

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MOISES MARQUES PRSYBYCIEM**

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA E ATIVISMO  
FUNDAMENTADO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**MOISES MARQUES PRSYBYCIEM**

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA E ATIVISMO  
FUNDAMENTADO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES EM CIÊNCIAS  
BIOLÓGICAS**

**Scientific-technological literacy and grounded activism in the initial  
training of teachers in biological sciences**

Tese apresentada como requisito para  
obtenção do título de Doutor em Ensino de  
Ciência e Tecnologia da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Rosemari Monteiro Castilho  
Foggiatto Silveira

Coorientador: Awdry Feisser Miquelin

**PONTA GROSSA**

**2022**



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

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



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Ponta Grossa



MOISES MARQUES PRSYBYCIEM

**ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA E ATIVISMO FUNDAMENTADO NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciência e Tecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Ciência, Tecnologia e Ensino.

Data de aprovação: 30 de Março de 2022

Prof.a Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Alvaro Chrispino, Doutorado - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (Cefet/Rj)

Prof Awdry Feisser Miquelin, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Danislei Bertoni, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.a Eloiza Aparecida Silva Avila De Matos, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Pedro Guilherme Rocha Dos Reis, Doutorado - Universidade de Lisboa

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 30/03/2022.



Dedico este trabalho a meu filho, **Matheus**.  
Dedico, também, aos meus pais, **Maria e Casemiro**.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e sabedoria nas escolhas do melhor caminho a seguir;

A minha família: Casemiro e Maria, meus pais; Matheus, meu filho querido, por ser sempre compreensivo e me dar força; a Aline, minha companheira. Obrigado por estarem ao meu lado em todos os momentos;

A minha orientadora, Professora Dr<sup>a</sup>. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira, que confiou em mim e em meu trabalho. Aprendi muito com você, exemplo de pessoa e profissional. Obrigado pela amizade, paciência e competência com que conduziu a orientação desse trabalho;

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Awdry Feisser Miquelin, pela colaboração e por ceder espaço na disciplina curricular para realização desta pesquisa. Grato pelo incentivo às leituras que me direcionaram para reflexões sobre o Ativismo Sociocientífico;

Aos professores Dr. Pedro Reis e Dr. Álvaro Chrispino, que aceitaram integrar a banca de defesa desta tese. Suas ideias, reflexões e ações são inspiradoras, pois sempre estão comprometidos com a construção de uma educação científica-tecnológica crítica. Da mesma maneira, agradeço aos professores Dr. Danislei Bertoni e Dr<sup>a</sup>. Eloiza Aparecida Silva Avila de Matos, exemplos de pessoas e profissionais aos quais admiro. Obrigado pelas contribuições de todos no processo de qualificação desta pesquisa de doutoramento;

A minha amiga Rejane, companheira indispensável nessa caminhada, obrigado pela amizade;

Aos meus amigos e professores, Odair e Almir, pela amizade e companherismo;

Aos professores do PPGECT da UTFPR, pelas discussões e vivências durante o processo de doutorado as quais contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional;

Aos colegas do grupo de pesquisa CETS pelo aprendizado e troca de experiências.

Aos acadêmicos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, que participaram de maneira colaborativa e cooperativa na pesquisa, o meu sincero agradecimento;

Ao Instituto João XXIII, por proporcionar espaço para o diálogo entre os estudantes/comunidade e acadêmicos;

À UFFS, pelo incentivo ao processo de qualificação;

Agradeço a todas as pessoas que influenciaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

“Ninguém começa a ser educador numa certa  
terça-feira às quatro horas da tarde. Ninguém nasce  
educador ou marcado para ser educador. A gente  
se faz educador, na prática e na reflexão  
sobre a prática” (FREIRE, 1991, p. 58).

## RESUMO

Esta pesquisa teve como objetivo analisar as contribuições do desenvolvimento e da inserção de um Modelo de Atividades Baseadas em Investigação (MABI) teórico-prático para promoção de uma Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT) ampliada e do ativismo fundamentado, na formação inicial de professores em um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. O MABI teórico-prático foi desenvolvido em um processo participativo, cooperativo e colaborativo com um grupo de coparticipantes na disciplina Projeto Interdisciplinar 5 do referido curso. A abordagem metodológica utilizada nesta pesquisa foi a qualitativa de natureza aplicada. Os procedimentos técnicos foram subsidiados pelos pressupostos da pesquisa-ação participativa crítica, com aporte teórico de Kemmis, McTaggart e Nixon (2014). A coleta/construção dos dados foi realizada com vinte e dois (22) acadêmicos pela aplicação de um questionário inicial, roteiro de observação em forma de diário, gravação de áudio e vídeo, fotos e produção dos acadêmicos (propostas didáticas e projetos interdisciplinares). Para a análise dos dados, utilizou-se a metodologia de análise de conteúdo com alicerce em Laurence Bardin (2016). Os resultados evidenciaram que a utilização do MABI teórico-prático possibilitou um maior engajamento e participação ativa dos acadêmicos, tomando, assim, decisões e posicionamentos de maneira coletiva, na elaboração, investigação e resolução de uma questão problema de pesquisa. Dessa forma, os futuros professores vivenciaram o processo simplificado do fazer científico-tecnológico, englobando as dimensões sociais, culturais, políticas, econômicas, ambientais e preocupações éticos-morais, de solidariedade e de valores sobre as Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (QSCT): i) desmatamento e queimadas na floresta Amazônica; ii) efeitos biológicos e ambientais da radiação; e, iii) rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras. Os elementos controversos presentes nas referidas questões possibilitaram a contextualização dos conhecimentos e da natureza da ciência-tecnologia. Ademais, o modelo oportunizou a problematização das inter-relações CTS, buscando a superação da suposta concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso científico-tecnológico. Nesse sentido, os resultados, ainda, expressam a possibilidade de contato com as discussões dos domínios epistêmicos, sociais, atitudinais, procedimentais e da dimensão conceitual (articuladas ou não) na construção dos conhecimentos com relação aos objetivos educacionais das QSCT. As iniciativas de ativismo fundamentadas neste trabalho foram concretizadas pela realização de uma mostra científica-tecnológica dialógica que englobou um teatro de fantoche, maquetes, comunicação e divulgação de sites, blog e canal no *YouTube*, panfletos e experimentação. Na referida mostra, os visitantes se envolveram de maneira interativa, discutindo e refletindo coletivamente sobre ou a respeito das controvérsias presentes nas QSCT abordadas. O MABI teórico-prático, portanto, contribuiu para promoção de uma ACT ampliada (conscientização) e para a necessária passagem para o ativismo fundamentado como uma prática social no Ensino de Ciências, em direção a um modelo de racionalidade mais crítica na formação inicial de professores. Esses resultados podem favorecer a construção de uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica e uma maior participação social na tomada de decisão sobre o desenvolvimento de ciência-tecnologia, bem como, para construção de uma cidadania mais ativa e responsável, formando, assim, um professor problematizador, comprometido e crítico-reflexivo de suas práticas educativas em formação, compreendendo seu papel de agente de transformação social e educacional.

**Palavras-chave:** alfabetização científica-tecnológica; ensino por investigação; formação inicial de professores; CTS; questões sociocientíficas-tecnológicas.

## ABSTRACT

This research aims to analyze the contributions of the development and insertion of a theoretical-practical Investigation-Based Activities Model (IBAM) to promote expanded Scientific-Technological Literacy (STL) and grounded activism in the initial training teachers in Biological Sciences. The theoretical-practical IBAM was developed in a participatory, cooperative and collaborative process with a group of co-participants in the subject Interdisciplinary Project 5 of such course. The methodological approach used in this research was qualitative of an applied nature. The technical procedures were supported by the assumptions of critical participatory action research, with theoretical input from Kemmis, McTaggart and Nixon (2014). Data collection/construction was carried out with twenty-two (22) academics through the application of an initial questionnaire, observation script in the form of a diary, audio and video recording, photos and academic production (didactic proposals and interdisciplinary projects). For data analysis, we used the content analysis methodology based on Laurence Bardin (2016). The results showed that the use of the theoretical-practical IBAM enabled greater engagement and active participation of academics, thus taking decisions and positions collectively in the elaboration, investigation and resolution of a research problem. In this way, these future teachers experienced the simplified process of scientific-technological work, encompassing social, cultural, political, economic, environmental and ethical-moral concerns, solidarity and values on Socio-Scientific-Technological Issues (SSTI): i) deforestation and fires in the Amazon rainforest; ii) biological and environmental effects of radiation; and, iii) failure of dams in mining companies. The controversial elements present in the aforementioned questions made it possible to contextualize knowledge and the nature of science-technology. Furthermore, the model provided an opportunity for the problematization of STS interrelationships, seeking to overcome the supposed concept of neutrality and the linear model of scientific-technological progress. In this sense, the results also express the possibility of contact with the discussions of the epistemic, social, attitudinal, procedural domains and the conceptual dimension (articulated or not) in the construction of knowledge in relation to the educational objectives of the SSTI. The activism initiatives based on this work were materialized by the realization of a dialogic scientific-technological exhibition that included a puppet theater, models, communication and dissemination of websites, blog and *YouTube* channel, pamphlets and experimentation. In the aforementioned exhibition, visitors got involved in an interactive way, collectively discussing and reflecting on or about the controversies present in the SSTI addressed. The theoretical-practical IBAM, therefore, contributed to the promotion of an expanded STL (awareness) and to the necessary transition to grounded activism as a social practice in Science Teaching, towards a more critical rationality model in the initial training of teachers. These results may favor the construction of a more real image of scientific-technological activity and greater social participation in decision-making on the development of science-technology, as well as for the construction of a more active and responsible citizenship, thus forming a problematizing, committed and critical-reflexive teacher of his educational practices in training, understanding his role as an agent of social and educational transformation.

**Keywords:** scientific-technological literacy; teaching by inquiry; initial teacher training; STS; socio-scientific-technological issues.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - As diferentes traduções utilizadas no Brasil para o termo <i>Scientific Literacy</i> .....	40
Figura 2 - As perspectivas de um <i>continuum</i> sobre ACT .....	42
Figura 3 - Fundamentos de uma ACT ampliada na perspectiva ativista neste trabalho .....	53
Figura 4 - Estrutura de um ciclo de ensino por investigação, suas fases, subfases e relações .....	63
Figura 5 - Proposta de uma sequência para o Ensino de Ciências CTS .....	82
Figura 6 - Potencialidades das discussões de Questões Sociocientíficas (a) e das Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (b) .....	89
Figura 7 - Exemplos de ações sociais fundamentadas que favorecem a discussão de QSCT .....	96
Figura 8 - Pontos em comum entre os três fundamentos de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado.....	102
Figura 9 - Oito pontos que os professores de ciências precisam “saber” e “saber fazer” em suas aulas .....	111
Figura 10 - Fases da pesquisa-ação participativa crítica na espiral de autorreflexão..	121
Figura 11 - Processo de investigação para escolha e inserção de QSCT, a partir da realidade social .....	122
Figura 12 - MABI teórico-prático.....	129
Figura 13 - Passos de desenvolvimento da pesquisa no MABI teórico-prático .....	137
Figura 14 - Nuvem de palavras sobre questões sociocientíficas de interesse dos acadêmicos .....	171
Figura 15 - Nuvem de palavras sobre as formas de realização da problematização em propostas investigativas .....	176
Figura 16 - Discussões na elaboração de uma problemática e no levantamento de hipóteses nos grupos menores (a) e no grupo de coparticipantes (b), envolvendo as QSCT na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.....	197
Figura 17 - Telas das apresentações dos vídeos debate dos grupos 1 (a) e 3 (b).....	212
Figura 18 - Nuvem de palavras com relação aos conteúdos conceituais apontados pelos grupos .....	216
Figura 19 - Nuvem de palavras a respeito dos conteúdos conceituais apontados pelo grupo 4 sobre a QSCT 2 .....	218
Figura 20 - Nuvem de palavras a respeito dos conteúdos conceituais apontados pelos grupos sobre QSCT 3 .....	219
Figura 21 - Organização dos espaços para o diálogo com os visitantes, no Instituto ...	241

<b>Figura 22 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 1 .....</b>	<b>242</b>
<b>Figura 23 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 2 .....</b>	<b>243</b>
<b>Figura 24 - Discussão e interação com os visitantes utilizando-se de maquete, vídeos, slides (a) e teatro de fantoche (b) no projeto interdisciplinar 3 .....</b>	<b>244</b>
<b>Figura 25 - Discussão e interação com os visitantes por meio de um espectro luminoso (a) e detector de radiação (b) no projeto interdisciplinar 4 .....</b>	<b>246</b>
<b>Figura 26 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 5.....</b>	<b>247</b>
<b>Figura 27 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 6.....</b>	<b>247</b>
<b>Figura 28 - Blog “# todospelaamazônia”, construído pelo grupo 1 .....</b>	<b>250</b>
<b>Figura 29 - Site “Elas pelas abelhas”, construído pelo grupo 2 .....</b>	<b>251</b>
<b>Figura 30 - Tela inicial (a) e a de apresentação (b) do aplicativo .....</b>	<b>269</b>
<b>Figura 31 - Tela das propostas (a) e a do MABI teórico-prático (b) .....</b>	<b>270</b>
<b>Figura 32 - Tela atividades (12 passos) (a) e a de autoavaliação (b).....</b>	<b>271</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 - Respostas dos acadêmicos sobre o contato com a abordagem das QSC na Licenciatura em Ciências Biológicas .....</b>	<b>170</b>
<b>Gráfico 2 - Visões dos acadêmicos sobre ACT .....</b>	<b>178</b>
<b>Gráfico 3 - Práticas didático-pedagógicas inclusivas no Ensino de Ciências na escola, segundo os acadêmicos.....</b>	<b>180</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Elementos para construção de uma AC .....</b>	<b>39</b>
<b>Quadro 2 - Conceito e capacidades para a AC, conforme a NRC.....</b>	<b>46</b>
<b>Quadro 3 - Conceito e aspectos para a CC, segundo o SCCC .....</b>	<b>46</b>
<b>Quadro 4 - Níveis de investigação do grau de abertura de um problema .....</b>	<b>69</b>
<b>Quadro 5 - Graus de liberdade de professor (P) e de estudantes (E) na resolução de um problema.....</b>	<b>70</b>
<b>Quadro 6 - Ensino de Ciência clássico e na abordagem CTS .....</b>	<b>80</b>
<b>Quadro 7 - Os nove aspectos da abordagem das inter-relações CTS.....</b>	<b>81</b>
<b>Quadro 8 - Conjunto de características organizadas em seis correntes sobre o ensino CTS.....</b>	<b>84</b>
<b>Quadro 9 - Fases e passos no MABI teórico-prático .....</b>	<b>130</b>
<b>Quadro 10 - Estrutura metodológica da pesquisa-ação participativa crítica desenvolvida na pesquisa .....</b>	<b>134</b>
<b>Quadro 11 - Categorias e subcategorias construídas para análise dos dados.....</b>	<b>148</b>
<b>Quadro 12 - Categorias para análise de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado .....</b>	<b>149</b>
<b>Quadro 11 - Matriz para análise das cinco propostas didáticas construídas pelos acadêmicos .....</b>	<b>151</b>
<b>Quadro 14 - Entendimento sobre as influências e os interesses da comunidade científica-tecnológica .....</b>	<b>190</b>
<b>Quadro 15 - QSCT e problemas elaborados pelos acadêmicos nos grupos para investigação .....</b>	<b>193</b>
<b>Quadro 16 - Características atendidas na escolha das QSCT.....</b>	<b>195</b>
<b>Quadro 17 - Hipóteses levantadas pelos acadêmicos dos grupos sobre a questão problema central .....</b>	<b>200</b>
<b>Quadro 18 - Plano de trabalho construído pelo grupo 2 .....</b>	<b>203</b>
<b>Quadro 19 - Plano de trabalho construído pelo grupo 4 .....</b>	<b>204</b>
<b>Quadro 20 - Relações de cooperação estabelecidas pelos acadêmicos em cada grupo envolvendo as QSCT .....</b>	<b>222</b>
<b>Quadro 21 - Classificação das respostas em A, P e I em cada projeto interdisciplinar, com base nos nove aspectos CTS .....</b>	<b>225</b>
<b>Quadro 22 - Classificação das propostas didáticas investigativas dos grupos 1, 3 e 4, com base na matriz de análise desenvolvida.....</b>	<b>254</b>
<b>Quadro 23 - Classificação das propostas didáticas investigativas dos grupos 5 e 6, com base na matriz de análise desenvolvida.....</b>	<b>255</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1 - Concepções dos acadêmicos sobre ciência.....</b>	<b>156</b>
<b>Tabela 2 - Concepções dos acadêmicos sobre tecnologia .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabela 3 - Concepções dos acadêmicos sobre sociedade.....</b>	<b>163</b>
<b>Tabela 4 - Como ocorrem as inter-relações CTS, segundo os acadêmicos.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabela 5 - Concepções dos acadêmicos sobre ASC .....</b>	<b>167</b>
<b>Tabela 6 - Concepções dos acadêmicos sobre EBI .....</b>	<b>172</b>
<b>Tabela 7 - Grau de liberdade que o professor deve oferecer aos estudantes, segundo os acadêmicos .....</b>	<b>174</b>
<b>Tabela 8 - Quantidade relativa de referências realizadas aos domínios do conhecimento durante cada passo no MABI teórico-prático pelos professores e/ou acadêmicos em todos os seis projetos interdisciplinares....</b>	<b>183</b>
<b>Tabela 9 - Sistematização dos indicadores nas classificações em cada grupo.....</b>	<b>257</b>

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AAAS	<i>American Association for the Advancement of Science</i> (Associação Americana para o Avanço da Ciência)
ABISC	Aprendizagem Baseada em Investigação Sociocientífica
APCC	Atividades Práticas como Componente Curricular
AC	Alfabetização Científica
ACCU	Alfabetização Científica Crítica Universal
ACT	Alfabetização Científico-Tecnológica
ASC	Ativismo Sociocientífico
ASP	Ação Sociopolítica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CC	Capacidade Científica
CT	Ciência-Tecnologia
CABI 1	Ciclo de Atividades Baseadas em Investigação 1
CTS	Ciência-Tecnologia -Sociedade
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
EBI	Ensino Baseado em Investigação
EUA	Estados Unidos da América
LCB	Licenciatura em Ciências Biológicas
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MABI	Modelo de Atividades Baseadas em Investigação
MEC	Ministério da Educação
NdaC	Natureza da Ciência
NdaCT	Natureza da Ciência-Tecnologia
NdaT	Natureza da Tecnologia
NRC	<i>National research Council</i> (Conselho Nacional de Pesquisa)
OEA	Organização dos Estados Americanos
PAPC	Pesquisa-Ação Participativa Crítica
PI5	Projeto Interdisciplinar 5
PIEARCTS	Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade
PLACTS	Pensamento Latino Americano de Ciência-Tecnologia-Sociedade
PPGECT	Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia

QSC	Questão Sociocientífica
QSCT	Questões Sociocientíficas-Tecnológicas
SCCC	<i>Scottish Consultative Council on the Curriculum</i> (Conselho Consultivo Escocês sobre o Currículo)
SFAA	<i>Science For All Americans</i> (Ciência Para Todos os Americanos)
SEED/PR	Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCUISV	Termo de Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz
TIC	Tecnologia de Informação e Comunicação
UEPG	Universidade Estadual de Ponta Grossa
UFFS	Universidade Federal da Fronteira Sul
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>1.1</b>	<b>Caminhos que apontam motivações para construção desta tese</b> .....	<b>17</b>
<b>1.2</b>	<b>Contextualizando a questão de pesquisa</b> .....	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: DIFERENTES VISÕES</b> .....	<b>34</b>
<b>2.1</b>	<b>AC/ACT nas visões de alguns pesquisadores</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2</b>	<b>Alfabetização científica e propostas curriculares</b> .....	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>EM BUSCA DE UMA ACT AMPLIADA E DO ATIVISMO FUNDAMENTADO</b> .....	<b>51</b>
<b>3.1</b>	<b>Abordagem de ensino baseado em investigação</b> .....	<b>54</b>
<b>3.1.1</b>	Ensino de Ciências Baseado em Investigação .....	54
<b>3.1.2</b>	Elementos Centrais no Ensino Baseado em Investigação.....	64
<b>3.2</b>	<b>Abordagem ciência-tecnologia-sociedade</b> .....	<b>71</b>
<b>3.2.1</b>	O Movimento CTS e a Necessidade de Passarmos para a Ação .....	71
<b>3.2.1.1</b>	Ativismo CTS .....	77
<b>3.2.2</b>	A Abordagem CTS no Ensino de Ciências.....	80
<b>3.2.3</b>	Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (QSCT).....	87
<b>3.2.4</b>	Ativismo e Ativismo Sociocientífico (ASC) Fundamentado.....	91
<b>3.2.4.1</b>	QSCT e ASC Fundamentado .....	95
<b>3.2.4.2</b>	Abordagem ASC no Ensino de Ciências .....	97
<b>3.3</b>	<b>Ação cultural para liberdade e ensino baseado em investigação: um caminho para ACT ampliada</b> .....	<b>103</b>
<b>3.4</b>	<b>Necessidades formativas e modelo de racionalidade crítica na formação de professores de ciências</b> .....	<b>110</b>
<b>4</b>	<b>CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA</b> .....	<b>115</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização da pesquisa</b> .....	<b>115</b>
<b>4.1.1</b>	Desvelando a Metodologia Utilizada na Pesquisa: a Pesquisa-Ação Participativa Crítica (PAPC).....	117
<b>4.2</b>	<b>Universo da pesquisa</b> .....	<b>124</b>
<b>4.2.2</b>	Participantes da pesquisa .....	126
<b>4.3</b>	<b>Coleta/construção dos dados</b> .....	<b>126</b>
<b>4.4</b>	<b>Elaboração do MABI teórico-prático</b> .....	<b>127</b>
<b>4.5</b>	<b>Estrutura e desenvolvimento da pesquisa</b> .....	<b>133</b>
<b>4.6</b>	<b>Construção de um produto educacional associado à tese (o aplicativo <i>inquiry</i>)</b> .....	<b>144</b>
<b>4.7</b>	<b>Metodologia de análise de dados</b> .....	<b>146</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>155</b>
<b>5.1</b>	<b>Concepções iniciais: o que pensam os futuros professores em ciências biológicas</b> .....	<b>155</b>
<b>5.1.1</b>	Concepções sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade e suas inter-relações.....	156

5.1.1.1	Concepções sobre ativismo sociocientífico .....	167
5.1.1.2	Concepções sobre questões sociocientíficas .....	169
5.1.2	Concepções sobre ensino baseado em investigação .....	172
5.1.3	Concepções sobre alfabetização científica-tecnológica.....	177
<b>5.2</b>	<b>Inserção do MABI teórico-prático: promovendo uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado .....</b>	<b>181</b>
5.2.1	Compreensão da Natureza da Ciência-Tecnologia e dos Fatores que Influenciam sua Prática .....	184
5.2.2	Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais.....	215
5.2.3	Entendimento das inter-relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade .....	224
5.2.4	Ativismo Fundamentado a Partir de um Projeto de Extensão .....	239
<b>5.3</b>	<b>Propostas didáticas investigativas construídas pelos acadêmicos para o contexto da educação básica .....</b>	<b>252</b>
5.3.1	Propostas Didáticas Investigativas: Um Caminho Possível para uma Formação Inicial de Professores Crítica .....	253
5.3.2	Implicações de uma Prática Educativa com Uso do MABI Teórico-Prático.....	265
<b>5.4</b>	<b>Produto educacional associado à tese: o aplicativo <i>inquiry</i>.....</b>	<b>268</b>
5.4.1	O Aplicativo <i>Inquiry</i> e sua Validação por Especialistas.....	268
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>275</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>285</b>
	<b>APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz (TCUISV).....</b>	<b>304</b>
	<b>APÊNDICE B - Questionário de Pesquisa (identificação das concepções iniciais).....</b>	<b>310</b>
	<b>APÊNDICE C - Graus de Autonomia/Liberdade Intelectual e de Ação .....</b>	<b>313</b>
	<b>APÊNDICE D - Atividades/ações desenvolvidas nos encontros realizados na disciplina Projeto Interdisciplinar 5.....</b>	<b>315</b>
	<b>APÊNDICE E - Questões utilizadas para iniciar as discussões sobre a suposta concepção da neutralidade da CT .....</b>	<b>319</b>
	<b>APÊNDICE F - Indicadores que Representam Práticas dos Domínios Epistêmicos, Sociais, Procedimentais, Atitudinais e Conceituais.....</b>	<b>321</b>
	<b>APÊNDICE G - Descrição Breve dos Projetos Interdisciplinares .....</b>	<b>324</b>
	<b>APÊNDICE H - Roteiros de Análise para a Validação do Aplicativo Inquiry.....</b>	<b>327</b>
	<b>ANEXO A - Termo de Concordância do NRE para Unidade Cedente (projeto de pesquisa).....</b>	<b>332</b>
	<b>ANEXO B - Carta de Intenção do NRE para Unidade Cedente (projeto de extensão).....</b>	<b>334</b>
	<b>ANEXO C - Roteiro de Observação das Aula em Forma de Diário .....</b>	<b>336</b>
	<b>ANEXO D - Parecer do Conselho de Ética em Pesquisa (CEP) da UTFPR .....</b>	<b>338</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Este primeiro capítulo tem o objetivo de fazer uma breve apresentação de minha<sup>1</sup> trajetória acadêmica, profissional e de apontar algumas inquietações, uma vez que as vivências (caminhos percorridos) no espaço escolar e universitário, de alguma forma, contribuíram para construção deste trabalho. Apresento, também, neste capítulo, a contextualização da questão de pesquisa, o objetivo geral e os específicos, a hipótese, a justificativa e a estrutura de organização do texto de apresentação desta tese.

## 1.1 Caminhos que apontam motivações para construção desta tese

Minha trajetória acadêmica e profissional, minhas inquietações como professor em diferentes níveis de ensino me motivaram ao desenvolvimento desta tese. Assim, ingressei no curso de graduação em Licenciatura em Química, no ano de 2007, na Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG). Ainda em formação acadêmica, no ano de 2008, teve início minha trajetória profissional no campo da educação. Comecei a atuar como professor nas disciplinas de Ciências e Química no ensino fundamental e médio, sendo contratado a partir de um processo seletivo simplificado, pela Secretaria Estadual de Educação do Estado do Paraná - SEED/PR.

Formei-me em Licenciatura em Química, pela supracitada universidade, no ano de 2010. Atuei no contexto da educação básica, na educação pública e privada, entre os anos de 2008 e 2016. Nesse período, trabalhei em vários contextos, tais como: na educação profissional; na formação de técnicos em Agroecologia e Agropecuária; na Formação de Docentes (Magistério); em escolas do/no campo; na educação de jovens e adultos; e, em cursos pré-vestibulares.

Para dar conta dessa diversidade de realidades e para ampliar minha visão em relação à educação, ao contexto escolar e às práticas educativas, logo após minha formação inicial, realizei os cursos de pós-graduação lato sensu em Educação e Gestão Ambiental (2011), Educação do Campo (2012) e Educação Especial Inclusiva (2014).

---

<sup>1</sup> Nesta seção introdutória, optou-se pela utilização da 1ª pessoa do singular, pois se acredita ser mais adequada para apresentação de trajetória acadêmica e profissional e de inquietações do autor. Nas demais seções e capítulos, será utilizada a 3ª pessoa para apresentação do texto.

No ano de 2013, buscando mais subsídios para minha atuação profissional no magistério, ingressei no curso de Mestrado<sup>2</sup>, no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia (PPGECT), pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Ponta Grossa. Nessa oportunidade, desenvolvi um trabalho que abordava os conteúdos de química com utilização da experimentação investigativa no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) na temática ambiental (PRSYBYCIEM, 2015).

Essa pesquisa deu origem a várias publicações, dentre elas, o artigo denominado “Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio<sup>3</sup>”, em 2018, na revista *Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*.

No curso de Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia, entrei em contato, pela primeira vez, com as abordagens CTS e o Ensino Baseado em Investigação (EBI) por meio da experimentação investigativa. Identifiquei-me com essas abordagens e comecei a ampliar minha visão sobre elas, por meio de leituras e discussões nas aulas, pois já fazia uso de maneira intuitiva em meus projetos desenvolvidos nas escolas onde atuava, como, por exemplo, o projeto denominado “Educação ambiental para a sustentabilidade”, realizado em uma escola pública estadual do Paraná (2013-2015).

Esse projeto foi desenvolvido em contraturno escolar, visando à inclusão de estudante em vulnerabilidade social. Foram realizadas várias ações ligadas a diversos problemas ambientais presentes na comunidade local (lixo, esgoto, poluição atmosférica, chuva ácida, dentre outros). As ações foram além da sala de aula, dos conteúdos científicos e da avaliação dos impactos da ciência e da tecnologia, isso é, alcançaram a ação social na comunidade.

Assim, foram oito anos de atuação na educação básica, com muitos desafios e aprendizagens. Em 2015, fiz concurso público para o cargo de professor de magistério superior, na área de Ensino de Química pela Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Campus Erechim/Rio Grande do Sul. Fui aprovado, e, em abril de 2016, iniciei minha

---

<sup>2</sup> Pesquisa desenvolvida no Mestrado. Disponível em:

[http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2351/6/PG\\_PPGECT\\_M\\_Prasybyciem%2c%20Mois%C3%A9s%20Marques\\_2015.pdf](http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2351/6/PG_PPGECT_M_Prasybyciem%2c%20Mois%C3%A9s%20Marques_2015.pdf). Acesso em: 27 fev. 2020.

<sup>3</sup> PRSYBYCIEM, M.M.; SILVEIRA, R.M.C.F.; SAUER, E. Experimentação investigativa no ensino de química em um enfoque CTS a partir de um tema sociocientífico no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 602-625, 2018. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC\\_17\\_3\\_5\\_ex1433.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen17/REEC_17_3_5_ex1433.pdf). Acesso em: 22 de abr. 2020.

trajetória profissional na educação superior, lecionando no curso Interdisciplinar em Educação do Campo: Ciências da Natureza licenciatura e Pedagogia licenciatura. Observei que minha trajetória na educação básica e meu aprendizado no Mestrado contribuíram para as discussões e orientações que realizei em sala de aula nos cursos de licenciatura na UFFS.

Com isso, minhas inquietações aumentaram, uma vez que acredito na necessidade de formar professores e cidadãos capazes de compreenderem os processos/projetos hegemônicos e as contradições enfrentados na sala de aula, na escola, na universidade e na comunidade, problematizá-los e analisá-los, criticamente, estimulando, assim, seu desvelamento e a ação social para superação desses obstáculos e injustiças sociais (as situações-limite<sup>4</sup>) enfrentados pelas pessoas na realidade social e educacional.

Todavia, esse processo de análise crítica e conscientização dos cidadãos para superação dos obstáculos não pode ser realizado quando a educação é compreendida como “bancária”, ou seja, aquela em que o professor (depositante) “enche” os estudantes/acadêmicos (depositários) dos conteúdos de sua narração de maneira acrítica e descontextualizada da realidade (FREIRE, 2016).

Essa concepção bancária de educação, muitas vezes, é o modelo dominante no contexto educacional atual em sala de aula, principalmente na área de Ciências da Natureza (considera-se, aqui, as Ciências Biológicas, Física e Química) em todos os níveis de ensino. Esse modelo favorece uma educação acrítica, disciplinar, desconectada da realidade, sem comunicação, sem engajamento ativo dos estudantes, sem inquietação, sem ação social na realidade e que valoriza a memorização mecânica do conteúdo narrado pelo professor para posterior repetição na avaliação.

Entendo, contudo, que esse processo de análise crítica, desvelamento e superação dos obstáculos e injustiças sociais pelos cidadãos na realidade social e educacional concreta pode ocorrer a partir de uma educação dialógica, investigativa, interdisciplinar, problematizadora, crítica, humanizadora, democrática, afetiva, conscientizadora e solidária e, também, mediada pelas questões existenciais dos acadêmicos/estudantes.

Nesse contexto, percebo e reconheço que tenho limitações, e, por isso, continuo buscando, por meio do Ensino de Ciências, a construção de uma educação científica e

---

<sup>4</sup> As situações-limite, na perspectiva freiriana, são compreendidas como situações de injustiça social, barreiras ou obstáculos vivenciados pelas pessoas no seu dia a dia. Essas situações são entendidas, muitas vezes, de maneira acrítica e aproblemática, como se fossem determinantes históricos, esmagadores e limitantes da ação social, para os quais a única alternativa é se adaptar a essas situações (FREIRE, 2016).



tecnológica crítica. Esse processo é desafiador, difícil e contínuo, sendo realizado pela prática educativa e na constante reflexão dessa prática em sala de aula.

Nessa minha trajetória - tanto na educação básica, profissional e superior quanto em conversas com professores de diferentes áreas do conhecimento (mas, principalmente, nas Ciências da Natureza) e na observação da realidade educacional em que atuava -, eu verificava a necessidade de o Ensino de Ciências estimular uma formação para enfrentar os desafios do século XXI e da quarta revolução industrial que estamos vivendo, com maior envolvimento dos estudantes no processo de ensino e de aprendizagem, na tomada de decisão e na resolução dos problemas sociais ligados à Ciência-Tecnologia (CT)<sup>5</sup> pela ação social prática fundamentada.

Diante dessas inquietações e sonhos de uma educação científica e tecnológica investigativa e emancipadora, participei do processo seletivo e ingressei no Doutorado em Ensino de Ciência e Tecnologia, pela UTFPR, no primeiro semestre de 2018. Minha intenção era enriquecer minha práxis educativa na formação de professores, além de continuar aprofundando as relações entre as abordagens CTS e EBI.

Durante o ano de 2018, fiz as disciplinas do doutorado, sem afastamento do trabalho. Em 2019, consegui o afastamento para capacitação, ficando 2019 e 2020 afastado de minhas atividades profissionais na UFFS, para me dedicar ao doutoramento. A partir daí, comecei a aprofundar minhas reflexões sobre qual seria a verdadeira contribuição de minha pesquisa para a área de Ensino de Ciências.

No final do ano de 2019, porém, o mundo começou a enfrentar a pandemia pelo novo coronavírus da Sars-CoV-2, que causa a doença COVID-19. Assim, seguindo as orientações da Organização Mundial de Saúde, houve a necessidade do cumprimento de medidas de isolamento e/ou distanciamento social. Esse processo causou dificuldades em todos os contextos (educacional, produtivo, social e econômico), muitas vezes, com a paralização total

---

<sup>5</sup> Entende-se que a ciência e a tecnologia, mesmo possuindo particularidades que as diferenciam, estão em constante interação, ou seja, imbricadas (ROSA; AULER, 2016). Assim sendo, com essa constante interação e as dificuldades na contemporaneidade de diferenciar CT (definir fronteiras entre o que é ciência e o que é tecnologia), é crescente a utilização da expressão tecnociência (Cf. ACEVEDO, 2006). Todavia, compreende-se que mesmo com essa interação, elas são interdependentes, sendo que o silenciamento ou a exclusão da dimensão tecnológica nas discussões no Ensino de Ciências e na própria área CTS leva a um entendimento incompleto e ingênuo da atividade científico-tecnológica ou da tecnociência. Esse processo pode favorecer uma concepção limitada e/ou fortalecer uma visão da suposta neutralidade e do modelo linear de desenvolvimento da CT, bem como impedir uma maior participação social em processos decisórios sobre CT (Cf. PRSYBYCIEM, SILVEIRA, MIQUELIN, 2021).

ou parcial de atividades. Dessa maneira, mesmo com as dificuldades e limitações impostas por essa pandemia, busquei dar continuidade ao desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, o presente estudo tinha como objetivo analisar as contribuições da inserção de atividades investigativas no enfoque CTS para promoção de uma Alfabetização Científico-Tecnológica (ACT) dos acadêmicos na formação inicial de professores de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Com as reflexões e o amadurecimento ao longo do processo, para além de uma ACT, a pesquisa teve avanços e direcionamento para uma proposta na perspectiva do Ativismo Sociocientífico (ASC) fundamentado<sup>6</sup>.

Assim, esta pesquisa tem como objeto de estudo a formação inicial de professores em Ciências Biológicas/Ciências na perspectiva da racionalidade crítica, a partir do desenvolvimento e inserção de um Modelo de Atividades Baseadas em Investigação (MABI) teórico-prático na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, do referido curso, visando favorecer a promoção de uma ACT ampliada (percepção mais consciente e crítica da realidade) e do ativismo fundamentado dos acadêmicos.

A escolha do referido objeto relaciona-se diretamente com minha caminhada como professor na educação básica e superior, pois acredito na necessidade de capacitar os futuros professores da área de Ciências da Natureza para ação social fundamentada na realidade comunitária e educacional, visando, assim, contribuir para a resolução de problemas que afetam a sociedade.

