a importância e os benefícios de uma abordagem educacional que integra a física com questões sociais e ambientais. Embora possa haver desafios iniciais, essa abordagem pode enriquecer significativamente a experiência educacional, proporcionando uma compreensão mais profunda e relevante da ciência no contexto social e ambiental.

.....

UT2.PARRO: STEINKE, Ercília Torres. *Climatologia fácil.* Oficina de Textos, 2016.

“Entender Climatologia requer a compreensão básica dos controles físicos do clima. Essencialmente, os fatores astronômicos juntamente com os fatores terrestres determinam a natureza dos climas na Terra ao longo do tempo. E é a influência combinada desses dois conjuntos de fatores, conhecidos como fatores do clima, que vai motivar a variação da quantidade de energia solar que chega à superfície terrestre. Esta, por sua vez, é determinante na configuração das diferenças climáticas no planeta Terra” (Steinke, 2016, p. 16).

UE4.PARRO: Relação entre fenômenos físicos e ambientais. “Através dessa pesquisa foi possível relacionar outros conceitos como estações do ano e o inverno amazônico que ocorre devido a grande quantidade de rios e lagos na região, no caso, por se tratar de uma região que se encontra próximo a linha do equador, a taxa de radiação do Sol não difere muito entre as estações, tendo assim somente duas, inverno e verão. O inverno amazônico ocorre no verão do hemisfério sul. Como no verão se tem uma taxa de radiação maior, e uma grande quantidade de rios e lagos, a evaporação nessa região é maior, ou seja, nesse período é onde se tem a maior quantidade de chuva no ano. Através desses conceitos, foi possível analisar alguns gráficos, como os de temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, umidade, evaporação, e o gráfico com o maior índice de queimadas durante o ano”.

RTE2.PARRO: Foi possível entender parte da complexidade do sistema climático da Terra e a importância de estudar padrões climáticos específicos de regiões para entender fenômenos ambientais. Eles ilustram como conceitos sobre o clima pode ser aplicada em estudos de caso específicos, como o amazônico, para interpretar e explicar fenômenos climáticos.

.....

UT3.PARRO: FLORENZANO, Teresa Gallotti. Os satélites e suas aplicações. Sindicato dos servidores Públicos Federais na Área de Ciências e Tecnologia do Vale do Paraíba-SindCT, 2008.

“As informações obtidas dessas imagens dão subsídios a órgãos de planejamento no uso sustentável dos ambientes urbanos e rurais. Além disso, a crescente disponibilidade gratuita desses dados na internet facilita seu uso nas escolas e pela própria sociedade, contribuindo para a conscientização de problemas da realidade local e regional e no exercício da cidadania” (Florenzano, 2008, p.46).

UE5.PARRO: Tecnologia e Monitoramento Ambiental. “Foram apresentadas algumas tecnologias como os satélites responsáveis por medir variações de temperatura e umidade e registro de focos de queimadas.”

RTE3.PARRO: É crescente a importância das tecnologias de satélite tanto para o planejamento e gestão ambiental quanto para a educação e conscientização pública. É necessário integrar essas tecnologias em diversos contextos para promover uma melhor compreensão e resposta aos desafios ambientais.

.....

UT4.PARRO: DOS SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, 2008.

“Inserir a abordagem de temas CTS no ensino de ciências com uma perspectiva crítica significa ampliar o olhar sobre o papel da ciência e da tecnologia na sociedade e discutir em sala de aula questões econômicas, políticas, sociais, culturais, éticas e ambientais. Essas discussões envolvem valores e atitudes, mas precisam estar associadas à compreensão conceitual dos temas relativos a esses aspectos sociocientíficos, pois a tomada de decisão implica a compreensão de conceitos científicos relativos à temática em discussão” (Santos, 2008, p. 10).

UE6.PARRO: Ensino de física com contexto sociocientífico. “Ao colocar o aluno em uma problemática sociocientífica, ele entende o que realmente acontece ao seu redor e como os conceitos físicos podem interferir diretamente na sociedade. Desse modo é possível ter uma maior compreensão do tema abordado pelo professor, facilitando a aprendizagem”.

RTE4.PARRO: A importância da abordagem CTS no ensino de ciências como meio de promover uma compreensão mais completa e contextualizada dos conceitos científicos e de suas implicações na vida real, se mostra adequada quando associada às QSC, incentivando uma aprendizagem mais relevante aos estudantes.

PARTICIPANTE: “KALEB”

UT1.PARKA: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, 2008.

“A discussão de ASC (Aspectos Sociocientíficos), articulada aos conteúdos científicos e aos contextos é fundamental, pois propicia que os alunos compreendam o mundo social em que estão inseridos e desenvolvam a capacidade de tomada de decisão com maior responsabilidade, na qualidade de cidadãos, sobre questões relativas à ciência e à tecnologia. Em uma perspectiva CTSA, essa discussão envolverá também atitudes e valores comprometidos com a cidadania planetária em busca da preservação ambiental e da diminuição das desigualdades econômicas, sociais, culturais e étnicas” (Santos, 2008, p. 6).

UE1.PARKA: A física no contexto ambiental amazônico. “Toda a experiência e aprendizagem adquirida nesse projeto contribuiu muito para compreender mais sobre a relação da física com os vários contextos amazônicos apresentados, com destaque no desmatamento na floresta amazônica”.

UE2.PARKA: A física no contexto ambiental amazônico. “Assuntos de física como a lei da conservação de energia e a termodinâmica, com relação as queimadas na

Amazônia, me ajudaram a entender melhor como a física pode se relacionar nesse contexto regional”.

UE3.PARKA: A física no contexto ambiental amazônico. “No meu percurso, a maior dificuldade estava em relacionar assuntos de física com problemas no contexto social amazônico, pareciam assuntos distantes, mas ao pesquisar para a minha apresentação sobre “problemas ambientais relacionados com a física: queimadas na Amazônia”, percebi o quanto a física está imersa nessa problemática”.

RTE1.PARKA: É importante uma abordagem de ensino que integra ciência com contextos socioculturais e ambientais. Tal abordagem não só enriquece a compreensão dos estudantes, mas também os prepara para participar ativamente na sociedade como cidadãos informados e responsáveis. Conectar a educação científica com questões reais e urgentes, como as enfrentadas na região amazônica, pode também promover um ensino de ciências mais crítico.

.....

UT2.PARKA: GABARDO, Gislaine; SARZEDAS, Carolina Galvão; DA SILVA, Henrique Luis. Queimadas na Amazônia brasileira: Brasil em chamas. A educação ambiental em uma perspectiva interdisciplinar. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/200800872.pdf>> Acesso em jan. 2024, v. 4, 2021.

“A prática da queimada é considerada um método ultrapassado, porém rápido e barato, que tem um impacto negativo em toda uma área. A queimada dizima espécimes da flora e da fauna, mata microrganismos que possibilitariam o desenvolvimento da vegetação, empobrecendo o solo, porque o fogo elimina nutrientes, como nitrogênio, potássio e fósforo” (Gabardo; Sarzedas; Silva, 2021, p. 9).