O referido modelo foi estruturado por meio de três eixos centrais constituídos pelas abordagens EBI, CTS e de ASC, com base nos pressupostos da pesquisa-ação participativa crítica e em alguns pensamentos freirianos. Esses pensamentos referem-se à conscientização, a uma maior participação social em processos decisórios, à dialogicidade entre teoria-prática e à ação-reflexão, estimulando, assim, a reinvenção das práticas educativas. Essa reinvenção consiste na passagem de práticas tradicionais a práticas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares.

---

<sup>6</sup> Neste trabalho, optou-se em utilizar a expressão ativismo sociocientífico fundamentado. A palavra “fundamentado” consiste nos conhecimentos da CT e nas abordagens CTS, EBI e ASC articuladas em um Modelo de Atividades Baseadas em Investigação teórico-prático. Com isso, defende-se um ativismo fundamentado na educação científica e tecnológica, com dialogicidade entre teoria-prática e ação-reflexão. Não se busca um ativismo cego e ligado à doutrinação, mas sim, uma ação social que estimule o empoderamento e a emancipação dos sujeitos (PRSYBYCIEM, SILVEIRA, MIQUELIN, 2021). A partir desse momento, o termo ativismo sociocientífico fundamentado será mencionado, no presente texto, apenas com a denominação ativismo fundamentado.

O ponto de partida no MABI teórico-prático consiste na introdução de Questões Sociocientíficas-Tecnológicas<sup>7</sup> (QSCT) controversas e na elaboração de uma problemática inicial (fio condutor), a partir de uma ou mais perguntas para investigação. A compreensão dessas questões exige uma formação comprometida com uma cidadania mais fundamentada, responsável e ativa.

Este texto é direcionado, principalmente, portanto, aos docentes que trabalham na formação inicial de professores na área de Ciências da Natureza. Destina-se, desse modo, a todos os professores que acreditam na necessidade da pergunta, da solidariedade, da conscientização, da ação social fundamentada, da invenção, do diálogo, da reinvenção e da constituição de práxis educativas com articulação entre pesquisa-ensino-extensão no Ensino de Ciências.

Dessa forma, espera-se que professores de diferentes níveis de ensino possam, de alguma forma, utilizar as reflexões deste texto, sentindo-se instigados a lutar, em suas realidades e contextos, pelos inéditos-viáveis<sup>8</sup>, visando a mudanças nas práticas educativas e na realidade social, por meio da promoção de uma ACT ampliada e pelo ativismo fundamentado.

## 1.2 Contextualizando a questão de pesquisa

O desenvolvimento científico-tecnológico vem provocando diversas transformações nos contextos políticos, sociais, educacionais, econômicos, culturais, produtivos e ambientais na sociedade do século XXI. Todavia, esse processo de desenvolvimento não proporcionou

---

<sup>7</sup> Os autores de referência citados neste trabalho utilizam os termos questões e/ou controvérsias sociocientíficas. Nesse sentido, compreende-se que as controvérsias presentes nas questões sociocientíficas surgem necessariamente das complexas inter-relações entre a CTS (REIS, 2013). Todavia, evidenciou-se com base na literatura na área de Ensino de Ciências, a necessidade de inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica e de suas relações sistêmicas nas discussões dessas questões. A percepção de que a tecnologia já se encontra intrínseca na discussão da dimensão científica e/ou que o raciocínio científico é suficiente para resolução das questões sociocientíficas, pode reforçar as visões de neutralidade e do modelo tradicional de desenvolvimento da CT, bem como se pode favorecer a percepção errônea de que a tecnologia consiste apenas em ciência aplicada (Cf. PRSYBYCIEM, SILVEIRA, MIQUELIN, 2021), o que será melhor abordado no capítulo 3, item 3.2.3 desta tese. Assim, neste trabalho, optou-se em utilizar o termo QSCT.

<sup>8</sup> O conceito de inédito-viável é, “na realidade, [...] uma coisa que era inédita, ainda não claramente conhecida e vivida, mas quando se torna um ‘percebido destacado’ pelos que pensam utopicamente, o problema não é mais um sonho, ele pode se tornar realidade” (FREIRE, 2014, p. 225). As ideias centrais que discutem esse conceito são abordadas por Ana Maria Araújo Freire na nota explicativa nº 1 da obra *Pedagogia da Esperança*, uma vez que Paulo Freire não chegou a desenvolver, detalhadamente, um conceito claro sobre o termo inédito-viável em suas obras.

apenas benéficos, mas também, contradições, incertezas, impactos negativos, riscos e desafios.

Conforme Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), pode ser perigoso confiar excessivamente na ciência e na tecnologia e esquecer que elas incorporam aspectos econômicos, sociais, culturais, políticos e morais. Os produtos e processos da CT não são neutros e estão presentes na vida da maioria das pessoas em sociedade. Essas incorporações ocorrem, uma vez que a ciência e a tecnologia são construções humanas, sociais e históricas e, em razão disso, suas produções e interações são valoradas.

Nesse sentido, os processos, produtos, discursos e projetos hegemônicos envolvendo as QSCT afetam profundamente a sociedade. Os aspectos ligados à inteligência artificial; clonagem; xenotransplante; guerras e armas nucleares; nanotecnologia; biotecnologia; Internet das coisas; computação quântica; realidade aumentada e virtual; tecnologia 4G/5G e impressão 3D/4D; veículos autônomos; robótica; indústria 4.0; agrotóxicos; transgênicos; *fake news* (p. ex: movimento antivacina); energia nuclear; saúde humana (pandemias H1N1 e Sars-Cov 2) e suas relações com o modelo atual de desenvolvimento econômico e social; o rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras; e, o desmatamento e queimadas na floresta Amazônica, dentre outras, são alguns exemplos de temáticas que podem englobar as QSCT.

As situações contraditórias que envolvem a CT e suas relações com a sociedade implicam a necessidade de os cidadãos entrarem em contato, bem como, entenderem as inter-relações entre CTS e de participarem de maneira mais ativa, democrática, plural e inclusiva dos processos de tomada de decisão sobre QSCT. Isso tudo, nos leva a considerar, cada vez mais, a elementaridade de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado na formação dos cidadãos.

A Alfabetização Científica (AC) ou alfabetização científica pela inclusão da tecnologia, geralmente, aparece ligada à compreensão dos conhecimentos científicos, aos procedimentos da investigação científica, da natureza da ciência e das inter-relações entre CTS (VÁZQUEZ-ALONSO, 2010; SASSERON; CARVALHO, 2011; ARAGÃO, 2019).

Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021) argumentam que na literatura se observam duas situações: a primeira, refere-se a maior atenção dada à dimensão científica e pouca (ou quase nenhuma atenção) direcionada à dimensão tecnológica, nas discussões sobre AC no

Ensino de Ciências. A educação (alfabetização) tecnológica, frequentemente, é assumida como consequência natural da educação (alfabetização) científica (RICARDO, 2020). Assim, as discussões sobre a dimensão tecnológica e suas relações sistêmicas<sup>9</sup> podem estar ficando silenciadas e negligenciadas nos processos educacionais em sala de aula no Ensino de Ciências e na própria área CTS.

As discussões da dimensão científica são fundamentais, porém, elas não são suficientes para uma compreensão ampliada das QSCT. O entendimento da dimensão tecnológica (conteúdos, processos, sistemas, natureza e produtos) e de suas relações são fundamentais nesse processo. Os problemas controversos deste século exigem a análise dessa dimensão a fim de se resolverem os problemas envolvendo essas questões.

A segunda situação consiste na necessidade de alcançar uma alfabetização para a construção de uma maior conscientização, do desenvolvimento da tomada de decisão mais crítica, bem como da autonomia intelectual dos estudantes e a necessária passagem para o ativismo fundamentado, envolvendo problemas reais e concretos enfrentados pela sociedade, buscando, assim, uma formação para uma cidadania mais ativa e mais responsável<sup>10</sup>.

As pesquisas mostram que os professores de ciências carecem de uma formação que envolva as discussões sobre os fundamentos para promoção de uma AC (ARAGÃO, 2019) e que proporcione o envolvimento de futuros professores em iniciativas de ativismo sociocientífico (LINHARES; REIS, 2018).

---

<sup>9</sup> Tais relações consistem em uma visão em rede, uma trama sociotécnica (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003), que torna uma tecnologia, por mais simples que ela seja, viável. Por exemplo: um automóvel é uma tecnologia formada por vários componentes e peças de diferentes origens que para funcionar, necessita de estradas, postos de combustíveis, montadoras, refinarias, guardas de trânsito, semáforos, publicidade, seguradoras, oficinas mecânicas, código de trânsito, envolvendo relações de trabalho, dentre outros. Entende-se que a tecnologia deve ser entendida como dimensão que envolve processos, produtos, sistemas, natureza e conceitos. Isso pode ajudar no entendimento do processo de produção tecnológica como social, histórico, humano e coletivo ligado aos contextos sociopolíticos, científicos, econômicos, ambientais, éticos, culturais e aspectos de valores e crenças. Não é possível entender uma tecnologia sem levar em consideração essa rede, pensar nela como dimensão e ir além do seu aspecto técnico.

<sup>10</sup> Essa cidadania consiste na intenção de promover, impedir ou direcionar, de maneira mais democrática e inclusiva, as transformações em relação à agenda de pesquisa e à produção de CT, bem como, a busca pela construção de uma imagem mais realista da atividade científica-tecnológica. Esse envolvimento em processos de tomada de decisão deve levar em consideração a problematização das complexas inter-relações CTS e a necessidade de superação da concepção da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso da CT (Cf. PRSYBYCIEM, SILVEIRA, MIQUELIN, 2021). Assim, compreende-se a articulação entre Ensino de Ciências e cidadania ancorada na noção de ciência-cidadã (Cf. IRWIN, 1998; SANTOS, 2005; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; TOTTI, 2011). A noção de uma educação científica-tecnológica do cidadão é essencial no processo de desenvolvimento da CT e da democracia, visando à compreensão das inter-relações CTS na realidade social e política (TOTI, 2011).

Para esse processo, parte-se da premissa de que os fundamentos do modelo de racionalidade crítica podem contribuir para a formação de futuros professores da área de Ciências da Natureza. Nessa abordagem, o professor apresenta uma visão política, estabelecendo uma comunidade de coinvestigadores em um processo democrático e centrado no estudante. No modelo de racionalidade crítica, há uma compreensão dialógica da relação teoria-prática e a pesquisa-ação é apontada como principal metodologia de transformação social e educacional e de emancipação dos sujeitos (DINIZ-PEREIRA, 2014; BASSOLI; LOPES; CÉSAR, 2017).

Assim sendo, como já apontado, esta pesquisa está centrada na busca de um Ensino de Ciências baseado em investigação, em discussões de QSCT, para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado de futuros professores em Ciências Biológicas com uso do MABI teórico-prático.

Na literatura da área de Ensino de Ciências, são encontrados diversos modelos e estruturas para o desenvolvimento de um ensino por investigação (CARVALHO, 2016; PEDASTE, *et al.*, 2015; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; LEVINSON, 2018; KNIPPELS; VAN HARSKAMP, 2018; RAUCH; RADMANN, 2020). Neste estudo, foram articuladas no modelo como eixos centrais as abordagens EBI, relações CTS e o ASC, em ciclos investigativos espiralados de autorreflexão, orientados pelos pressupostos da pesquisa-ação.

O MABI teórico-prático é composto por cinco fases e doze passos e tem como ponto de partida QSCT controversas de relevância social e de interesse dos acadêmicos. Assim, procura-se promover, por meio do referido modelo, a dialogicidade entre a unidade teoria-prática e ação-reflexão numa espiral de autorreflexão, promovendo os inéditos-viáveis neste trabalho.

As fases e os passos do modelo, respectivamente, consistem em: i) problematização (problematização - introdução de QSCT e elaboração de problema(s) de investigação); ii) conceitualização (levantamento de hipóteses, análise das inter-relações CTS e de ativismo, identificação dos conteúdos científico-tecnológico relacionadas a QSCT, cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas); iii) investigação (planejamento, investigação, análise e interpretação dos dados); iv) conclusão (retomada e discussão da questão sociocientífica-tecnológica inicial); e, v) ativismo fundamentado (ativismo sociocientífico - aplicação em situações novas, comunicação dialógica e construção de redes colaborativas com uso das tecnologias de informação e comunicação).

Nesse foco, a construção de inéditos-viáveis (materialização dos sonhos almejados) - enquanto conhecimentos científicos e tecnológicos - perpassa pela necessidade de estimular uma educação científica e tecnológica crítica baseada em investigação, que possibilite ao estudante o surgimento, progressivamente, de aprendizagens (conhecimentos, habilidades, valores e atitudes) necessárias para enfrentar os desafios do século XXI.

Essas aprendizagens correspondem, dentre outras: à compreensão dos conhecimentos da CT, das inter-relações entre CTS, da natureza da CT e de seus papéis na sociedade; à utilização e criação das tecnologia de informação e comunicação de maneira crítica, dos processos, práticas e procedimentos da investigação científica; ao desenvolvimento da consciência mais crítica; à capacidade de tomada de decisão mais fundamentada; à resolução de problemas; às relações de solidariedade, de afetividade, de autonomia intelectual, de argumentação, de ativismo fundamentado e de responsabilidade social.

Isso tudo impõe à escola, à educação e à área de Ciências da Natureza a necessidade de se (re)inventar, de buscar novos caminhos de ensinar e de aprender os conteúdos científicos e tecnológicos, incidindo, diretamente, na inevitabilidade de (re)pensar os processos de formação inicial de professores.

Assim, a formação inicial de professores em Ciências Biológicas deveria dar oportunidades aos acadêmicos de desenvolverem competências para intervir, de maneira responsável e crítica, na tomada de decisão para resolução de problemas da sociedade. Esse processo deve ter por base práticas educativas investigativas voltadas para uma cidadania mais responsável e para uma ação social fundamentada (HODSON, 1998; LINHARES; REIS, 2018; 2019).

O MABI teórico-prático pode estimular a articulação das práticas que envolvam os domínios epistêmicos, conceituais, procedimentais, sociais e atitudinais da cultura científica-tecnológica abarcando as dimensões ambientais, políticas, sociais, econômicas e as preocupações com aspectos éticos-morais, de valores e de solidariedade sobre QSCT (KELLY; LICONA, 2018). Essa articulação favorece o desenvolvimento, entre os estudantes, de uma concepção mais ampla e realista dos processos de construção e desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico. Esse processo pode contribuir para uma percepção da ciência como prática social (SASSERON, 2018a).

Com a utilização do referido modelo, assume-se a importância da criação de um ambiente investigativo, envolvendo, assim: a problematização, o levantamento de hipóteses, o diálogo, o planejamento coletivo, a investigação, o registro e a interpretação dos resultados, a argumentação, a relação da investigação com o cotidiano, a socialização dos resultados, o

trabalho em grupo, a interação social e a vivência das características de uma cultura científica-tecnológica.

Essa abordagem e características no contexto educativo ajudam a contrapor, pelo menos em partes, a concepção bancária de educação, uma vez que essa favorece uma leitura ingênua da realidade e a formação de um cidadão passivo.

Assim, desenvolveu-se um projeto de extensão, associado ao projeto de pesquisa, denominado: “Escola e universidade em cooperação participativa: formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza fazendo extensão<sup>11</sup>”. O conhecimento foi aplicado em uma relação dialógica, pelo grupo de coparticipantes, por meio da extensão universitária no Instituto João XXIII<sup>12</sup>, localizado no município de Ponta Grossa/Paraná (Brasil). Essa relação consiste em uma participação mais ativa de todos os acadêmicos no processo.

Esse projeto de extensão possibilitou a aproximação entre escola-universidade-comunidade, buscando a concretização do ativismo fundamentado na comunidade, por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica. Na referida mostra, os visitantes interagiram com maquetes, teatro de fantoches, blogues, sites, cartazes e experimentação (p. ex: detector de radiação), os quais foram utilizados como meio para promover discussões e reflexões envolvendo as QSCT.

A aproximação com a comunidade, a partir do projeto de extensão com o Instituto João XXIII, foi fundamental para estimular a participação, discussão e as reflexões sobre as QSCT abordadas. Tal articulação permitiu a troca de experiência e diálogo entre os processos formativos na universidade (projeto de extensão, pesquisa acadêmica/grupos de estudos) e no âmbito da educação básica (escola-comunidade), contribuindo para amenizar esse distanciamento, que foi um problema identificado no surgimento do projeto de extensão.

Em razão do contexto apresentado, visando, assim, à construção de uma ACT ampliada, aproximamo-nos das ideias de alfabetização em Freire (1967) e da necessária passagem para o ativismo fundamentado. Essa ideia de alfabetização compreende:

---

<sup>11</sup> Esse projeto de extensão foi homologado e contemplado pelos editais Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias (PROREC)\_ extensão 01/2018, 01/2019 e 01/2020 da UTFPR.

<sup>12</sup> O Instituto João XXIII é uma instituição sem fins lucrativos, de direito privado, que atende crianças e adolescentes na faixa etária de 6 a 18 anos, em vulnerabilidade socioeconômica. Iniciou suas atividades em 1967, no município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Página no *Facebook* do instituto disponível em: <https://www.facebook.com/institutojoao23/>. Acesso em: 30 abr. 2020.



[...] mais do que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. **É o domínio dessas técnicas, em termos conscientes.** É entender o que se lê e escrever o que se entende. É comunicar-se graficamente. É uma incorporação. [...] não pode ser feita de cima para baixo, como uma doação ou uma imposição, **mas de dentro para fora, pelo próprio analfabeto, apenas com a colaboração do educador.**

[...] em si um ato de criação, capaz de desencadear outros atos criadores. Numa alfabetização em que o homem, porque não fosse seu paciente, seu objeto, **desenvolvesse a impaciência, a vivacidade, característica dos estados de procura, de invenção e reivindicação** (FREIRE, 1967, p. 104, grifo nosso).

Assim, a alfabetização e a conscientização jamais se separam, o que implica dizer que os cidadãos devem ler o mundo de maneira crítica e se conscientizarem sobre a realidade social e sobre suas contradições em uma perspectiva dialética (interação entre teoria-prática, ação-reflexão e saberes populares-conhecimentos científicos). Isso se revela importante para a superação das injustiças sociais e da percepção ingênua e mágica da realidade social e dos discursos e projetos hegemônicos sobre CT. Nesse processo, o professor tem o papel de mediação/orientação e não de transmissor de informação, e a alfabetização vai além de escrever e ler.

Conforme Auler e Delizoicov (2001, p. 130), uma “reinvenção da concepção freiriana deve incluir uma compreensão crítica sobre as interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade [...], dimensão fundamental para essa ‘leitura do mundo’ contemporâneo”. Dessa forma, almeja-se uma ACT ampliada, que consiste na compreensão das inter-relações entre a CTS, dos conhecimentos de CT e da natureza científica-tecnológica e dos fatores que influenciam sua prática (SASSERON; CARVALHO, 2011), bem como uma autêntica participação social na tomada de decisão envolvendo a CT de forma democrática.

Os conteúdos científicos e os tecnológicos possuem um papel transformador quando envolvido na perspectiva da compreensão de temas locais (AULER, 2003). Eles podem ser utilizados como meio para compreensão das controvérsias presentes nas QSCT. Esse processo estimula uma postura e consciência crítica sobre CT e uma leitura crítica da realidade social (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Nesse sentido, uma alfabetização científico-tecnológica ampliada para formação de uma cidadania mais ativa e responsável, pode ser alcançada quando a educação científica e tecnológica for: acessível a todas as pessoas; interessante e excitante; real, relevante e útil;

não sexista (mesmo antissexista) e multicultural/antirracista; pessoalmente relevante e humanizada; e, carregada de valor e cuidadora<sup>13</sup> (HODSON, 1998).

Portanto, com a intenção de sinalizar perspectivas na formação inicial de professores, propõe-se a seguinte questão de pesquisa: **Quais as contribuições do desenvolvimento e inserção de um MABI teórico-prático para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos na formação inicial de professores em Ciências Biológicas?**

Assim, entende-se que esse problema de pesquisa pode se desdobrar na seguinte questão associada:

- Em que medida o curso de formação inicial de professores em Ciências Biológicas, conforme a concepção dos participantes, tem preparado esses profissionais para atuarem no processo de ensino baseado em investigação em sala de aula?

Nesse sentido, a presente tese tem como fio condutor o objetivo geral de pesquisa: analisar as contribuições do desenvolvimento e inserção de um MABI teórico-prático para a promoção de uma ACT ampliada e de um ativismo fundamentado<sup>14</sup> dos acadêmicos na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, de uma universidade federal da Região Sul do Brasil.

Como pressuposto, considerou-se que, com a inserção do referido modelo na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, essa formação resulta em contribuições para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado em discussões de QSCT que afetam a sociedade.

Para o desenvolvimento do trabalho e para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

i) Identificar as concepções iniciais dos acadêmicos sobre às abordagens de EBI, QSC, CTS, ASC e em relação a ACT;

---

<sup>13</sup> Muitas vezes, é provável que a educação científica seja “elitista e restritiva; chata; abstrata, acadêmica e distante da vida real; sexista; racista; impessoal e desumanizada; separada, objetiva e apresentada como neutra em termos de valor” (HODSON, 1998, p. 6, tradução nossa). Aqui, busca-se contribuir, pelo menos em parte, para contrapor esse processo.

<sup>14</sup> É importante destacar que a ACT ampliada (conscientização) e o ativismo fundamentado não são processos isolados e distantes entre si. Eles são dialógicos, isso é, encontram-se inter-relacionados e se reinventando a todo momento no processo pedagógico nessa perspectiva. Entende-se que os dois processos são amplos e que um não pode existir sem o outro. Por exemplo, uma pessoa não pode ser considerada alfabetizada científica e tecnologicamente (quando esse processo envolve a dimensão social, cultural, política, econômica, ambiental, produtiva, ética, dentre outras), se não participar e agir, visando contribuir para o desvelamento e superação das situações de injustiças sociais e obstáculos envolvendo CT vivenciados pelas pessoas no cotidiano.

ii) Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica, estimulando uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;

iii) Desenvolver um projeto de extensão, articulando a universidade-escola-comunidade a partir de uma mostra científica-tecnológica dialógica como iniciativa de educação, buscando as relações de ativismo fundamentado com a comunidade local;

iv) Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático;

v) Construir um aplicativo como produto educacional, a partir do feedback dos acadêmicos e das ações realizadas na formação inicial de professores nas Ciências Biológicas, a fim de possibilitar sua utilização por outros professores formadores.

Nesse contexto, esta pesquisa se justifica em razão de que se faz urgente pensar numa formação inicial de professores por investigação que dê condições ao futuro professor de ciências desenvolver suas práticas educativas (investigativas, democráticas e interdisciplinares) e uma postura didático-pedagógica e epistemológica voltada para a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado.

A ACT tem se configurado cada vez mais como um dos principais objetivos almejados no Ensino de Ciências (HODSON, 1998; 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003; SASSERON; CARVALHO, 2011; CHASSOT, 2017; BRASIL, 2018; ARAGÃO, 2019). Conforme Dutra, Oliveira e Del Pino (2017), a formação de professores nas ciências direcionada para a ACT e para a pesquisa se faz imprescindível. Os professores pesquisadores de suas práticas educativas são capazes de ultrapassar os limites estabelecidos pela concepção da escola tradicional focada, unicamente, na transmissão de conteúdo.

Hodson (1998) aponta que a realização de iniciativas de ativismo sociocientífico de forma coletiva (ação comunitária), com suporte em investigação, é compreendida como uma dimensão elementar da ACT. Para Reis (2013), as iniciativas de ativismo dos estudantes desenvolvem um sentimento de poder de intervenção, participação e ação na evolução da sociedade, rompendo com o sentimento de impotência e frustração em relação às propostas de desenvolvimento da CT, às quais eles são confrontados a todo momento.

Assim, a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado na formação inicial de professores permite a formação de profissionais mais reflexivos, problematizadores e críticos de suas próprias práticas educativas, de modo que eles possam contribuir para

colocar em prática, pelo menos em partes, as ações previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC)<sup>15</sup> (BRASIL, 2018).

O texto da BNCC assume o compromisso de desenvolver o letramento científico<sup>16</sup> dos estudantes com o propósito de capacitá-los para compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico) e transformá-lo com base nos conhecimentos e processos da ciência, visando à formação integral, à construção do projeto de vida e ao pleno exercício da cidadania (BRASIL, 2018).

De acordo com Brasil (2018), cabe à escola proporcionar experiências, vivências e processos, que garantam aos estudantes, aprendizagens essenciais para uma leitura da realidade, bem como para a tomada de decisão e o enfrentamento de situações problema nos contextos sociais, ambientais, políticos e econômicos, formando estudantes como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis socialmente.

Destaca-se ainda que o texto da BNCC, nas áreas de Ciências da Natureza (ensino fundamental) e de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (ensino médio) traz o EBI como um elemento central na formação do estudante da Educação Básica. Para isso, aponta que essas áreas devem possibilitar uma “aproximação gradativa aos principais **processos, práticas e procedimentos da investigação científica**” (BRASIL, 2018, p. 321, grifo no original).

Assim, as contribuições desta pesquisa apontam para a necessidade de capacitar futuros professores de ciências por investigação para uma promoção de ACT ampliada e para o ativismo fundamentado por meio do MABI teórico-prático, estimulando a formação de profissionais problematizadores, comprometidos, solidários, investigativos, engajados, com autonomia intelectual, maior consciência crítica, responsabilidade social e crítico-reflexiva de suas práticas educativas.

É importante ressaltar, portanto, a defesa desse processo para formação de cidadãos participativos e democráticos, que combatam ações discriminatórias (relacionadas ao sexismo, ao racismo e à homofobia) e que sejam conscientes do seu papel para a transformação da

---

<sup>15</sup> A BNCC é um documento normativo que define um conjunto progressivo de aprendizagens essenciais (conhecimentos, habilidades, atitudes e valores) que os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica (BRASIL, 2018).

<sup>16</sup> O texto da BNCC utiliza o termo letramento científico. Sasseron e Carvalho (2011) discutem essa polissemia, apontando que mesmo com nomes diferentes (alfabetização, letramento ou enculturação), os objetivos são os mesmos, isso é, de promover capacidades e competências entre estudantes, permitindo, assim, uma maior participação na tomada de decisão mais fundamentada no cotidiano. Com base nesse estudo, opta-se em utilizar o termo AC neste trabalho.

sociedade de maneira humana, inclusiva, sustentável e com justiça social (HODSON, 1998; 2003).

Como produto educacional associado à tese, a partir das reflexões do processo de formação, na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, foi possível desenvolver um aplicativo (aplicativo *inquiry*<sup>17</sup>), que pode ser utilizado na formação inicial e continuada de professores na área de Ciências da Natureza. O referido aplicativo foi desenvolvido para smartphones com sistema operacional *Android* e pode ser baixado na plataforma *Google Play Store*.

Nesse sentido, as atividades desenvolvidas resultaram na presente pesquisa, distribuída em seis capítulos. Na **introdução**, apresenta-se a trajetória acadêmica e profissional do autor, a contextualização da questão de pesquisa, objetivos, hipótese, justificativa e estrutura do estudo.

O **capítulo 2** aborda os objetivos e as diferentes visões da AC/ACT, apresentando o olhar de alguns pesquisadores e as propostas curriculares sobre AC. Essa apresentação é importante devido à polissemia desse termo na literatura. Com esse olhar na literatura, verifica-se que uma maior atenção tem sido dada a dimensão científica e pouca atenção (ou quase nenhuma) é direcionada à dimensão tecnológica nas discussões sobre alfabetização científica, bem como a necessidade de avançar para uma dimensão mais ativista e fundamentada.

O **capítulo 3** apresenta as três abordagens que fundamentam a promoção de ACT ampliada e do ativismo fundamentado, com utilização do MABI teórico-prático neste trabalho. Esse modelo foi estruturado por meio das abordagens EBI, CTS e ASC em uma espiral de autorreflexão.

Na abordagem de EBI, discute-se o Ensino de Ciências baseado em investigação e alguns elementos centrais nessa abordagem (a orientação/mediação do professor, a elaboração de um problema para investigação e o grau de autonomia/liberdade intelectual e ação dado aos estudantes).

Na abordagem CTS, apresenta-se um breve panorama do surgimento desse movimento, pela necessidade de um novo olhar crítico-reflexivo do desenvolvimento da CT, do ativismo CTS, da abordagem CTS no Ensino de Ciências e dos objetivos da educação

---

<sup>17</sup> Entende-se o aplicativo *inquiry* (ou investigAÇÃO) como um processo de investigação na ação.

CTS. Na sequência, discutem-se as questões sociocientíficas-tecnológicas e o ativismo sociocientífico.

Entende-se que as características das QSCT e do ativismo fazem parte da abordagem CTS. Todavia, aponta-se que na abordagem das questões sociocientíficas, muitas vezes, não se discute a dimensão tecnológica e que nem todas as práticas educativas CTS alcançam a ação social (ativismo fundamentado).

Nas QSCT, discute-se o papel dessas questões para o desenvolvimento de uma ACT, as preocupações éticas-morais, o raciocínio informal, o conceito, as potencialidades das discussões e os fatores necessários para abordagem de QSCT no Ensino de Ciências e na escola. Aborda-se, no ASC, um breve panorama da origem da expressão ativismo, o conceito de ASC fundamentado, alguns exemplos de propostas de ações fundamentadas que favorecem a discussão das QSCT, a abordagem ASC no Ensino de Ciências e seus objetivos.

Nesse capítulo, discute-se ainda as necessidades formativas de professores de Ciências e a importância de avançarmos para um modelo de racionalidade crítica nesse processo de formação inicial. Por fim, sugere-se a ação cultural para a liberdade e o ensino por investigação como um caminho para uma ACT ampliada (conscientização) e a necessária passagem para o ativismo fundamentado.

O **capítulo 4** expõe os pressupostos teóricos e metodológicos que embasaram a realização desta pesquisa. O universo da pesquisa nos permite apresentar as condições em que os dados foram coletados/construídos. A seção aborda os aspectos da eticidade da pesquisa e os instrumentos utilizados para o levantamento dos dados e explana sobre o desenvolvimento do estudo. Além disso, apresenta a descrição do produto educacional (aplicativo *inquiry*) associado a esta tese. A última seção do capítulo é dedicada à apresentação da metodologia de análise dos dados.

O **capítulo 5** apresenta os resultados e as discussões dos dados da pesquisa, apontando as principais contribuições para a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos na formação inicial de professores pela inserção do MABI teórico-prático.

As considerações finais da pesquisa encontram-se **no capítulo 6**. Nele, há reflexões das análises dos dados, buscando, assim, retomar a questão de pesquisa e do objetivo. Também, discutem-se as implicações e os limites do estudo.

## 2 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA: DIFERENTES VISÕES

Neste capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica que forneceu alicerce para discussão e reflexão dessa temática. Inicia-se expondo as visões sobre AC/ACT de alguns autores, devido à polissemia desse termo na literatura da área de Ensino de Ciências. Por fim, aborda-se a AC em algumas propostas curriculares.

### 2.1 AC/ACT nas visões de alguns pesquisadores

A AC/ACT tem se configurado, cada vez mais, como uma dimensão elementar para a vida das pessoas em sociedade. Conforme Vázquez-Alonso (2010), o desenvolvimento científico-tecnológico do século XX criou novas necessidades culturais para os cidadãos do século XXI, que vivem cercados de CT, sendo uma delas a ACT.

O termo alfabetização científica/alfabetização científica-tecnológica não é novo<sup>18</sup>, sendo utilizado em propostas curriculares de muitos países (NRC, 1996; AAAS, 2001; BRASIL, 2018) e por diversos pesquisadores (HURD, 1958; SHEN, 1975; BYBEE, 1997; HODSON, 1998; KEMP, 2000; AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003; ACEVEDO-DÍAZ; VÁZQUEZ-ALONSO; MAS, 2003; ROBERTS, 2007; SASSERON; CARVALHO, 2011; CHASSOT, 2017; ARAGÃO; MARCONDES, 2018; ARAGÃO, 2019) para abranger os objetivos almejados na Educação/Ensino de Ciências. Esse termo se tornou abrangente e passou por mudança em seu significado ao longo dos anos (DEBOER, 2000).

Conforme Hodson (1998; 2003), mesmo que a AC/ACT pareça ser quase universalmente aceita como um objetivo desejável na educação científica, ainda apresenta controvérsias sobre sua definição, suas características e seus objetivos, entre pesquisadores e professores. Para esse autor, há pouco acordo sobre o que a AC/ACT significa em termos de construção de currículos de ciências.

---

<sup>18</sup> Os debates sobre educação científica, muitas vezes, foram refletidos em diversos slogans como: *Being a Scientist for a Day* (Ser um cientista por um dia), *Learning by Doing* (Aprender fazendo), *Science for All* (Ciência para todos), dentre outros. Entretanto, foi a partir dos anos de 1990 que o debate se intensificou e se concentrou em outro slogan: a alfabetização científica e como alcançá-la (HODSON, 2003). Para Vázquez-Alonso (2010), a ACT surgiu com o objetivo de melhorar a qualidade da educação para todas as pessoas e para atender a uma demanda da sociedade de compreensão pública sobre CT.

Para Auler e Delizoicov (2001, p. 123), a ACT abarca um amplo espectro para seu significado, apresentadas por meio de expressões, como: “popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência”. Para esses autores, os objetivos que orientam a ACT são diversos e difusos, isso é, vão de perspectivas reducionistas (tecnocráticas) a perspectivas ampliadas (democráticas).

Em trabalho de revisão bibliográfica na literatura internacional sobre AC, Sasseron e Carvalho (2011) apontam uma variação na utilização desse termo, ou seja, em: publicações de língua espanhola aparece a expressão “*Alfabetización Científica*”; em língua inglesa “*Scientific Literacy*”; e, em publicações francesas, “*Alphabétisation Scientifique*” e “*La Culture Scientifique*”. Já, em Portugal, encontra-se a utilização do termo *Literacia Científica* (CARVALHO, 2009).

Para os supracitados autores (2011), todos os termos designam o mesmo objetivo no Ensino de Ciências, que é de promover capacidades e competências entre estudantes, permitindo-lhes maior participação na tomada de decisão no cotidiano. Esse ensino preocupa-se com a formação cidadã dos estudantes para ação e atuação em sociedade.

No panorama internacional, as discussões sobre AC tiveram início a partir das décadas de 1940-1950. Bybee (2010), na obra intitulada “*The Teaching of Science: 21<sup>st</sup> Century Perspectives*”, aponta que a utilização desse termo, provavelmente, começou com o professor de Química e presidente da Universidade de Harvard (Estados Unidos da América - EUA), James B. Conant, na década de 1940.

A AC foi direcionada para o contexto dos educadores em um artigo publicado em outubro do ano de 1958, com o título: “*Science Literacy: Its Meaning for American Schools*”, de autoria de Paul DeHart Hurd. O professor Hurd (1958) introduziu o conceito de AC como tema central para o Ensino de Ciências. Para ele, a ciência deveria ter um lugar significativo no currículo moderno do primeiro ao décimo segundo ano, nos EUA.

Em uma das primeiras tentativas com base empírica de esclarecer o significado de AC, Pella, O’Hearn e Gale (1966) analisaram 100 trabalhos publicados na literatura, sugerindo que uma pessoa alfabetizada cientificamente deveria compreender:

- i) os conceitos básicos da ciência;
- ii) a Natureza da Ciência (NdaC);
- iii) a ética que controla o cientista em seu trabalho;
- iv) as inter-relações da ciência e da sociedade;
- v) as inter-relações da ciência e das humanidades;



vi) as diferenças entre ciência e tecnologia.

Na época, os autores apontaram, baseados no número de frequências com que essas características apareciam na literatura investigada, que a NdaC, a ética que controlava os cientistas e as inter-relações entre a ciência e a sociedade eram as mais importantes em relação as outras três características apontadas (PELLA; O'HEARN; GALE, 1966).

Para Shen (1975), a ciência influencia a vida das pessoas em sociedade, sendo de interesse de todas as pessoas, cientistas ou não, a busca de uma compreensão da ciência e suas aplicações, visando à utilização de seus benefícios e evitando suas armadilhas. Esse autor defende a popularização da ciência para as pessoas mais leigas, dizendo que os meios de comunicação e as escolas teriam um papel elementar nesse processo.