UE4.PARKA: Impactos ambientais e tecnológicos das queimadas “Pôde-se destacar a interferência nas ondas eletromagnéticas causadas pela fumaça, dificultando a comunicação e o funcionamento de aparelhos que se utilizam delas, e também destacando a alteração química causada no solo que as queimadas trazem. Esses problemas causam muitos prejuízos, principalmente às comunidades que dependem dos recursos que a floresta oferece”.

RTE2.PARKA: A extensão e a complexidade dos danos causados pelas queimadas, vão além da destruição visível da vegetação e da vida selvagem. Elas afetam também sistemas essenciais para a sociedade moderna, como comunicação e tecnologia, e prejudicam comunidades que dependem dos recursos naturais para sua sobrevivência. Essa compreensão abrangente destaca a necessidade urgente de abordagens sustentáveis e conscientes para o manejo do meio ambiente, enfatizando a importância de ações

integradas que considerem tanto a preservação ambiental quanto as necessidades sociais e tecnológicas.

PARTICIPANTE: “NATHALY”

UT1.PARNA: SANTOS, W. L. P. dos; MORTIMER, E. F. Abordagem de aspectos sociocientíficos em aulas de ciências: possibilidades e limitações. *Investigações em ensino de Ciências*, v. 14, n. 2, p. 191-218, 2009.

“Ao introduzir ASC (aspectos sociocientíficos), os alunos estabelecem relações com fatos do cotidiano e isso contribui de forma marcante para que o aluno recupere a sua “voz”, as suas visões de mundo sobre os aspectos em discussão” (Santos; Mortimer, 2009, p. 214).

UE1.PARNA: Conscientização e educação sociocientífica. “Essa formação foi bem importante para o nosso aprendizado, pois abordou várias questões de QSC sobre desmatamentos, queimadas, entre outras coisas. São assuntos bem frequentes e conhecidos, mas a gente não se preocupa da forma que deveria.”

RTE1.PARNA: A importância crucial de integrar ASC/QSC no processo educacional, especialmente no contexto do ensino de ciências, não apenas reforçam sua compreensão acadêmica, mas também recuperam suas “vozes” e perspectivas pessoais sobre desmatamentos e outros temas. Isso não só enriquece o aprendizado, mas também aumenta a conscientização e a responsabilidade dos estudantes em relação a questões ambientais críticas. A abordagem também para incitar uma reflexão sobre a importância e o papel que o indivíduo desempenha na resposta a esses desafios globais.

.....

UT2.PARNA: RIBEIRO, Helena; ASSUNÇÃO, João Vicente de. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Estudos avançados*, v. 16, p. 125-148, 2002.

“Já se tem base científica para afirmar que a poluição do ar tem efeitos negativos para a saúde humana. Os impactos decorrentes dos gases emitidos pela combustão de biomassa ainda não foram bem avaliados, mas afetam um número significativo de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento, onde a queimada constitui uma prática agrícola bastante difundida” (Ribeiro; Assunção, 2002, p. 143).

UE2.PARNA: Impactos das queimadas na saúde e no ambiente. “Eu aprendi muito sobre as queimadas na Amazônia, não sabia que tinha um pico tão alto de internação causado pelas queimadas ou que uma árvore gigante pode bombear 200 litros de água por dia. As queimadas são bem prejudiciais a saúde”.

RTE2.PARNA: Destaco a importância de uma consciência ambiental aprofundada e de práticas sustentáveis, não apenas para a preservação do meio ambiente, mas também para a proteção da saúde e bem-estar humano. É necessário abordagens e políticas que mitiguem os impactos negativos de práticas como as queimadas, tanto do ponto de vista ecológico quanto de saúde pública.

.....

UT3.PARNA: YABIKU, Kátia Regina; BERNARDO, Eric Pizzini. Uma abordagem interdisciplinar no ensino da física por meio da matemática e dos recursos tecnológicos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 11, 2020.

“O ensino de física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos. Este formato de ensino exige do aluno apenas memorização, que ocorre de forma temporária por meio da repetição de problemas parecidos” (Yabiku; Bernardo, 2020, p. 85100).

UE3.PARNA: Interdisciplinaridade e aplicação de conceitos físicos. “A atividade feita em grupo foi bastante interessante, pois aprendemos o quanto que a física está presente em tudo, meu grupo falou sobre as queimadas na amazônia e conseguimos mostrar como a termodinâmica, a lei de conservação de energia e outros fenômenos podem estar presentes nessas situações. Só faltou nos aprofundarmos mais sobre a parte tecnológica.”

RTE3.PARNA: Este contraste entre a ênfase na memorização temporária e na repetição de problemas desvinculados do mundo real com os benefícios de um ensino mais integrado e relevante, ressalta a importância de um ensino de física mais contextual, que não só aprofunda a compreensão dos estudantes sobre os conceitos científicos, mas também os conecta com situações práticas e atuais.

PARTICIPANTE: “SILVIA”

UT1.PARSI: BACICH, Lilian; MORAN, José. Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Penso Editora, 2017.

“Aprendemos ativamente desde que nascemos e ao longo da vida, em processos de design aberto, enfrentando desafios complexos, combinando trilhas flexíveis e semiestruturadas, em todos os campos (pessoal, profissional, social) que ampliam nossa percepção, conhecimento e competências para escolhas mais libertadoras e realizadoras. A vida é um processo de aprendizagem ativa, de enfrentamento de desafios cada vez mais complexos” (Bacich; Moran, 2017, p. 37).

UE1.PARSI: Aprendizagem socioambiental. “A formação de forma geral foi muito interessante, cheia de aprendizagens. Pude estudar assuntos de extrema importância, nunca discutidos antes como o desmatamento, sendo o Pará o estado que mais desmata na Amazônia Legal. Biorregião é o termo para descrever a geografia natural do lugar onde se vive e que cada região tem suas próprias características como clima, tipo de solo, de terreno, animais e outros. Compreendi aspectos físicos e sociais das queimadas, como as queimadas na Amazônia apresentam exposição de elevada magnitude à saúde das pessoas por período médio anual de três a cinco meses. As regiões mais afetadas são Acre, Rondônia, Sul do Amazonas, norte do Mato Grosso e leste do Pará”.

RTE1.PARSI: A formação descreve uma experiência educacional enriquecedora, que abordou temas críticos e pouco discutidos anteriormente para um curso de física que o estudante vivenciou, como o desmatamento na Amazônia Legal e o conceito de biorregiões, numa abordagem que certamente foi ativa devido o EPP que foi utilizado. Esta formação permitiu ao estudante não apenas compreender aspectos físicos e sociais das queimadas, mas também entender como essas questões impactam diretamente a saúde e o bem-estar das comunidades locais. É fundamental um aprendizado que integra conhecimento teórico e aplicado, incentivando uma compreensão profunda e uma abordagem mais consciente e responsável em relação às questões ambientais e sociais.

.....

UT2.PARSI: FREIRE, Paulo. Educação e Mudança. 27^a edição, São Paulo: Paz e Terra, 2003.

“Quando o homem compreende sua realidade, pode levantar hipóteses sobre o desafio dessa realidade e procurar soluções. Assim, pode transformá-la e com seu trabalho pode criar um mundo próprio: seu eu e suas circunstâncias” (Freire, 2003, p. 30).

UE2.PARSI: Questão socioambiental e metodologia. “Minha atividade foi bem simples, teve como tema as enchentes de Belém, pude aprender de forma mais detalhada como funciona as áreas verdes, onde estão localizadas, além de entender através de mapa em sites, que as áreas que mais alagam são as áreas mais pobres, as partes mais baixas de Belém. E também aprendi os principais motivos antrópicos das enchentes, faltou focar mais na parte física do problema. A metodologia do professor da pesquisa foi bem positiva, consegui compreender com êxito o assunto, e de forma bem interessante”.

RTE2.PARSI: Não apenas aprendeu-se sobre as áreas mais afetadas e os fatores antrópicos contribuintes das enchentes em Belém, mas também uma relação entre as

condições socioeconômicas e as vulnerabilidades ambientais. Esta experiência ilustra como uma abordagem educacional, que combina análise teórica e prática, pode aumentar a compreensão dos estudantes sobre questões complexas e incentivá-los a buscar soluções para problemas reais. A observação de que faltou foco na parte física do problema indica também uma autocrítica importante, uma oportunidade para uma futura abordagem ainda mais interdisciplinar, integrando mais aspectos físicos, além dos sociais e ambientais para uma compreensão mais holística.

PARTICIPANTE: “JOEL”

UT1.PARJO: DE SENA COUTO, Rosa Carmina. Saúde e ambiente na Amazônia Brasileira. *Novos Cadernos NAEA*, v. 23, n. 3, 2021.

“O modelo de desenvolvimento para a Amazônia tem priorizado a implantação de megahidrelétricas, a pecuária, o agronegócio e o desmatamento da floresta. Essas atividades expressam um modelo de desenvolvimento excludente, predatório, concentrador e produtor de pobreza e desigualdades” (Couto, 2021, p. 173).

UE1.PARJO: Problemas socioambientais na Amazônia. “Nesse projeto podemos perceber alguns dos problemas que nossa região amazônica enfrenta (...). A maioria desses problemas estão relacionados com a exploração dos recursos naturais de nossa floresta, os motivos são diversos como, ganhar dinheiro com a venda de madeiras nobres ou as queimadas que visam ampliar espaços para criação de gado.”

“Voltando para o trabalho apresentado pela minha equipe, temos diversos problemas relacionados a biopirataria”.

“Um subproblema é (...) a captura de pássaros para vendê-los, que é causado por muitas vezes por uma falta de fonte de renda dos praticantes, que veem nesses atos uma forma de sustentar suas famílias.”

RTE1.PARJO: É preciso uma compreensão crítica dos modelos de desenvolvimento adotados na Amazônia e seus impactos socioambientais, buscando abordagens que sejam sustentáveis, inclusivas e que promovam a preservação ambiental ao mesmo tempo que atendam às necessidades socioeconômicas das comunidades locais. É importante considerar as complexas interações entre o meio ambiente, a economia e a sociedade para alcançar um desenvolvimento verdadeiramente sustentável e equitativo.

.....

UT2.PARJO: LANDULFO, Eduardo. *Meio Ambiente & Física*. Editora Senac São Paulo, 2020.

“O estreito laço entre a física e o Meio Ambiente é hoje tão importante que muitas escolas e universidades possuem no seu quadro curricular a disciplina física do Meio Ambiente. Ela abarca o estudo das mudanças climáticas – naturais ou induzidas pelo homem -, da conversão de energia, do transporte de poluentes, da utilização de métodos experimentais e simulações computadorizadas, com o intuito de considerar a interação homem meio-ambiente, em princípio para diminuir a interferência dos aspectos negativos da sociedade moderna sobre a natureza e evitar futuros acidentes deles decorrentes” (Landulfo, 2020, p. 11).

UE2.PARJO: A física e os problemas socioambientais da Amazônia. “No decorrer do projeto e dos trabalhos realizados descobri como a física está relacionada com os problemas da nossa região. Contudo, eu sempre olhei para fora do ambiente amazônico para abrir questionários e exemplos para aula de física, no entanto o programa trouxe de volta minha visão para perto, especificamente a região amazônica paraense.”

RTE2.PARJO: É necessário uma educação científica que não apenas aborde os fundamentais conceitos teóricos da física, mas também os conecte diretamente com os problemas ambientais reais e próximos aos estudantes, promovendo um entendimento mais profundo e uma consciência ambiental mais forte. Há várias subáreas da física que podem englobar os estudos ambientais e certamente podem ser adaptados para o ensino e aprendizagem.

.....

UT3.PARJO: OZELAME, Diego Machado; DA ROCHA FILHO, João Bernardes. As dificuldades docentes em desenvolver práticas interdisciplinares no ensino de Ciências e Matemática. *Acta Scientiae*, v. 18, n. 1, 2016.

“Observamos, em nossa análise, que a dificuldade em realizar atividades interdisciplinares emerge de um discurso de resistência, este que nos parece estar intimamente ligado à formação disciplinar dos docentes permeadas por determinações epistemológicas enraizadas em nós. Assim, entendemos que a especificidade paradigmática faz com que a maneira de pensar engendre as relações com tudo que nos cerca, estabelecendo discursos de resistência – estes, evidentes nas categorias analisadas – e que balizam a forma cartesiana fragmentada de percepção da realidade” (Ozelame; Filho, 2016, p. 248).

UE3.PARJO: Desafios da interdisciplinaridade. “A minha maior dificuldade foi em relação ao meu trabalho, para relacionar conceitos de física e tecnologia a biopirataria, no entanto logo descobri a interdisciplinaridade dessa problemática”.

RTE3.PARJO: a interdisciplinaridade no ensino enfrenta desafios significativos, muitas vezes decorrentes da resistência enraizada nas abordagens tradicionais de educação e na formação disciplinar dos docentes. Uma experiência pessoal onde, apesar das dificuldades iniciais, o estudante consegue perceber a interdisciplinaridade envolvida em um tópico específico, merece atenção, dado que os próprios docentes têm dificuldade de ensinar nessa perspectiva.

.....

UT4.PARJO: SAYAGO, D.; BURSZTYN, M. A tradição da ciência e a ciência da tradição: relações entre valor, conhecimento e ambiente. *Dimensões humanas da biodiversidade: o desafio de novas relações sociedade-natureza no século XXI*, p. 89–109, 2006.

“É evidente o abismo entre o caráter “cultural” do conhecimento tradicional e o avassalador caráter de mercadoria do conhecimento cientificizado, que provoca a apropriação e a colonização dos saberes não definidos por códigos formais. Mas não existem razões válidas para não reconhecer como legítimas as duas categorias de conhecimento” (Sayago; Bursztyn, 2006, p. 103).

UE4.PARJO: Saberes sociocientíficos. “No geral, foi muito proveitosa essa passagem pelo projeto reunindo nossos saberes gerais aos científicos. Uma forma que acredito que possa ajudar essa aula é aprofundando ainda mais as questões nas regiões próximas ao campus”.