Nesse sentido, Shen (1975) distinguiu três formas de AC: a prática, a cívica e a cultural, que diferem entre si no conteúdo, público-alvo, formato e nos meios de divulgação e objetivos. Na AC, de forma prática, as pessoas possuem conhecimentos científicos e técnicos e poderiam utilizá-los em seu cotidiano para melhorar suas vidas, isso é, resolver problemas práticos, por exemplo, escolhendo, assim alimentos mais saudáveis para sua nutrição. Embora Shen argumentasse que a AC prática deveria ser a mais urgente em países em desenvolvimento, ela era a mais negligenciada.

Por outro lado, uma pessoa alfabetizada cientificamente, de forma cívica, possui a tendência de participar de maneira mais ativa na tomada de decisões relacionadas à ciência, em processos democráticos de uma sociedade demasiadamente tecnológica, pois esse processo envolve uma dimensão política da CT.

Já a AC cultural não envolve a resolução de problemas práticos, mas é motivada pelo desejo de conhecimento sobre a ciência como conquista humana e como parte da cultura de maneira geral (SHEN, 1975).

No final do século XX, Bybee (1997) propõe a ideia dos graus de alfabetização científica-tecnológica: nominal, funcional, conceitual/procedimental e multidimensional. Na ACT nominal, os estudantes reconhecem os conceitos ligados à ciência, porém, o grau de entendimento aponta para concepções distorcidas e equivocadas.

Por sua vez, os estudantes alfabetizados científica e tecnologicamente no grau funcional descrevem conceitos de maneira correta, todavia, esse entendimento é limitado, uma vez que não foram construídos, mas sim, memorizados. Nesse grau de alfabetização, na maioria das vezes, os estudantes não se interessam por ciência e o ensino não foi baseado em investigação.

Na ACT conceitual/procedimental, os estudantes desenvolvem o entendimento dos principais conceitos de ciência, os processos e práticas de investigação científica, como, por exemplo: elaboração de questões problemas de pesquisa; desenvolvimento de procedimentos de investigação, instrumentos e técnicas adequadas; desenvolvimento de explicações, por meio de evidências; e, o raciocínio lógico e crítico.

Já na ACT multidimensional, os discentes possuem uma visão de CT mais ampliada, isso é, para além da dimensão conceitual e procedimental da ciência, envolvendo as dimensões histórica e filosófica e o papel social da CT. Os estudantes devem desenvolver um entendimento de CT como parte de sua cultura.

Ainda no que se refere as diferentes visões de AC/ACT, compartilham-se as reflexões de Hodson (1998), que apresentam preocupação com o analfabetismo científico, por ser um problema muito sério para a sociedade, pois afeta, principalmente, as pessoas menos favorecidas e vulneráveis socialmente. Assim, propôs, como meta global da educação científica, a ideia de uma Alfabetização Científica Crítica Universal (ACCU) muito mais politizada, baseada em questões/controvérsias sociocientíficas.

A ACCU apresentava como objetivo central “equipar os alunos com a capacidade e o compromisso de tomarem medidas apropriadas, responsáveis e efetivas em questões de ordem social, econômica, ambiental e ético-moral” (HODSON, 1998, p. 4, tradução nossa).

Para esse autor, em um ambiente social cada vez mais multiétnico e plural, há problemas em alcançar um objetivo complexo e abrangente como a ACCU, pois esse não pode ser alcançado por meio tradicionais de currículos e metodologias, focados apenas na transmissão de conteúdo, o que faz com que o estudante não enxergue a relação do conteúdo abordado em sala de aula com sua vida em sociedade.

Nesse processo, a abordagem das relações CTS pode contribuir para alcançar os objetivos de uma educação científica-tecnológica mais crítica. No entanto, o currículo e as práticas educativas CTS devem incluir a preparação e a ação social (ativismo fundamentado), visando a educação transformadora, caso contrário, esse processo será incompleto.

Hodson (1998, p. 4, tradução nossa) aponta que se o conhecimento científico e a sua compreensão fossem usados para informar a ação, isso deveria ser realizado nos contextos de uso, como a “realização de investigações científicas, tanto dentro como fora dos laboratórios” e o “envolvimento em ações sociais e ambientais” na realidade social concreta.

Nesse sentido, com o aumento do acesso e dos níveis de participação dos cidadãos, isso também implica olhar mais as barreiras e os obstáculos específicos enfrentados pelas

peessoas, muitos deles relacionados com à etnia, ao gênero, à religião e à classe social. Para Hodson (1998, p. 5, tradução nossa),

[...] isso significa abordar os preconceitos inerentes à ciência e à educação científica, criando uma imagem mais autêntica, culturalmente sensível e inclusiva da ciência, dos cientistas e da prática científica, mostrando a ciência sendo desenvolvida por diversas pessoas em diversas situações e estabelecendo e mantendo um ambiente de ciência escolar em que todos os alunos sintam uma sensação de conforto e pertencimento. Atualmente, muitos alunos em aulas estão entediados por conteúdo que consideram irrelevante para suas necessidades, interesses e aspirações. Eles não estão envolvidos com os tipos de métodos de ensino/aprendizagem que empregamos e eles acham o clima social e emocional da sala de aula da ciência pouco convidativo, ou mesmo alienante. Alguns dos que se dedicam a uma aprendizagem científica eficaz o fazem com um custo social e emocional considerável, resultando por vezes em descontentamento, exclusão ou ostracismo<sup>19</sup> por parte de seus pares e da família.

No entendimento de Hodson (1998), o Ensino de Ciências deveria problematizar os obstáculos e limites enfrentados pela população no dia a dia. Esse processo seria realizado pela abordagem dos preconceitos inerentes à CT, mostrando, assim, para os estudantes uma imagem mais sensível dos cientistas e do processo científico, bem como apontando que a ciência é realizada por homens e mulheres em diversos contextos sociais, políticos, culturais, produtivos, econômicos e ambientais. No espaço escolar, no Ensino de Ciências, os estudantes devem se sentir inclusos, ou seja, pertencentes a esse processo, relacionando a CT a sua realidade social.

O autor considera a alfabetização científica crítica universal em termos de três dimensões:

- Aprender ciência - adquirir e desenvolver conceitos e conhecimento teóricos.
- Aprender sobre ciência - desenvolver uma compreensão da natureza e métodos da ciência, uma apreciação de sua história e desenvolvimento, e uma consciência das complexas interações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.
- Fazer ciência - engajar-se e desenvolver expertise em pesquisa científica e resolução de problemas (HODSON, 1998, p. 5, tradução e grifo nossos).

---

<sup>19</sup> Conforme o dicionário da língua portuguesa Priberam ostracismo significa “afastamento imposto ou voluntário de alguém das suas funções ou de um grupo”. OSTRACISMO In Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha], 2008-2020. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/ostracismo>. Acesso em: 30 mar. 2020.

Assim, para Hodson (1998), a ACCU só pode ser alcançada pela personalização da aprendizagem, ou seja, no processo de ensino e de aprendizagem o professor, como mediador do conhecimento, deve assegurar que:

a) a aprendizagem leve em consideração as concepções, experiências, vivências, saberes populares e valores dos sujeitos;

b) a ciência e a tecnologia sejam apresentadas de maneira mais direcionada para as pessoas e que a educação científica e tecnológica seja mais politizada e imbuída de valores humanos e ambientais mais sólidos; e,

c) cada estudante deve ter a oportunidade de conduzir investigações científicas e de participar de tarefas tecnológicas de resolução de problemas de sua própria escolha.

Em uma extensa análise de trabalhos na literatura nos EUA, entre os períodos de 1952 a 1993, Kemp (2000) apresenta diferentes elementos que podem fornecer subsídios para construção de uma AC, como apresentado no Quadro 1:

**Quadro 1 - Elementos para construção de uma AC**

<b>Elementos para AC</b>	<b>Descrição</b>
Independência Intelectual	Engloba, habilidades, como: descobrir informações; de tomada de decisão pessoal sobre questões envolvendo ciência, bem como, de avaliar conselhos de especialistas e o desenvolvimento da capacidade de continuar aprendendo ciências, quando da conclusão da educação formal.
Comunicação em ciências	Refere-se às habilidades e conhecimentos necessários para interpretar as comunicações científicas, por meio das mídias escritas, áudio e visual, visando codificar essas comunicações pela escrita, fala e desenho com não cientistas ou especialistas em ciências.
Ciência e sociedade	Englobam os entendimentos das inter-relações ciência e sociedade, educação cívica (democracia), cultura, segurança nacional e economia, bem como a necessidade de entender como a ciência é controlada e influenciada pela sociedade.
Conhecimento conceitual	Concerne ao conhecimento sobre diversas disciplinas científicas. Conhecimentos conceituais de maneira abrangente, ou seja, envolvem um espectro de disciplinas científicas, não restrita a uma e/ou duas.
Ciência e tecnologia	Referem-se às inter-relações entre CT.
Ciência e cotidiano	Estão relacionados aos encontros normais com a ciência e seus produtos (tecnologia), incluindo aqueles que ajudam alguém a ser, economicamente, produtivo. Também inclui declarações, tais como o entendimento do mundo moderno cada vez mais tecnológico.
Apreciação da ciência	Implica diversas coisas, incluindo o apoio à ciência básica e aplicada, a apreciação da ciência, como um meio de conhecimento e uma conquista humana significativa e o estímulo intelectual derivados do uso da ciência para responder as próprias perguntas.
Ética da ciência	Engloba, conhecer e aplicar, se necessário, os valores da ciência, como a objetividade e a lógica, assim como as responsabilidades morais e cívicas da ciência e dos cientistas.
Natureza da ciência	Inclui a compreensão de conhecimentos sobre levantamento e teste de hipóteses (com as variáveis), a dependência de evidências para tomar decisões, o caráter provisório das descobertas científicas e a natureza autocorretiva do empreendimento científico.
História da ciência	Significa ter alguma familiaridade com as realizações da ciência e cientistas, porém, não significa ter um conhecimento profundo ou detalhado da história da ciência.
Ciência nas humanidades	Refere-se às relações da ciência com outras disciplinas do currículo e às influências que a ciência e outras disciplinas podem ter efetuado uma sobre a outra.
Aptidões	Significa ser capaz de fazer ciência, em vez de apenas reconhecer ou ter conhecimento. Embora, às vezes, tenha sido implícita, especialmente no que diz respeito à capacidade de

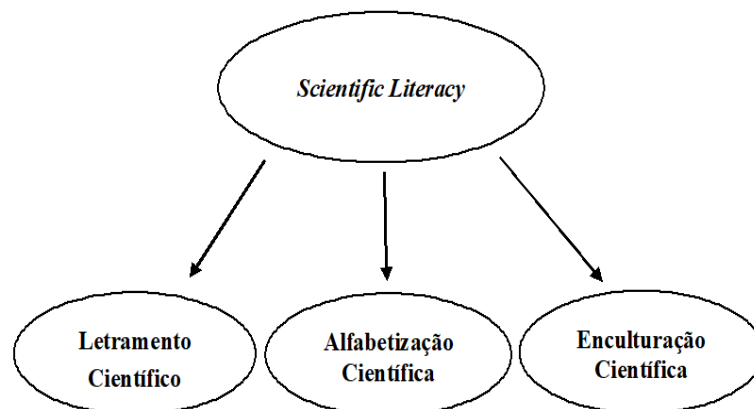
científicas	pensar como um cientista, aqui fica explícita pela primeira vez.
Ciência e matemática	No documento <i>Science for All Americans</i> , em português “Ciência para todos os americanos”, tornou explícita a necessidade de conexão entre ciência e matemática, ao passo que foi meramente assumida em conceitos anteriores de AC.

Fonte: Adaptado de Kemp (2000, p. 34-46, tradução nossa)

Roberts (2007) destaca que na literatura da área de Ciências da Natureza podem ser encontradas defesas de duas visões e/ou perspectivas sobre a definição de AC e suas mudanças ao longo dos tempos, representando as extremidades de um *continuum*. Na primeira perspectiva, a ênfase é dada apenas à compreensão dos conceitos de CT, como, por exemplo, os produtos e processos da ciência. A segunda perspectiva refere-se ao aprendizado da ciência em contextos e situações externas, isso é, com ênfase no aspecto social da CT, envolvendo as controvérsias sobre as questões sociocientíficas presentes na sociedade para o desenvolvimento da cidadania e não somente da natureza científica e tecnológica.

Por outro lado, no Brasil, o início dos debates foi marcado pelas dificuldades e divergências em traduzir o termo *Scientific Literacy*, do idioma inglês para o idioma português, devido a sua pluralidade de significados, uma vez que sua definição engloba conteúdos, procedimentos e atitudes (ARAGÃO; MARCONDES, 2018). Assim, na literatura brasileira, na área de Ensino de Ciências, encontram-se, basicamente três traduções<sup>20</sup> para o termo *Scientific Literacy* (Figura 1).

Figura 1 - As diferentes traduções utilizadas no Brasil para o termo *Scientific Literacy*



Fonte: Aragão (2014, p. 4)

<sup>20</sup> Não é objetivo deste trabalho o aprofundamento das discussões sobre as possibilidades de traduções do termo *Scientific Literacy* e seus significados na literatura brasileira na área de Educação/Ensino de Ciências (Cf. SASSERON; CARVALHO, 2011). Também, não é foco deste a discussão do significado de alfabetização na área de Linguística. Nesta pesquisa, para atender o objetivo, utilizou-se o termo Alfabetização Científico-Tecnológica, na compreensão de alfabetização em Paulo Freire (1967).

Dessa forma, pesquisadores e professores utilizam um termo ou outro, todavia, apresentam as mesmas preocupações, no sentido de balizar o planejamento no Ensino de Ciências para formação cidadã dos estudantes e a construção de benefícios práticos para população e meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Conforme Auler e Delizoicov (2001), a ACT pode ser compreendida pela perspectiva reducionista e/ou ampliada. Na perspectiva reducionista, não se considera a problematização dos mitos<sup>21</sup> ligados às concepções da suposta neutralidade da CT. Nessa perspectiva, a ACT é reduzida ao ensino de conceitos científicos sem conexão crítica com o contexto social, contribuindo, assim, para uma leitura mágica e ingênua da realidade, sem considerar as implicações da CT na sociedade. Além disso, a ciência e a tecnologia são compreendidas como atividades neutras e como verdades absolutas.

Segundo esses autores, a perspectiva ampliada (mais democrática) leva em consideração a necessidade de compreensão das inter-relações CTS e o ensino de conceitos científicos ligados ao desvelamento das concepções relacionadas à suposta neutralidade científico-tecnológica. Auler e Delizoicov (2001) acreditam ainda que a aproximação com os pressupostos freirianos de educação pode contribuir para superação dos mitos sobre CT e que no processo de formação de professores, a educação problematizadora e dialógica possibilitam a estruturação do trabalho pedagógico, oportunizando, as discussões das visões dos acadêmicos sobre as inter-relações CTS.

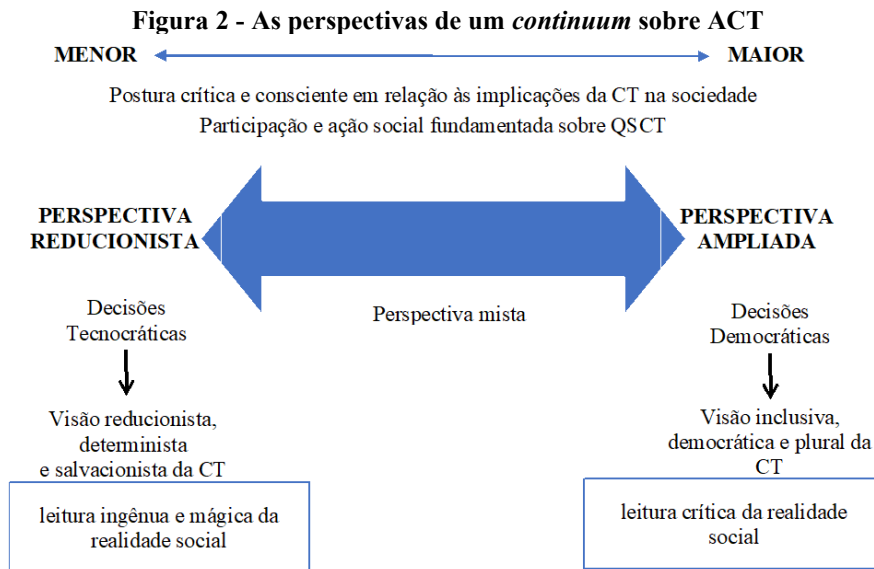
Ainda de acordo com os autores supracitados, a problematização e a desmitificação dos referidos mitos construídos, ao longo da história, são elementares para uma leitura crítica do mundo e de suas contradições, visando à superação de uma percepção ingênua e mágica da realidade social, o que exige o desvelamento dos discursos ideológicos e projetos hegemônicos sobre CT (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Nesse contexto, baseado em Auler e Delizoicov (2001) e Roberts (2007), observa-se que a educação científica e tecnológica, ao longo dos tempos, vem compreendendo a

---

<sup>21</sup> Os mitos ligados às concepções da suposta neutralidade da CT são construções históricas sobre a atividade científico-tecnológica. Os mitos consistem em: i) Modelo de decisões tecnocráticas - não incluem as pessoas comuns (não especialistas) no processo de tomada de decisão científico-tecnológica, pois acreditam que a participação pública é um elemento de incerteza. Nesse modelo, os especialistas/técnicos poderiam solucionar problemas sociais de maneira neutra, sem ideologias e interesses; ii) Perspectiva salvacionista da CT - os problemas hoje existentes e os futuros seriam automaticamente resolvidos pelo desenvolvimento da CT; e, iii) Determinismo científico-tecnológico - considera as mudanças tecnológicas como a causa das transformações sociais, em que a tecnologia define os limites do que a população pode fazer. Nesse processo há um superdimensionamento da tecnocracia em relação à democracia (Cf. AULER; DELIZOICOV, 2001; 2006; AULER, 2002; 2003).

AC/ACT em um *continuum* com objetivos que vão de perspectivas tecnocráticas às mais democráticas (Figura 2).



**Fonte: Autoria própria (2022)**

A leitura da Figura 2 revela que, na perspectiva reducionistas, a ACT se reduz ao ensino de conceitos científicos, sem a problematização crítica da suposta neutralidade da CT e das inter-relações CTS. Nesse processo, não há participação das pessoas comuns (não especialistas) na tomada de decisão sobre CT, permitindo, assim, que o poder de decisão se concentre nas mãos da classe dominante, ou seja, as decisões geralmente são tomadas por especialistas e técnicos que atendem, muitas vezes, apenas aos interesses políticos e econômicos de grupos hegemônicos específicos.

Essa perspectiva não estimula uma postura e consciência críticas, reduzindo a possibilidade de participação e ação social na tomada de decisão sobre QSCT, além de reforçar o modelo de decisão tecnocrático e uma imagem não realista da atividade científica-tecnológica.

Já a ACT na perspectiva ampliada utiliza os conteúdos científicos e tecnológicos como meio para compreensão de temas (AULER; DELIZOICOV, 2001) e QSCT, socialmente, relevantes. Se os conteúdos forem desenvolvidos na perspectiva da compreensão de problemas locais, eles possuem papel transformador (AULER, 2003). Nessa proposta, há

possibilidade<sup>22</sup> de as pessoas comuns participarem mais do processo de tomada de decisão de maneira inclusiva, democrática e plural, pela negociação com os especialistas para resolução de problemas reais da sociedade.

Tal perspectiva estimula uma postura e consciência críticas sobre CT, a participação e ação social na tomada de decisão sobre QSCT, bem como reforça o modelo de decisão com espírito democrático e uma leitura crítica da realidade social.

Assim, uma AC/ACT na perspectiva ampliada (percepção mais social e democrática) pode ser estimulada a partir das reflexões do trabalho de Sasseron e Carvalho (2011), no qual apresentam três eixos estruturantes, que fornecem alicerces para elaboração, planejamento e propostas de aulas, sendo eles:

- **1º Eixo:** compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais - corresponde à possibilidade de construção do conhecimento científico necessário para os estudantes aplicarem em situações novas, variadas e de maneira apropriada em seu cotidiano. Esse conhecimento é importante devido à necessidade exigida pela sociedade da compreensão de conceitos-chave, que podem ajudar as pessoas a entenderem informações e situações do cotidiano.

- **2º Eixo:** compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática - compreensão da ciência como corpo de conhecimento transitório, isso é, em constante transformação. Conforme as autoras, esse eixo fornece alicerce para discussão das questões éticas, políticas e sociais inerentes às investigações científicas. Além do mais, deve trazer contribuições para o comportamento de professores e estudantes em relação a novas informações e situações que exigem reflexão e análise, os quais devem levar em consideração os diferentes contextos, quando do processo de tomada de decisão.

- **3º Eixo:** entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente - corresponde à compreensão das inter-relações entre CTS. Esse eixo mostra a necessidade de problematização das implicações sociais do desenvolvimento da CT. Na

---

<sup>22</sup> Mesmo com a previsão de uma maior participação na tomada de decisão, essa é limitada ou não ocorre de maneira efetiva na realidade por falta de mecanismos que possibilitem esse envolvimento da população. Assim, entende-se a necessidade de reivindicação de políticas públicas para criação de mecanismos que favoreçam uma maior participação social, buscando, assim, uma reestruturação nas relações de poder/força no processo decisório sobre o desenvolvimento da CT, visando a democratização, principalmente em relação a produtos/serviços de interesses coletivos, como, por exemplo, as dimensões envolvendo a saúde, a renda e a alimentação. Nesse processo, a escola e a universidade são elementares na problematização de um novo modelo de sociedade mais justa, solidária, democrática e inclusiva.



escola, essas reflexões podem contribuir para a construção de um mundo melhor e sustentável.

Para Chassot (2017), a alfabetização científica consiste em um conjunto de conhecimentos que facilitaria as pessoas fazerem uma leitura crítica de mundo, pois ele defende que a ciência é uma linguagem construída pelo ser humano para explicar o mundo natural. Conforme esse autor, a responsabilidade maior dos professores no Ensino de Ciências, seria estimular a transformação dos estudantes, por meio do ensino, em pessoas mais críticas, visando, assim, à transformação, para melhor, do mundo em que vivemos.

Aragão (2014) e Aragão e Marcondes (2018) estabeleceram três fundamentos que podem auxiliar o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes no Ensino de Ciências, quais sejam: abordagens CTS, experimentação investigativa e a história e filosofia da ciência. Segundo essas autoras, uma pessoa alfabetizada cientificamente é capaz de:

- Usar uma linguagem científica: ler, escrever e sistematizar o conhecimento científico;
- Compreender os principais conceitos, princípios e teorias científicas;
- Aplicar o reconhecimento científico em contextos históricos, sociais e ambientais;
- Compreender a natureza da ciência: padrões, pesquisa, método científico e natureza da ciência;
- Entender como ciência e tecnologia trabalham juntas; e,
- Compreender o impacto da ciência e da tecnologia na sociedade.

Assim, os trabalhos de Sasseron e Carvalho (2011), Chassot (2017) e Aragão e Marcondes (2018) apresentam contribuições para a compreensão dos conhecimentos e elementos necessários para o favorecimento da construção de uma alfabetização científica [e tecnológica] dos estudantes, os quais podem ser utilizados, por exemplo, para preparação de aulas no Ensino de Ciências.

No entanto, aponta-se a necessidade de inclusão, nesse processo, de maneira explícita, da dimensão tecnológica (conteúdos, processos, produtos, sistemas e natureza) e da capacitação dos estudantes (em específico, os futuros professores) para o ativismo fundamentado na realidade educacional e comunitária, a partir de QSCT.

As implicações do desenvolvimento tecnológico e de suas relações sistêmicas deveriam ser problematizadas com a mesma atenção que a dimensão científica. Esse processo

permitiria a análise mais consciente e crítica das injustiças sociais e dos obstáculos, visando ao desvelamento e à superação pelos cidadãos dos discursos, projetos e processos hegemônicos, envolvendo QSCT socialmente relevantes.

Com esse olhar na literatura da área de Ensino de Ciências, aponta-se a necessidade de extrapolar uma ACT (conscientização) e alcançar, em uma relação dialógica, o ativismo fundamentado. Dessa forma, deve-se ir além dos conceitos científicos e tecnológicos e da avaliação dos impactos sociais dos produtos da CT (SANTOS; AULER, 2019), isso é, há necessidade de se agir, ter voz e participar de maneira democrática e plural da tomada de decisão sobre CT.

Na sequência, são discutidas ou discutem-se algumas propostas curriculares sobre alfabetização científica.

## **2.2 Alfabetização científica e propostas curriculares**

As compreensões do conceito de AC/ACT vão de perspectivas tecnocráticas a perspectivas mais democráticas ao longo dos anos no Ensino de Ciências. Essas discussões e perspectivas em relação a esse conceito foram influenciadas pelas necessidades sociais, educacionais, econômicas e políticas, as quais impactaram o Ensino de Ciências, provocando diversas transformações em propostas curriculares de vários países no mundo e no Brasil. Tais mudanças foram influenciadas por diversos autores, organizações e projetos de ensino.

Em 1996, a organização científica *National Research Council* (NRC) estabeleceu os padrões nacionais para educação científica nos Estados Unidos da América, fornecendo diretrizes e lançando como meta a necessidade de que todos os estudantes alcançassem a alfabetização científica.

Conforme a NRC (1996), num mundo repleto de produtos da investigação científica e avanços tecnológicos, a alfabetização científica [e tecnológica] tornou-se uma necessidade para todos os cidadãos. Todos precisam utilizar conhecimentos científicos e tecnológicos para realizar determinadas escolhas no cotidiano. Todos necessitam se engajar em discussões públicas sobre questões que envolvem a CT. Todos merecem compartilhar as emoções e as realizações pessoais que podem surgir da compreensão do mundo natural. Assim, apresenta-se o conceito e as capacidades de uma alfabetização científica de acordo com a NRC, no Quadro 2.

**Quadro 2 - Conceito e capacidades para a AC, conforme a NRC**

<u>Alfabetização Científica:</u> é o conhecimento e a compreensão de conceitos e processos científicos necessários para a tomada de decisão pessoal, participação em assuntos cívicos, culturais e econômicos, incluindo tipos específicos de capacidades.	
Capacidades para AC	- perguntar, encontrar ou determinar respostas a perguntas derivadas da curiosidade sobre as experiências cotidianas;
	- descrever, explicar e prever fenômenos naturais;
	- ler, com compreensão, artigos sobre ciência na imprensa popular e se engajar em conversas sociais sobre a validade das conclusões;
	- identificar questões científicas, de âmbito nacional e local, e tomar decisões e posições cientificamente e tecnologicamente informadas;
	- avaliar a qualidade da informação científica sobre a base na sua origem e os métodos utilizados para gerá-la;
	- avaliar argumentos baseados em evidências e aplicar as conclusões de tais argumentos apropriadamente.

Fonte: Adaptado da NRC (1996, p. 22, tradução nossa)

Sob essa perspectiva, a AC encontra-se conectada ao conhecimento científico e a suas inter-relações na sociedade. Para a AC da população, é necessário a compreensão: dos processos da investigação científica; a utilização dos conhecimentos da CT para resolução de problemas no cotidiano; o entendimento da ciência, como parte da cultura geral; e, o engajamento público na tomada de decisão sobre o desenvolvimento da CT.

Além do mais, essa organização apontava para a importância da promoção de uma AC para o mercado de trabalho, pois as profissões exigem, cada vez mais, que as pessoas raciocinem, pensem criativamente, tomem decisões e resolvam problemas (NRC, 1996).

O *Scottish Consultative Council on the Curriculum*<sup>23</sup> (SCCC, 1996), citado por Hodson (1998; 2003), aponta uma preocupação com a educação científica para o desenvolvimento da ação social, levando esse conselho a adotar o termo capacidade científica (CC) em detrimento de uma AC. Essa CC é discutida em relação a cinco aspectos diferentes, porém, claramente relacionados entre si (Quadro 3).

**Quadro 3 - Conceito e aspectos para a CC, segundo o SCCC**

<u>Capacidade Científica:</u> uma pessoa cientificamente capaz não só é conhecedora e qualificada, mas também, é capaz de reunir e aplicar seus recursos de conhecimento e habilidade, de forma criativa e com sensibilidade, em resposta a uma questão, problema ou fenômeno.	
	- a curiosidade científica: um hábito inquiridor da mente;
	- competência científica: capacidade de investigação científica;

<sup>23</sup> Tradução para o português Conselho Consultivo Escocês sobre o Currículo.

Aspectos para CC	- compreensão científica: compreensão das ideias científicas e da maneira como a ciência funciona;
	- criatividade científica: capacidade de pensar e agir; e,
	- sensibilidade científica: consciência crítica do papel da ciência na sociedade, combinada com uma disposição cuidada e responsável.

Fonte: Adaptado do SCCC (1996) citado por Hodson (1998, p. 3, tradução nossa)

Consoante esse, tornar-se capaz cientificamente envolve mais do que a aquisição de competências científicas, conhecimento e compreensão. Envolve também a capacidade de ação sobre questões sociocientíficas que afetam o meio social e o desenvolvimento de qualidades, atitudes pessoais e a formulação das próprias ideias sobre diversas questões que apresentam uma dimensão científica e/ou tecnológica (HODSON, 1998; 2003).

Para Hodson (2003), é decepcionante que o *Scottish Consultative Council on the Curriculum*, que defendia a orientação para ação social, não inclui a preparação para ação sociopolítica dos estudantes em sua definição de capacidade científica. Para esse autor, se quiser enfrentar os desafios e as crises, a ciência deveria ser muito mais aberta para uma educação mais politizada, com objetivo de instrumentalizar os estudantes com capacidades e compromissos de tomar decisões e ações apropriadas, responsáveis e eficazes sobre preocupações sociais, econômicas, ambientais e éticas-morais.

No final do século XX, como resposta a uma crise observada na educação científica, nos Estados Unidos da América, a *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), uma organização internacional que estimulava a cooperação entre cientistas e apoia a educação científica, estrutura diversos painéis no Conselho Nacional de Educação em Ciência e Tecnologia, em 1985. Nesse, foi lançado o programa denominado *Project 2061: Science For All Americans* (SFAA) - (Projeto 2061: Ciência Para Todos os Americanos).

Esse projeto foi pensado para contribuir com a reforma da educação científica nos EUA, em relação à melhoria da AC (AAAS, 2001)<sup>24</sup>. Assim, as orientações nele contidas foram utilizadas com diversos propósitos, tais como: na formação de professores, no desenvolvimento de currículos, na educação informal (por exemplo, para organizar museus), no desenvolvimento de materiais didáticos, dentre outros.

---

<sup>24</sup> AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS). **Project 2061 Science for All Americans**: Introduction. Washington: AAAS, 2001. Disponível em: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/intro.htm>. Acesso em: 16 abr. 2020.

De acordo com a AAAS (2001), uma pessoa alfabetizada cientificamente deve: i) estar cômico de que a ciência, a matemática e a tecnologia são instituições humanas interdependentes, com pontos fortes e limitações; ii) entender os principais conceitos e princípios da ciência; iii) familiarizar-se com o mundo natural e reconhecer sua diversidade e unidade; e, iv) utilizar o conhecimento científico e modos de pensar científicos para fins individuais e sociais.

No contexto brasileiro, por outro lado, os documentos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN (BRASIL, 2000), PCN+ (BRASIL, 2002) e a Base Nacional Comum Curricular -BNCC (BRASIL, 2018) são os balizadores da educação. Os PCN e PCN+ difundiram os princípios de uma reforma para o currículo e orientação para os professores na busca de novas abordagens e metodologias de ensino (BRASIL, 2000).

Esses documentos foram construídos com base nos fundamentos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional - Lei 9.394/1996. Tal processo ocorreu em cooperação com professores, comunidade acadêmica e técnicos de diferentes níveis de ensino e áreas de conhecimento de todo o Brasil.

Os parâmetros estimularam o desenvolvimento do raciocínio, da capacidade de aprender, da contextualização e da interdisciplinaridade na educação, com o objetivo de evitar a fragmentação do conhecimento. Assim, propõem “o desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular, ao invés do simples exercício de memorização” (BRASIL, 2000, p. 5).

Essas diretrizes nacionais (PCN e PCN+) não trazem a discussão da expressão AC e/ou ACT, porém, em seu texto há uma preocupação com o papel da educação em relação às exigências que surgem do desenvolvimento tecnológico e social, por exemplo, em relação à presença da CT nas atividades produtivas e sociais, que estabelecem um ciclo permanente de mudanças e rupturas (BRASIL, 2000).

Assim, verifica-se a necessidade dos estudantes desenvolverem conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para uma maior participação cidadã num contexto mais democrático, fazendo com que se priorize no currículo do ensino médio o objetivo da “formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico” (BRASIL, 2000, p. 13).

A BNCC utiliza o termo letramento científico em detrimento de AC, como um dos objetivos almejados no Ensino de Ciências. No ensino fundamental, a área de conhecimento Ciências da Natureza

tem um compromisso com o desenvolvimento do **letramento científico**, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências (BRASIL, 2018, p. 321, grifo nosso).

Ressalta-se, todavia, que, para essa transformação de mundo, há necessidade de uma formação no Ensino de Ciências que leve em consideração, também, a dimensão tecnológica (processos, conteúdos, produtos, sistemas e natureza), o caráter sistêmico da tecnologia, suas implicações e contradições, proporcionando a intervenção (ativismo fundamentado), caso contrário, não haverá transformação educacional e social.

Com base na literatura apresentada sobre alfabetização científica/alfabetização científico-tecnológica em relação às visões de pesquisadores e propostas curriculares, em nossa concepção, observa-se que uma maior ênfase é dada na problematização da dimensão científica e pouca atenção é dedicada para à dimensão tecnológica nessas discussões. Além disso, esse processo, na maioria das vezes, não atinge uma dimensão de ativismo fundamentado.

Nesse processo, entende-se que a não problematização da dimensão tecnológica ocorre, muitas vezes, porque há uma presunção de que a tecnologia já esteja intrínseca nas discussões sobre AC e/ou que o raciocínio científico é suficiente para resolução dos problemas enfrentados pela sociedade.

Assim, as discussões sobre a tecnologia e suas relações sistêmicas podem estar ficando silenciadas e negligenciadas nos processos educacionais no Ensino de Ciências em sala de aula e no próprio movimento CTS. Com esse entendimento, frequentemente, pode-se estar favorecendo uma concepção limitada e/ou fortalecendo uma visão do modelo linear de progresso e da suposta neutralidade da CT (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

A exclusão nas discussões da dimensão tecnológica leva a uma compreensão incompleta da natureza da CT (ACEVEDO, 2000; ACEVEDO-DÍAZ, *et al.*, 2007). Caso esse silenciamento e essas omissões permaneçam, posturas passivas poderão ser reforçadas (ROSA; STRIEDER, 2019). Esse processo pode contribuir para uma visão ingênua da atividade científico-tecnológica e impedir uma maior participação social em processos decisórios.

Dessa forma, verifica-se que a alfabetização científica/ alfabetização científico-tecnológica, geralmente, não atinge uma dimensão de ativismo fundamentado. Por exemplo, quando se usa a abordagem CTS como promotora dessa alfabetização, essa participação nas

práticas educativas CTS, muitas vezes, limita-se à avaliação pós-produção de CT (ROSA; AULER, 2016; SANTOS; AULER, 2019).

Portanto, busca-se uma ACT ampliada (AULER; DELIZOICOV, 2001; 2003; SASSERON; CARVALHO, 2011), envolvendo o comprometimento com a conscientização crítica dos cidadãos e a necessária passagem para o ativismo fundamentado em processos de tomada de decisão sobre CT e nas práticas educativas CTS.

No próximo capítulo, são apresentados os fundamentos (EBI, CTS e ASC) para a promoção de uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado no Ensino de Ciências baseado em investigação.

### 3 EM BUSCA DE UMA ACT AMPLIADA E DO ATIVISMO FUNDAMENTADO

A AC/ACT se concretizou como um dos objetivos almejados na educação científica e tecnológica. No entanto, ainda há polissemia em relação a esse termo (SASSERON; CARVALHO, 2011), diversas definições (SHEN, 1975; NRC, 1996; AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003; ROBERTS, 2007; VÁZQUEZ-ALONSO, 2010; CHASSOT, 2017; BRASIL, 2018) e conjuntos de conhecimentos essenciais e habilidades (PELLA; O'HEARN; GALE, 1966; SASSERON; CARVALHO, 2011; ARAGÃO, 2014; 2019) que a caracterizam na literatura na área de Ensino de Ciências.

Assim, com um olhar nessa literatura em relação aos conhecimentos, valores, atitudes e habilidades sobre AC/ACT, verifica-se a presença de, no mínimo, cinco aspectos em comum, a saber:

- Compreensão das práticas, processos e procedimentos da investigação científica e tecnológica;
- Desenvolvimento de uma tomada de decisão mais crítica e de uma maior autonomia intelectual dos cidadãos;
- Entendimento das inter-relações entre CTS;
- Compreensão dos conhecimentos da CT;
- Entendimento da natureza da ciência e da tecnologia e de seus papéis na sociedade.