RTE4.PARJO: É necessário se aprofundar numa abordagem educacional que não apenas reconheça a legitimidade de diferentes tipos de conhecimento, mas também busque maneiras de integrá-los, respeitando suas origens e contribuições únicas, enquanto se concentra em contextos e questões relevantes para os estudantes.

PARTICIPANTE: “MILTON”

UT1.PARMI: FREIRE, Paulo. *Conscientização: teoria e prática da libertação – uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*. São Paulo: Moraes, 1980.

“Quanto mais refletir sobre a realidade, sobre sua situação concreta, mais emerge, plenamente consciente, comprometido, pronto a intervir na realidade para mudá-la” (Freire, 1980, p. 35).

UE1.PARMI: Relevância do ensino sociocientífico na região amazônica. “O ensino aplicado aos residentes foi de grande importância, pois a forma com que a QSC foi desenvolvida permitiu os estudantes aprenderem e estudarem um pouco mais sobre a nossa região amazônica. Nós aprendemos sobre situações problemáticas

da nossa região. Foram debatidos os assuntos sobre: as queimadas na Amazônia, os alagamentos em Belém, dentre outros assuntos que estão presentes no nosso dia a dia”.

RTE1.PARMI: O ensino centrado nos desafios concretos da comunidade, não apenas enriquece o conhecimento dos estudantes, mas também os capacita a agir de maneira informada e responsável em seu contexto social e ambiental sem penalizar os conteúdos científicos relevantes para sua formação.

PARTICIPANTE: “AMERICA”

UT1.PARAM: SILVA, Márcia Regina Farias da. *Ciência, natureza e sociedade: diálogo entre saberes*. São Paulo: Livraria da Física, 2010.

“A crença em um diálogo fecundo entre diferentes maneiras de explicar os fenômenos do mundo pode trazer, no nosso entendimento, pistas para a produção de conhecimentos híbridos, que expressem em si as múltiplas verdades que o mundo comporta, sobretudo, aquelas que foram postas como não-existentes pela ciência ocidental” (Silva, 2010, p. 15).

UE1.PARAM: Importância das questões sociocientíficas. “Inicialmente eu possuía uma visão pequena e fechada a respeito de questões sociocientíficas e mantinha o foco somente nas implicações físicas das ações. Então, um dos primeiros pontos desbloqueados por meio dessa formação foi a ampliação da minha visão a respeito disso.

UE2.PARAM: Importância das questões sociocientíficas. “Minha maior dificuldade foi ter que fazer a relação de outros aspectos, principalmente do ambiente com a física, por não ter tanta afinidade e conhecimento a respeito. No entanto, no decorrer da atividade pude compreender a importância da ligação com os aspectos da sociedade, tecnologia e ambiente e isso aconteceu de maneira gradual por meio da leitura dos materiais”.

RTE1.PARAM: Foi um processo de aprendizado que levou à expansão da visão dos estudantes, permitindo-lhes integrar aspectos sociocientíficos, tecnológicos e ambientais ao conhecimento físico tradicional. Essa transformação evidencia o potencial de uma formação educacional que encoraja a exploração de conexões entre a ciência e outras dimensões da experiência humana, facilitando uma compreensão mais profunda e abrangente da realidade.

.....

UT2.PARAM: CAPRA, Fritjof; LUISI, Pier Luigi. *Visão sistêmica da vida: uma concepção unificada e suas implicações filosóficas, políticas, sociais e econômicas*. Editora Cultrix, 2020.

“Na ciência, frequentemente nos ensinam a medir e pesar coisas. No entanto, as relações não podem ser medidas ou pesadas da mesma forma; em vez disso, precisamos mapeá-las. Portanto, a mudança de perspectiva, passando do foco em objetos para o foco em relações, está intrinsecamente ligada a uma mudança na metodologia, da medição para o mapeamento” (Capra; Luisi, 2020, p. 112).

UE3.PARAM: Física numa abordagem CTSA. “Existem muitas questões que aprendi, entre elas uma que ficou marcada foi a influência das queimadas do desmatamento para a vida em sociedade associada a questão física em si das ondas de rádio e televisão que sofrem interferência por influência do acúmulo de resíduos localizados na atmosfera, o que interfere na chegada/recepção dos sinais das ondas eletromagnéticas na casa das pessoas. (...) As leis físicas foram apresentadas de uma maneira diferente, pois foram associadas a outros aspectos, enriquecendo assim o conteúdo”.

UE4.PARAM: Física numa abordagem CTSA. “Existe grande diversidade de fauna e flora na Amazônia que são prejudicadas pela prática do desmatamento e isso afeta também a sociedade. Algo importante é que mesmo que as plantas sejam afetadas pelas queimadas, a troca de energia continua acontecendo, a lei da conservação de energia permanece, haja vista que a energia é transformada de alguma forma”.

RTE2.PARAM: Destaca-se a importância de uma abordagem científica que transcende a medição e a quantificação tradicionais no ensino, focando mais em mapear e compreender as relações complexas entre fenômenos. Isso sugere uma mudança metodológica que valoriza as conexões e interações. Essa abordagem não apenas amplia o entendimento científico, mas também ressalta a interconexão entre o ambiente, a tecnologia, e a sociedade.

.....

UT3.PARAM: LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sérgio de Mello; NARDI, Roberto. Pluralismo metodológico no ensino de ciências. *Ciência & Educação*, v. 9, n. 02, p. 247-260, 2003.

“Quanto mais variado e rico for o meio intelectual, metodológico ou didático fornecido pelo professor, maiores condições ele terá de desenvolver uma aprendizagem significativa da maioria de seus alunos. Inclusive, a pluralidade metodológica, ou o “vale tudo” metodológico aqui proposto, vale também para as sugestões dos autores, ou seja, em determinadas circunstâncias, é melhor seguir regras, do que ser flexível,

dependendo das consequências que a flexibilidade gera no professor e nos alunos” (Laburú; Arruda; Nardi, 2003, p. 258) .

UE4.PARAM: Metodologia de ensino. “É possível dizer que a metodologia utilizada foi importante para o aprendizado dessas questões, além de ser eficaz”.

UE5.PARAM: Metodologia de ensino. “A respeito da metodologia, os residentes e o professor tiveram um período curto de interação por conta de diversos fatores, fato que acabou limitando um pouco a realização de atividades”.

RTE3.PARAM: Embora uma abordagem metodológica variada possa potencialmente enriquecer o aprendizado, o sucesso dessa estratégia depende significativamente do contexto específico de ensino, da capacidade do docente de adaptar-se às circunstâncias e das condições práticas que influenciam a interação educacional. Para determinadas metodologias os desafios logísticos devem ser levados em consideração para executá-las, assim como, os objetivos de ensino e da pluralidade na forma como cada um aprende.

PARTICIPANTE: “JEAN”

UT1.PARJE: REIS, Danielle Aparecida dos; SILVA, Luciano Fernandes; FIGUEIREDO, Newton. As complexidades inerentes ao tema “mudanças climáticas”: desafios e perspectivas para o ensino de física. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, p. 535-554, 2015.

“O trabalho educativo que articule a física com os fenômenos climáticos deve constituir-se como um empreendimento amplo, que proporcione uma visão abrangente sobre a temática ambiental e que, ao mesmo tempo, colabore para a formação de cidadãos aptos a opinar criticamente sobre questões relacionadas ao meio ambiente e a reconhecer as controvérsias e as complexidades a ele relacionadas” (Reis; Silva; Figueiredo, 2015, p. 550).

UE1.PARJE: Física e sua importância em questões ambientais. “Falar sobre nossa região foi bastante interessante para que pudesse entender um pouco mais sobre questões ambientais no Pará. Sobretudo, a física está presente em bastante fenômenos ambientais. Ela é essencial para a criação de novos mecanismos de proteção dos ecossistemas, além dela explicar o princípio de funcionamento de várias máquinas, as quais se tornam poluentes para o meio ambiente. Ver a física em outros ramos foi algo que ainda não tinha experimentado a fundo, mas que foi muito bom de ser discutido”.

RTE1.PARJE: A interconexão entre a física e o meio ambiente, incentiva uma educação que prepare os estudantes não apenas como possíveis cientistas, mas principalmente como cidadãos responsáveis, capazes de utilizar seus conhecimentos para abordar e mitigar os impactos ambientais.

.....

UT2.PARJE: Miller, G. Tyller, Scoot E. Spoolman. *Ciência Ambiental*. Tradução Priscilla Lopes; revisão técnica Roberto Greco. - 3. Ed. – São Paulo: Cengage Learning, 2021.

“As principais causas de nossos problemas ambientais são o crescimento da população, o desperdício no uso de recursos, a pobreza, a falta de valorização do capital natural da Terra (os recursos e serviços naturais que mantêm a nossa e outras espécies vivas e que dão suporte às nossas economias) e a ignorância sobre como o planeta funciona” (Miller; Spoolman, 2021, p. 3).

UE2.PARJE: Consciência dos problemas socioambientais. “Através do trabalho de pesquisa sobre os impactos que os alagamentos causam, foi possível entender a situação das comunidades daquele local, com suas casas alagadas, os lixos sendo espalhados, boeiros extravazando, entre outros. Entendi melhor sobre o sistema de drenagem urbano, infraestrutura mal feitas que não há como a água escoar, que juntando com a água da chuva ocorre que toda essa água fica presa, dificultando o escoamento para amenizar tal problemática. Seria cabível evitar lixos nas ruas, construir e preservar áreas verdes, planejamento urbano mais consistente”.

RTE2.PARJE: A complexidade das questões ambientais, enfatizando que os problemas enfrentados são multifacetados, envolve fatores demográficos, socioeconômicos, e uma falta de compreensão sobre os sistemas naturais e urbanos. Há uma necessidade de abordagens holísticas que não apenas reconheçam a interconexão entre os diversos fatores que contribuem para os problemas ambientais, mas também que busquem soluções integradas que abordem tanto as causas imediatas quanto as subjacentes, promovendo uma gestão ambiental e urbana mais sustentável.

PARTICIPANTE: “MICHEL”

UT1.PARMIC: Coordenação-Geral de Observação da Terra, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Monitoramento do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira por satélite. 2023

“O projeto PRODES realiza o monitoramento por satélites do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento

na região, que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas. As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite que cobre a Amazônia Legal. A primeira apresentação dos dados é realizada até dezembro de cada ano, na forma de estimativa, quando normalmente são processadas aproximadamente 50% das imagens que cobrem a Amazônia Legal. Os dados consolidados são apresentados no primeiro semestre do ano seguinte” (Terra, 2023, p. 1).

UE1.PARMIC: Aprendizado de tecnologia e meio ambiente. “Em relação às aprendizagens emergidas, a que mais teve destaque foi a tecnológica, seguida da ambiental. Na tecnológica no sentido de que descobri, durante a formulação da pesquisa, produtos tecnológicos como softwares de mapeamento e registros de áreas de desmatamento; avanços nas áreas de desenvolvimentos de drones que servem de monitoramento de áreas com risco de desmatamento ilegal”.

UE2.PARMIC: Aprendizado de tecnologia e meio ambiente. “Do ponto de vista ambiental, questões como dados estatísticos sobre desmatamentos ilegais relacionam os “status” da Amazônia Legal como um caso de importância federal”.

RTE1.PARMIC: Além da aprendizagem tecnológica e ambiental adquirida através da pesquisa, evidencia-se a sinergia entre tecnologia, dados ambientais e ação política como elementos para a preservação da Amazônia, ressaltando a necessidade de integrar avanços tecnológicos com esforços de conservação e políticas eficazes para abordar a problemática do desmatamento.

.....

UT2.PARMIC: REIS, Danielle Aparecida dos; SILVA, Luciano Fernandes; FIGUEIREDO, Newton. As complexidades inerentes ao tema “mudanças climáticas”: desafios e perspectivas para o ensino de física. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 17, p. 535-554, 2015.

“O entendimento de que os problemas ambientais também interferem e sofrem interferências de outras esferas (econômica, política, cultural e social) contribui para a compreensão das diversas relações que podem ser estabelecidas entre os distintos níveis sociais, de modo a compreender que as partes estão em função do todo, assim como o todo está relacionado com as partes” (Reis; Silva; Figueiredo, 2015, p. 550).

UE3.PARMIC: Questões sociocientíficas esperadas. “As questões físicas e sociais envolvidas foram as que já eram esperadas. Processos físicos como o ciclo da água, erosão do solo (dentro do contexto físico), e impactos sociais como perda de moradias em regiões de alagamento pela criação de represas”.

RTE2.PARMIC: É importante reconhecer as interações entre diferentes esferas para uma compreensão holística dos desafios ambientais. Apesar de já esperar, e com isso destacar, quais seriam as questões físicas e ambientais envolvidas no processo da sua atividade de pesquisa, é sempre oportuno reforçar a necessidade de uma abordagem que considere as diversas relações e impactos entre o ambiente e a sociedade.

.....

UT3.PARMIC: NASCIMENTO, Juciene Moura de; AMARAL, Edenia Maria Ribeiro do. O papel das interações sociais e de atividades propostas para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos. *Ciência & Educação* (Bauru), v. 18, p. 575-592, 2012.

“As interações em sala de aula são fundamentais para a formação do estudante, pois, tendem a promover uma troca significativa de conhecimentos e experiências que influenciam os processos de maturação cognitiva de cada um. As parcerias estudante-estudante e professor-estudante permitem a ampliação do universo social educacional do estudante, facilitando a aprendizagem dos conceitos, e, portanto, as interações sociais constituem parte importante do processo de ensino-aprendizagem” (Nascimento; Amaral, 2012, p. 577).

UE4.PARMIC: Desafios da aprendizagem e metodologia. “Apesar de algumas questões abordadas terem sido difíceis de associar no início, como por exemplo, entre física e meio ambiente, com o passar das aulas e conversas com outros colegas participantes – além de pesquisas extras -, o conteúdo foi fluindo com mais facilidade”.

RTE3.PARMIC: Numa visão sociointeracionista podemos dizer que as interações em sala de aula não são meramente complementares, mas uma parte integral e vital do processo de ensino-aprendizagem, promovendo um ambiente de aprendizado colaborativo e interativo que beneficia o desenvolvimento cognitivo e conceitual dos estudantes.