Defende-se, de maneira explícita, a discussão da dimensão tecnológica (conteúdos, processos, natureza, sistemas e produtos), nesse processo, pois, muitas vezes, ela é silenciada e negligenciada na educação científica e na própria área CTS.

Para Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021), esse silenciamento favorece uma concepção limitada e/ou fortalece uma visão da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso da CT, levando a uma compreensão incompleta da natureza da ciência e da tecnologia (ACEVEDO, 2000), conseqüentemente, reforçando posturas mais passivas e uma visão ingênua da atividade científica-tecnológica.

Além dos aspectos apontados, considera-se, também, a importância da inclusão de outros, tais como:

- preparação para o ativismo fundamentado e ações de maneira individual e/ou coletiva sobre questões sociocientíficas-tecnológicas no contexto educativo e comunitário;



- desenvolvimento de uma maior consciência coletiva crítica, das relações democráticas, afetivas e solidárias, visando à preocupação consigo mesmo e com os outros no envolvimento com as questões sociocientíficas-tecnológicas;

- compreensão, avaliação, aplicação e criação de tecnologias de informação e de comunicação de maneira mais consciente e mais responsável sobre QSCT; e,

- combate à produção e disseminação de *fake news*, inclusive sobre CT.

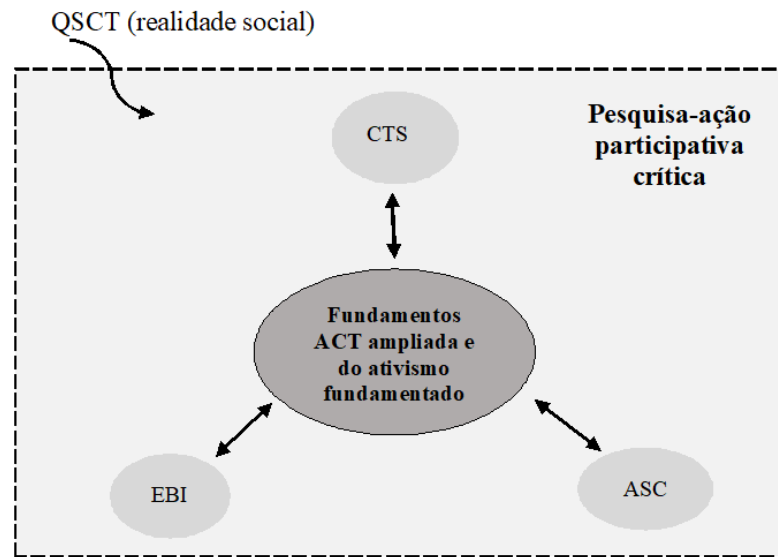
As tecnologias de informação e comunicação como, as mídias, redes sociais e outras ferramentas da Web 2.0, possuem o potencial de estimular a articulação em rede, muitas vezes, podendo despertar diversas ações para resolução de algumas questões presentes na sociedade, como, por exemplo, o movimento net-ativismo (MORAIS, 2018). Essas tecnologias são elementares para ACT ampliada, no século XXI, uma vez que se vivencia a quarta revolução industrial (SCHWAB, 2019).

Assim, entende-se que esse conjunto de conhecimentos, atitudes, valores e habilidades são fundamentais para se considerar uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente, na perspectiva de se formar um cidadão ativista fundamentado, capaz de agir de maneira consciente, crítica e responsável na resolução de problemas sociais e ambientais em diferentes contextos que envolvem a CT, bem como construir uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica. Em relação aos futuros professores em Ciências Biológicas, esse conjunto pode contribuir para a construção de uma postura crítico-reflexiva de sua própria prática em sala de aula. Por isso, neste estudo, utiliza-se esse conjunto como definição de uma ACT ampliada.

Para que os estudantes desenvolvam esse conjunto para uma alfabetização científica [e tecnológica] nas ciências, três abordagens podem contribuir para esse processo: (i) a experimentação investigativa; (ii) as inter-relações CTS; e, (iii) a História e Filosofia das Ciências (ARAGÃO, 2014; ARAGÃO; MARCONDES, 2018; ARAGÃO, 2019).

Neste trabalho, contudo, apontam-se como facilitadores do desenvolvimento de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado as abordagens EBI, CTS e ASC (Figura 3).

**Figura 3 - Fundamentos de uma ACT ampliada na perspectiva ativista neste trabalho**



Fonte: Autoria própria (2022)

Essas abordagens foram articuladas num MABI teórico-prático, em discussões de questões sociocientíficas-tecnológicas, com base nos pressupostos da pesquisa-ação participativa crítica em uma espiral de autorreflexão (apresentado na Figura 13 deste trabalho de tese).

Nesse sentido, de maneira direta, não se abordam a História e a Filosofia das Ciências proposta por Aragão (2019), porém, reforça-se que também se considera elementar sua problematização no Ensino das Ciências como fundamento para uma ACT ampliada. Essa abordagem favorece, por exemplo, a compreensão de que o conhecimento científico-tecnológico é cultural, social e histórico, ou seja, construído pelos homens e pelas mulheres de maneira coletiva.

Ademais, é importante destacar que se compreende que a abordagem CTS engloba (ou deveria englobar), obrigatoriamente, as características do ativismo sociocientífico. No entanto, as práticas educativas CTS, muitas vezes, não alcançam a dimensão da ação social na realidade (SANTOS; AULER, 2019), havendo, assim, a necessidade de se dar ênfase ao ativismo fundamentado.

Entende-se, também, que para uma transformação social e educacional pelo conhecimento, em uma práxis investigativa e interdisciplinar, faz-se necessária a elementaridade de aproximações com ideias freirianas de educação, na reflexão da ação e reinvenção das práticas educativas, visando à formação de um professor crítico-reflexivo e como agente de transformação da realidade.

Na sequência, apresentam-se as abordagens EBI, CTS e ASC e como elas podem ajudar na promoção da ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos. Essas abordagens possuem objetivos em comum e complementares, as quais foram articuladas como eixos centrais no MABI teórico-prático.

### 3.1 Abordagem de ensino baseado em investigação

Nesta seção aborda-se os aspectos sobre o ensino por investigação. Assim, com o objetivo de situar o leitor, esta seção foi organizada em duas subseções: na primeira, discute-se um breve panorama, alguns conceitos e objetivos do ensino de ciências por investigação; na segunda, abordam-se, alguns elementos centrais no EBI, como: i) orientação/mediação do professor; ii) a elaboração do problema de investigação; e, iii) o grau de autonomia/liberdade intelectual e ação dados aos estudantes.

#### 3.1.1 Ensino de Ciências Baseado em Investigação

O ensino por investigação ou *inquiry*<sup>25</sup> tem despertado o interesse de várias pesquisas pelo mundo nas últimas décadas, ganhando, assim, espaço e popularidade em currículos científicos, projetos institucionais de pesquisa e no ensino (ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2004; PEDASTE, *et al.*, 2015).

Todavia, essas discussões sobre o ensino por investigação não são recentes no Ensino de Ciências. Deboer (2006), em revisão sobre o panorama histórico dessa abordagem, aponta que os debates para inclusão da investigação científica em sala de aula iniciaram em meados do século XIX, quando a presença da educação científica era tímida e incipiente nas instituições de ensino.

O ensino baseado em investigação ao longo dos tempos passou por várias transformações quanto a seus objetivos, significados e embasamentos teóricos, devido às

---

<sup>25</sup> O termo *inquiry*, é frequentemente, utilizado, em Língua Inglesa, por pesquisadores internacionais e nacionais, para designar a perspectiva de ensino por investigação. Essa abordagem aparece com diversas denominações na literatura da área de Ensino de Ciências, tais como: aprendizagem por projetos, aprendizagem baseada em problemas (*problem-based learning*), educar pela pesquisa, resolução de problemas, atividades investigativas, metodologia da problematização, dentre outros (Cf. ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Nesta pesquisa, optou-se em utilizar o termo ensino baseado em investigação.

necessidades e aos interesses políticos, educacionais, culturais, sociais e econômicos, o que foi expresso em muitas pesquisas na área de Ensino de Ciências (ANDERSON, 2002; BARROW, 2006; DEBOER, 2006; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2016; BASTOS, 2017; SASSERON, 2018a) e em reformas educacionais (NRC, 1996; 2000; AAAS, 2001; BRASIL, 2000; 2018).

No século XX, essa abordagem recebeu influências, e na literatura, aparece conectada aos pensamentos progressistas do pedagogo e filósofo John Dewey nos EUA, a partir da publicação, no ano de 1938, da obra denominada “*Logic: The Theory of Inquiry*” (DEBOER, 2006).

Nas décadas de 1950/1960, os professores Joseph J. Schwab, Jerome S. Bruner e Jean W. F. Piaget, contribuíram, também, para reestruturação do Ensino de Ciências nos EUA, principalmente, em relação às orientações curriculares, valorizando, assim, o engajamento dos estudantes como protagonistas ativos na aprendizagem em atividades didáticas investigativas (BASTOS, 2017). Foi nessa época, aproximadamente, que o ensino por investigação ganhou mais notoriedade e força na educação científica (CHIAPPETTA, 1997; SÁ, 2009).

O trabalho do professor Schwab (1962)<sup>26</sup>, sob a influência de discussões em áreas como as Ciências Humanas e Sociais, pode ser considerado um marco para a abordagem de ensino por investigação nas ciências. Para ele, as propostas curriculares de ciências deveriam abordar e refletir os processos, práticas e procedimentos da investigação científica, como uma maneira de ensinar ciências em sala de aula.

Assim, a abordagem de ensino de ciências baseado em investigação tem sido defendida por muitos pesquisadores e professores em âmbito nacional e internacional (ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2004; MUNFORD; LIMA, 2007; ARAÚJO, 2008; SÁ, 2009; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; LEVY, *et al.*, 2013; PEDASTE, *et al.*, 2015; SASSERON; 2015; CARVALHO, 2016; LAZONDER; HARMSSEN, 2016; CARVALHO, 2018; SUÁREZ, *et al.*, 2018; SASSERON; 2018a; SASSERON, 2021).

Sasseron (2018a) aponta que, devido à ampla discussão do Ensino de Ciências por investigação e a sua presença em políticas educacionais em muitos países (ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2004), há várias maneiras de compreender essa abordagem. Nesse

---

<sup>26</sup> SCHWAB, J. J. The teaching of science as enquiry. In SCHWAB, J. J.; BRANDWEIN P. F. (eds) **The teaching of science**. Cambridge: Harvard University Press, 1962.

processo, duas perspectivas, consideradas semelhantes, mas com finalidades diferentes se destacam. O ensino baseado em investigação pode se mostrar como meio para o ensino de ciências e como forma de ensinar sobre ciências. Na perspectiva como meio, busca-se pautar na possibilidade de os estudantes vivenciarem processos investigativos para aprendizagem de leis, conceitos, fatos, teorias e modelos científicos. Já na perspectiva como forma, preocupa-se diretamente com o processo de aprendizagem de elementos metodológicos que possibilitem a resolução de problemas e a construção de conhecimentos, com base nas ciências, pelos estudantes (SASSERON, 2018a).

Assim sendo, concorda-se com Sasseron (2018a), quando afirma que essas principais perspectivas apontadas podem se associar ao longo do processo de escolarização, isso é, estando ligadas ou com diferentes ênfases em um instante, porém, semelhantes ao longo dos tempos. Essas perspectivas podem ser vistas em uma relação dialética, em que o desafio é manter o diálogo e o equilíbrio entre elas, evitando, assim, uma visão dessas perspectivas como distintas e isoladas.

Os primeiros trabalhos que colocaram o ensino por investigação em evidência associavam as atividades experimentais como forma de concretizar a participação dos estudantes em aulas de ciências. Essas atividades estimulavam a manipulação de equipamentos, o caráter demonstrativo e comprovatório do conteúdo científico abordado em aulas teóricas, por meio de roteiros pré-definidos pelo professor (estudantes sem autonomia e sem participação ativa) (TAMIR, 1991; BORGES, 2002; CARVALHO, 2016; SASSERON, 2018a).

Atualmente, contudo, parece haver um consenso, no sentido de não ser mais aceitável ensinar ciências por meio de um único método científico, constituído por etapas lineares e rígidas, bem como ensiná-la com alicerce em uma visão neutra de ciências (BASTOS, 2017). Também, parece ser equivocado associar o ensino por investigação apenas às atividades experimentais e/ou limitada a elas. As atividades teóricas, dependendo do contexto, podem ser até mais investigativas que as atividades experimentais (MUNFORD; LIMA, 2007).

Em aulas investigativas, com articulação das inter-relações CTS e de ASC fundamentado, o que é defendido neste trabalho, os estudantes com orientação/mediação do professor são os protagonistas e agentes de transformação não só no contexto educacional, mas também, no comunitário, buscando soluções para os problemas sociais controversos e complexos sobre CT. É nesse processo de investigação, diálogo, ação e reflexão que ocorre a

construção do conhecimento, o desenvolvimento da consciência crítica e das relações de solidariedade.

Nesse contexto, entende-se que a abordagem de ensino por investigação pode ser entendida como uma maneira apropriada de se promover a AC/ACT em sala de aula, visando ao desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão mais crítica, a uma maior autonomia/liberdade intelectual e à resolução de situações problemas presentes no contexto social (NRC, 1996; HODSON, 1998; AAAS, 2001; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2016; BASTOS, 2017; BRASIL, 2018; CAMPOS; SCARPA, 2018; SASSERON, 2018b).

Campos e Scarpa (2018) apontam as potencialidades do Ensino de Biologia por investigação, na perspectiva da AC. Nela, os estudantes situam-se no centro do processo de ensino e de aprendizagem para compreensão dos conhecimentos de CT, dos processos de produção do conhecimento e das inter-relações entre CTSA.

Para essas autoras, o objetivo do ensino por investigação nas ciências não é a formação de cientistas ou a reprodução da ciência na escola, mas, sim, proporcionar aos estudantes um ambiente de aprendizagem, que estimule o questionamento, a ação e a reflexão sobre os fenômenos de maneira ativa, interativa e colaborativa, estimulando a construção de habilidades, de conhecimento e autonomia de pensamento.

De acordo com Zômpero e Laburú (2011), o ensino por investigação estimula o aprimoramento do raciocínio e das habilidades de cognição dos estudantes, o engajamento ativo e crítico, bem como a cooperação entre eles, a aprendizagem dos conteúdos conceituais e procedimentais e a compreensão da natureza da investigação científica.

Em discussão sobre as diferentes abordagens de ensino baseado em investigação, os referidos autores apontam elementos comuns presentes em diversas propostas investigativas, tais como: a elaboração de um problema a ser analisado; a elaboração de hipóteses; o planejamento dos procedimentos da investigação; a realização da investigação; análise dos dados; e, a comunicação dos resultados.

Sasseron (2015) defende que o ensino por investigação, associado ao trabalho do professor (ações, concepções, intencionalidades e práticas), e não apenas a uma estratégia mais específica, extrapola o contexto de uma metodologia e se configura como uma abordagem didática de ensino, possibilitando, assim, a utilização de diversos recursos, estratégias e metodologias, sejam elas inovadoras e/ou tradicionais, desde que os estudantes participem, ativamente, do processo de investigação, por meio da orientação/mediação do professor.

Para essa autora, essa abordagem faz uma previsão de engajamento e envolvimento ativo dos estudantes em processos para investigação, análise e resolução de um problema. Nesse processo, o ensino por investigação deveria estimular uma transição entre o âmbito manipulativo para o intelectual, por meio da tomada de consciência dos estudantes de suas ações na construção do conhecimento, englobando, várias ações cognitivas e práticas (CARVALHO, 2016; SASSERON, 2018a).

Carvalho (2018, p. 766, grifo nosso) define o ensino por investigação como

o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: • **pensarem**, levando em conta a estrutura do conhecimento; • **falarem**, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; • **lerem**, entendendo criticamente o conteúdo lido; • **escreverem**, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Sob esse foco, para formação de uma ideia de ensino por investigação, alguns elementos se articulam, tais como: o papel intelectual e ativo dos estudantes; a aprendizagem para além dos conteúdos conceituais (incluindo os conteúdos procedimentais, os atitudinais e as práticas epistêmicas, os quais, quando conectados contribuem para o desenvolvimento e utilização do raciocínio científico); o ensino por meio da apresentação de novas culturas aos estudantes; a construção de relações entre práticas cotidianas e práticas para o ensino; e, a aprendizagem para mudança social (SASSERON, 2018b).

Em propostas e diretrizes curriculares de ciências, aparecem, também, recomendações para utilização pelos professores da abordagem de ensino por investigação (NRC, 1996; 2000; AAAS, 2001; BRASIL, 2000; 2002; 2018) e em políticas educacionais pelo mundo (ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2004).

Essa abordagem é amplamente discutida e consolidada no contexto dos EUA e na Europa. No entanto, pesquisadores apontam uma polissemia sobre o termo investigação e diferentes tipos de abordagens, ou seja, não existe um consenso sobre esse termo entre os pesquisadores na área de Ensino de Ciências (MUNFORD; LIMA, 2007; SÁ, 2009).

No contexto brasileiro, essa abordagem de ensino é menos sistematizada e pouco discutida (MUNFORD; LIMA, 2007; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). As recomendações para sua utilização aparecem em documentos oficiais (BRASIL, 2000; 2002; 2018), contudo, o ensino por investigação não é efetivamente utilizado em sala de aula na educação básica.

Entende-se que isso ocorre, dentre outros motivos, pelos desafios da implementação do ensino por investigação na práxis dos professores de ciências (SANTANA; FRANZOLIN,

2018), tais como: dificuldades de sua elaboração; condução e avaliação das propostas investigativas; o tempo de aula escasso para sua execução; a dificuldade de conciliar teoria e prática em sala de aula; e, a pequena ênfase dada ao ensino por investigação na formação inicial e continuada de professores de ciências.

Os PCN apontam que o ensino de ciências deve superar a descrição e estimular o desenvolvimento, nos estudantes, da capacidade de analisar, explicar, prever e intervir, de forma interdisciplinar, com cooperação entre as disciplinas, para resolução de problemas, em contexto concreto, para desenvolvimento de propostas investigativas e/ou de ação (BRASIL, 2000).

No texto da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino por investigação aparece como central nas áreas de Ciências da Natureza e Ciências da Natureza e suas Tecnologias, recomendando a “aproximação gradativa aos **principais processos, práticas e procedimentos da investigação científica**” (BRASIL, 2018, p. 321, grifo no original). Em outras palavras, a BNCC aponta para a centralidade do ensino por investigação na formação do estudante. No processo investigativo, os estudantes devem ser estimulados, progressivamente, e apoiados na realização de propostas investigativas, inclusive no compartilhamento desses resultados (BRASIL, 2018). O processo investigativo é descrito nesse documento como

elemento central na formação dos estudantes, em um sentido mais amplo, e cujo desenvolvimento deve ser atrelado a **situações didáticas planejadas ao longo de toda a educação básica**, de modo a possibilitar aos alunos revisitar de forma reflexiva seus conhecimentos e sua compreensão acerca do mundo em que vivem (BRASIL, 2018, p. 322, grifo nosso).

Assim, o desenvolvimento do processo investigativo deveria ser contínuo e favorecer aproximações entre a cultura e a investigação científica, o que estimularia o protagonismo, a autoria e a autonomia intelectual do estudante no Ensino de Ciências. É importante destacar o papel central de orientador/mediador do professor no planejamento e na realização de reflexões em aulas investigativas, uma vez que a criticidade e a reflexão das ações são elementos base do processo investigativo. Sendo assim, o professor deveria criar e oportunizar espaços, processos, tempos e condições para, junto com o estudante, problematizar, pensar, refletir, criticar, argumentar, testar hipóteses, tomar decisões, agir e comunicar seus resultados.



No texto da BNCC, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Ensino Médio) compreende a investigação como

forma de engajamento dos estudantes na aprendizagem de processos, práticas e procedimentos científicos e tecnológicos, e promove o domínio de linguagens específicas, o que permite aos estudantes analisar fenômenos e processos, utilizando modelos e fazendo previsões. Dessa maneira, possibilita aos estudantes ampliar sua compreensão sobre a vida, o nosso planeta e o universo, bem como sua capacidade de refletir, argumentar, propor soluções e enfrentar desafios pessoais e coletivos, locais e globais (BRASIL, 2018, p. 472).

Nesse contexto, em relação aos objetivos do ensino por investigação propostos para a sala de aula, com ênfase na formação para cidadania e alicerces na literatura da área de Ensino de Ciências, apontam-se os principais objetivos encontrados:

- ✓ favorecer a superação da abordagem tradicional de ensino em aulas de ciências, estimulando práticas mais reflexivas, críticas e investigativas;
- ✓ desenvolver a liberdade e autonomia intelectual e a tomada de decisão mais crítica dos estudantes;
- ✓ formar para o desenvolvimento e o exercício da cidadania;
- ✓ estimular a motivação e o interesse dos estudantes no processo de aprendizagem;
- ✓ desenvolver o pensamento empírico e teórico dos estudantes, a partir de aspectos presentes na investigação científica, por exemplo, o pensar sobre problemas, fazer inferências, teorizar, analisar dados e argumentar (BASTOS, 2017);
- ✓ construir a harmonia e a solidariedade para o desenvolvimento de valores sociais de tolerância nos estudantes (WAHID, *et al.*, 2018);
- ✓ compreender o estudante como protagonista da aprendizagem, estimulando, assim o engajamento e a participação ativa, cooperativa e interativa em processos de investigação, análise e resolução de um problema em aulas de ciências;
- ✓ compreender a natureza da ciência;
- ✓ desenvolver a autonomia moral pelo trabalho em grupo, por meio de interações sociais (troca de ideias e hipóteses, argumentação e ação), favorecendo o fortalecimento das relações afetivas, de respeito e de solidariedade (SEDANO; CARVALHO, 2017);
- ✓ estimular o aprimoramento do raciocínio e das habilidades de cognição discentes;
- ✓ compreender os conhecimentos de CT, os processos de produção do conhecimento (natureza da investigação científica) e as inter-relações CTS;

- ✓ promover a AC/ACT dos estudantes;
- ✓ permitir a articulação entre os domínios conceituais, procedimentais, atitudinais, sociais e epistêmicos envolvidos na construção do conhecimento científico por meio de atividades investigativas.

Assim, compreende-se que os objetivos do ensino por investigação, em qualquer nível de ensino (educação básica e superior), visam ao engajamento e à participação ativa dos estudantes no processo de levantamento, investigação, análise e resolução de uma situação problema presente na sociedade.

Neste trabalho, com suporte na literatura apresentada, portanto, compreende-se o ensino por investigação como uma abordagem didática de ensino. Essa abordagem proporciona o ensino dos conteúdos científicos e tecnológicos, em que o professor-estudante-comunidade de maneira colaborativa e participativa, em espaços formais e/ou não formais, criam juntos espaços, tempos, processos e condições para que os estudantes:

- problematizem: identificando QSCT que afetam a sociedade e, pela análise consciente e crítica dessas questões, os discentes serem capazes de desvelar os obstáculos, as injustiças sociais e os discursos/projetos hegemônicos sobre CT, pela ação social fundamentada (ativismo). Para esse processo, é elementar a discussão das inter-relações CTS e da suposta neutralidade da CT;

- lerem: aprendendo a selecionar os conteúdos confiáveis e relevantes em diferentes fontes de informação, incluindo as TIC, para entender de forma crítica o conteúdo lido, visando à formação de discursos e argumentos fundamentados;

- refletirem: levando em consideração a estrutura do conhecimento científico e tecnológico, a unidade ação-reflexão, a ética e as inter-relações CTS, para formação da consciência crítica e desvelamento de ideologias, em discursos sobre a CT e suas implicações sociais;

- investigarem: estimulando o interesse pelos fenômenos e o uso dos conhecimentos e processos científico-tecnológico, como: a elaboração de uma questão de pesquisa e suas hipóteses; o planejamento; a realização de uma investigação experimental e/ou prática; a coleta/construção dos dados; e, a interpretação dos dados na resolução de problemas sociais, científicos, tecnológicos e ambientais;

- argumentem: organizando projetos argumentativos para discussão, com evidências científicas e tecnológicas sobre QSCT (proposição, avaliação, comunicação e legitimação das ideias), reconhecendo os contextos sociais, culturais, econômicos, políticos, ideológicos, éticos, produtivo, ambientais e os aspectos afetivos, emocionais, valores e de solidariedade;

- falarem: evidenciando seus próprios argumentos (pontos de vista) sobre as QSCT, com base na CT, superando o senso comum e as visões midiáticas sobre a questão/assunto investigado, o que pode amenizar a disseminação de notícias falsas;

- inovarem: aplicando seus conhecimentos em situações novas para construção de projetos alternativos sobre CT, com base na produção científica e tecnológica atual, incluindo a Agroecologia, as matrizes energéticas sustentáveis, a economia solidária, dentre outros. Avaliar as inter-relações CTS dessas inovações, problematizando a concepção da suposta neutralidade e o modelo linear de progresso da CT;

- escreverem: mostrando autoria e clareza nas ideias expostas, articulando com evidências científicas e tecnológicas para construção de argumentos fundamentados, o que pode contribuir para combater as *fakes news* presentes em todos os contextos, inclusive os da CT. No entanto, isso não significa confiar, excessivamente, na CT, sem avaliar suas contradições e implicações;

- agirem: potencializando o ativismo sociocientífico sobre QSCT, que afetam a sociedade no espaço comunitário e educacional, buscando transformações para melhorar a escola, a universidade, a comunidade e o mundo; e,

- comunicarem: evidenciando as ações realizadas, resultados e reais contribuições para a sociedade, por meio da ação-reflexão. Nesse processo, ocorre a avaliação e a legitimação das ideias com os feedbacks.

Essas ações/atividades em propostas investigativas de ensino podem contribuir para o desenvolvimento e integração dos domínios conceituais, epistêmicos, sociais, procedimentais e atitudinais envolvidos na construção do conhecimento científico-tecnológico, no contexto da sala de aula de ciências.

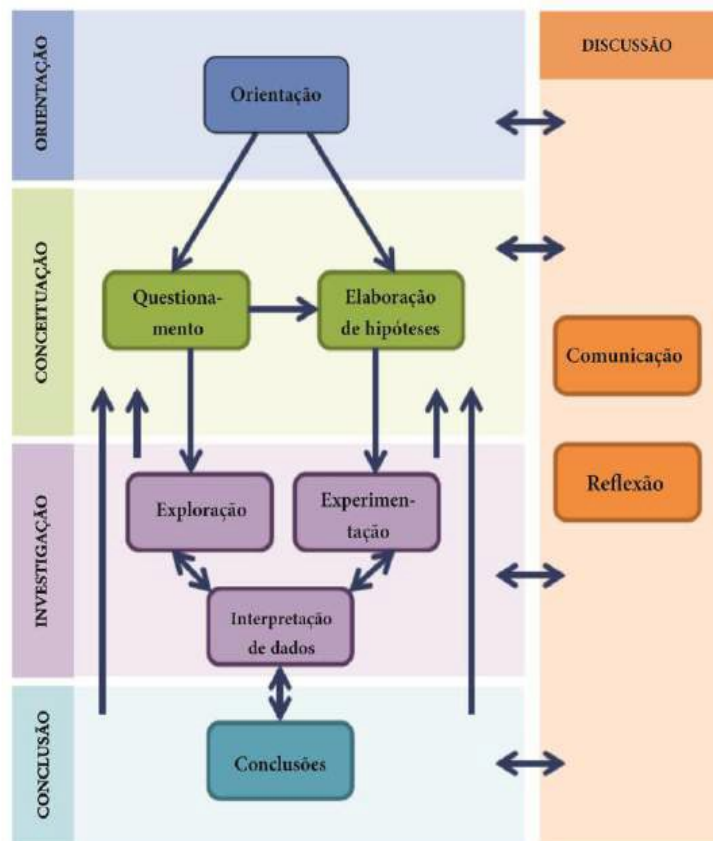
Nesse contexto, para realização desse processo, há necessidade de se (re)pensar a formação inicial de professores em Ciências Biológicas, os quais deveriam transformar o seu papel [educacional e social], alterando a dinâmica das aulas, o que requer que esses tomem diversas decisões, se arrisquem e quebrem sua rotina, para superação dos seus obstáculos, dificuldades, incertezas e dilemas (BAPTISTA, 2010).

Entretanto, em relação ao desenvolvimento da abordagem de ensino por investigação, a literatura da área de Ensino de Ciências apresenta diversos modelos e

estruturas<sup>27</sup> (PEDASTE, *et al.*, 2015; CARVALHO, 2016; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016), bem como estruturas de Aprendizagem Baseada em Investigação Sociocientífica (ABISC) para promoção de uma cidadania mais democrática (LEVINSON, 2018; KNIPPELS; VAN HARSKAMP, 2018; RAUCH; RADMANN, 2020). Ressalta-se que não existe um modelo e/ou estrutura única para realização de atividades de investigação no Ensino de Ciências.

Nesse contexto, o modelo proposto por Pedaste, *et al.* (2015), a partir de uma revisão sistemática de literatura, sintetizou um novo ciclo/estrutura de ensino por investigação<sup>28</sup>. O ciclo é composto por fases e subfases que se relacionam em diferentes momentos e processos da estrutura, desde a elaboração de problema e hipóteses, sua investigação e análise das evidências e conclusões do processo de investigação (Figura 4).

**Figura 4 - Estrutura de um ciclo de ensino por investigação, suas fases, subfases e relações**



Fonte: Pedaste, *et al.* (2015, p. 56, tradução nossa)

<sup>27</sup> Por exemplo, Cf., Carvalho (2016), Magnusson, Palincsar e Templin (2006), o modelo instrucional 5Es (BYBEE, R.W., 1993; BYBEE, R.W.; *et al.*, 2006) e o modelo 7Es (AZINHAGA; MARQUES; REIS, 2016; REIS; MARQUES, 2016; LINHARES; REIS, 2019).

<sup>28</sup> Os autores utilizam no original *inquiry-based learning framework*.

Conforme esses autores, o ciclo se inicia pela orientação, fluindo por meio da conceitualização (geração de questionamentos e hipóteses), para a investigação (exploração, experimentação, levando à interpretação dos dados), terminando, geralmente, com a fase conclusão. Já a fase discussão (comunicação e reflexão) perpassa todos os pontos durante o ensino por investigação e se conecta com todas as outras fases da estrutura.

Na fase denominada orientação, pretende-se estimular a motivação e a curiosidade dos estudantes para a investigação. Já a fase conceitualização envolveria a construção de pergunta(s) de pesquisa(s) para investigação e elaboração de hipóteses (ideias) para explicá-la(s). Na fase investigação, por sua vez, haveria a construção do planejamento, da exploração, experimentação, coleta/construção e interpretação dos dados.

Por fim, a fase da conclusão, em que os estudantes deveriam obter conclusões a partir da análise dos dados, levando em consideração as hipóteses e a questão problema de pesquisa. Ademais, a fase de discussão, apontada pelos autores que envolve a comunicação e reflexão em todas as fases da estrutura e/ou no final da investigação. No MABI teórico-prático proposto nesse trabalho, busca-se valorizar o processo de propor, avaliar, comunicar e legitimar as ideias em todos os passos e fases e no modelo como um todo.

O modelo proposto por Pedaste, *et al.* (2015) identifica fases em comuns no ensino por investigação presentes nos trabalhos analisados pelos autores. Esse modelo apresenta diferentes interações, permitindo, assim um diálogo entre as fases, a associação entre atividades cognitivas e manipulativas, bem como a constante comunicação e ação-reflexão das atividades e ações realizadas na investigação.

É elementar destacar a importância desses modelos e estruturas para organização e concretização das atividades investigativas em sala de aula, principalmente na educação básica. Esses modelos, associados aos graus de autonomia/liberdade intelectual, podem ajudar a orientar os papéis de estudantes e professores em uma proposta investigativa.

### 3.1.2 Elementos Centrais no Ensino Baseado em Investigação

Para o desenvolvimento de um ensino por investigação em ciências, o professor deve ter cuidado com alguns elementos centrais, visando à criação de espaços, processos, tempos e condições para investigação em sala de aula. Conforme Carvalho (2018), por exemplo, a proposição de um problema vai desencadear o raciocínio dos estudantes que, sem a

autonomia/liberdade intelectual, outro elemento central, podem ter dificuldades de expressar seus pensamentos, raciocínios e suas argumentações.

Nesse sentido, aponta-se como elementos centrais nessa abordagem: i) a orientação/mediação do professor; ii) a elaboração de um problema de investigação; e, iii) o grau de liberdade intelectual dados aos estudantes.

### **i) orientação/mediação do professor no Ensino Baseado em Investigação**

A orientação/mediação do professor possui um papel central em propostas de aulas investigativas no Ensino de Ciências e parece ser a chave para amenizar as controvérsias nessa abordagem (LAZONDER; HARMSSEN, 2016). De acordo com esses autores, as abordagens baseadas em investigação podem ser mais eficazes que as abordagens expositivas no Ensino de Ciências. Entretanto, apontam que a eficácia da aprendizagem por investigação depende quase, inteiramente, da disponibilidade de uma orientação/mediação adequada do estudante pelo professor, durante uma proposta investigativa.

A questão de como os estudantes devem se envolver no processo de aprendizagem e qual o tipo de orientação é mais adequada no ensino por investigação ainda são desafios nessa abordagem (LAZONDER; HARMSSEN, 2016). Entende-se que um caminho para avançar nas discussões seja a utilização dos níveis de investigação (TAMIR, 1991; BORGES, 2002) e/ou dos graus de liberdade intelectual (CARVALHO, 2018) que o professor oferece aos estudantes.

Para Pedaste, *et al.* (2015), a orientação é um processo que estimula a curiosidade e a motivação dos estudantes em relação ao problema em investigação. A orientação pode ser definida, também, como qualquer forma de assistência oferecido antes e/ou durante o processo de aprendizagem baseado em investigação que visa simplificar, fornecer uma visão sobre eliciar, suplantando ou prescrever o raciocínio científico e habilidades envolvidas (LAZONDER; HARMSSEN, 2016).

Portanto, os professores desempenham um papel central e crítico nessa abordagem, ou seja, o papel de apoiar, facilitar, supervisionar, desafiar e envolver seus estudantes em propostas investigativas (ZION; COHEN; AMIR, 2007).

Na presente pesquisa, compreende-se que o professor tem a função de orientador/mediador em todo o processo de investigação, criando, dessa forma, espaços, processos, condições e tempos para oportunizar, acompanhar e conduzir os estudantes em reflexões, na construção de novos conhecimentos e no raciocínio científico-tecnológico, o que

começa com a escolha de uma QSCT e a elaboração de um problema, de maneira coletiva e participativa.

Em propostas investigativas, portanto, há necessidade de uma mudança de concepção, de postura epistemológica e das práticas educativas do professor, com base em uma práxis interdisciplinar, democrática (caráter mais político) e investigativa. Essa reinvenção exige a constante dialogicidade entre a unidade teoria-prática e ação-reflexão pela utilização da pesquisa e inovação da didática das ciências (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Essa capacitação pode e deve ser estimulada na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, de maneira coletiva (comunidade de coparticipantes). Os futuros professores precisam experienciar e vivenciar esse processo como estudantes e transpor para suas práticas educativas em sala de aula.

Assim, o professor, no ensino por investigação possui o papel de orientador, criando e oportunizando condições para que os estudantes leiam, reflitam, falem, pensem, façam, escrevam, tomem decisões, inovem, ajam no âmbito comunitário/educacional e comuniquem, de forma dialógica, seus resultados para a sociedade sobre o fenômeno investigado.

## **ii) elaboração do problema de investigação**

A elaboração de um problema em aulas experimentais e/ou teóricas para investigação dos estudantes nas ciências é outro elemento central no ensino por investigação. As pesquisas sobre a elementaridade do problema no Ensino de Ciências são complexas e têm ocupado um espaço relevante na Didática das Ciências (BASTOS, 2017).

Segundo essa autora, no contexto das propostas pautadas em problemas, várias abordagens de ensino vêm ganhando espaço na educação básica e/ou superior. Assim, pode-se citar, por exemplo: a abordagem temática freiriana (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2007); a aprendizagem baseada em problemas (*Problem-Based Learning - PBL*); a metodologia da problematização fundamentada nas ideias do arco de Magueres e inspirado em alguns pensamentos de Paulo Freire (FREITAS, 2012); a abordagem CTS (DAGNINO, 2007; SANTOS; SCHNETZLER, 2010); o ensino por investigação (MUNFORD; LIMA, 2007; SASSERON, 2015; CARVALHO, 2016; BASTOS, 2017); dentre outras.