.....

UT4.PARMIC: MOTA, Ana Rita; DA ROSA, Cleci Teresinha Werner. Ensaio sobre metodologias ativas: reflexões e propostas. *Revista Espaço Pedagógico*, v. 25, n. 2, p. 261-276, 2018.

“As metodologias ativas, com início na década de 1980, procuraram dar resposta à multiplicidade de fatores que interferem no processo de aprendizagem e à necessidade dos alunos desenvolverem habilidades diversificadas. Era necessário que o aluno adquirisse um papel mais ativo e proativo, comunicativo e investigador. De certa maneira, essas metodologias opõem-se a métodos e técnicas que enfatizam a transmissão do conhecimento. Elas defendem uma maior apropriação e divisão

das responsabilidades no processo de ensino-aprendizagem, no relacionamento interpessoal e no desenvolvimento de capacidade para a autoaprendizagem. O papel do professor foi também repensado; passou de transmissor do conhecimento para monitor, com o dever de criar ambientes de aprendizagem repleto de atividades diversificadas” (Mota; Rosa, 2018, p. 263).

UE5.PARMIC: Metodologia de aprendizagem e participação ativa. “Como avaliação considero principalmente a construção do seminário como principal contribuição para a construção dos conhecimentos dessa formação. Acredito que seja o melhor método, pois assim pude estar mais ativo.”

RTE4.PARMIC: Repensar o papel do docente e adotar estratégias pedagógicas que promovam um ambiente de aprendizagem dinâmico e interativo, é também preparar os estudantes por meio do estímulo à autonomia e ao engajamento ativo no processo educativo.

PARTICIPANTE: “CHICO”

UT1.PARCH: REIS, Danielle Aparecida dos; SILVA, Luciano Fernandes; FIGUEIREDO, Newton. As complexidades inerentes ao tema “mudanças climáticas”: desafios e perspectivas para o ensino de física. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* (Belo Horizonte), v. 17, p. 535-554, 2015.

“Os assuntos ligados ao fenômeno das mudanças climáticas têm muito a contribuir para o ensino de ciências, em particular o de física. Esse fato aponta para a necessidade de que os professores dessa disciplina reconheçam os aspectos controversos relacionados ao fenômeno e que eles emergem de uma realidade complexa” (Reis; Silva; Figueiredo, 2015, p. 552).

UE1.PARCH: Possibilidades na abordagem CTSA. “Durante esse processo despertou-se diversas aprendizagens, o ser humano na maioria das vezes acaba não percebendo o grande valor que o ambiente tem e o quanto a tecnologia, física e sociedade estão entrelaçadas. Neste período pude perceber o quanto a física se relaciona com a natureza, hoje com os avanços da tecnologia, foi preciso que ambas se ajudassem a crescer e se desenvolver. A física está dentro de vários objetos que a maioria das vezes é usado no combate ao desmatamento, dentro dos drones, robôs e máquinas que detectam o desmatamento ilegal na Amazônia”.

UE2.PARCH: Possibilidades na abordagem CTSA. “Por muitas vezes me deixei pensar que a natureza não era fiscalizada frequentemente, mas devido as pesquisas que tivemos que fazer neste período, foi notório a grande preocupação com os

desmatamentos ilegais e o quanto a tecnologia e a física andam juntas nesse processo de combate”.

RTE1.PARCH: A compreensão da física parece se ampliar significativamente quando aplicada a problemas reais e locais, neste caso, destacando o papel crucial da tecnologia e da física no monitoramento e combate ao desmatamento ilegal.

.....

UT2.PARCH: CONRADO, Dália Melissa. *Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico*. 2017. 218 p. 2017. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

“Os modelos (teóricos) que objetivam o letramento científico crítico contemplam, explicitamente, uma dimensão ética e uma dimensão política envolvidas na educação CTSA, sendo, em nossa perspectiva, a abordagem destas dimensões necessárias para tomar decisões e agir, individual e coletivamente, em direção à maior justiça social e sustentabilidade ambiental” (Conrado, 2017, p. 191).

UE3.PARCH: Consciência socioambiental. “Este trabalho que foi desenvolvido foi de extrema importância para mim, me despertou novas áreas de conhecimento e até mesmo um desejo de estudar e me aprofundar nos assuntos, pois muitas vezes fazemos coisas e não pensamos nos impactos que nos podem trazer. Por exemplo, o consumo de carne bovina, sempre queremos nos alimentar cada vez mais e não paramos para pensar o quanto a criação do gado nos traz grandes problemas”.

RTE2.PARCH: Um ensino de física que vá além do conteúdo acadêmico tradicional, parece engajar o estudante pelas questões relevantes que afetam a vida em sociedade e o meio ambiente, incentivando uma reflexão crítica sobre suas próprias práticas e as implicações mais amplas de suas escolhas.

.....

UT3.PARCH: ALEIXANDRE, María Pilar Jiménez; AGRASO, Marta Federico. A argumentação sobre questões sociocientíficas: processos de construção e justificação do conhecimento na sala de aula. *Educação em Revista*, n. 43, p. 13-34, 2006.

“Preparar os estudantes para serem cidadãos informados e participantes requer levar à sala de aula questões de relevância social; de outra forma estaríamos ajudando a deixar as decisões sobre esses temas nas mãos dos especialistas ou dos técnicos, tirando dos cidadãos a possibilidade de agir” (Aleixandre; Agraso, 2006, p. 30).

UE4.PARCH: Avaliação da metodologia e da aprendizagem. “Apesar de ter sido em um tempo pequeno, foi um momento de grande aprendizagem sociocientífica, que

acrescentou em grande parte na minha aprendizagem. Tenho certeza que se fosse presencial teríamos mais tempo e mais aprendizagens”.

UE5.PARCH: Avaliação da metodologia e da aprendizagem. “Foi de extrema satisfação estar participando desta pesquisa e poder aprender muito o quanto a física tem um grande papel em solucionar problemas”.

RTE3.PARCH: Apesar de limitações temporais ou formativas, a participação na pesquisa resultou em um enriquecimento do entendimento sobre a intersecção entre ciência e sociedade. Destaca-se como a física, pode desempenhar um papel crucial na resolução de problemas sociais e ambientais.

PARTICIPANTE: “VAN”

UT1.PARVA: MESQUITA, Denny William de Oliveira et al. Contexto e realidade amazônica: questões sociocientíficas na formação continuada de professores de Ciências/Química. 2017.

“Apesar de toda essa riqueza natural e cultural o ensino de ciências na região (amazônica), assim como no restante do país, tem sido ofertado de modo que o aluno memorize conceitos e realize cálculos sem levar em consideração a realidade que o cerca, baseando-se nos livros didáticos que não retratam as especificidades regionais, contrário a isso entendemos que o professor de ciências precisa valorizar os conhecimentos locais para formação de cidadãos comprometidos também com o desenvolvimento sustentável regional” (Mesquita, 2017, p. 42).

UE1.PARVA: Consequências do EPP e abordagem CTSA. “De uma maneira mais geral, posso dizer que essa oportunidade me permitiu aprender a sair da zona de conforto e associar os conhecimentos a outros setores, como por exemplo, a questão das queimadas, porque no século em que vivemos há muitos recursos, porém pouca intervenção em questões “não científicas” como as queimadas. Essa formação e as atividades nela desenvolvidas me permitiram perceber onde as questões sociais, ambientais, tecnológicas e físicas se relacionam.”

RTE1.PARVA: A atividade resultou em reflexão de uma experiência pessoal de aprendizagem que transcendeu a abordagem convencional, alargando a compreensão de como o conhecimento científico interage com questões sociais, ambientais e tecnológicas. Isso indica uma necessidade de um ensino de ciências na região amazônica que ultrapasse o aprendizado baseado na memorização para incorporar a realidade e as especificidades locais.

.....

UT2.PARVA: RODRIGUES, Victor Augusto Bianchetti; FELIX, Matheus Augusto Campelo; DE QUADROS, Ana Luiza. Aprendizagem de conceitos científicos no ensino de ciências com abordagem CTS. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2017.

“A abordagem CTS contribui para o processo de aprendizagem de conceitos científicos e para a articulação desses em diferentes situações. Esse processo pode ser potencializado por meio de problematizações” (Rodrigues; Felix; Quadros, 2017, p. 10).

UE2.PARVA: Aprendizado pela abordagem CTSA, EPP e QSC. “(...) Essa atividade foi relevante uma vez que me permitiu associar conhecimentos totalmente teóricos às práticas sociais, ambientais e tecnológicas, o que pra mim era difícil fazer. A forma como foi realizada, nos dando autonomia, oportunidade de investigar e formar ideias foi primordial e de grande valia para o meu desenvolvimento, justamente por ensinar a usar o que temos”.

RTE2.PARVA: A integração de conceitos científicos com situações reais e a utilização de problematizações em forma de questões sociocientíficas parecem enriquecer o processo de aprendizagem. A autonomia concedida aos estudantes, a oportunidade de investigar e formar ideias, são elementos que se mostram importantes para o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de aplicar o conhecimento científico em contextos diversos.

PARTICIPANTE: “MARILIS”

UT1.PARMAR: SIMÕES, Cláudia Margarida Assunção Ribeiro et al. Educação e ensino CTS com projetos sustentáveis de alunos de física e química. Tese (Doutorado) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Faculdade de Ciências Sociais, Educação e Administração, 2016.

“A educação para o Desenvolvimento Sustentável e a consciencialização ambiental são essenciais, desde os primeiros anos de escolaridade. Assim, o ensino-aprendizagem deve promover a literacia dos jovens, na educação formal. É neste contexto que a abordagem das ciências, numa perspetiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), assume um papel integrante e integrador das aprendizagens” (Simões et al., 2016, p. 28).

UE1.PARMAR: Abordagem da física com questões socioambientais e sustentabilidade. “Durante a formação percebemos que a física se interliga em vários âmbitos. Desta maneira, adquirimos um grande conhecimento sobre a Amazônia paraense e sua vasta região, no qual veio para nos aprimorar e abrir a mente para a

realização de pesquisas, e a necessidade de se estudar e discutir sobre como a física participa fortemente de grandes características existentes na Amazônia e de como pode-se surgir projetos sustentáveis através da física”.

item[UE2.PARMAR:] **Abordagem da física com questões socioambientais e sustentabilidade.** “Na nossa pesquisa “Impactos ambientais dos alagamentos em Belém: a falta de planejamento urbano para a prevenção de alagamentos”, falamos em como as fortes chuvas tem uma grande dificuldade de escoamento devido ao seu sistema de drenagem. Tratamos também o que causam esses alagamentos, como doenças e perdas e apresentamos alguns modelos sustentáveis que poderiam mudar ou até mesmo resolver essa problemática, como: evitar jogar lixo em locais inapropriados, um planejamento urbano eficiente e principalmente um sistema de drenagem eficaz”.

RTE1.PARMAR: A relevância da abordagem CTS(A) na educação para o desenvolvimento sustentável e na promoção da consciência ambiental se mostra aqui pelo engajamento dos estudantes com questões ambientais e sociais reais, incentivando-os a aplicar seus conhecimentos na busca de soluções sustentáveis para os desafios contemporâneos.

.....

UT2.PARMAR: ADORNO, Theodor W. Educação e emancipação. Trad. de Wolfgang Leo Maar. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1995.

“A educação tem sentido unicamente como educação dirigida a uma autorreflexão crítica” (Adorno, 1995, p. 121).

UE3.PARMAR: Autorreflexão sobre a pesquisa pessoal. “Durante a pesquisa, percebi que faltou idealizar e se aprofundar mais no sistema de drenagem e assim aplicar conceitos físicos que podem se encaixar. Fazer também uma contextualização mais ampla sobre os projetos sustentáveis e também mostrar como a população em si pode se conscientizar”.

RTE2.PARMAR: É fundamental a educação também como um meio para promover a autorreflexão crítica, conforme delineado por Adorno. Na aplicação prática dessa abordagem mostrada na autorreflexão da pesquisa do estudante, reconhece-se a necessidade de uma exploração mais aprofundada dos conceitos físicos aplicáveis e de uma contextualização mais ampla dos projetos sustentáveis, sugerindo a importância de envolver a população no processo de conscientização.

PARTICIPANTE: “FÁBIO”

UT1.PARFA: SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino* (ISSN 1980-8631), v. 1, 2008.

“Não se procura uma ligação artificial entre conhecimento científico e cotidiano, restringindo-se a exemplos apresentados como ilustração ao final de algum conteúdo; ao contrário, o que se propõe é partir de situações problemáticas reais e buscar o conhecimento necessário para entendê-las e procurar solucioná-las. Nesse sentido, assumir o papel central do princípio da contextualização na formação da cidadania implicará a necessidade da reflexão crítica e interativa sobre situações reais e existenciais para os estudantes. Nesse processo, buscar-se-á o desenvolvimento de atitudes e valores aliados à capacidade de tomada de decisões responsáveis diante de situações reais” (Santos, 2008, p. 5).

UE1.PARFA: Contextualização no ensino de física. “Minha presença foi de forma indireta, no entanto com os relatos dos meus colegas, consegui utilizar esse conhecimento para ser feito relações culturais de cada região em determinado local onde estarei dando aula. Exemplo, se porventura estiver presente em uma sala com crianças ribeirinhas, eu como professor introduziria uma perspectiva semelhante ao que estão acostumados, agregando o conhecimento da física com o seu comum do dia a dia, e para os que não são ribeirinhos, serve como conhecimento da cultura”.

RTE1.PARFA: O conhecimento adquirido pode ser utilizado para estabelecer conexões culturais relevantes em diferentes contextos de ensino de física quando valoriza a diversidade cultural e realidade regional dos estudantes.

PARTICIPANTE: “RENATO”

UT1.PARRE: VASCONCELLOS, Erlete Sathler; SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Educação ambiental por meio de tema CTSA: relato e análise de experiência em sala de aula. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), p. 1-10, 2008.