Para Dagnino (2007, p. 2), o conceito de problema (ou situação-problema) deve englobar os aspectos:

um problema social não é uma entidade objetiva que se manifesta na esfera pública de modo naturalizado, como se ela fosse neutra e independente em relação aos atores - ativos e passivos - do problema; (b) não há situação social problemática senão em relação aos atores que a constroem como tal; (c) reconhecer uma situação como um problema envolve um paradoxo, pois são justamente os atores mais afetados os que menos têm poder para fazer com que a opinião pública (e as elites de poder) a considere como problema social; (d) a condição de penalizados pela situação-problema dos atores mais fracos costuma ser obscurecida por um complexo sistema de manipulação ideológica que, com seu consentimento, os prejudica.

No presente estudo, contudo, defende-se que esse problema seja elaborado a partir de QSCT controversas e complexas, socialmente relevantes. Este problema não pode ser uma questão qualquer, isso é, deve ser planejado de maneira coletiva e participativa com os estudantes, professores e comunidade. A(s) questão(es) problema(s) é o fio condutor do processo investigativo e devem ser apresentadas na forma de uma ou mais perguntas.

Na abordagem investigativa, com alicerce em problemas, o professor assume o papel de mediador/orientador, encaminhando as reflexões dos estudantes para construção de um novo conhecimento. O estudante passa a raciocinar e construir seu conhecimento, sendo, dessa forma, o agente do pensamento. Essa postura é completamente diferente de um ensino expositivo e tradicional, em que toda linha de raciocínio é definida pelo professor. Portanto, a elaboração de um problema em aulas de ciências pode provocar uma inversão de papéis, em que o estudante passa a ser o protagonista na aprendizagem e o professor o orientador desse processo (CARVALHO, 2016).

Para Carvalho (2016), os problemas podem ser de caráter experimentais e/ou teóricos. Os problemas não experimentais (teóricos) envolvem, por exemplo, a resolução de problemas de lápis e papel e a introdução de História das Ciências, os quais podem ser propostos por meio de figuras de jornal ou Internet, documentários, artigos científicos, notícias e de ideias que os estudantes já dominam.

No entanto, independentemente do tipo de problema escolhido (experimental e/ou teórico), ele deve seguir uma série de etapas, com o objetivo de oportunizar aos estudantes o levantamento e a testagem das hipóteses, passando da ação manipulativa para a intelectual, estruturando, assim, suas ideias e apresentando argumentações debatidas com os demais estudantes e com o professor (CARVALHO, 2016).

Carvalho (2018), em estudo sobre os fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação, aponta que um bom problema teórico e/ou experimental é aquele que apresenta estas condições para os estudantes:

- resolverem e explicarem o fenômeno envolvido na investigação;
- levantarem hipóteses e suas variáveis para o processo de investigação;



- relacionarem seus conhecimentos com o mundo em que vivem;
- utilizarem os novos conhecimentos em outras disciplinas do currículo escolar;
- manifestarem suas concepções iniciais relacionadas ao conteúdo do problema, as quais podem aparecer como suas hipóteses;
- passarem de ações/atividades manipulativas a ações/atividades intelectuais. Por exemplo, o levantamento e teste das hipóteses, o raciocínio proporcional e a construção da linguagem científica, incluindo a linguagem verbal (escrita e oral), matemática e gráfica; e,
- construirão explicações causais e legais (os conceitos e as leis).

Além disso, corroborando com a autora, um bom problema, seja ele experimental e/ou teórico, deve proporcionar condições, espaços, tempos e processos para que os estudantes:

- identifiquem QSCT, levando em consideração o contexto, seus interesses e as controvérsias existente na realidade comunitária;
- participem, de maneira colaborativa e participativa, da escolha de uma QSCT e da elaboração (discussão, reflexão e reestruturação) do problema(s) de investigação;
- busquem se engajar de maneira ativa, realizando ações sociais fundamentadas nos contextos educacional e comunitário, visando as mudanças.

### **iii) o grau de autonomia/liberdade intelectual dados aos estudantes**

A possibilidade de engajamento ativo e participativo do estudante na elaboração, investigação (planejamento, coleta/construção e análise dos dados) e a resolução de uma situação problema são aspectos fundamentais no ensino baseado em investigação.

Esse tipo de ensino pode abranger desde propostas estruturadas (dirigida pelo professor) até propostas com graus/níveis de liberdade intelectual mais abertas (dirigidos pelos estudantes com orientação do professor). Para organizar as relações de responsabilidades entre estudantes-professor, em uma proposta ou ciclo investigativo, entende-se a elementaridade de se levar em consideração os graus de autonomia/liberdade intelectual oferecido aos estudantes na resolução de um problema (CARVALHO, 2018).

Para implementação de um ensino por investigação, em sala de aula, a passagem de um nível de orientação diretivo para níveis mais investigativos (maior grau de autonomia e tomada de decisão dado aos estudantes) é fundamental e gradual. Esse processo é importante para formação de um postura didático-pedagógica e epistemológica do professor e para introdução e familiarização dos estudantes em abordagens investigativas.

Para Sasseron (2018a) e Carvalho (2018), a investigação que considera os graus de liberdade intelectual oferecidos para os estudantes na resolução de um problema permite o envolvimento para além dos aspectos manipulativos e da confirmação de leis, teorias e princípios. Esse processo favorece a proposição de procedimentos de investigação por meio do planejamento, da investigação, coleta e interpretação dos dados, da argumentação, da obtenção de explicações e das conclusões, fomentando, assim, oportunidades de desenvolver os domínios/práticas epistêmicas entre os estudantes.

Nesse sentido, vários autores propõem níveis de investigação (TAMIR, 1991; BORGES, 2002) e/ou graus de liberdade intelectual (CARVALHO, 2018), os quais o professor deve oferecer aos estudantes, em uma tentativa de compreensão das responsabilidades entre professores-estudantes, de organização das propostas investigativas e da materialização dessa abordagem em sala de aula.

Tamir (1991) organizou uma estrutura em relação ao grau de abertura de um problema em níveis de investigação (escala de diretividade) no ensino de ciências em aulas experimentais, considerando o problema, os procedimentos e as conclusões, como se apresenta, a seguir, no Quadro 4.

**Quadro 4 - Níveis de investigação do grau de abertura de um problema**

<b>Níveis de Investigação</b>	<b>Problemas</b>	<b>Procedimentos</b>	<b>Conclusões</b>
Nível 0	Fornecido	Fornecido	Fornecido
Nível 1	Fornecido	Fornecido	Em aberto
Nível 2	Fornecido	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

**Fonte: Adaptado de Tamir (1991)**

Essa escala de diretividade indica os níveis de investigação das relações de responsabilidades e de autonomia/liberdade intelectual dados aos estudantes na resolução de um problema. No nível zero, o problema e as hipóteses, os caminhos (plano de trabalho) e as conclusões são fornecidos pelo professor e/ou material didático. Os estudantes coletam os dados para confirmação ou não das respostas esperadas. No nível um, o problema e os caminhos para investigação são fornecidos, ficando em aberto as conclusões.

Assim, os níveis zero e um são os mais diretivos, em que os estudantes recebem roteiros pré-estabelecidos para investigação. Nesses níveis, não há uma reflexão do processo realizado e se concentram, muitas vezes, apenas em conteúdos específicos (ZION; COHEN; AMIR, 2007). Esses níveis são os tipos mais comuns encontrados em aulas de ciências na educação básica e superior.

Já no nível dois, o problema é fornecido pelo professor e/ou material didático, porém, os procedimentos para realização da investigação (como realizar o processo, coletar e interpretar os dados) e obtenção das conclusões ficam em aberto. No nível três, o problema, os caminhos e as conclusões ficam em aberto, permitindo que os estudantes desenvolvam, com orientação/mediação do professor, seus próprios projetos e planos de trabalho.

Os níveis dois e três fornecem a possibilidade de maior engajamento ativo, autonomia/liberdade intelectual e o desenvolvimento da tomada de decisão mais crítica dos estudantes. Conforme Zion, Cohen e Amir (2007), há uma maior concentração no processo de investigação, enquanto os conteúdos científicos dependem do fenômeno que os estudantes escolheram investigar. Tais níveis são pouco comuns de serem abordados em sala de aula de ciências.

Carvalho (2018) apresenta diversos modelos metodológicos para utilização em atividades didáticas no ensino por investigação nas ciências, considerando o laboratório (atividades experimentais), a resolução de problemas de lápis e papel e os textos históricos. Por exemplo, no Quadro 5, mostra-se a atividade didática de resolução de problemas de lápis e papel, elencando a liberdade intelectual oferecida aos estudantes.

**Quadro 5 - Graus de liberdade de professor (P) e de estudantes (E) na resolução de um problema**

	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>	<b>Grau 4</b>	<b>Grau 5</b>
Problema	P	P	P	P	E
Hipóteses	P	P/E	E/P	E	E
Resolução do problema	E	E	E	E	E
Análise dos resultados	(quando existe) P	P/E/Classe	P/E/Classe	P/E/Classe	P/E/Classe

**Fonte: Adaptado de Carvalho (2018)**

No Quadro 5, conforme Carvalho (2018), a primeira coluna (grau 1) mostra um modelo de ensino diretivo, em que o professor resolve todo o problema, deixando para os estudantes a resolução matemática. Nessa abordagem, é comum os estudantes indagarem que não entenderam nada o que o professor explicou, pedindo, para que ele explique novamente. O professor atendendo os estudantes, explica com as mesmas ou outras palavras a forma de resolução. A maneira de resolver o problema será a mesma para outros exercícios, isso é, os estudantes devem decorar o raciocínio exposto pelo professor, visando repetir num exercício semelhante. Já a segunda coluna (grau 2) representa um ensino ainda diretivo, porém, com uma participação maior do estudante no processo.

Para Carvalho (2018), os graus 3 e 4 representam uma abordagem investigativa, em que os estudantes pensam, discutem, fazem e tomam decisões. O professor é o orientador do processo. A resolução do problema e problematização dos raciocínios construídos pelos estudantes será discutido com o professor e os estudantes na etapa de análise dos resultados. Já na quinta coluna (grau 5), os estudantes possuem total liberdade de investigação, essa abordagem é muito difícil de se encontrar na educação básica (ensino fundamental e médio).

Na próxima seção, discute-se a abordagem CTS e a necessidade de se passar ao ativismo fundamentado no Ensino de Ciências.

### **3.2 Abordagem ciência-tecnologia-sociedade**

Nesta seção, apresenta-se um breve panorama em relação ao surgimento do movimento CTS, pela necessidade de um novo olhar crítico-reflexivo sobre o desenvolvimento da CT e de seus papéis na sociedade. E, a partir desse panorama, aponta-se que é hora de passar a ação social e avançar para o ativismo CTS.

Discute-se a abordagem CTS e o Ensino de Ciências na perspectiva da promoção de uma ACT ampliada e os objetivos da educação CTS com ênfase na formação para a cidadania. Para isso, utilizam-se pesquisas no âmbito nacional e internacional da abordagem CTS/CTSA no Ensino de Ciências. Dentro dessa abordagem, problematizam-se as questões sociocientíficas-tecnológicas e a necessidade de avançar para o ativismo sociocientífico fundamentado.

#### **3.2.1 O Movimento CTS e a Necessidade de Passarmos para a Ação<sup>29</sup>**

O movimento CTS é uma área de estudo em construção (constante evolução e transformação) que emergiu no final da década de 1960 e início dos anos de 1970, a partir de discussões de correntes de investigação em Sociologia e Filosofia da Ciência, como resposta

---

<sup>29</sup> Optou-se em apresentar de maneira sucinta um panorama sobre o movimento CTS, mesmo entendendo que esse processo já foi amplamente discutido em diversas perspectivas (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996; CEREZO, 1998; SANTOS; MORTIMER, 2000; AULER; BAZZO, 2001; BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; VON LINSINGEN, 2007; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; AULER; DELIZOICOV, 2015), dentre outros. Assim, buscou-se apontar alguns elementos considerados importantes para problematização dessa área em construção, no contexto atual, no sentido de potencializar práticas educativas CTS mais ativistas.

da comunidade acadêmica para contrapor o modelo de desenvolvimento tradicional e linear de CT (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

Para Koepsel (2003, p. 52), o movimento CTS surgiu como “uma forma de criticar e avaliar a ciência e a tecnologia dentro do contexto social”. A expressão CTS foi utilizada para evidenciar as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, abordando os aspectos sociais (valores e interesses) que influenciam na mudança científico e tecnológica, bem como as consequências e influências (a cultura, os valores e as instituições) para a sociedade e o meio ambiente do desenvolvimento da CT (VON LINSINGEN, 2007; MANSOUR, 2009).

O trabalho de Von Linsingen (2007) defende que o movimento CTS constitui uma área de trabalho de caráter crítico-reflexivo com relação à tradicional imagem essencialista da CT, e de uma perspectiva interdisciplinar para a qual concorrem disciplinas como a Filosofia da CT, a Sociologia do Conhecimento Científico, a Teoria da Educação e a Economia da Mudança Tecnológica. Mansour (2009) acredita que a abordagem CTS é um novo paradigma de educação em ciências. Já Chrispino (2017), por sua vez, aponta que a educação CTS é compreendida como uma abordagem curricular e uma opção política na educação.

Martínez Pérez (2012) defende que o surgimento desse movimento esteve amparado, principalmente, nas reivindicações de movimentos sociais, de organizações da sociedade civil e de ambientalistas, que buscavam contrapor os impactos negativos causados pelo desenvolvimento da CT diante da ordem vigente, em meados do século XX, que consistia nos conflitos bélicos, processos de dominação e controle cultural.

Em outras palavras, o movimento CTS se iniciou pelas situações desfavoráveis ocorridas no âmbito social e ambiental, causadas pelo desenvolvimento da CT, como a degradação ambiental e os aspectos relacionados a guerras (pesquisa e criação de armas nucleares, armas biológicas e químicas) e as revoluções industriais<sup>30</sup>. Assim, o avanço científico e tecnológico não proporcionou apenas benefícios para a sociedade, mas, também, incertezas, desafios, riscos e aspectos negativos.

---

<sup>30</sup> Primeira revolução industrial (1760-1840) - provocada pela construção de ferrovias, invenção da máquina a vapor e produção mecânica. Segunda revolução (final do século XIX e início do século XX) - produção de aço, produtos químicos, origem da eletricidade e da linha de montagem, possibilitando a produção em massa. Terceira revolução - (começou na década de 1960) - foi impulsionada pelo desenvolvimento de semicondutores, da computação pessoal e da Internet (década de 1990). Quarta revolução industrial (teve início na virada do século XXI) - baseia-se na revolução digital, caracterizada pela Internet ubíqua e móvel, inteligência artificial, impressão em 3D/4D, Internet das coisas, robótica, veículos autônomos, nanotecnologia, biotecnologia, computação quântica, dentre outras características. É a fusão e interação das tecnologias dos mundos físico, digital e biológico (SCHWAB, 2019).

Para Cortez e Del Pino (2018), após a revolução industrial, as sociedades desenvolvidas receberam uma consistente influência da CT, fazendo com que esses grupos a partir da segunda metade do século XX, passassem a acreditar numa relação de qualidade de vida dependente da tecnologia.

Essa relação de dependência era baseada em uma concepção tradicional e linear de progresso. Tal concepção é fundamentada na visão positivista, ainda muito presente em diversas dimensões sociais, inclusive no Ensino de Ciências. Esse modelo linear de desenvolvimento, de acordo com alguns autores (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2006; CORTEZ; DEL PINO, 2018), pode ser assim expresso: + Ciência = + Tecnologia = + Riqueza = + Bem-estar social.

Nesse modelo “o desenvolvimento científico (DC) gera desenvolvimento tecnológico (DT), este gerando o desenvolvimento econômico (DE) que determina, por sua vez, o desenvolvimento social (DS - bem-estar social)” (AULER; DELIZOICOV, 2006, p. 340). Esse modelo linear reforça a concepção da suposta neutralidade da CT e das decisões tecnocráticas. Nesse processo, não há espaços para decisões mais democráticas, inclusivas e plurais, envolvendo CT.

Nesse contexto, o movimento CTS se posicionou fundamentalmente contrário à imagem tradicional e linear de progresso da CT, uma vez que seus fenômenos passaram a ser compreendidos como processo ou produto inerente à dinâmica social, em que os valores, convicções religiosas, intencionalidades, pressões econômicas e interesses políticos desempenharam um papel decisivo na criação e consolidação das ideias científicas e dos artefatos tecnológicos (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; VON LINSINGEN, 2007). Essa nova percepção da CT colocou em “xeque” o modelo linear de progresso.

Esse (re) pensar do processo de desenvolvimento da ciência e da tecnologia e a desconfiança da população sobre elas foram potencializadas após a segunda guerra mundial, quando o governo dos Estados Unidos utilizou armas nucleares, lançando duas bombas atômicas sobre as cidades de Hiroshima (6 de agosto) e de Nagasaki (9 de agosto), no Japão, no ano de 1945, matando mais de 150000 mil indivíduos. Também, destaca-se os acontecimentos nos campos de concentração em Auschwitz e o holocausto, na década de 1940 (MANSOUR, 2009).

Tais exemplos, envolvendo os aspectos negativos da produção de CT, começaram a chamar mais a atenção em detrimento de seus benefícios (KOEPSEL, 2003), o que estimulou a necessidade de um novo olhar, isso é, um (re) pensar crítico sobre o papel das complexas relações da CT na sociedade.

Com essas consequências extremas, grupos de ativistas iniciaram manifestações, questionando esse processo. Logo em seguida, vozes que representavam a CT também apontavam a necessidade de uma discussão mais ampla de seu papel. Assim, diversas publicações surgiram, evidenciando os problemas sociais e ambientais do desenvolvimento científico e tecnológico, contribuindo para o surgimento do movimento CTS, como as apresentadas a seguir:

- ✓ *The Hidden Persuaders* (Os Persuasores Escondidos) (1957) - Vance Packard, já apontava que a indústria de propaganda desenvolvia, artificialmente, as necessidades e demandas para incentivar o consumismo.
- ✓ *Silent Spring* (Primavera Silenciosa), em 1958 e publicada em 1962 - Rachel Carson;
- ✓ *The Closing Circle: Nature, Man, and Technology* (O Círculo de Encerramento: Natureza, Homem e Tecnologia) (1971) - Barry Commoner;
- ✓ *The Population Bomb* (A Bomba Populacional) (1978) - Paul R. Ehrlich.

Essas obras, de maneira geral, buscavam chamar a atenção da sociedade para as consequências do desenvolvimento da CT sem uma avaliação e reflexão mais democrática. Os trabalhos de Carson e Commoner mostravam a preocupação dos autores em relação à utilização em larga escala, por exemplo, do pesticida organoclorado diclorodifeniltricloroetano (sigla DDT<sup>31</sup>) e suas consequências para o meio ambiente e a saúde dos animais e seres humanos. A obra de Carson (1962) alimentou as reações dos movimentos sociais, tais como ecologistas, pacifistas e da contracultura (VON LINSINGEN, 2007).

Conforme Chrispino (2017), nesse período da história, surgiram vários grupos denominados ativistas, que buscavam chamar a atenção para os riscos a que os cidadãos estavam expostos em relação ao desenvolvimento da CT. Os mais importantes movimentos falavam, principalmente, sobre energia nuclear e seus riscos, mísseis balísticos, transporte

---

<sup>31</sup> No Brasil, apenas em 2009, a Lei nº 11.936 proíbe, em todo o território nacional, a fabricação, a importação, a exportação, a manutenção em estoque, a comercialização e o uso do DDT. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11936.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11936.htm). Acesso em: 17 maio 2020.

supersônico, clorofluorcarbonos (CFCs) usados em aerossóis, impactos das pesquisas genéticas, dentre tantas outras.

É importante destacar, ainda, conforme Koepsel (2003) e Auler (2007), que um dos objetivos centrais do movimento CTS (ou pelo menos deveria ser) corresponde à tomada de decisão em um outro plano, isso é, estimulando decisões sociais mais democráticas e menos tecnocráticas sobre CT. Entende-se que, para isso, é preciso resgatar e potencializar um olhar mais ativista da CTS (ou seja, deve-se passar a ação), na educação e nas políticas públicas.

Por esse motivo, a população deve estar alfabetizada científica e tecnologicamente, exigindo, assim a construção de práticas educativas, políticas públicas e mecanismos para uma maior participação social na tomada de decisão sobre QSCT, o que pode contribuir para uma reestruturação nas relações de poderes e forças presentes na sociedade sobre CT.

Para Auler e Bazzo (2001), outra publicação, com objetivo diferente, mas considerada como marco importante para o movimento CTS, foi a obra intitulada “*The Structure of Scientific Revolutions*” (A Estrutura das Revoluções Científicas), publicada em 1962, de autoria do Físico e Filósofo da Ciência Thomas Samuel Kuhn.

Kuhn (1997) demonstrou que as ciências são construções humanas, sociais e históricas, possibilitando reflexões epistemológicas da História e da Filosofia da Ciência e uma nova compreensão em relação aos processos do desenvolvimento científico.

Além dessas obras elementares para as discussões do movimento CTS, três vertentes/tradições contribuíram para caracterização desse movimento: as vertentes Americana, Europeia (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; KOEPESEL, 2003; BAZZO, 2014) e a Latino-Americana (VACCAREZZA, 1998; VON LINSINGEN, 2007).

A vertente de origem Americana de CTS apresentava um caráter prático e valorativo, um viés mais ativista, com manifestações de rua, “boletins informativos, revistas e livros polêmicos e alguns protestos” (CORTEZ; DEL PINO, 2018, p. 31). Esta vertente centrava suas preocupações nas consequências para sociedade e meio ambiente das transformações científico-tecnológica (KOEPESEL, 2003).

Na vertente de origem Europeia (com um caráter mais acadêmico, teórico e descritivo) buscava-se compreender como a diversidade dos aspectos sociais, econômicos, ideológicos, políticos, produtivos, religiosos, ambientais, éticos, dentre outros influenciam na evolução e/ou transformação científico-tecnológica (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; KOEPESEL, 2003).

Já nas discussões sobre as inter-relações CTS na América Latina, o que foi denominado mais tarde como Pensamento Latino Americano de CTS (PLACTS), direciona-se



para as políticas públicas e a gestão sobre CT em um contexto mais local (DAGNINO; THOMAS; DAVYT, 1996; SILVA, 2015).

No contexto brasileiro, a articulação entre o movimento CTS e o pensamento educacional de Paulo Freire, em uma abordagem interdisciplinar, é uma práxis que pode favorecer a compreensão ampliada da não neutralidade da CT e a construção de um processo educacional ampliado e contra-hegemônico. Essa práxis educacional apresenta as categorias diálogo e a problematização como centrais. Os temas geradores (contradições locais presentes na sociedade mais ampla) são os eixos estruturantes do currículo, os quais são obtidos por meio de uma investigação temática com a comunidade escolar. A curiosidade epistemológica é outra categoria e está presente no processo de criar e executar currículos, ligada ao querer conhecer e a uma predisposição engajada em relação ao objeto de estudo, o que é materializada no tema gerador (AULER, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2015).

Essas duas práxis possuem pressupostos comuns e complementares. Freire trabalha as dimensões dialógicas e problematizadoras na educação, mas não aprofunda as discussões sobre CT. Já o movimento CTS possui como foco a CT, mas se encontra afastado da educação. Em relação aos pressupostos comuns, ambos postulam a necessidade de superação da dicotomia entre quem concebe e quem executa (AULER, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2015).

Portanto, essa articulação entre o movimento CTS e a práxis educacional de Freire pode ajudar em uma análise crítica, compreensão, desvelamento e superação dos discursos, processos e projetos hegemônicos que envolvem as QSCT, contribuindo, dessa forma, para superação do modelo linear de progresso da CT, da suposta neutralidade da CT, da dicotomia entre concepção e execução e uma leitura mais crítica e consciente da realidade social e educacional.

Em outras palavras, essa articulação se constitui em uma nova práxis, contribuindo para uma educação científica-tecnológica crítica, capaz de dar voz e vez a diferentes atores sociais, estimulando a criação de mecanismos e uma maior participação social na tomada de decisão na agenda de pesquisa em CT. Além disso, esse processo contribui para a superação do reducionismo em encaminhamentos no movimento CTS na educação (AULER, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2015).

Nesse contexto, desde suas origens (as vertentes Americana, Europeia e Latino-Americana), os programas e estudos CTS têm se desenvolvido, principalmente, em três direções centrais: no campo da pesquisa, nas políticas públicas e na educação (GARCÍA; CERESO; LÓPEZ, 1996; CERESO, 1998).

No campo da pesquisa/investigação acadêmica, os estudos CTS têm sido propostos como uma alternativa para reflexão acadêmica tradicional/clássica sobre filosofia e sociologia da CT, promovendo, assim, uma nova visão não essencialista, salvacionista e triunfalista, e socialmente contextualizada da atividade científica e tecnológica, como um projeto social.

Em relação às políticas públicas, os estudos CTS têm defendido a regulamentação social da CT, promovendo (ou pelo menos deveria) a criação de diferentes mecanismos democráticos que facilitam o processo de tomada de decisão sobre questões relacionadas às políticas científica-tecnológica. No campo da educação, com essa nova imagem de CT na sociedade, cristalizou na aparência o surgimento de programas, disciplinas e materiais CTS no ensino médio e na universidade em diversos países.

É importante destacar, a partir desse breve panorama, a elementaridade do movimento CTS na busca desse olhar mais crítico-reflexivo sobre o desenvolvimento da CT e seus papéis na sociedade. Entende-se que essa área de estudo, em constante evolução e construção, possui um papel central na compreensão e modelagem da quarta revolução industrial (revolução tecnológica) que estamos vivendo no século XXI e que vai implicar, profundamente, a maneira como vivemos, trabalhamos, nos comunicamos e nos relacionamos (SCHWAB, 2019).

É nesse contexto que se defende que é hora de passar à ação social fundamentada, reivindicando processos mais democráticos de tomada de decisão e práticas educativas CTS, para emancipação e o empoderamento político e social dos cidadãos. Porém, para isso, há necessidade de uma formação/capacitação dos cidadãos para a ação social consciente e responsável, o que pode ser alcançado, por exemplo, pela problematização do ASC fundamentado e/ou do ativismo CTS na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

Na subseção a seguir, apresenta-se a necessidade de ampliar a materialização da teoria em práticas na abordagem CTS.

### 3.2.1.1 Ativismo CTS

O movimento CTS desde sua origem e no processo de seu desenvolvimento nos principais campos (pesquisa, política e educação) buscou a construção de um olhar mais crítico-reflexivo sobre o papel da CT na sociedade e de suas inter-relações CTS. Tal processo foi pautado por reivindicações de movimentos sociais, organizações da sociedade civil, de

cientistas e pesquisadores, ao longo dos tempos. Esses atores sociais realizaram ações individuais e/ou coletivas para mudar o *status quo* estabelecido sobre CT e suas implicações.

Para Cutcliffe (2003), o movimento CTS é uma área de estudo ativista e interdisciplinar, com orientação em problemas que visam ao entendimento e a respostas sobre as complexidades envolvendo a CT na sociedade contemporânea. Assim, o movimento CTS pode ser considerado uma área progressista, democrática, investigativa, propositiva, interdisciplinar e ativista. Entende-se, portanto, que esse movimento tem um forte cunho ativista, uma vez que possui a intenção de promover, impedir ou direcionar mudanças em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Essa dimensão ativista (proposição e ação) e os aspectos relacionados a valores, ideologias, éticos, morais e crenças estavam presentes, fortemente, nas discussões sobre a produção de CT, no início do movimento CTS. No entanto, observa-se, atualmente, que essas discussões perderam força, muitas vezes, limitando a avaliação pós-produção de CT (SANTOS; AULER, 2019).

Nesse sentido, os pesquisadores e professores Lopez Cerezo (2010)<sup>32</sup> e Bazzo (2010)<sup>33</sup>, na seção *Opinión da Organización de Estados Iberoamericanos para a Educação, a Ciência e a Cultura* (OEI), apontam preocupações e a necessidade de fecundação do ativismo CTS na Educação/Ensino de Ciências.

Conforme Lopez Cerezo (2010), nos últimos 40-50 anos, acumulou-se uma grande quantidade de contribuições na literatura sobre como transformar as relações entre CTS, o que pode ser compreendido como uma variedade da teoria da ação. Para o aludido autor, essas contribuições se limitam, muitas vezes, a interpretar essas inter-relações CTS e não alcançam a materialização da teoria em prática.

Bazzo (2010) e Lopez Cerezo (2010) reconhecem a importância da reflexão na literatura CTS e afirmam que inúmeras propostas alcançaram o horizonte da prática. Para os autores, as reformas no Ensino de Ciências seguem redescobrimo a roda, periodicamente, provocando pouca ou nenhuma mudança. A participação social não consegue passar a fronteira da consulta de informações.

---

<sup>32</sup> LOPEZ CERERO, J. A. L. Es hora de pasar a la acción? **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología e Sociedad**, OEI, 2010. Disponível em: <http://www.revistacts.net/el-debate-pasar-a-la-accion-la-proxima-meta/>. Acesso em: 15 fev. 2022.

<sup>33</sup> BAZZO, W. A. Porém, como passar à ação? Não estamos fazendo isso? **Divulgación y cultura científica Iberoamericana**, OEI, 2010. Disponível em: <https://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/opinion0056.htm>. Acesso em: 26 jun. 2020.

O cidadão comum (não especialista) é privado de participar do processo de tomada de decisões sobre políticas envolvendo CT. Essas decisões são tomadas por tecnocratas (especialistas) que, muitas vezes, atendem apenas os interesses corporativos, políticos e econômicos, em detrimento dos interesses sociais (LOPEZ CERREZO, 2010).

Assim, faz-se necessário tornar efetivo o ativismo CTS em sala de aula nas Ciências da Natureza. Hodson (1998) já alertava que o currículo CTS pode ajudar na construção de uma ACT dos cidadãos, porém, sem capacitar para ação social fundamentada sobre problemas envolvendo CT, esse currículo é incompleto.

Para a fecundação do ativismo CTS, Bazzo (2010) alerta para a necessidade desse enfoque não se perder em modismo ou palavra de ordem, bem como na falta de conceitos sedimentados do propósito da abordagem CTS. Segundo esse autor, não se trata de remendos no currículo, muito menos da inclusão apenas do aspecto social como palavra de ordem nos currículos científicos e tecnológicos.

Lopez Cerezo (2010) acredita que realizar apenas uma ação para tentar mudar um estado de coisas sobre CT não engloba o escopo do ativismo CTS, pois esse precisa se basear na compreensão crítica de algum aspecto das complexas e controversas relações entre ciência-tecnologia-natureza-sociedade, afim de mudar a realidade para melhor.

Conforme Bazzo (2010), para dar conta da problematização do ativismo CTS, há necessidade de uma postura docente epistemológica, o qual deve conceber a CT como construto histórico-político-social. Concorda-se com o autor, quando esse afirma que a base para esse processo é o ativismo CTS fazer parte da formação de professores, pesquisadores, cientistas e cidadãos comuns (não especialistas).

Essa necessidade de estimular, portanto, uma maior participação e ações sociais fundamentadas para a tomada de decisão mais democráticas, inclusivas e plurais no contexto educacional e comunitário, envolvendo a CT, vem sendo sentida por vários autores (HODSON, 1998; 2003; BARTON; TAN, 2010; REIS, 2013). Entende-se que, por esse motivo, houve uma aproximação do ativismo no Ensino de Ciências, surgindo, assim, a perspectiva do ativismo sociocientífico e/ou ações sociopolíticas com vários trabalhos significativos desenvolvidos (HODSON, 1998; 2003; 2014; REIS, 2013; ALSOP; BENCZE, 2014; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014; BAPTISTA; REIS; ANDRADE, 2018).

### 3.2.2 A Abordagem CTS no Ensino de Ciências

As relações entre CTS são abordadas e consideradas em propostas curriculares no Ensino de Ciências e nas práticas educativas de professores no mundo inteiro. Para Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), desde o início, um dos principais campos de atuação e ação social do movimento CTS foi a educação. Esse campo necessita de uma renovação na estrutura do currículo e das práticas educativas dos professores.

Muitos pesquisadores apontam para a necessidade de englobar a abordagem das inter-relações CTS no Ensino de Ciências para o desenvolvimento de uma alfabetização científica/alfabetização científica-tecnológica (PELLA; O'HEARN; GALE, 1966; HODSON, 1998; JENKINS, 1999; AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003; SASSERON; CARVALHO, 2011; COSTA, 2018; ARAGÃO, 2019).

Essas considerações também aparecem em reformas curriculares na área de Ciências da Natureza na educação básica, visando desenvolver uma alfabetização científica (AAAS, 2001; BRASIL, 2000; 2018).

O Ensino de Ciências com abordagem CTS está vinculada à educação científica e tecnológica do cidadão (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Para Waks (1987), um dos objetivos principais de uma educação CTS consiste em compreender o contexto da CT e fornecer aos estudantes os alicerces intelectuais para uma cidadania responsável.

Assim, os significados do ensino na abordagem CTS podem ser melhor compreendidos pelos Quadros (6 e 7) apresentados a seguir. O Quadro 6 apresenta as principais diferenças entre o Ensino de Ciências clássico e o ensino na abordagem CTS.

**Quadro 6 - Ensino de Ciência clássico e na abordagem CTS**

<b>Ensino clássico de ciências</b>	<b>Ensino de CTS</b>
1. Organização conceitual da matéria a ser estudada (conceito de física, química e biologia).	1. Organização da matéria em temas tecnológicos e sociais.
2. Investigação, observação, experimentação, coleta de dados e descoberta como método científico.	2. Potencialidades e limitações da tecnologia no que diz respeito ao bem comum.
3. Ciência, um conjunto de princípios, um modo de explicar o universo, com uma série de conceitos e esquemas conceituais interligados.	3. Exploração, uso e decisões são submetidas a julgamento de valor.
4. Busca da verdade científica sem perder a praticabilidade e a aplicabilidade.	4. Prevenção de consequências a longo prazo.
5. Ciência como um processo, uma atividade universal, um corpo de conhecimento.	5. Desenvolvimento tecnológico, embora impossível sem a ciência, depende mais das decisões humanas deliberadas.
6. Ênfase à teoria para articulá-la com a prática.	6. Ênfase à prática para chegar à teoria.

7. Lida com fenômenos isolados, usualmente do ponto de vista disciplinar, análise dos fatos, exato e imparcial.	7. Lida com problemas verdadeiros no seu contexto real (abordagem interdisciplinar).
8. Busca, principalmente, novos conhecimentos para a compreensão do mundo natural, um espírito caracterizado pela ânsia de conhecer e compreender.	8. Busca principalmente implicações sociais dos problemas tecnológicos; tecnologia para a ação social.

Fonte: Zoller e Watson (1974, p. 110, tradução nossa)

Na abordagem clássica, o ensino é caracterizado pela organização do currículo focado no conteúdo específico de ciências. Já na abordagem CTS, a organização do conteúdo é focada em temas sociais e/ou questões sociocientíficas-tecnológicas com interesse da sociedade, visando compreender as implicações sociais do desenvolvimento da CT. Essa compreensão é importante para embasar a ação social na realidade concreta.

Para Santos e Schnetzler (2010), a caracterização de CTS envolve o estudo da Natureza da Ciência-Tecnologia (NdaCT) e a natureza da sociedade e suas inter-relações, para que o estudante compreenda a interdependência das dinâmicas da tríade CTS, a partir de uma perspectiva social. Assim, mostram-se alguns aspectos considerados relevantes para abordar as inter-relações CTS em sala de aula (Quadro 7).

**Quadro 7 - Os nove aspectos da abordagem das inter-relações CTS**

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1. Natureza da Ciência	Ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social.
2. Natureza da Tecnologia	Tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia.
3. Natureza da Sociedade	A sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas.
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
5. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida desse grupo.
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Através de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
7. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	Os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas.
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: McKavanagh e Maher<sup>34</sup> (1982, p. 72), citado e traduzido por Santos e Schnetzler (2010, p. 69)

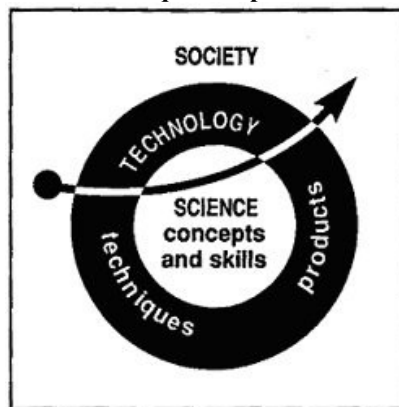
<sup>34</sup> McKAVANAGH, C.; MAHER, M. Challenges to science Education and the STS response. *The Australian Science Teachers Journal*, v. 28, n. 2, p. 69-73, 1982.

Esses aspectos são elementares em uma proposta com abordagem CTS e deveriam ser problematizadas na formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza. No entanto, entende-se a necessidade de ir além de sua discussão, isso é, avançar para o ativismo fundamentado individual e/ou coletivo na realidade educacional e comunitária, com relação as questões sociocientíficas-tecnológicas, visando estimular uma tomada de decisão mais crítica e a formação de uma cidadania mais responsável e ativa.

O Ensino/Educação CTS contribui para alcançar a ACT ampliada em sala de aula, porém, o currículo CTS precisa ir além da avaliação dos impactos sociais dos produtos da CT (SANTOS; AULER, 2019), estimulando o envolvimento dos estudantes/acadêmicos em ações práticas na realidade social, em diferentes contextos (como os ambientais, científicos, políticos, econômicos, éticos, tecnológicos, dentre outros), caso contrário, esse currículo será incompleto (HODSON, 1998), o que justifica a inclusão do ativismo fundamentado nas discussões.

Conforme Aikenhead (1994), os materiais CTS utilizados no ensino dessa abordagem podem ser organizados por meio de uma sequência, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 - Proposta de uma sequência para o Ensino de Ciências CTS



Fonte: Aikenhead (1994)

Para esse autor, essa sequência, como é sugerida pela seta, começa no contexto da sociedade (*society*) pela introdução de uma questão social ou uma situação problema. Essa questão cria a necessidade de conhecimentos sobre tecnologia (*technology*), englobando as técnicas (*techniques*) e os produtos (*products*), isso é, a área de cor preta na figura. Todavia, sociedade e tecnologia geram a necessidade de se conhecer os conceitos e habilidades científicas (*science concepts and skills*).

Em outras palavras, a sequência tem início no contexto social, passa pelos conhecimentos da tecnologia e da ciência, posteriormente, revisita à tecnologia. Com base nos conhecimentos científicos, os estudantes podem entender a tecnologia de maneira mais abrangente, isso é, fazendo correlação entre CT.

A seta termina novamente no contexto social. Nesse passo, os estudantes abordam, novamente, a questão social ou situação problema e, na sequência, tomam uma decisão de maneira fundamentada, envolvendo: i) um entendimento mais abrangente da ciência; ii) uma compreensão da tecnologia relevante; e, iii) uma consciência dos valores de orientação (AIKENHEAD, 1994).

Essa proposta de Aikenhead (1994) influenciou fortemente a construção do MABI teórico-prática, pois destaca a dimensão tecnológica, por vezes, esquecidas e silenciadas nas discussões na área CTS. Além disso, os conhecimentos científicos e os tecnológicos são utilizados para tomada de decisão mais crítica, possuindo, assim, um papel transformador na compreensão da questão social (AULER, 2003).

Pedretti e Nazir (2011), nesse contexto, realizaram uma revisão da literatura a partir de publicações acadêmicas e práticas educacionais, no ensino CTS<sup>35</sup>, desenvolvidas nos últimos 40 anos de debate, desenvolvimento curricular, implementação e investigação, no âmbito internacional, com o objetivo de fornecer uma caracterização do ensino CTS na forma de correntes educacionais e alicerces para professores e pesquisadores utilizarem em suas análises e práticas educativas nesta área.

As referidas autoras, ao longo da análise dos trabalhos investigados, exploraram categorias em forma de seis correntes educacionais, quais sejam: aplicação/projeto; histórica; raciocínio lógico; centrada em valores; sociocultural; e, *socioecojustice*. Conforme Pedretti e Nazir (2011, p. 603, tradução nossa), a educação CTS é um vasto oceano de ideias, princípios e práticas que se sobrepõem e se misturam.

Não existem correntes mutuamente exclusivas, mas sim correntes ou coleções discerníveis de ideias que se juntam para formar rotas potenciais disponíveis para professores e acadêmicos enquanto navegam pelas águas do CTSA. Essas correntes

---

<sup>35</sup> As autoras Pedretti e Nazir (2011) utilizaram em sua pesquisa o termo CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), justificando que o movimento começou com CTS e que depois alguns pesquisadores incluíram o vocábulo Ambiente. Todavia, neste trabalho, optou-se em utilizar o termo CTS, pois se entende que a dimensão sociedade já engloba os contextos ambientais, políticos, morais, culturais, econômicos, éticos, ideológicos e produtivos.



não são fixas, mas estão constantemente em mudança e mudando. Algumas correntes se dissolvem, enquanto outras ideias mais substantivas podem se fundir para formar novas correntes.

A caracterização dessas seis correntes educacionais foi realizada, analisando-se os seguintes critérios: o foco, os objetivos na educação científica, a abordagem dominante e exemplos de estratégias presentes nos trabalhos investigados. O foco descreve as características da corrente. Os objetivos da educação científica referem-se ao conjunto de objetivos, geralmente relacionados à alfabetização científica, ao passo que a abordagem dominante aponta um conjunto de descritores que mostram o foco educacional da corrente. Por sua vez, as estratégias ilustram modelos pedagógicos e fornecem exemplos de práticas educativas (PEDRETTI; NAZIR, 2011).

Esse conjunto de características em forma de correntes (descrição do foco e objetivos) são apresentados a seguir, no Quadro 8:

**Quadro 8 - Conjunto de características organizadas em seis correntes sobre o ensino CTS**

<b>Correntes</b>	<b>Descrição</b>
Aplicação/ Projeto	Foco - solução prática de problemas, por meio de projetos de novas tecnologias ou transformação/adaptação de tecnologias existentes. As atividades de aplicação/projeto são apresentadas para os estudantes na forma de problemas. É necessário considerar, nesta corrente, o perigo de se reforçar uma visão salvacionista da CT. Objetivos na educação científica - resolver problemas práticos, transmitir o conhecimento científico de maneira disciplinar e desenvolver habilidades técnicas e de investigação.
Histórica	Foco - inserção histórica e sociocultural das ideias científicas e tecnológicas e do trabalho dos cientistas. As discussões sobre a natureza da ciência e a promoção da ciência como inerente no meio social e necessária. Objetivos na educação científica - estimular as conquistas culturais e intelectuais, o valor intrínseco (interessante e emocionante).
Raciocínio lógico	<u>Foco</u> - melhora na tomada de decisão sobre questões sociocientíficas, por meio da consideração de evidências empíricas, estimulando os estudantes a pensar como cientistas. As principais críticas a essa corrente referem-se ao fato de que são deixados de lado fatores não lógicos, como: os sentimentos, valores, espiritualidade, normas culturais e políticas. Além disso, é necessário tomar cuidado com tratamento reducionista do raciocínio lógico, pois podem fornecer uma visão fria, linear e mecanicista da ciência (PEDRETTI; NAZIR, 2011). Objetivos na educação científica - promover a cidadania, a responsabilidade cívica, a tomada de decisão (pessoal e social) e a transação de ideias.
Centrada em valores	Foco - compreensão de problemas, bem como a tomada de decisão sobre questões sociocientíficas, por meio da consideração da ética e do raciocínio moral. Objetivos na educação científica - promover a cidadania, a responsabilidade cívica, a tomada de decisão (pessoal e social) e a transação de ideias.
Sociocultural	Foco - compreensão da CT como existentes em um contexto sociocultural mais amplo e que interage com outros conhecimentos. Objetivos na educação científica - entender a ciência e a tecnologia como existentes em uma dinâmica social e cultural.
<i>Socioecojusti ce</i>	Foco - melhora na resolução crítica de problemas socioecológicos, por meio da ação humana. O ativismo sociocientífico e/ou ação sociopolítica, por meio do reconhecimento das implicações da CT na sociedade e meio ambiente, a fim de promover a transformação social e a emancipação dos sujeitos. Em outras palavras, busca criticar e abordar QSC por meio de ações práticas diretas e/ou indiretas.

Objetivos na educação científica - promover a cidadania, a responsabilidade cívica, a resolução de problemas e a transformação/agência/emancipação.
---

**Fonte: Adaptado de Pedretti e Nazir (2011)**

As características de cada perspectiva fornecem uma estrutura, por meio da qual, os professores e pesquisadores podem examinar, criticar e implementar o ensino CTS em suas realidades e contexto (PEDRETTI; NAZIR, 2011). As correntes educativas sociocultural e *socioecojustice* se aproximam do que se defende neste trabalho, pois esta perspectiva busca ir além da identificação das implicações sociais dos produtos da CT sobre QSCT, isso é, estimula a resolução de problemas por meio da ação social prática (ativismo sociocientífico).

Todavia, muitas pessoas desconfiam do paradoxo ideológico que parece existir na perspectiva *socioecojustice*, pois por um lado, enfatiza a emancipação e o empoderamento dos sujeitos; mas por outro, insiste que isso só pode ser alcançado dentro de uma estrutura filosófica mais específica de doutrinação. Assim, um dos desafios enfrentados pelos professores de ciências que decidem trabalhar dentro dessa corrente parece estar em negociar a tensão de planejar atividades que andem em uma linha tênue entre o empoderamento/emancipação e a doutrinação (PEDRETTI; NAZIR, 2011).

Pedretti e Nazir (2011) apontam como princípio da educação CTS a importância de ampliar o conceito de AC, incluindo: o processo de tomada de decisão fundamentada; a capacidade de analisar, sintetizar e avaliar informações; as perspectivas da natureza da ciência; o acoplamento de ciência, ética e raciocínio moral; e, a ação social das pessoas na realidade.

Em outras palavras, conclui-se que o ensino de ciências na abordagem CTS é o ensino que busca desenvolver a tomada de decisão mais fundamentada e uma cidadania mais responsável, problematizando as contradições sociais, projetos e processos hegemônicos que afetam a sociedade.

Com base em diversos professores e pesquisadores que dão ênfase à formação para a cidadania no contexto educativo (ZOLLER; WATSON, 1974; HODSON, 1998; SANTOS; MORTIMER, 2000; AULER; DELIZOICOV, 2001; SANTOS, 2005; PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS; AULER, 2019), apresenta-se, a seguir, uma síntese dos principais objetivos CTS:

- ✓ formar para a cidadania, preparando a população para participar, de maneira ativa e propositiva, de uma sociedade democrática, em que o cidadão é um agente de mudança;

- ✓ questionar a distinção entre conhecimento teórico e prático, bem como de sua distribuição entre ‘os que pensam’ e ‘os que executam’, evitando, assim, um sistema de ensino dúbio;
- ✓ compreender os conceitos e significados científicos e tecnológicos como fundamento para a tomada de decisão mais crítica e fundamentada;
- ✓ desenvolver a capacidade de tomada de decisão para a resolução de problemas complexos que envolvem os contextos sociais, científicos, econômicos, tecnológicos, ambientais, éticos, político e produtivos no âmbito educativo e na realidade social;
- ✓ combater a fragmentação do conhecimento em todos os níveis de ensino;
- ✓ questionar as formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza e a sociedade para uma constante reflexão;
- ✓ compreender a natureza da ciência-tecnologia e de seus papéis na sociedade (ACEVEDO-DÍAZ, *et al.*, 2007);
- ✓ preparar os estudantes para participação em sistemas políticos e socioeconômicos;
- ✓ favorecer a promoção de uma ACT;
- ✓ promover uma autêntica democratização do conhecimento de CT, integrando a atividade produtiva das comunidades de forma crítica;
- ✓ capacitar as pessoas para analisar, sintetizar e avaliar informações (PEDRETTI; NAZIR, 2011).
- ✓ entender as inter-relações CTS sobre CT que afetam a sociedade;
- ✓ problematizar a suposta concepção de neutralidade e o modelo linear de progresso da CT, visando desvelar os processos, projetos e discursos ideológicos vinculados à QSCT;
- ✓ desenvolver a autonomia intelectual e a responsabilidade social dos cidadãos.

Estes objetivos almejados na educação por meio da abordagem CTS, no Ensino de Ciências, são fundamentais para o desenvolvimento de uma cidadania mais responsável e participativa (WAKS, 1987; HODSON, 1998; HURD, 1998; LINHARES; REIS, 2018) e um engajamento discente mais ativo no processo de tomada de decisão mais fundamentada, uma maior autonomia intelectual e para o ativismo fundamentado sobre questões sociocientíficas-tecnológicas que afetam a sociedade.

### 3.2.3 Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (QSCT)<sup>36</sup>

As questões sociocientíficas provaram ter um papel fundamental para o desenvolvimento de uma alfabetização científica dos estudantes, dentro da comunidade de educação científica, nas últimas duas décadas (HODSON, 2018; ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019), contribuindo para construção de uma imagem mais realista e humana da atividade científico-tecnológica e para promoção de habilidades, conhecimentos e atitudes essenciais a uma cidadania mais ativa e responsável (KOLSTOE, 2001).

Assim, um dos principais objetivos almejados no Ensino de Ciências é a AC/ACT dos discentes. Essa alfabetização consiste na formação de pessoas para enfrentar questões do cotidiano com base científica e/ou tecnológica de maneira ativa, fundamentada e crítica, na tomada de decisão e posicionamento em sociedade (HODSON, 2018).

A compressão do que é a ciência e de como ela é produzida são elementares para a participação dos cidadãos na avaliação dos projetos e propostas, envolvendo a CT. Uma maior participação, de maneira inclusiva, democrática e plural no processo de decisão é um elemento central para modelos de sociedade democrática (KOLSTOE, 2001; REIS, 2013).

Nesse sentido, as questões sociocientíficas têm sido defendidas por vários pesquisadores/professores na área de Ensino de Ciências (SADLER, 2004; SADLER, 2009; SÁ, 2010; MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; SANTOS; CARVALHO, 2012; REIS, 2013; HODSON, 2014; 2018; SILVA, 2016; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Em trabalho recente, Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021)<sup>37</sup> alertam que as discussões da dimensão tecnológica e suas relações sistêmicas podem estar sendo silenciadas na abordagem das questões sociocientíficas e na própria área CTS. Esse silenciamento favorece uma concepção limitada e/ou fortalece uma visão da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso da CT.

A exclusão nas discussões da dimensão tecnológica leva a uma compreensão incompleta da natureza da ciência-tecnologia (ACEVEDO, 2000). Caso esse silenciamento e

---

<sup>36</sup> Optou-se em utilizar o termo QSCT para destacar a necessidade de inclusão, de maneira explícita, da dimensão tecnológica (conceito, natureza, produtos, sistemas e processos) nas discussões. Entende-se que as controvérsias nas referidas questões emergem, necessariamente, das complexas inter-relações entre CTS. Todavia, observa-se que, na abordagem das questões sociocientíficas, a dimensão tecnológica não é discutida.

<sup>37</sup> Tais reflexões foram aprofundadas no artigo “Ativismo sociocientífico e questões sociocientíficas no ensino de ciências: e a dimensão tecnológica?” (Cf. PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021), disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/JWLHDqC9YjPwwwQj3SZFWyH/>. Acesso: 25 nov. 2021.

essas omissões permaneçam, posturas passivas poderão ser reforçadas (ROSA; STRIEDER, 2019). Esse processo pode contribuir para uma visão ingênua da atividade científico-tecnológica, impedindo uma maior participação social em processos decisórios sobre CT.

As QSCT são problemas ou situações complexas e controversas que surgem das inter-relações CTS, em que as pessoas/grupos possuem posicionamentos e ideias conflitantes sobre essas questões com base em valores, vivências, emoções, dados empíricos e visões midiáticas. As referidas questões englobam os contextos sociais, políticos, produtivos, ideológicos, científicos, tecnológicos, culturais, ambientais, econômicos e as preocupações com os aspectos ético-morais, de valores e emocionais, de maneira sistêmica. Os conhecimentos e processos da CT são elementares para análise, desvelamento e superação dos discursos, projetos e processos hegemônicos que envolvem essas questões (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Para Hodson (2018), as QSC, no currículo ciências e tecnologia, estimulam a motivação dos estudantes, a personalização da aprendizagem e melhoram a aprendizagem de conteúdos científico-tecnológicos, contextualizando a compreensão da natureza da ciência-tecnologia e envolvendo os estudantes em problemas ou situações reais. Além disso, possuem o potencial de possibilitar a discussão da epistemologia da ciência em sala de aula (SADLER, 2009; ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019).

Reis (2013) aponta que as controvérsias presentes nessas questões emergem, necessariamente, das complexas inter-relações entre CTS que dividem a sociedade, em que diferentes grupos possuem explicações, soluções e posicionamentos diferentes para os problemas. Essas questões envolvem valores, emoções, crenças, aspectos éticos e morais.

Em outras palavras, para esse autor, a questão passa a ser controvertida, quando a sociedade, de maneira geral, compreende os riscos das ações, por exemplo, governamentais e científicas [e tecnológicas], passando a fazer sentido para um grupo maior de pessoas que estão divididas entre os juízos de valores, dados empíricos, [visões midiáticas] e vivências (REIS, 1999).

No Ensino de Ciências, as QSC, quando discutidas, são construídas a partir de controvérsias, no contexto social, e sua compreensão ampliada ou resolução envolve diversos caminhos, diferentes soluções e articulação de conhecimentos científico-tecnológicos, econômicos, culturais, produtivos, políticos, sociais, ambientais, e a preocupação com aspectos ético-morais, de valores, religiosos e pessoais (SADLER, 2009; KELLY; LICONA, 2018; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

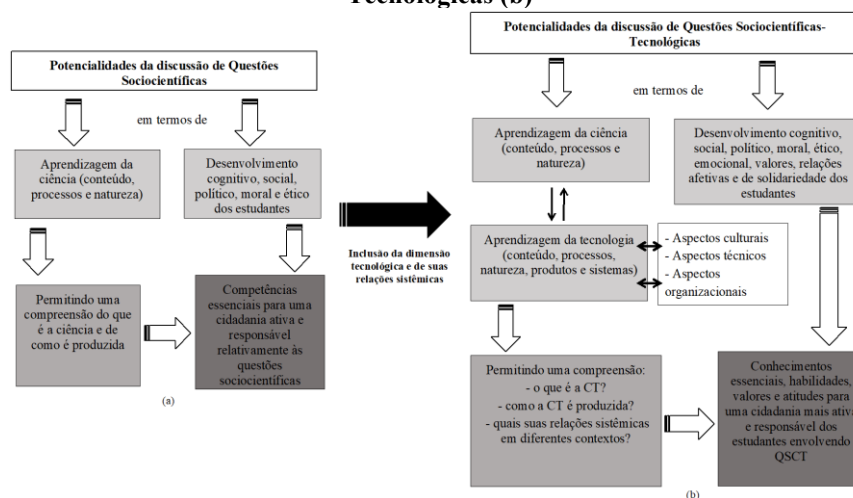
A discussão dessas questões não apenas levanta aspectos sobre o que “se pode” ou “se poderia” fazer, mas também sobre qual é a decisão “certa”. Assim, determinar a resposta adequada (o que nós devemos fazer) levanta questões e preocupações sobre moral (o que é certo ou errado fazer) e a ética (as razões e justificativas para julgar essas ações como sendo certas ou erradas) (HODSON, 2018).

Conforme Sadler (2004), o processo de compreensão ampliada e/ou resolução das QSC envolve o raciocínio informal. Esse raciocínio é utilizado para designar os modos utilizados pelos estudantes para defender ou apresentar seus pensamentos e ideias (pelo processo de negociação), quando estão trabalhando com uma QSC. Tal processo é associado a questões pessoais e morais, utilizadas quando é necessário julgar ou avaliar uma QSC (SILVA, 2016).

Para Sadler (2009), o objetivo da abordagem das QSC envolve a análise, avaliação e discussão de diferentes dimensões sobre a questão social controversa de caráter científico-tecnológico, bem como a necessidade de tomada de posicionamento sobre essa questão. Para compreensão ampliada e/ou resolução das QSC, há necessidade de se ir além da dimensão da CT, envolvendo o contexto social, ambiental, político, cultural e preocupações ético-morais.

Conforme Reis (2013), diversos estudos demonstram as possibilidades de discussão em sala de aula de controvérsias sociocientíficas, em termos de aprendizagem em ciência e do desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e éticos dos estudantes. Assim, com alicerce nesse autor, apresentam-se na Figura 6 as potencialidades, com inclusão explícita da tecnologia, nas discussões de QSCT.

**Figura 6 - Potencialidades das discussões de Questões Sociocientíficas (a) e das Questões Sociocientíficas-Tecnológicas (b)**



Fonte: Prsybciem, Silveira e Miquelin (2021)

Nesse contexto, as discussões das QSCT apresentam potencialidades em termos de aprendizagem da ciência e da tecnologia, favorecendo a compreensão dos conhecimentos científicos e tecnológicos, da natureza da ciência-tecnologia e dos procedimentos da investigação científica. As QSCT são inerentes aos contextos sociais, ambientais, produtivos, tecnológicos, científicos, políticos, ideológicos, culturais, econômicos e as preocupações com os aspectos morais-éticos, estéticos e sentimentos dos estudantes.

Por isso, a problematização das QSCT pode favorecer, também, o desenvolvimento cognitivo, social, político moral e ético (REIS, 2013), e das relações de solidariedade, afetivas, valores e emocionais dos estudantes, visando à construção de uma cidadania mais ativa e responsável (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Em outras palavras, precisa-se ir além da aprendizagem dos conteúdos e processos da ciência e da tecnologia, isso é, enquanto professores mediadores, deve-se levar em consideração os diversos contextos, as inter-relações entre CTS, as atitudes e as preocupações com as emoções, aspectos morais, éticos e sentimentos envolvidos nas discussões sobre QSCT. Essas questões são carregadas de valor, assim, é necessário que os estudantes se posicionem sobre elas.

Todavia, a problematização e as discussões sobre essas questões QSC (REIS, 2013) e QSCT (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021), em sala de aula, dependem de diversos fatores, como:

- concepções epistemológicas e didático-pedagógica dos professores/as sobre ciência, tecnologia, sociedade, cidadania, currículo, educação em ciências e a relevância na educação dessa proposta. A dimensão tecnológica deve englobar a natureza, os processos, os produtos, os discursos, os sistemas e suas relações sistêmicas);

- conhecimento didático-pedagógico dos professores/as relacionadas à concepção, gestão e avaliação das atividades de discussões em sala de aula. A importância dessas discussões na formação de futuros professores da área de Ciências da Natureza, estimulando o embasamento teórico, a reflexão das práticas educativas e a vivência nesse processo;

- conhecimentos dos professores/as sobre a natureza da ciência-tecnologia e as dimensões sociológicas, políticas, éticas, ideológicas e econômicas das QSCT e das preocupações com os aspectos morais, emocionais, valores e de sentimento envolvidos nessas questões;

- sistemas de avaliação que valorizem a discussão de QSCT.

Assim, para integração das QSCT no Ensino Ciências, deve-se estimular a problematização das dimensões epistêmicas, didáticas e pedagógicas. O conhecimento desses

fatores e/ou dimensões é essencial para a realização de intervenções capazes de apoiar os professores no planejamento, estruturação e implementação de atividades, propostas curriculares e de práticas educativas.

Portanto, as QSCT podem ajudar na promoção de uma alfabetização científico-tecnológica ampliada e na passagem para o ativismo fundamentado, pela conscientização crítica dos estudantes e professores no Ensino de Ciências. Essas questões podem ser integradas em sala de aula nas práticas educativas dos professores e nos currículos, com o objetivo de estimular maior envolvimento e participação ativa, democrática e inclusiva dos estudantes na tomada de decisão, envolvendo a CT nos processos educacionais (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

### 3.2.4 Ativismo e Ativismo Sociocientífico (ASC) Fundamentado

A palavra ativismo tem origem no termo em latim *activus*; de *actus*, “alguma coisa feita”, de *agere*, “agir, realizar, fazer, colocar em movimento” (SARAIVA, 1924, p. 19-20). O conceito de ativismo apresenta diversas interpretações, muitas vezes, com pontos de vistas controversos e divergentes. O *Oxford English Dictionary* descreve ativismo como os “esforços intencionais para promover, impedir ou direcionar as mudanças sociais, políticas, econômicas ou ambientais” (ALSOP; BENCZE, 2014, p. 8, tradução nossa).

O ativismo tem suas raízes em movimentos sociais e organizações da sociedade civil pelo mundo. Os movimentos ativistas, por meio de ações práticas (boicotes de certos produtos, petições públicas, manifestações públicas organizadas, dentre outras), buscam uma transformação social, política, educacional, ambiental, econômica, científica e tecnológica.

Assim, ativistas de todo o mundo, com variadas motivações, ramos de atuação (social, judicial, sociocientífico e tecnológico, político, ambiental) e objetivos, lutam em diversos contextos, por exemplo, nas ruas e nas redes digitais, por transformações, contra a corrupção, o neoliberalismo e o autoritarismo, em defesa do meio ambiente, por melhores condições de trabalho, pela paz, educação, liberdade e direitos sociais (PRETTO, 2013).

Na sociedade moderna, também temos outras formas de ativismo, principalmente, devido à expansão da Internet e à evolução das tecnologias de informação e comunicação, como o movimento Net-Ativismo (*Net-Activism*, como simplificação de *Networked-*



*Activism*)<sup>38</sup>, que consiste numa rede de comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (MORAIS, 2018).

O movimento “Põe no Rótulo”<sup>39</sup> pode ser considerado um exemplo de net-ativismo. Esse movimento teve início em 2014, como resultado da interação, colaboração e cooperação de pessoas com objetivos em comum, visando garantir que os rótulos dos alimentos informem, com clareza, a composição e os riscos em relação à alergia alimentar. Assim, com informações mais claras e acessíveis, as pessoas podem fazer escolhas mais conscientes.

Para Alsop e Bencze (2014), o termo “ativismo” é envolvido em muitos imaginários sociais fragmentados, confusos e imprecisos. Para a maioria das pessoas, o ativismo envolve desejos de agir, buscando as mudanças/transições almejadas. Todavia, esse termo pode gerar algumas controvérsias. Os autores pontuam que, muitas vezes, o ativismo é

associado ao ‘espetáculo’ e, ao fazê-lo, corre o risco de ser separado de ações cotidianas [...]. Pode tornar-se acompanhado de uma noção um pouco romantizada de conhecimentos e práticas ativistas como necessariamente e inquestionavelmente superiores a outras práticas. Focar nas respostas dos ativistas pode mudar rapidamente as responsabilidades de indivíduos e grupos cívicos, enquanto parecem absolver o estado e instituições (incluindo escolas e universidades) de suas responsabilidades. Além disso, o ativismo pode se tornar erroneamente associado a ideologias, práticas de doutrinação intolerantes às diferenças e incapazes ou relutantes em se auto refletir criticamente e aprender com os outros (ALSOP; BENCZE, 2014, p. 8, tradução nossa).

Assim, uma percepção errônea de ligação com partidos políticos e práticas de doutrinação, segundo Albano (2015), pode limitar a utilização de processos de cunho ativistas na educação, tanto pela interpretação da direção e equipe pedagógica da escola e quanto pelos governantes da localidade. O autor recomenda a necessidade de deixar bem claro, desde o início dos trabalhos, no contexto educativo e comunitário, que os projetos visam trabalhar questões de cidadania.

Alsop e Bencze (2014) associam o ativismo a:

---

<sup>38</sup> MORAIS, M. M. **Net-Ativismo e Ações Colaborativas nas Redes Sociais Digitais**. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) - Faculdade de Ciências Sociais e Humana, Universidade Nova de Lisboa. Portugal, 2018.

<sup>39</sup> Disponível em: <https://www.poenorotulo.com.br/>. Acesso em: 20 maio 2021. Destaca-se que esse processo pode ser mediado pela escola, pois essas questões ajudam na formação para uma cidadania mais ativa e responsável.

- um conceito abrangente, atual e flexível para concentrar diferentes perspectivas e objetivos. É um objeto de fronteira, uma ponte de contato com a qual indivíduos e grupos podem se identificar, de maneira aberta e de formas empoderadoras;

- um conceito que abrange grupos variados de pessoas com objetivos em comum, compromissos políticos e educacionais divergentes, visando ao compartilhamento e à vontade de aprender juntos, como sujeitos críticos e conscientes, em vez de objetos de processos educacionais e sociais;

- um fator que favorece a discussão de questões sociocientífica-tecnológica na educação e faz um convite para o processo crítico-reflexivo; e,

- um termo orientado para a ação social prática, portanto, oferece a perspectiva de identificação com os outros e ação com objetivos comuns. O ativismo pode despertar as relações de afetividade, o respeito, o espírito democrático, a autonomia intelectual e moral (interações sociais e trabalho coletivo) e a solidariedade.

Barton e Tan (2010) reforçam que o ativismo implica em agir para promoção de mudanças sociais, econômicas, educacionais, políticas e ambientais. Os autores compreendem o ativismo na educação científica como um projeto de construção de identidade e conhecimento profundamente enraizado na prática do dia a dia.

O ativismo sociocientífico consiste na participação e ação social democrática e inclusiva das pessoas, na tentativa de resolver problemas relacionados às controvérsias presentes nas QSC que afetam suas vidas, de maneira solidária e com espírito democrático (ALSOP; BENCZE, 2014; BAPTISTA; REIS; ANDRADE, 2018).

Reis (2013) e Hodson (2014) apontam que as discussões de controvérsias sociocientíficas para o ativismo encontram-se associadas ao desenvolvimento de competências, conhecimentos, habilidades, atitudes e valores essenciais para uma cidadania mais ativa e responsável.

Muitos autores associam o ASC a uma cidadania responsável, ativa e participativa (REIS, 2013; HODSON, 2014; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014). Para Sperling, Wilkinson e Bencze (2014, p. 372, tradução nossa), o termo “cidadania ativa ou participativa refere-se a uma indicação de atores que estão envolvidos na vida comunitária, que reconheceram as possibilidades positivas e negativas de suas ações”.

É importante destacar, ainda, que, muitas vezes, o ativismo ou o ativismo sociocientífico pode ser visto como desconectado da teoria e da reflexão, reforçando a compreensão da prática como ativismo cego. Nessa compreensão não há práxis autêntica, pois

se não leva em consideração a unidade dialética ação-reflexão e teoria-prática (FREIRE, 2010).

Dessa forma, entende-se que o ativismo fundamentado só pode ocorrer pela ação cultural para a liberdade, que consiste no diálogo e no comprometimento com a conscientização crítica dos cidadãos. Em outras palavras, a conscientização e o ativismo fundamentado não podem existir sem o ato de ação-reflexão na realidade concreta (FREIRE, 1980).

Esse processo favorece uma leitura crítica e consciente da realidade, uma vez que estimula o desenvolvimento de uma práxis transformadora, ou seja, uma prática pedagógica autêntica na área de Ciências da Natureza, em que se considera a ação/reflexão, levando, assim, os sujeitos a refazerem, recriarem e/ou reinventarem sua ação depois de ter refletido sobre elas.

Se não houver o processo de conscientização, essa leitura da realidade será mágica e ingênua, conseqüentemente, a ação social prática não promoverá mudanças efetivas na realidade social, política, ambiental, educacional, produtiva, científica, tecnológica e econômica.

A conscientização coletiva é um esforço para livrar os homens e as mulheres dos obstáculos, das contradições sociais, científicas e tecnológicas e dos limites que os impedem de ter uma percepção clara e crítica da realidade (FREIRE, 1980). A ação cultural para a liberdade utiliza o conhecimento científico e tecnológico para a análise crítica e desvelamento das contradições e obstáculos enfrentados pelos sujeitos. Porém, é importante ressaltar que, nesse processo, não se consideram os discursos, conhecimentos, processos e projetos hegemônicos de CT a serviço da dominação.

O uso dos conhecimentos da CT é elementar para a construção da conscientização dos sujeitos, mas não se deve aceitá-los passivamente. Para sua utilização, há necessidade de uma recriação, ressignificação e recontextualização. O acesso e a compreensão desses conhecimentos permitem o desvelamento das contradições vivenciadas sobre as QSCT. Nesse processo, o estudante começa a construir uma nova percepção e consciência crítica, podendo, assim, planejar ações sociais fundamentadas e agir na comunidade.

Isso tudo implica formação para uma cidadania mais responsável e ativa, buscando promover, impedir ou direcionar as transformações sobre CT, em diferentes contextos, de forma solidária e democrática. Assim, entende-se que esse processo de alfabetização científico-tecnológica ampliada e a passagem para o ASC pela conscientização dos cidadãos, por meio das discussões das QSCT, podem ser iniciados na escola, em específico, por meio

do Ensino de Ciências. Todavia, não se limita a esse espaço e não se encerra na escola, isso é, consiste em um processo constante de aprendizagem e de formação ao longo da vida.

Portanto, enquanto professores em constante construção, almeja-se a construção de uma dimensão ativista sociocientífico-tecnológica, como o que pode ser visto no filme “O menino que descobriu o vento”, inspirado na história de William Kamkwamba<sup>40</sup>.

No entanto, defende-se que esse processo seja mediado pela escola e universidade nas aulas de ciências. Para isso, a formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza deveria estimular o desenvolvimento de uma postura didático-pedagógica e epistemológica para abordagem do ASC fazer parte das práticas educativas dos professores, englobando, dessa forma, também, em uma abordagem interdisciplinar e investigativa, a problematização das inter-relações CTS.

#### 3.2.4.1 QSCT e ASC Fundamentado

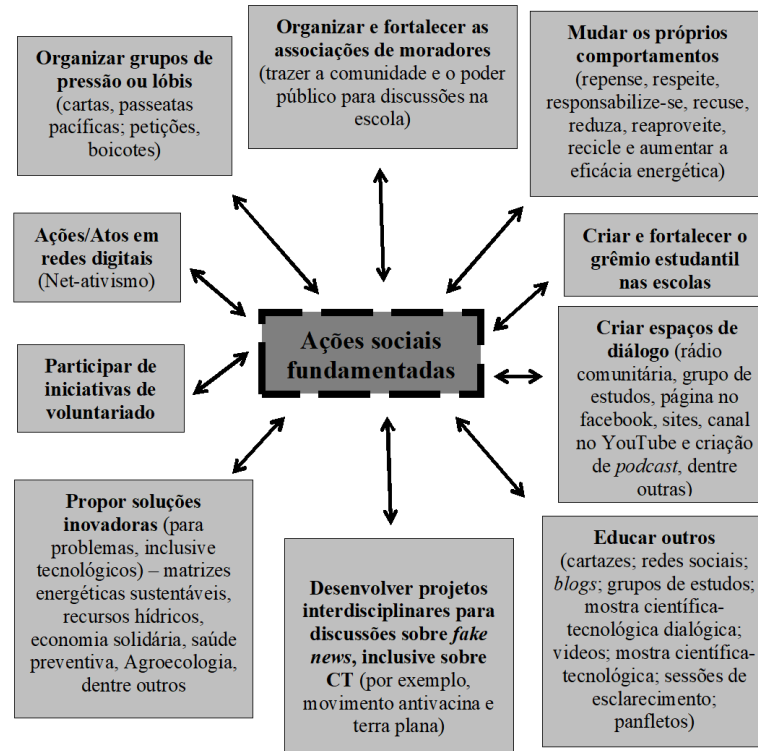
O modelo de desenvolvimento social (inclusive o científico e o tecnológico), no século XXI, apresenta problemas complexos e controversos, incertezas, tensões sociais e políticas, desafios, ameaça ao bem-estar das pessoas, das sociedades e do meio ambiente. Nesse modelo não é mais suficiente apenas a promoção de discussões sobre as QSCT, tornando-se necessário avançar para a ação sociopolítica/ativismo sociocientífico no Ensino de Ciências (REIS, 2013; PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Assim, sugerem-se diversas maneiras de professores e estudante favorecerem e se envolverem em ativismo fundamentado sobre QSCT, no contexto escolar, como se apresenta na Figura 7, a seguir:

---

<sup>40</sup> O filme mostra as dificuldades e desigualdades sociais enfrentados pelos moradores de uma comunidade no Malawi, país do Sudeste Africano. Essas dificuldades foram potencializadas por uma crise climática, com chuvas irregulares, inundações e forte seca. Assim, sem a ajuda dos governantes, os moradores enfrentam a exclusão, o medo e a fome. Nesse contexto, William Kamkwamba teve que abandonar a escola (expulso por falta de pagamento). Em uma tentativa de manter sua educação e mudar as “coisas”, ele começou a frequentar a biblioteca da escola em segredo, onde leu o livro *Using Energy* (Usando a Energia). Kamkwamba buscou associar os conhecimentos de CT com o potencial de transformação social em relação aos problemas trazidas pela seca em sua comunidade, construindo, dessa maneira, um moinho de vento para produção de energia e bombeamento de água para irrigação das plantações, utilizando materiais como a roda de uma bicicleta velha e uma pá de ventilador. No filme, o personagem que representa William consegue mobilizar toda a comunidade (mesmo sua ideia sendo desacreditada algumas vezes) e pela interação e trabalho coletivo, conseguem mudar as coisas, pois foi possível produzir energia e alimentos. Portanto, essa história demonstra o poder da educação e da comunidade (coletividade) para transformação social e emancipação.