“A questão ambiental é uma preocupação cada vez mais presente em toda a sociedade e é uma realidade com a qual o ser humano precisa aprender a conviver. Isso implica na necessidade de contribuição para a formação de sujeitos críticos que buscam a preservação da vida do planeta e melhores condições sociais para a existência humana” (Vasconcellos, 2008, p. 3) .

UE1.PARRE: Relação entre a física e questões ambientais e tecnológicas.

“Durante as minhas pesquisas sobre o assunto abordado por mim, “Queimadas na Amazônia”, pude tirar muitos conhecimentos dela, como por exemplo, determinados assuntos da física que não fazia ideia que poderia ser relacionado. Como pode ser

citado o fato de que as fumaças geradas pelas queimadas podem interferir nas ondas de rádio de regiões próximas às queimadas, e por isso, algumas empresas acabam tendo que investir mais nas tecnologias das suas antenas, a fim de que haja menos interferência pelas fumaças (...).”

RTE1.PARRE: Ressalta-se a importância crescente da educação ambiental e da formação de cidadãos críticos para enfrentar os desafios ecológicos contemporâneos, ao mesmo tempo que se evidencia como o estudo das queimadas na Amazônia ampliou a compreensão sobre a relação entre física e as questões ambientais e tecnológicas.

.....

UT2.PARRE: BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. *Semina: Ciências sociais e humanas*, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

“Uma só forma de trabalho pode não atingir a todos os alunos na conquista de níveis complexos de pensamento e de comprometimento em suas ações, como desejados, ao mesmo tempo e em curto tempo. Essa é a razão da necessidade de se buscar diferentes alternativas que contenham, em sua proposta, as condições de provocar atividades que estimulem o desenvolvimento de diferentes habilidades de pensamento dos alunos e possibilitem ao professor atuar naquelas situações que promovem a autonomia, substituindo, sempre que possível, as situações evidentemente controladoras” (Berbel, 2011, p. 37).

UE2.PARRE: Metodologia e autonomia. “Por mim, nada mais precisa ser acrescentado, apenas fazer alguns comentários, como falar que o professor e a metodologia foram bem interessante, fazendo com que cada grupo de alunos fizesse sua própria pesquisa”.

RTE2.PARRE: Reconhece-se que a relação entre docente e metodologia, contribuíram no incentivo da pesquisa autônoma dos grupos de estudantes. Também reforçou-se a ideia de que a educação deve ser um processo dinâmico e interativo, que valoriza a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento.

PARTICIPANTE: “HENATW”

UT1.PARHE: DOS SANTOS, Gabriel Garreto. Geotecnologia aplicada na identificação e análise de queimadas no município de Altamira/PA. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2022.

“O monitoramento de fenômenos naturais ou antrópicos que acontece no espaço geográfico, é uma importante técnica para mitigar seus efeitos negativos no meio.

(...) Dados de focos de calor, são gerados por imagens de sensores a bordo dos satélites polares e satélites geoestacionários. (...) A importância do uso de ferramentas geoecológicas são fundamentais para identificar áreas com histórico de focos de calor” (Santos, 2022, p. 46).

UE1.PARHE: Tecnologia e monitoramento ambiental. “Uma aprendizagem em questão tecnológica foi a interação entre os satélites geoestacionários e o processo de identificação de desmatamento da amazônia legal”.

RTE1.PARHE: O valor educacional de compreender a aplicação de tecnologias avançadas no contexto ambiental reforça a relevância das ferramentas geoecológicas no estudo e na gestão de questões ambientais, bem como a importância de integrar o conhecimento tecnológico no processo de aprendizagem para capacitar os estudantes a contribuir para a sustentabilidade ambiental.

.....
UT2.PARHE: FEARNSIDE, Philip Martin. Exploração mineral na Amazônia brasileira: O custo ambiental. Dossiê desastres e crimes da mineração em Barcarena, Mariana e Brumadinho. Belém: Editora do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, p. 35-42, 2019.

“A mineração é uma atividade que está aumentando rapidamente como agente de destruição ambiental na Amazônia. Alguns dos impactos são diretos, enquanto outros são indiretos. Os impactos diretos resultam do efeito da mineração, dos resíduos gerados, da construção de estradas de acesso (que facilitam o desmatamento e a exploração madeireira) e acidentes no transporte dos produtos minerais (como derramamentos de petróleo)” (Fearnside, 2019, p. 35).

UE2.PARHE: Impacto das atividades antrópicas na sociedade e ambiente. “Se tratando de sociedade e ambiente, tem-se a questão de como as atividades antrópicas influenciam na vida cotidiana, por exemplo quando ocorre com ribeirinhos a perda da fauna/flora, quando uma empresa extrativista de minério não tem preocupação com os danos ao meio ambiente, haja vista que muitos sobrevivem desse meio”.

RTE2.PARHE: Os impactos ambientais significativos e as implicações sociais da mineração na Amazônia estão expressos pelo aumento da mineração como um agente de destruição ambiental, nos impactos diretos e indiretos associados à atividade, como a geração de resíduos, a construção de estradas e os acidentes no transporte de produtos minerais. As consequências dessas atividades antrópicas na vida cotidiana, especialmente para as comunidades ribeirinhas, direcionam a necessidade de abordar as questões ambientais e sociais relacionadas à mineração no ensino de física, con-

siderando tanto os impactos ecológicos quanto as implicações para as populações amazônicas locais.

Anexos

ANEXO A – Autorização para a pesquisa no CCPPA



Universidade do Estado do Pará

Pró-Reitoria de Extensão

Centro de Ciências e Planetário do Pará "Sebastião Sodré da Gama"

Rod. Augusto Montenegro, Km 03, S/Nº – Mangueirão / Belém-PA / Brasil CEP: 66640-000

Tel: (91) 3216-6300 / 3216-6301

Email: secretaria.planetario@uepa.br

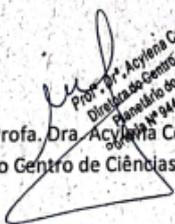
CARTA Nº 01- 2023/CCPPA

Belém, 23 de janeiro de 2023.

Declaramos para os devidos fins, que aceitaremos o pesquisador Sandro Aléssio Vidal de Souza, a desenvolver o seu projeto de pesquisa "Aprendizagens Emergentes de Física Através de Questão Sociocientífica da Biorregião Amazônica Paraense", vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática – PPGCEM, da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática (REAMEC). O projeto objetiva possibilitar aprendizagens de Física vinculados a uma formação mais crítica para os licenciandos de Física, pelas articulações entre questões sociocientíficas da biorregião amazônica paraense e as inter-relações da concepção sistêmica de Fritjof Capra com a orientação Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), utilizando o ensino por pesquisa de Antônio Cachapuz como metodologia de ensino. O pesquisador está sob a orientação do Prof. Dr. José Vicente Lima Robaina (UFRGS).

Esta autorização está condicionada ao pesquisador comprometer-se a utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa, exclusivamente para fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo dos participantes envolvidos.

Atenciosamente,


Prof.ª Dra. Acylena Coelho Costa
Diretora do Centro de Ciências e Planetário do Pará / UEPA
Inscrição Nº 94471 de 10/09/2021

Profa. Dra. Acylena Coelho Costa
Diretora do Centro de Ciências e Planetário do Pará