**Figura 7 - Exemplos de ações sociais fundamentadas que favorecem a discussão de QSCT**



Fonte: Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021)

Na Figura 7 apresentam-se as ações/atos em redes digitais (net-ativismo) sobre QSCT, as quais consistem em uma rede de comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (MORAIS, 2018). O movimento net-ativista vem se tornando uma nova maneira de participação e ação social em rede, buscando mudanças na sociedade (p. ex: movimento “Põe no Rótulo”). Essa nova maneira de participação pode ser explorada em iniciativas de ASC fundamentado no Ensino de Ciências. Já a participação em iniciativas de voluntariado, por exemplo, os projetos sociais, possui o objetivo de promover a construção de uma sociedade mais justa, inclusiva e solidária.

O grêmio estudantil é uma organização que representa os interesses e direitos dos estudantes na escola. A participação discente nesse órgão favorece o desenvolvimento da cidadania, da ética e da democracia, de iniciativas de ativismo e de empoderamento.

Além disso, a realização de ações sociais fundamentadas sobre QSCT na escola pode contribuir para a capacitação dos estudantes para se tornarem críticos e produtores de conhecimento e não apenas consumidores de informação (REIS, 2013). Essa capacitação e esse empoderamento para a ação social fundamentada podem ajudar os estudantes a fazerem valer suas opiniões e participarem de maneira ativa e crítica na sociedade.

Hodson (2014) e Marques e Reis (2016) acreditam que a probabilidade de os estudantes se tornarem cidadãos ativos aumenta, caso sejam incentivados a agir agora na

escola, comunidade ou na universidade, fornecendo oportunidades para ação e exemplos de ações já realizadas.

Nesse sentido, são exemplos de ações com foco ambiental: realizar pesquisa em lixões e trilhas públicas; desenvolver programas de reciclagem de vidro, metal, papel e plásticos; organizar boicotes a produtos ambientalmente inseguros e/ou recomendações de outros produtos mais seguros; publicação de notícias informativas, projetos, como: adoção de rio, córrego, riacho e lago; criar trilhas naturais; construir jardins e hortas comunitárias; reduzir o consumo de água; e, plantar árvores.

Para Hodson (2014), outros temas e assuntos podem englobar essas ações, tais como: organizar materiais multimídia informativos para a educação pública; tornar pública declarações e escrever cartas, e-mail, mensagens em redes sociais; criar sites informativos; escrever para revistas e jornais; construir pôsteres; distribuir folhetos; organizar rodas de conversas; e, exercer pressão por meio do envolvimento regular em assuntos do governo local.

Além disso, organizar petições; reuniões da comunidade; fortalecer as associações de moradores; montar uma rádio escolar e/ou comunitária; elaborar uma mostra científica e tecnológica dialógica; criar um jornal comunitário informativo; promover a criação de grupo de estudo comunitário, dentre outras.

Para Reis (2013), a implementação de ativismo no contexto educacional exige, portanto, uma transformação nas práticas educativas, na forma de avaliação, na relação professor-estudante, no ambiente de sala de aula e nas concepções epistemológicas e didáticas do professor no Ensino de Ciências. O ASC implica práticas educativas que considerem os estudantes protagonistas e estejam baseadas em QSCT, afetando favoravelmente a sociedade.

#### 3.2.4.2 Abordagem ASC no Ensino de Ciências

Nas discussões sobre AC/ACT é possível se observarem preocupações para que o ativismo sociocientífico seja abordado no Ensino de Ciências (HODSON, 1998; 2003; 2011; 2014; GRAY; COLUCCI-GRAY; CAMINO, 2009; REIS, 2013; 2014).

Para Hodson (1998), as ações, no contexto comunitário baseado em investigação, são consideradas uma dimensão elementar da alfabetização científica e uma maneira de capacitar os estudantes como críticos e construtores de conhecimento, em detrimento de colocá-los

apenas como consumidores de informação acrítica no Ensino de Ciências (BENCZE; SPERLING, 2012; REIS, 2013).

Muitos pesquisadores acreditam que a realização do ASC permite o desenvolvimento de conhecimentos essenciais e de habilidades, como: a investigação de um problema no contexto comunitário; a natureza da ciência [e da tecnologia]; a tomada de decisão mais crítica; e, a proposição de caminhos para resolução de um problema. Por isso, a realização desse processo pode ser considerado um exemplo de AC/ACT (GRAY; COLUCCI-GRAY; CAMINO, 2009; HODSON, 2011; CONCEIÇÃO; BAPTISTA; REIS, 2018).

Conceição, Baptista e Reis (2018), em estudo que aborda a contaminação de um riacho como ponto de partida para promoção do ASC dos estudantes, apontam que o ativismo estimulou o interesse e a aprendizagem em ciências, a partir de situações da realidade concreta, da tomada de decisão, da responsabilidade social individual e/ou coletiva, da alfabetização científica e da cidadania mais participativa e fundamentada.

Para esses autores, o ASC foi concretizado no processo por meio de um teatro de marionete sobre tratamento de águas residuais no contexto educativo e comunitário. Conforme Hodson (2014), uma educação orientada para a ação ajuda os estudantes na preparação e no envolvimento em ações responsáveis.

De acordo com Reis (2013), a gravidade das controvérsias presentes nas QSC que afetam a nossa sociedade exige o engajamento de professores e estudantes em iniciativas de ação sociopolítica fundamentada em investigação no contexto educacional e comunitário.

No livro *Activist Science and Technology Education*, Hodson (2014) apresenta suas ideias, no capítulo 5, *Becoming Part of the Solution: Learning about Activism, Learning through Activism, Learning from Activism*, em defesa de um currículo voltado para ação social como um dos principais componentes da educação para a cidadania mais responsável. Para isso, mostra os quatro pontos centrais para construção desse currículo baseado em QSC e orientado para a ação: i) aprendendo sobre os problemas (QSC); ii) aprendendo a cuidar; iii) envolvendo e gerenciando emoções; e, iv) aprendendo a agir.

O primeiro ponto para construção de um currículo nessa perspectiva, aprendendo sobre os problemas, explicita a necessidade de estabelecer critérios para a escolha das QSC. Para Hodson (2014), é necessário focar nos contextos da CT de importantes QSC, reconhecendo os contextos sociais, culturais, políticos, econômicos, ambientais, ideológicos, produtivos e as preocupações com os aspectos éticos-morais, emocionais, valores e de sentimento inerentes a essas controvérsias. Esse processo pode ajudar no desenvolvimento da natureza do conhecimento científico e tecnológico para compreensão das práticas de

investigação científica e a aquisição de uma alfabetização midiática<sup>41</sup> necessária para acessar, ler, analisar e compreender, de maneira crítica, as informações e conhecimentos.

Já, o segundo ponto, aprendendo a cuidar, reforça que nesse tipo de currículo há uma preocupação em apoiar os estudantes na tentativa de formular as próprias opiniões sobre QSC, estabelecendo suas próprias posições de valores. Apresenta um foco mais aberto que a educação CTS/A, sobre esclarecimentos de valores, no desenvolvimento de sentimentos e emoções sobre QSC, abordando as preocupações ético-morais e pensando de maneira ativa sobre o que significa a ação, com sabedoria, em contextos sociais, culturais, políticos, ambientais e econômicos específicos (HODSON, 2014).

Para esse autor, o objetivo é estimular a preocupação consigo mesmo e com os outros, despertando as relações de solidariedade e de afeto. Esse processo tem objetivos em comum com a educação para a paz, multicultural e educação antirracista, educação global, educação humana e educação anti-discriminatória (sexismo, racismo, homofobia, eurocentrismo e ocidentalismo ou norteísmo). Hodson (2014; p. 72-73, tradução nossa) continua da seguinte forma:

começa com o promoção da autoestima e do bem-estar pessoal de cada indivíduo, e se estende a aceitação da diversidade de ideias, opiniões, perspectivas, práticas e valores, preocupação pelo bem-estar dos outros, respeito pelos direitos dos outros, construindo empatia e confiança, a busca da justiça, equidade, justiça e liberdade, tomada de decisão cooperativa, resolução criativa de desacordos e conflitos entre indivíduos, dentro e fora entre comunidades e em todo o mundo.

Ainda segundo esse autor (2014), esse processo assume um compromisso com a crença de que as vozes alternativas e de diferentes autores sociais devem ser ouvidos para que a tomada de decisão em CT reflita sabedoria e justiça social, em vez de interesses políticos e econômicos de grupos específicos e poderosos.

O terceiro ponto, o envolvimento das emoções e gerenciamento de emoções desenvolvidas pelas QSC, aponta que a dedicação pessoal em uma controvérsia e o compromisso com a solução dos problemas e ações derivam, pelo menos em parte, do envolvimento emocional. Isso é, as emoções e sentimentos (empatia, compaixão, hostilidade,

---

<sup>41</sup> “Alfabetizado em mídias significa ser capaz de acessar, compreender, analisar, avaliar, comparar e contrastar informações de várias fontes e utilizar essas informações de forma criteriosa e apropriada para sintetizar o próprio resumo detalhado de um tópico ou questão em consideração. [...] Significa ser capaz de verificar o propósito e intenção do escritor, determinar qualquer subtexto e significado implícito, detectar preconceito e interesse adquirido. Significa ser capaz de distinguir entre boas e confiáveis informações e informações ruins e não confiáveis” [as *fakes news*] (HODSON, 2014, p. 72, tradução nossa).



tristeza, raiva, medo, frustração, alegria, esperança, dentre outros) podem influenciar a maneira como as questões são visualizadas, os dados são interpretados, as conclusões avaliadas e os procedimentos das ações são defendidos (HODSON, 2014).

Para o supracitado autor, a promoção do envolvimento emocional em QSC é mais efetiva, quando as questões impactam diretamente a vida dos estudantes, de familiares e de pessoas da comunidade local. Hodson (2014) elenca várias estratégias para esse envolvimento, tais como: estudo de casos, fotografias, músicas, dramatizações, literatura, visitas a sites na Internet, filmes, artes, visitas a campo (hospitais, indústria, laboratórios, museus, parque de Ciências), entrevistas com pessoas diretamente impactadas em QSC e o envolvimento de QSC locais.

Em relação ao gerenciamento das emoções, Hodson (2014) ressalta a necessidade de uma alfabetização emocional, com objetivo de conscientização e de gerenciamento das emoções em ambas situações, isso é, alegres ou estressantes, a confiança e a autoconfiança para entender as próprias emoções e a capacidade de lidar com elas de maneira positiva. Esse processo encontra-se relacionado a noções de autoconsciência, autoimagem, autoestima e senso de identidade e menos, diretamente, a auto eficácia.

No quarto ponto, aprendendo a agir, reforça-se que a característica mais distintiva da abordagem baseada em QSC e para a ação social é a preocupação em ajudar os estudantes a descobrirem maneiras de colocar seus valores e ideias em ações práticas, o empoderamento social, político e educacional. Nesse processo, deve-se promover a preparação e o envolvimento em ações responsáveis, desenvolvendo as habilidades, atitudes e valores, que irão permitir aos estudantes assumirem o controle de suas vidas, cooperarem com os outros, buscando mudanças e trabalhando em função de um mundo sustentável, em que o poder, a riqueza e os recursos são compartilhados de maneira mais equitativa (HODSON, 2014).

Hodson (2014), com alicerce em Jensen (2002), apresenta uma categorização de conhecimentos que possibilitam a promoção de ações sociopolíticas, na perspectiva da educação ambiental, em quatro dimensões:

- necessidade de conhecimento em CT, que informa a QSC ou problema identificado;
- necessidade de conhecimento sobre aspectos sociais, políticos e econômicos, condições e estruturas e como esse processo contribui para criação de problemas sociais e ambientais;
- conhecimento sobre como provocar transformações na realidade social, por meio de ações direta e indireta.

- necessidade de conhecimento e análise sobre o resultado provável ou a direção de possíveis ações, bem como implicações de seus resultados.

Assim, esses conhecimentos podem ajudar na realização de ações fundamentadas, não apenas na perspectiva ambiental, mas também sobre qualquer QSC complexa. É essencial o conhecimento dos sistemas sociais, legais, políticos e da natureza da ciência, que podem estar envolvidos no processo de tomada de decisão sobre QSC. Nesse processo, é importante que os estudantes explorem e desenvolvam seus pensamentos, visões, sonhos, e aspirações para si e preocupação com os outros (HODSON, 2014).

Para o quarto ponto, Hodson (2014) defende uma abordagem de aprendizagem baseada em três fases:

- Modelagem: o professor demonstra e explica o comportamento desejado (neste caso, ativismo social) e fornece exemplos ilustrativos;

- Prática guiada: os estudantes realizam tarefas especificadas em uma ação geral estratégica com a ajuda e apoio do professor;

- Aplicação: os estudantes trabalham independentemente do professor.

Com o desenvolvimento de uma maior autonomia/liberdade intelectual nessa perspectiva, durante o processo, os estudantes podem assumir as responsabilidades sobre sua própria aprendizagem (podem planejar, executar e relatar seus próprios projetos de ação).

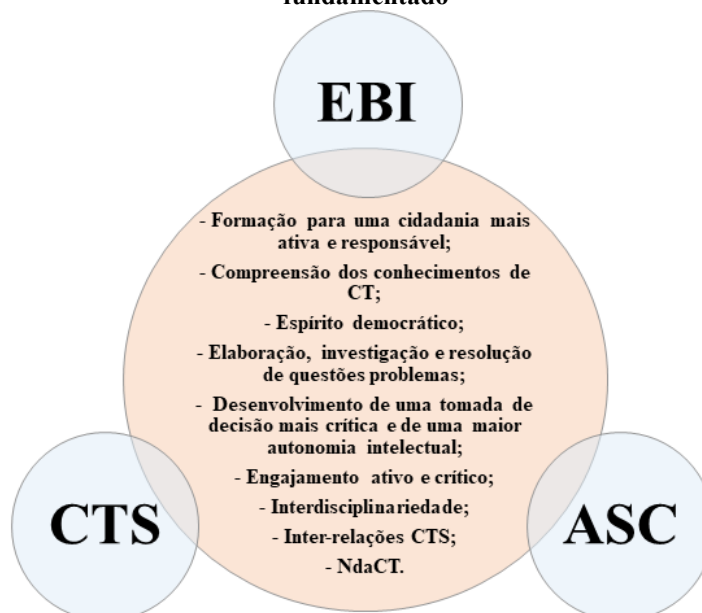
Em relação aos objetivos do ASC no Ensino de Ciências, com base em professores e pesquisadores que abordam uma formação para uma cidadania mais ativa e responsável (HODSON, 1998; 2003; 2011; 2014; REIS, 2013; 2014), apresenta-se, a seguir, uma síntese dos principais:

- ✓ formar para uma cidadania mais ativa e responsável;
- ✓ estimular esforços intencionais para promover, impedir ou direcionar as transformações científicas-tecnológicas;
- ✓ ajudar os estudantes a descobrirem maneiras de colocar seus valores e ideias em ações sociais fundamentadas;
- ✓ estimular a preocupação consigo e com os outros, envolvendo as relações de solidariedade, emoções e afetividade sobre QSCT;
- ✓ permitir a discussão das questões ético-morais, dos valores e a preocupação com os aspectos emocionais inerentes às QSCT (incluindo, aqui, uma educação multicultural, para paz, anti-discriminatória - combatendo o sexismo, racismo e homofobia);

- ✓ agir individual e/ou coletivamente de maneira fundamentada sobre QSCT no contexto educativo e comunitário;
- ✓ favorecer a ação cultural para a liberdade, com compromisso com o diálogo e a conscientização crítica dos cidadãos (FREIRE, 1980);
- ✓ oportunizar a comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (net-ativismo) (MORAIS, 2018);
- ✓ capacitar para a tomada de decisão mais crítica e consciente em relação às QSCT;
- ✓ desvelar e superar os discursos, projetos e processos hegemônicos envolvendo as QSCT que afetam a sociedade (processo crítico-reflexivo);
- ✓ estimular o trabalho colaborativo, participativo e o espírito democrático;
- ✓ contextualizar e compreender a natureza da ciência;
- ✓ favorecer a promoção de uma ACT;
- ✓ desenvolver matrizes/modelos e/ou projetos alternativos de CT e de sociedade de maneira sustentável, com justiça social e inclusão.

Assim, com base na literatura, apresentam-se os pontos em comum dos três fundamentos de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado, na Figura 8, a seguir:

**Figura 8 - Pontos em comum entre os três fundamentos de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado**



Fonte: Autoria própria (2022)

Essa articulação entre as três abordagens - ensino baseado em investigação, CTS e ASC -, em relação aos pontos em comuns e aos complementares, proporciona: a compreensão dos conhecimentos de CT, os processos da investigação científica, as inter-relações CTS, a

natureza da ciência-tecnologia e os aspectos democráticos. Esse processo favorece o desenvolvimento de uma maior consciência crítica coletiva, da autonomia intelectual e moral (interações sociais), da tomada de decisão mais crítica, da ação social individual e/ou coletiva, das relações de respeito e de solidariedade e ético-morais para resolução de problemas sobre questões sociocientíficas-tecnológicas e para formação de uma cidadania mais ativa e responsável.

Os conhecimentos e objetivos envolvidos nessa articulação (pontos em comuns e complementares) vão além das três abordagens, isso é, representam um conjunto de objetivos que é central para o trabalho docente na área de Ciências da Natureza, segundo a perspectiva de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado.

Nesse sentido, na próxima seção, busca-se chamar a atenção para a necessidade, no século XXI, de estimular a referida perspectiva de ensino.

### **3.3 Ação cultural para liberdade e ensino baseado em investigação: um caminho para ACT ampliada**

No início do século XXI, houve diversos pedidos por uma política mais radical, ativa e politizada de educação científica e tecnológica, em que os estudantes não apenas abordassem questões sociocientíficas, mas formulassem suas próprias posições sobre elas. Além disso, fossem também preparados e participassem de ativismo sociocientífico no contexto educacional e comunitário (HODSON, 2014).

Entende-se que uma educação mais politizada corresponde a um Ensino de Ciências por investigação, interdisciplinar e democrático, que proporcione aos futuros professores da área de Ciências da Natureza a capacidade de realizarem uma leitura crítica e consciente da realidade social e de suas práticas educativas.

Esse ensino precisa promover a problematização dos discursos, processos e projetos hegemônicos presentes na sociedade, por meio da discussão da suposta concepção de neutralidade da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001; AULER, 2003; ROSA; AULER, 2016; ROSA STRIEDER, 2019; SANTOS; AULER, 2019), proporcionando a abordagem QSCT, englobando os contextos sociais, científicos, tecnológicos, políticos, ambientais, ideológicos, econômicos e as preocupações emocionais, valores e ético-morais inerentes a essas questões (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Nesse sentido, muitos pesquisadores do Ensino de Ciências vêm defendendo que o conceito de AC englobe o ativismo sociocientífico, visando à formação para uma cidadania

mais responsável e ativa dos cidadãos (HODSON, 1998; 2003; 2011; 2014; REIS, 2013; 2014).

Isso impõe a necessidade de transformar as práticas educativas atuais nas escolas/universidades e ampliar a definição de AC, afim de abranger o ativismo no Ensino de Ciências (HODSON, 1998; 2003; 2014; COLUCCI-GRAY; CAMINO, 2014; REIS, 2013; 2014), pois a AC/ACT é um dos principais objetivos almejados nesse ensino. Esse processo deve oportunizar a incorporação de conhecimentos e habilidades para o desenvolvimento da capacidade de negociação e tomada de decisão mais crítica, com autonomia em diversas situações naturais, sociais e tecnológicas (FOUREZ, 1997).

De acordo com Auler e Delizoicov (2001), uma ACT na perspectiva ampliada leva em consideração a necessidade de problematização das inter-relações CTS e da superação das construções históricas da atividade científico-tecnológica, que limitam e/ou reforçam o entendimento da suposta concepção de neutralidade da CT e, conseqüentemente, enfraquecem os processos de participação e ação social no processo decisório (ROSA; AULER, 2016).

Nesse contexto, pesquisas também destacam a abordagem de ensino por investigação como elementar para uma AC/ACT dos estudantes no Ensino de Ciências (SASSERON, 2015; CARVALHO, 2018; ARAGÃO, 2019). Além disso, estudos mais recentes mostram que essa abordagem favorece o desenvolvimento das práticas dos domínios epistêmicos, procedimentais, sociais e conceituais da construção do conhecimento científico em sala de aula (DUSCHL, 2008; FURTAK, *et al.*, 2012; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; KELLY; LICONA, 2018; FRANCO; MUNFORD, 2020; SANTANA; SEDANO, 2021; SASSERON, 2021).

Conforme Duschl (2008), a incorporação e a avaliação da aprendizagem nas ciências no contexto educativo, de forma integrada, deveriam focar, principalmente, no equilíbrio entre os objetivos de aprendizagem nos três domínios do conhecimento científico: o conceitual (utilizado para raciocinar, cientificamente); o epistêmico (usado no desenvolvimento e avaliação do conhecimento científico); e, o social (molda a forma como o conhecimento é comunicado, representado, argumentado e debatido). A articulação entre esses domínios pode influenciar na construção de diferentes níveis de ACT.

Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016) acreditam na potencialidade de articulação entre os domínios conceituais, sociais, procedimentais e epistêmicos, em uma estrutura pedagógica baseada em investigação, quanto da utilização por professores de ciências no ensino fundamental.

O ensino de ciências por investigação possibilita que os estudantes desenvolvam uma compreensão dos conceitos científicos relacionados a diversos fenômenos e habilidades de investigação, por exemplo, a formulação de um problema de pesquisa e suas hipóteses. Nesse processo, o estudante aprende a maneira como o conhecimento científico é construído e desenvolve uma imagem mais real da prática social dos cientistas (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

As práticas ligadas a esses domínios podem emergir em propostas de ensino de ciências por investigação, na abordagem de QSC e engenharia. Os objetivos educacionais dos domínios conceituais, epistêmicos e sociais variam enquanto conhecimento, raciocínio e objetivos desenvolvidos pelos estudantes para essas três abordagens no Ensino de Ciências (KELLY; LICONA, 2018).

A abordagem das QSCT engloba a CT em um problema social, exigindo que os estudantes construam, discutam e avaliem argumentos holísticos e o raciocínio informal com objetivo de compreender as múltiplas dimensões dessas questões, como: científicas, econômicas, ambientais, tecnológicas, culturais, políticas e aspectos éticos-morais, religiosos e valores.

Para uma compreensão mais ampliada de uma QSCT, existem vários caminhos e respostas, bem como a resolução dessas questões não se restringe a explicações, argumentos, evidências e raciocínios da dimensão científica (SADLER, 2004; 2009; KELLY; LICONA, 2018).

Na abordagem de ensino por investigação, busca-se desenvolver a capacidade dos estudantes de conduzir investigações e, por meio desse processo, aprender os conhecimentos e as práticas de uma comunidade disciplinar. Essa abordagem situa os estudantes como investigadores e busca desenvolver formas de construção do conhecimento por meio de engajamento (KELLY; LICONA, 2018).

Em relação aos domínios do conhecimento, o domínio conceitual está relacionado às explicações científicas sobre o mundo natural e ao corpo de conhecimento (fatos, teorias e princípios) (FURTAK, *et al.*, 2012). E ainda, esse domínio consiste na construção e compreensão de conceitos científicos-tecnológicos e em suas múltiplas dimensões sobre QSCT, como: social, econômico, político, ambiental, cultural, psicológico e preocupações com aspectos éticos-morais, valores, religioso e pessoal (KELLY; LICONA, 2018).

Já o domínio epistêmico envolve a natureza da ciência, a construção e a avaliação do conhecimento científico (DUSCHL, 2008; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016;

SASSERON, 2021). Furtak, *et al.* (2012) apontam que esse domínio, em sala de aula, relaciona-se com o conhecimento dos estudantes de como é gerado o conhecimento científico.

Para Kelly e Licona (2018), as práticas epistêmicas são definidas como formas socialmente organizadas e interativamente realizadas e que os indivíduos, enquanto membros de um grupo, propõem, comunicam, avaliam e legitimam os conhecimentos. Essas práticas são interacionais (construídas entre as pessoas por meio de uma atividade combinada), contextuais (situada em práticas sociais e normas culturais), intertextuais (comunicado por meio de uma história de discurso coerente, signos e símbolos) e consequentes (o conhecimento legitimado instancia poder e a cultura).

As práticas relacionadas ao domínio epistêmico envolvem, por exemplo, procedimentos ligados à coleta de dados e a reflexões sobre a forma como esses procedimentos devem ocorrer; a interpretação e a análise de evidências e a construção de evidências por meio de trabalho com dados e informações, para explicar os fenômenos naturais (FURTAK, *et al.*, 2012; KELLY; LICONA, 2018).

O objetivo epistêmico, em relação ao objetivo educacional para a abordagem de QSCT, consiste em compreender as múltiplas dimensões sobre as QSCT, para a construção de uma linha(s) coerente(s) de raciocínio que suporte uma posição(ões) sobre essas questões controversas (KELLY; LICONA, 2018).

O domínio social, por outro lado, envolve a compreensão de processos e contextos que moldam a forma como o conhecimento científico é comunicado, representado, argumentado e debatido (DUSCHL, 2008; FURTAK, *et al.*, 2012). Para Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016), esse domínio corresponde, por exemplo, à revisão crítica do próprio trabalho e de seus pares, bem como ao compartilhamento das descobertas científicas.

Na escola, esse domínio consiste nos processos de colaboração e participação dos estudantes em práticas científicas, assumindo, nesse processo, diferentes papéis e responsabilidades durante o trabalho em grupo. Assim, é elementar que os estudantes tornem públicas suas ideias, por meio de argumentos, modelos e outras maneiras de representação, a fim de ajudá-los a examinar e avaliar sua compreensão de ciência (FURTAK, *et al.*, 2012; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Ainda de acordo com Furtak, *et al.* (2012), a investigação colaborativa e a conversa exploratória são importantes para melhorar o raciocínio científico dos estudantes e a sua formulação de feedback construtivo, sendo, portanto, importante estimular o trabalho em grupo.

Conforme Kelly e Licona (2018), em relação ao objetivo educacional para a abordagem de QSCT, o objetivo social refere-se ao reconhecimento de procedimentos para produzir, comunicar e avaliar argumentos que suportem posição (ões) sobre um determinado problema.

O domínio procedimental foi subdividido do domínio epistêmico de Duschl. Esse domínio descreve os métodos de descoberta, tais como: projetar experimentos; executar procedimentos; e, criar representações de dados (FURTAK, *et al.*, 2012).

O conhecimento desse domínio é utilizado para abordar os procedimentos da investigação (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016). Segundo esses autores, esses procedimentos podem ser executados sem reflexão, que envolve a geração do conhecimento científico. Essa reflexão do desenvolvimento do conhecimento científico pode ser realizada no domínio epistêmico.

No entanto, a elaboração de questões de pesquisa, neste trabalho, entende-se como parte do domínio epistêmico, pois há necessidade de reflexão para essa formulação. Ademais, optou-se em englobar as ideias sobre prática científica de Sasseron (2018a), como parte do domínio procedimental. As práticas científicas envolvem: o trabalho com novas informações; o levantamento e teste de hipóteses; e, a construção de explicações e a elaboração de justificativas, limites e previsões das explicações.

Neste trabalho, adicionou-se um quinto domínio que engloba as atitudes na construção de conhecimentos em sala de aula. Com alicerce em Carvalho (2016), Hodson (2014) e Sedano e Carvalho (2017), o domínio atitudinal consiste na autonomia, no ativismo fundamentado, nas relações de respeito e tolerância consigo e com outros, na solidariedade, na criatividade e curiosidade e na cooperação.

Em relação à formação de futuros professores da área de Ciências da Natureza, compreende-se a necessidade da problematização dos domínios epistêmicos, sociais, atitudinais, procedimentais e conceituais, por meio de propostas investigativas, envolvendo QSCT (KELLY; LICONA, 2018).

Isso reforça a importância de capacitar os acadêmicos para exigirem e exercerem uma cidadania mais responsável e para pensarem sobre a ação social fundamentada. Os futuros professores devem vivenciar e experimentar essa perspectiva em sua formação na universidade.

Dessa maneira, pode-se proporcionar, dependendo das práticas educativas e da postura epistemológica do professor formador na graduação, um maior ou menor grau de discussão dos domínios do conhecimento. Dessa maneira, para (re)pensar essa formação com



o propósito de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado, isso implica avançar para um modelo de racionalidade crítica na formação inicial de professores, o que será abordado no item 3.4 do capítulo 3 desta tese.

Nesse processo, é indispensável um diálogo constante entre a unidade teoria-prática e ação-reflexão, uma vez que a conscientização crítica da realidade sobre QSCT e a capacidade de reinvenção das práticas educativas não têm como existir fora da práxis, em outras palavras, sem o movimento de ação-reflexão (FREIRE, 1980).

Conforme Freire (1989, p. 47)

não é possível praticar sem avaliar a prática. Avaliar a prática é analisar o que se faz, comparando os resultados obtidos com as finalidades que procuramos avançar com a prática. A avaliação da prática revela acertos, erros e imprecisões. A avaliação corrige a prática, melhora a prática, aumenta a nossa eficiência. O trabalho de avaliar a prática jamais deixa de acompanhá-la.

Assim, endente-se a ACT ampliada e o ativismo fundamentado na formação inicial de professores em Ciências Biológicas como um processo de conscientização crítica. A conscientização é um “esforço para livrar os homens dos obstáculos que os impedem de ter uma clara percepção da realidade” (FREIRE, 1980, p. 48). Essa conscientização é fundamental para uma leitura e análise crítica, desvelamento e superação dos discursos e projetos hegemônicos envolvendo as QSCT, geralmente, presente na perspectiva tecnocrática de tomada de decisão.

A alfabetização e a conscientização não se separam. Esse processo é fundamental para o esclarecimento e superação dos mitos culturais e das ideologias (incluindo os da CT), que permanecem no espírito das massas (FREIRE, 1980). Para esse autor, não se pode chegar à construção da consciência crítica apenas pelo esforço intelectual dos cidadãos, mas também pela autêntica unidade ação-reflexão, isso é, a práxis. Portanto, é nesse contexto que se insere o ativismo fundamentado na realidade concreta.

O processo de ação cultural para a liberdade se caracteriza pelo diálogo e comprometimento com a conscientização dos cidadãos como objetivo principal. Essa ação apoia-se no conhecimento científico e tecnológico. No entanto, não se consideram as ideologias, os mitos, os discursos e os projetos hegemônicos de CT, presentes na sociedade e a serviço da dominação (FREIRE, 1980).

Assim, com a conscientização dos cidadãos, há uma repulsa dos mitos culturais (incluindo os mitos ligados à suposta concepção de neutralidade da CT) que modificam a consciência dos homens e das mulheres, e os transformam em seres acrílicos, confusos e

passivos (FREIRE, 1980). A alfabetização em CT e o ativismo fundamentado, como ação cultural para a liberdade, são movimentos de um “sujeito cognoscente”, que possui capacidade de construir seu próprio conhecimento em diálogo com o professor e demais acadêmicos.

O que se almeja na formação inicial de professores em Ciências Biológicas é que os futuros professores passem de uma conscientização mais crítica (ACT ampliada) para o ativismo fundamentado. O desejo de Reis (2013) é que os professores se transformem, por meio da investigação e da tentativa de mudar as coisas para melhor, sendo agentes produtores críticos e ativos de conhecimento, capazes de refletir, com uma postura crítico-reflexiva, sobre suas práticas educativas em sala de aula.

Em suma, o ativismo fundamentado na formação inicial de professores sobre QSCT pode aumentar: i) o conhecimento sobre as QSCT; ii) o engajamento ativo e crítico na aprendizagem; iii) a compreensão dos processos de investigação científico-tecnológica; iv) os conhecimentos, valores, atitudes e habilidades para o desenvolvimento de um cidadania mais ativa e responsável; v) a capacidade de leitura, desvelamento e superação de discursos, processos e projetos hegemônicos, envolvendo CT; vi) o bem-estar dos indivíduos, das sociedades e do meio ambiente; vii) o desenvolvimento das relações de solidariedade, cooperação, respeito, autonomia e afetividade; viii) a compreensão das inter-relações CTS; ix) a capacidade de reflexão e reinvenção das práticas educativas dos professores; e, x) a compreensão da natureza da CT.

De acordo com Hodson (2003), a vida das pessoas, no século XXI, exige cada vez mais dos cidadãos comuns (não especialistas) a participação em processos de tomada de decisão sobre assuntos envolvendo a CT num contexto social, econômico, ambiental, político e ético mais amplo. Assim, uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado são necessários para as pessoas resolverem os problemas do cotidiano e participarem de processos decisórios com sabedoria e consciência crítica.

Portanto, defende-se a necessidade de uma ACT ampliada no Ensino de Ciências capaz de estimular o empoderamento social, político, científico, tecnológico e a formação dos cidadãos para o ativismo fundamentado no contexto educacional e/ou comunitário, possibilitando uma leitura e análise crítica da realidade social para conscientização dos futuros professores em Ciências Biológicas. Esse processo pode permitir o desvelamento e a superação dos discursos e projetos hegemônicos envolvendo as QSCT e a superação da concepção bancária de educação para o enfrentamento dos desafios e incertezas do século XXI.

### **3.4 Necessidades formativas e modelo de racionalidade crítica na formação de professores de ciências**

As abordagens EBI, CTS e ASC, como já mencionado, são recomendadas em propostas curriculares e na utilização de práticas educativas dos professores de ciências em vários países e no contexto brasileiro. Aragão (2019) defende, no âmbito da formação de professores, a utilização das abordagens Experimentação Investigativa, CTS e História e Filosofia das Ciências, como fundamentos de uma alfabetização científica.

Para essa autora, há necessidade de que os programas de formação de professores problematizem essas abordagens, para que, quando os futuros professores de ciências estiverem em sala de aula, utilizem-nas em suas práticas, buscando a promoção de uma alfabetização científica dos estudantes. É nesse sentido que se propõe o Modelo de Atividades Baseadas em Investigação (MABI) teórico-prático, que engloba as abordagens ensino por investigação, CTS e de ASC, os quais favorecem a construção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos.

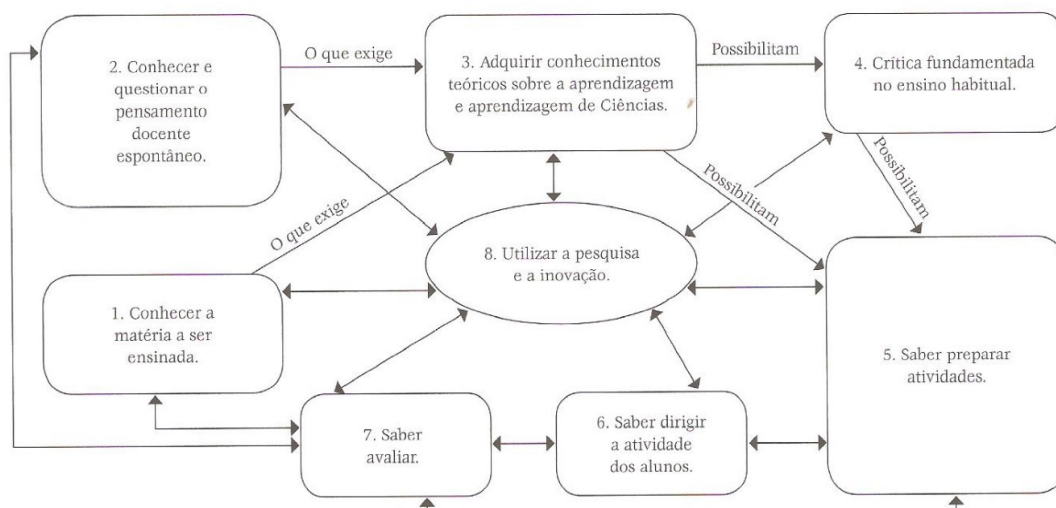
Nesse sentido, atualmente, é exigido que os professores, assumindo o papel de mediadores, estimulem os estudantes a construir seu próprio conhecimento e seu raciocínio. Os professores devem proporcionar espaços, tempos, processos e condições para que os estudantes falem, argumentem, pensem, reflitam, comuniquem, façam, escrevam e, pela ação social, transformem a sociedade e o contexto educacional para melhor. Carvalho e Sasseron (2018) alertam para a elementaridade de compreender o estudante como parte central do processo de ensino e de aprendizagem, bem como entender as diversas interações que ocorrem em uma situação didática

Para que os estudantes desenvolvam essas habilidades e conhecimentos, os professores precisam (re) pensar seu papel em sala de aula, buscando estimular um trabalho coletivo e práticas educativas mais problematizadoras, democráticas, investigativas, contextualizadas e interdisciplinares. Esse processo pode ser potencializado pela problematização e utilização das contribuições da pesquisa e inovação da Didática das Ciências na formação inicial de professores e na atuação em sala de aula (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Nesse contexto, Carvalho e Gil-Pérez (2011) publicaram o livro intitulado “Formação de Professores de Ciências: Tendências e Inovações”. No qual apresentam e discutem as necessidades formativas de professores de ciências. Esses autores, com alicerce nas pesquisas sobre a Didática das Ciências, sintetizaram e organizaram os conhecimentos

necessários para formação de professores, em forma de um esquema, com oito pontos que os professores devem “saber” e “saber fazer” em sala de aula, conforme apresentado, a seguir, na Figura 9.

**Figura 9 - Oito pontos que os professores de ciências precisam “saber” e “saber fazer” em suas aulas**



**Fonte: Carvalho e Gil-Pérez (2011, p. 18)**

Esse conjunto de habilidades e conhecimentos favorecem uma percepção rica e complexa da profissão docente. Essa formação tem como proposta a construção do conhecimento com características de uma pesquisa científica (trabalho coletivo crítico-reflexivo) e a necessidade de romper com as visões simplistas sobre o Ensino de Ciências (expressão de uma imagem espontânea do ensino).

Assim, pensar em conhecimentos necessários para formação de professores de ciências possibilita a superação de concepções essencialistas (um bom professor “é” ou “nasce” como tal), as quais mostravam apenas as ineficazes políticas de seleção e não atingiam os processos de formação (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Os referidos autores entendem que, muitas vezes, seja impossível que um professor chegue a possuir todos os conhecimentos e habilidades presentes na Figura 9. Todavia, dizem que o trabalho docente coletivo em todo o processo de ensino e de aprendizagem, desde o planejamento até a avaliação, pode ser um caminho (talvez o único). O trabalho docente, portanto, não pode ser realizado de maneira isolada em sala de aula.

Para Carvalho e Gil-Perez (2011), deve-se proporcionar aos professores a oportunidade de um trabalho coletivo de debate, ação-reflexão e aprofundamento, o que, muitas vezes, pode se aproximar de uma comunidade científica. É importante, destacar novamente, que a ideia principal, portanto, é que o trabalho docente, no processo de ensino e

de aprendizagem, seja um processo coletivo, cooperativo, participativo de inovação, pesquisa e formação permanente.

Nesse sentido, entende-se que esse conjunto de conhecimentos (apresentado na Figura 9) e o trabalho coletivo do professor, só podem ser construídos, quando o modelo e/ou paradigma na formação de professores, em específico, a formação inicial de professores em Ciências/Ciências Biológicas, aproximar-se do modelo de racionalidade crítica e/ou emancipatório-político, que almeja a transformação da educação e da sociedade.

Para Netto e Azevedo (2018), essa racionalidade é a mais pertinente para que os professores desenvolvam seus papéis de agentes promotores de reflexão e mudança social. Ainda de acordo com esses autores, é importante o professor assumir uma posição no seu trabalho docente em sala de aula, isso é, seu trabalho pretende atender as necessidades e especificidades de seus estudantes ou as necessidades que o mercado impõe, as quais consistem em uma visão hegemônica de ensino.

Essa escolha permite ter clareza no diálogo entre professor e estudante. Assim, escolher uma concepção, uma visão de mundo, torna-se indispensável para a atuação profissional do professor, pois tal concepção vai refletir na dimensão da aprendizagem, do planejamento, da organização do trabalho do professor e na avaliação (NETTO; AZEVEDO, 2018).

Em análise das pesquisas sobre formação de professores, encontram-se, basicamente, três modelos/paradigmas, que tem orientado práticas e políticas de formação de professores no Brasil e em outros países, sendo eles: i) a racionalidade técnica e/ou clássica; ii) prática e/ou prático-reflexivo; e, iii) crítico e/ou emancipatório-político (JACOBUCCI, 2006; JACOBUCCI; JACOBUCCI; NEGID-NETO, 2009; DINIZ-PEREIRA, 2014; BASSOLI; LOPES; CÉSAR, 2017; NETTO; AZEVEDO, 2018).

Conforme Jacobucci, Jacobucci e Negid-Neto (2009, p. 119), esses modelos

se constituem recortes dentre várias opções de modelos formativos que podem ser vislumbrados no campo da formação de professores no Brasil. Cabe destacar que os modelos de formação de professores sofrem influência das concepções que os formadores de professores e os próprios professores possuem sobre ensino.

Assim, discute-se, de maneira sucinta, o modelo de racionalidade crítica e/ou emancipatório-político na formação de professores em Ciências/Ciências Biológicas. Conforme Diniz-Pereira (2014), o livro intitulado “*Becoming Critical: Education, Knowledge and Action Research*”, de Wilfred Carr e Stephen Kemmis, com base na Teoria Crítica

(Escola de Frankfurt) e na ciência sócio-crítica de Jürgen Habermas, apresenta uma visão crítica da relação teoria-prática, com o propósito de transformação do contexto educacional e comunitário.

O modelo de racionalidade emancipatório-político tem como alicerce “a perspectiva sócio-histórica e a concepção crítico-dialética de formação de professores, em que o homem é visto como um ser social que necessita de uma sólida formação teórica para conseguir transformar, na prática, a realidade” (BASSOLI; LOPES; CÉSAR, 2017, p. 820).

Carr e Kemmis (1986) apontam que o modelo de racionalidade crítica de formação de professores apresenta uma percepção de pesquisa em educação como análise crítica, que determina caminhos para a transformação da prática educacional, a compreensão sobre educação, os valores educacionais do grupo envolvido no processo e as estruturas sociais e institucionais que fornecem a base para sua ação.

Nesse modelo, a pesquisa é um ponto central e há uma valorização equitativa da teoria-prática de maneira dialógica. O professor tem o papel de mediador e atua de forma participativa e colaborativa em projetos entre a universidade e a escola. A pesquisa-ação é apontada como principal metodologia de emancipação social dos sujeitos e de transformação da realidade social (BASSOLI; LOPES; CÉSAR, 2017).

Conforme Jacobucci, Jacobucci e Megid Neto (2009), a atividade de ação e reflexão exige uma relação dialética entre a realidade social/educacional e a teoria. O ambiente colaborativo e participativo entre professores e pesquisadores da universidade favorece condições políticas e institucionais necessárias para reflexão sobre a prática docente em uma visão ampliada de mundo.

Assim, a natureza do trabalho docente no modelo crítico apresenta uma visão política. Nesse processo, “uma comunidade de professores-pesquisadores, com estudantes como co-investigadores, estabelece um processo democrático e centrado no aluno por meio do qual o currículo é construído ‘de baixo para cima’ ao invés de ser construído ‘de cima para baixo’ (DINIZ-PEREIRA, 2014, p. 40).

Conforme Diniz-Pereira (2014), são três os modelos conhecidos que se encontram orientados pelo modelo de racionalidade crítica: i) modelo sócio-reconstrucionista; ii) modelo emancipatório ou transgressivo; e, iii) modelo intrinsecamente ecológico crítico.

É importante destacar a relevância dos debates desses modelos e a necessidade de deslocar os programas de formação de professores da área de Ciências da Natureza da racionalidade formativa técnica em direção à racionalidade crítica e/ou emancipatório-político.

Nesta pesquisa, buscam-se aproximações com o modelo de racionalidade crítico ou emancipatório-político de formação de professores, visando compreender a teoria-prática em uma relação dialética para transformação da realidade educacional e comunitária pelo ativismo fundamentado.

## 4 CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Separada da prática, a teoria é puro verbalismo inoperante; desvinculada da teoria, a prática é ativismo cego. Por isto mesmo é que **não há práxis autêntica fora da unidade dialética ação-reflexão, prática-teoria**. Da mesma forma, não há contexto teórico verdadeiro a não ser em **unidade dialética com o contexto concreto** (FREIRE, 2010, grifo nosso).

Neste trabalho de pesquisa pretende-se analisar as contribuições da inserção de um Modelo de Atividades Baseadas em Investigação (MABI) teórico-prático, estruturado pelas abordagens de ensino por investigação em articulação com as inter-relações CTS e de ASC, em discussões de QSCT, para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos.

Assim, defende-se a tese de que a utilização do MABI teórico-prático na formação inicial de professores em Ciências Biológicas contribui para a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado, estimulando, assim, o planejamento, a ação, a reflexão e a reinvenção das práticas educativas individuais e/ou coletivas. Essas práticas tendem a ser mais investigativas, interdisciplinares e democráticas. Tal pesquisa tem aproximações com os pressupostos de Paulo Freire e da pesquisa-ação participativa crítica.

Este capítulo tem por objetivo fazer uma apresentação dos caminhos metodológicos assumidos e desenvolvidos nesta pesquisa. Apresentam-se, também, o contexto e os participantes da pesquisa, os instrumentos de coleta/construção de dados, a eticidade, a estrutura e o desenvolvimento da pesquisa e a metodologia de análise dos dados.

### 4.1 Caracterização da pesquisa

A presente pesquisa em relação ao **objeto de estudo**, foi classificada como **pesquisa de campo**, pois a coleta/construção dos dados foi realizada no contexto onde ocorreram os fenômenos, isso é, em sala de aula de uma universidade e no espaço comunitário de realização do ativismo fundamentado, a partir de um projeto de extensão. O planejamento desse tipo de pesquisa apresenta maior flexibilidade, podendo ocorrer mesmo que os objetivos propostos sejam revistos/reformulados ao longo da investigação. Na pesquisa de campo “estuda-se um único grupo ou comunidade em termos de sua estrutura social, ou seja, ressaltando a interação de seus componentes. Assim, o estudo de campo tende a utilizar muito mais técnicas de observação do que de interrogação” (GIL, 2008, p. 57).



Em relação à **natureza**, o estudo trata-se de uma **pesquisa aplicada**, uma vez que se busca a resolução de um problema, o desenvolvimento e a inserção de um MABI teórico-prático na formação inicial de professores em Ciências Biológicas e a construção de um aplicativo (aplicativo *inquiry*) como produto educacional associado à tese. Esse tipo de pesquisa abrange aquisição de conhecimentos com a finalidade de solucionar problemas com vistas à aplicação em uma situação específica (GIL, 2010).

De acordo com a forma de **abordagem do problema**, a pesquisa classifica-se predominantemente como **qualitativa**. No entanto, utilizam-se alguns dados quantitativos, uma vez que esses são ferramentas fundamentais para a compreensão de alguns dados qualitativos.

Com alicerce em Lüdke e André (1986), apresentam-se, a seguir, as características básicas da pesquisa qualitativa utilizadas neste estudo:

- O ambiente natural foi a fonte direta de dados. O grupo de coparticipantes (professor pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos) estavam em contato constante no dia a dia na situação investigada e por meio digital (p. ex: email e *WhatsApp*). O espaço de investigação consistiu-se da sala de aula na universidade e do contexto comunitário de realização do ativismo fundamentado;

- A preocupação com o processo de investigação foi muito maior do que com o produto final, uma vez que o interesse do professor pesquisador foi compreender, por exemplo: as ações realizadas pelos acadêmicos; a dinâmica das interações (formação de grupos, cooperação, participação e o envolvimento ativo individual e coletivo no processo); os procedimentos no ambiente de investigação (organização, planejamento, exploração e interpretação); e, como esse processo interferiu na proposta de investigação;

- Os dados coletados/construídos na realidade específica investigada foram predominantemente descritivos. Todos os dados da realidade investigada foram elementares, incluindo, as fotos, a descrição de gravações de áudio e vídeo, a descrição de situações e acontecimentos em sala de aula na universidade e no espaço comunitário; e,

- O significado que os acadêmicos deram às coisas são focos de atenção do pesquisador, pois foram considerados os diferentes pontos de vistas dos coparticipantes da pesquisa na investigação.

A pesquisa em relação aos **procedimentos técnicos** foi delineada pelos pressupostos da **pesquisa-ação**. Para Carr e Kemmis (1986), a pesquisa-ação pode ser compreendida como uma forma de investigação auto-reflexiva realizada pelos participantes, envolvidos em

situações sociais, buscando, assim, melhorar a racionalidade de suas práticas educativas, pela compreensão de suas práticas e de situações/contextos em que as práticas são realizadas.

Conforme Thiollent (2004, p. 14, grifo nosso) a pesquisa-ação

é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em **estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo** e no qual os **pesquisadores e os participantes** representativos da situação ou do problema estão **envolvidos de modo cooperativo ou participativo**.

Assim, a pesquisa-ação exigiu uma relação participativa (uma negociação) entre pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos envolvidos na situação investigada. Esse processo ocorreu em um clima de liberdade e criatividade e não de imposição, uma vez que esse tipo de pesquisa é compatível com o espírito democrático.

Este estudo foi qualificado como pesquisa-ação, pois houve ações práticas por parte das pessoas (grupo de coparticipantes) envolvidos no problema sob investigação, tais como a construção de um MABI teórico-prático, dos projetos interdisciplinares, das propostas didáticas investigativas e de um projeto de extensão com ações sociais no contexto comunitário (ativismo fundamentado). Além da ação prática, o objetivo da pesquisa-ação foi a produção do conhecimento, podendo, muitas vezes, serem suscetíveis de parciais generalizações no estudo de problemas educacionais (THIOLLENT, 2004).

A pesquisa-ação, portanto, pode ser utilizada na educação para: i) substituir um método “tradicional” de ensino por outro método progressista; ii) adotar uma estratégia de aprendizagem em uma abordagem integrada de aprendizagem, em preferência a outra forma de ensino; iii) resolver os problemas diagnosticados em situações específicas ou para melhorar de alguma maneira um conjunto de circunstâncias; e, iv) introduzir abordagens adicionais e inovadoras no processo de ensino e de aprendizagem (MOREIRA; CALEFFE, 2008).

#### 4.1.1 Desvelando a Metodologia Utilizada na Pesquisa: a Pesquisa-Ação Participativa Crítica (PAPC)

No âmbito da pesquisa qualitativa, neste estudo, optou-se em utilizar a Pesquisa-Ação Participativa Crítica (PAPC), por ser uma abordagem que permite mudanças na realidade social e nas práticas educativas individuais e/ou coletivas (KEMMIS; MCTAGGART; NIXON, 2014).

Sendo assim, apresentam-se, a seguir, os elementos de uma PAPC e suas visões particulares em cada termo (KEMMIS; MCTAGGART; NIXON, 2014):

✓ **pesquisa-ação** - abrange diversas atividades de ação participativa na realidade social e/ou educacional. Esse tipo de pesquisa se distingue porque é compreendida como uma prática social e, na educação, é voltada para mudança das práticas educativas;

✓ **participação** - refere-se não apenas à participação das pessoas em uma prática educativa, mas também, consiste em estimular a participação nas esferas públicas (grupos de coparticipantes) em que as pessoas, coletivamente, discutem seus anseios, buscando, assim, um consenso não forçado e cobram do poder público soluções para os problemas da sociedade; e,

✓ **ser crítico** - refere-se à intenção da construção e do fazer coletivo dos métodos, e da compreensão coletiva dessas práticas sociais e/ou educativas, buscando, dessa maneira, as condições, tempos, processos e espaços para que essas práticas sejam mais racionais, razoáveis, produtivas, sustentáveis, justas e inclusivas.

Assim sendo, entende-se que as referidas práticas podem ser alcançadas, quando forem mais investigativas, interdisciplinares e democráticas, buscando a dialogicidade entre a unidade teoria-prática e ação-reflexão. Esses processos dialógicos não são distintos (ou pelo menos não deveriam ser), isso é, encontram-se interligados e se reinventando em todos os momentos do processo pedagógico (FREIRE, 2001).

As visões particulares da PAPC se ajustaram aos objetivos e a estrutura da presente pesquisa, pois essa metodologia possibilitou a articulação entre as abordagens de EBI, relações CTS e de ASC no MABI teórico-prático, em uma espiral de autorreflexão.

A perspectiva de participação propostas por Kemmis, Mctaggart e Nixon (2014), vai ao encontro do que se defende neste trabalho, ou seja, busca-se proporcionar condições e ajudar os acadêmicos a se envolverem em ativismo fundamentado, de maneira colaborativa e participativa, buscando uma transformação no Ensino de Ciências e a resolução de problemas, envolvendo QSCT presentes na sociedade.

A metodologia da PAPC favorece um ambiente democrático e de interação social, baseado na negociação, na ação-reflexão, nas relações de respeito e solidariedade, com pensamento coletivo e responsabilidade social para a tomada de decisão mais crítica em processos e práticas de investigação científica. Nesse ambiente, os acadêmicos de forma individual e/ou coletiva podem propor, comunicar, avaliar e legitimar suas ideias com os demais coparticipantes.

Em sala de aula, o ambiente proporcionado pela PAPC na utilização do MABI teórico-prático pode favorecer a abordagem de diferentes domínios dos conhecimentos científico-tecnológico, como: epistêmico (KELLY; LICONA, 2018), conceitual, social e procedimental (DUSCHL, 2008; ARAÚJO, 2008; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; SASSERON, 2018a) e o atitudinal (CARVALHO, 2016; HODSON, 2014; PEREIRA, 2016; SEDANO; CARVALHO, 2017; WAHID el al., 2018) em uma proposta investigativa. Esse processo favorece a construção de uma imagem mais realista da atividade científica-tecnológica como uma prática social.

Nesse sentido, considerar os processos de formação inicial de professores em Ciências Biológicas implica se posicionar sobre qual modelo de formação de professores se defende. Na literatura especializada, são considerados três modelos de racionalidades de formação de professores: a técnica, a prática e a crítica (DINIZ-PEREIRA, 2014).

Assim, busca-se aproximações com o modelo de racionalidade crítica de formação de professores, pois esse considera a teoria-prática com uma visão crítica, ou seja, com objetivo de transformação da educação e da sociedade. Esse processo tem uma visão de pesquisa educacional como análise crítica, que direciona transformações das práticas educativas, compreensão sobre educação, valores dos envolvidos no processo e as estruturas sociais e educacionais, os quais fornecem uma estrutura para a realização de uma ação prática (CARR; KEMMIS, 1986).

A pesquisa-ação cria e sustenta um ambiente crítico e de apoio, em que grupos de professores familiarizados com os estudantes/acadêmicos, comunidade local e a escola, trabalham em conjunto sobre questões de ordem teórica e prática, relacionadas ao projeto de implementação, por exemplo, do currículo científico para o ativismo fundamentado e para o desenvolvimento profissional de maneira crítica e solidária (HODSON, 2003).

Neste trabalho, busca-se a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, o que abrangeu diversas ações e atividades participativas na realidade a âmbito educacional e comunitário. Esse processo foi compreendido como uma prática social, uma vez que se estimula a formação de profissionais críticos (futuros professores), responsáveis, socialmente, e reflexivos de suas práticas educativas em sala de aula, prezando, assim, por práticas mais investigativas, interdisciplinares e democráticas na perspectiva crítica e libertadora no Ensino de Ciências (FREIRE, 2016).

Para Hodson (2003), o currículo e a formação de professores que buscam alcançar uma ACT e o ativismo fundamentado devem ser baseados num modelo que vise incentivar e apoiar os professores a se tornarem alfabetizados críticos sobre sua própria prática educativa.

Por isso, utiliza-se a PAPC para reflexão participativa das práticas educativas, visando a práticas mais racionais, razoáveis, produtivas, sustentáveis, justas e inclusivas.

A PAPC favorece a formação de um grupo de coparticipantes (neste estudo, p. ex: o professor da disciplina, o pesquisador e os acadêmicos), buscando a resolução de um problema e a realização de um ativismo fundamentado na realidade concreta, pela cooperação entre universidade-escola-comunidade, a partir de um projeto de extensão. Esse processo rompeu com a barreira da sala de aula/escola, proporcionando ações práticas na realidade social sobre QSCT.

Conforme Hodson (2014), os estudantes precisam de oportunidades e espaços para avaliar a ação realizada, refletir sobre sua natureza e impactos, reformulando, assim, as ações. As orientações para as ações fundamentadas são estabelecidas ao longo do tempo e se encontram enraizadas na prática reflexiva-crítica.

Dessa forma, estimula-se uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado que permitam a reflexão e a reinvenção das práticas educativas e a ação social prática na comunidade, voltadas para a criação de esferas públicas (grupos de coparticipantes) para envolvimento nos debates sobre QSCT e na resolução de problemas da comunidade que envolvam os conhecimentos de CT.

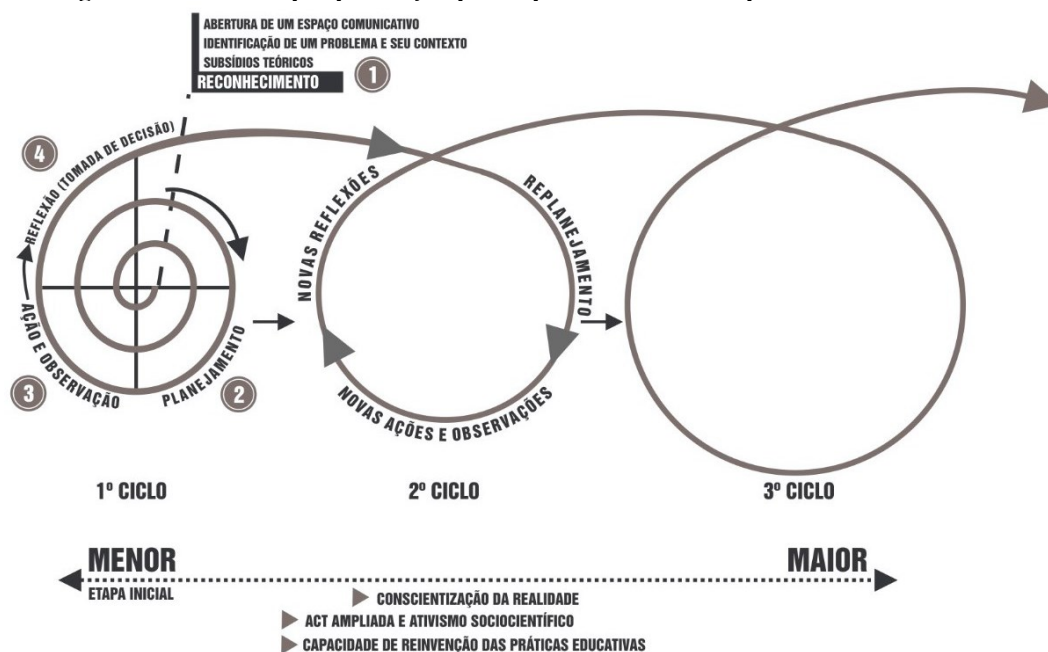
A pesquisa-ação pressupõe que os professores envolvidos nessa metodologia possam adquirir conhecimentos necessários para desenvolver o currículo, buscando refinar e ampliar seu conhecimento profissional prático por meio de atividades colaborativas críticas (HODSON, 2003).

Por isso, a importância de estimular, na formação inicial de professores, práticas e modelos educativos baseados em investigação para ação e reflexão das atividades. O ensino baseado em investigação pode desenvolver a capacidade de trabalho dos estudantes em ambientes imprevisíveis e complexos, na sociedade atual, em constante transformação e impulsionada pela tecnologia (SUÀREZ, *et al.*, 2018), que é o caso da escola no século XXI.

A PAPC é organizada em fases, em uma espiral de autorreflexão, porém, essas fases não são rígidas e lineares, isso é, são mais flexíveis, num constante vaivém entre um conjunto de atividades e ações. Assim, as fases de uma PAPC consistem: no reconhecimento, no planejamento, na ação, na observação e na reflexão. Caso os resultados não sejam satisfatórios no primeiro ciclo, é realizado o replanejamento das ações para uma nova implementação e observação do plano, nova reflexão e assim por diante na espiral de autorreflexão, sucessivamente (KEMMIS; MCTAGGART; NIXON, 2014).

A seguir, apresenta-se um esquema (Figura 10) que representa essas fases, adaptadas à pesquisa desenvolvida.

**Figura 10 - Fases da pesquisa-ação participativa crítica na espiral de autorreflexão**



Fonte: Autoria própria, com base em Kemmis, McTaggart e Nixon (2014)

A espiral de autorreflexão, representada na Figura 10, mostra que pela ação-reflexão constante na formação inicial de professores, é possível contribuir para a capacitação dos futuros professores de ciências para realizarem uma leitura mais crítica e consciente da realidade educacional e comunitária, favorecendo o desenvolvimento de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado e da capacidade de reflexão e reinvenção das práticas educativas. Esse processo pode proporcionar a reflexão-crítica das práticas educativas do futuro professor e do seu papel como agente de mudança social, educacional e ambiental, por meio do Ensino de Ciências.

Esse caráter evolutivo na espiral para o desenvolvimento de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado, reflete, ao mesmo tempo, as práticas educativas de maneira participativa no MABI teórico-prático, considerando-se, aqui, como os inéditos-viáveis almeçados na formação inicial de professores nesta pesquisa.

Dessa forma, almeja-se com a construção de inéditos-viáveis na Educação/Ensino de Ciências, por meio da análise crítica da realidade e pela ação coletiva (atos-limites<sup>42</sup>) do grupo de coparticipantes (acadêmicos, professor da disciplina e professor pesquisador) para superação dos obstáculos<sup>43</sup>, permitindo, assim, o desvelamento das QSCT controversas e reflexão das práticas educativas na formação inicial de professores.

Nesse sentido, mostra-se, na Figura 11, o processo de investigação realizado no presente estudo para obtenção das QSCT<sup>44</sup>, visando à inserção do MABI teórico-prático na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

**Figura 11 - Processo de investigação para escolha e inserção de QSCT, a partir da realidade social**



Fonte: Autoria própria (2022)

<sup>42</sup> Os atos-limites “são ações e estratégias de superação e de transformação da realidade” (ALVES; MUNIZ, 2019, p. 76).

<sup>43</sup> Compreende-se que, muitas vezes, os obstáculos encontrados na formação inicial de professores na área de Ciências da Natureza no contexto educacional e comunitário correspondem: i) a práticas educativas que estimulam uma educação na concepção bancária; ii) a não estimulação da participação e ação social mais democrática na tomada de decisão sobre QSCT; e, iii) ao analfabetismo científico e tecnológico que engloba grande parte da população. Essas situações podem causar um entendimento limitado e/ou acentuar uma concepção de neutralidade da CT, bem como contribuir para a passividade social frente aos obstáculos e injustiças sociais.

<sup>44</sup> Neste estudo, optou-se em utilizar as QSCT a partir da realidade social dos acadêmicos para inserção no MABI teórico-prático, em detrimento de uma investigação temática (tema gerador), uma vez que a abordagem das QSCT atende os objetivos da presente pesquisa. As QSCT permitem a problematização e o diálogo, englobando diversos contextos (sociais, culturais, políticos) e os aspectos relacionados a valores, a crenças, a ética e moral na produção de CT, elementos importantes para compreensão ampliada da suposta neutralidade científico-tecnológica. No entanto, é importante destacar que essas questões devem emergir de uma situação ou problema específico da realidade concreta dos acadêmicos, para posterior ampliação dessa análise (macroestrutura) e retorno ao problema, para seu desvelamento e superação, envolvendo a QSCT.

Nesse processo de investigação, observa-se que todos os passos são indissociáveis e interligados a uma unidade dialógica teoria-prática e ação-reflexão. Para identificação de uma QSCT, partiu-se da realidade social dos acadêmicos e professores, pela sua análise crítica, com o objetivo de identificar as injustiças sociais e obstáculos, envolvendo as possíveis QSCT presentes na sociedade.

A partir dessa análise crítica, ocorreu a investigação para obtenção das QSCT (objeto de estudo). Esse processo se desenvolveu com espírito democrático pela negociação e diálogo entre pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos. Essa problematização inicial foi realizada pela introdução nas discussões de dois documentários disponíveis na plataforma do *YouTube* (*Power - o poder por trás da energia* e *Brumadinho: quando o lucro vale mais*).

Assim, a partir do diálogo no grupo de coparticipantes (ouvir suas falas, percepções iniciais), verificaram-se algumas contradições, conflitos e obstáculos, envolvendo as questões apresentadas. Essas situações poderiam influenciar as práticas educativas dos futuros professores, por isso, optou-se em problematizar os aspectos envolvendo os projetos, processos e discursos hegemônicos sobre QSCT de maneira investigativa, interdisciplinar e democrática.

Para caracterização de uma QSCT, no processo de investigação, foram utilizadas aproximações com os pensamentos de Hodson (2014) e dos critérios propostos por Ramsey (1993). Os critérios propostos foram adaptados, a fim de se encontrar uma QSCT:

i) a QSCT emergiu de uma situação problema concreta, vivenciada pelas pessoas na realidade social, para posterior ampliação dessa análise (macroestrutura) e retorno ao problema concreto, para seu desvelamento e superação;

ii) é de fato um problema de natureza controvertida e complexa, isso é, existem pontos de vistas diferentes sobre a QSCT;

iii) a QSCT possui significado e relevância social;

iv) se a QSCT, em alguma dimensão, abrange a CT.

Além desses critérios, foram levados em consideração: o interesse; a relevância social em nível local, regional, nacional e global; as preocupações com os aspectos ligados aos sentimentos, éticos-morais; valores; e, o contexto social dos acadêmicos para obtenção das questões para investigação (HODSON, 2014).

As QSCT escolhidas pelo grupo de coparticipante e desenvolvidas na investigação foram: i) o rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras; ii) o desmatamento e queimadas na floresta Amazônica; e, iii) os efeitos biológicos e ambientais da radiação. Com a identificação das referidas questões, realizou-se a inserção no MABI teórico-prático,



almejando, assim estimular a análise crítica, o desvelamento e a superação das contradições, processos e discursos sobre as QSCT.

Assim sendo, como exemplo, partiu-se do rompimento da barragem em Brumadinho, Minas Gerais, em janeiro de 2019 (situação concreta), ampliando essa análise para o rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras (macroestrutura), problematizando as relações de forças, poderes e interesses políticos e econômicos que envolvem a QSCT. Com uma compreensão ampliada das relações envolvendo o rompimento de barragens em mineradoras, retornou-se às discussões para a situação mais concreta.

## 4.2 Universo da pesquisa

Nesta seção, apresenta-se uma breve descrição do curso de realização e dos sujeitos participantes da pesquisa.

### 4.2.1 Descrição do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas

O curso de Licenciatura em Ciências Biológicas é ofertado na modalidade presencial, em período integral, e tem duração de quatro anos. De acordo com o Projeto de Abertura do Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas<sup>45</sup> (2017, p. 26-27), o objetivo principal do curso é:

formar profissionais com conhecimento geral nas diversas áreas das Ciências Biológicas articuladas às demais áreas das Ciências da Natureza, integrando o ensino, a pesquisa e a extensão neste processo, permitindo o desenvolvimento de uma postura profissional coerente e responsável, e estimulando a atitude crítica e reflexiva sobre os conhecimentos biológicos e suas implicações socioambientais.

Assim, observa-se a preocupação com a formação de profissionais críticos, responsáveis socialmente e reflexivos sobre sua prática, com uma abordagem interdisciplinar que transite na perspectiva crítica e libertadora na educação, reconhecendo seu papel na sociedade como cidadão, professor e pesquisador. Essa formação leva em consideração a

---

<sup>45</sup> Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/cursos/coordenacoes/graduacao/ponta-grossa/pg-licenciatura-em-ciencias-biologicas/documentos/projeto-de-abertura-do-curso-de-licenciatura-em-ciencias-biologicas/view>. Acesso em: 03 de set. de 2021. O Projeto Político Pedagógico do curso foi construído posteriormente a realização da pesquisa.

indissociabilidade entre o ensino, a pesquisa e a extensão pela práxis educativa. O profissional formado na Licenciatura em Ciências Biológicas estará preparado para atuar no contexto da educação básica e discutir as inter-relações CTS, ajudando na construção de uma sociedade mais inclusiva, justa e igualitária.

A pesquisa foi desenvolvida na disciplina Projeto Interdisciplinar 5 do referido curso e tinha carga horária de 75 horas. As disciplinas de Projeto Interdisciplinar 1, 2, 3, 4 e 5 fazem a mediação de articulação com as outras disciplinas do curso, propondo atividades interdisciplinares ligadas à prática educativa do futuro professor em sala de aula.

No curso Licenciatura em Ciências Biológicas, as Atividades Práticas como Componente Curricular (APCC) são desenvolvidas, principalmente nas disciplinas de Projetos Interdisciplinares, com carga horária que varia de 60 a 90 horas, totalizando 405 horas de APCC, atendendo à Resolução CNE/CP nº 02/2015 (BRASIL, 2015).

Conforme o projeto de abertura do referido curso (2017, p. 109-110), a ementa da disciplina Projeto Interdisciplinar 5 aborda,

as concepções teórico-práticas de projetos interdisciplinares e prática docente do 6 ao 9 ano do ensino fundamental e do ensino médio. Atividades de prática docente enfocando o professor enquanto sujeito de transformação e pesquisa na educação básica. Projetos interdisciplinares e os aspectos da ciência e tecnologia em relação à prática docente. O professor como sujeito do avanço científico e tecnológico na organização do trabalho pedagógico de ciências e biologia. Temas contemporâneos da ciência e biologia e a prática docente nos espaços escolares e não escolares. Práxis pedagógica e trabalho docente interdisciplinar. Ética, prática docente e avanço científico-tecnológico. Seminários de apresentação de trabalho coletivo interdisciplinar de modo a relacionar com o avanço científico e tecnológico e como influencia o trabalho docente.

Dessa forma, verifica-se que a disciplina Projeto Interdisciplinar 5 busca o desenvolvimento da prática docente interdisciplinar e projetos interdisciplinares nos espaços escolares e/ou não escolares, abordando temas atuais da Ciência e Biologia ligados ao avanço científico e tecnológicos e suas implicações sociais, fazendo com que o futuro professor reflita sobre sua práxis e se identifique como sujeito de transformação pela ação social (ativismo fundamentado).

#### 4.2.2 Participantes da pesquisa

Os sujeitos do estudo foram 22 acadêmicos do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade federal brasileira, localizada no estado do Pará, Brasil. A faixa etária do grupo era de 21 a 43 anos, sendo a maioria, dezessete participantes do gênero feminino e cinco, do masculino. Os acadêmicos cursavam o 5º semestre do curso, ou terceiro ano da graduação. As atividades foram desenvolvidas na disciplina Projeto Interdisciplinar 5 do referido curso, no segundo semestre do ano letivo de 2019. Todos os acadêmicos que cursavam essa disciplina foram convidados e concordaram em participar do estudo, assinando, assim, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz (TCUISV) que se encontra no Apêndice A.

A formação foi desenvolvida pelo professor pesquisador e pelo professor da supracitada disciplina. Além disso, paralelamente, houve a participação de um bolsista do curso de Ciência da Computação, que auxiliou na construção de um aplicativo como produto educacional associado a esta tese pelo feedback do processo de investigação realizado. Essa participação do bolsista foi possível por meio de um projeto de extensão.

#### 4.3 Coleta/construção dos dados

Os dados da pesquisa foram coletados/construídos por meio da aplicação de questionário inicial, da inserção de um MABI teórico-prático, da construção de projetos interdisciplinares e propostas didáticas investigativas no âmbito da formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

Foram utilizados como fonte de informação, os acadêmicos participantes da pesquisa, no segundo semestre do ano de 2019 e uma pesquisa na literatura da área de Ensino de Ciências.

Como instrumentos de coleta e construção dos dados para análise, foram utilizados:

- questionário inicial: esse instrumento de coleta de dados (estruturado com questões abertas) foi utilizado com o objetivo de identificar as concepções iniciais dos acadêmicos sobre ACT, CTS, ASC e EBI, sendo aplicado no primeiro encontro (18 de agosto de 2019) da disciplina Projeto Interdisciplinar 5 (APÊNDICE B).

- observação: foi realizada no desenvolvimento do MABI teórico-prático, durante os encontros. Assim, para registro, foi elaborado um roteiro de observação (diário) (ANEXO C), além de fotos e gravação em áudio.

- produção escrita dos acadêmicos: os acadêmicos produziram projetos interdisciplinares, vídeos debates, *PowerPoint*, sites, teatro de fantoche, blog e uma proposta didática, os quais contribuíram para analisar a evolução sobre a ACT ampliada e o ativismo fundamentado.

Nesse sentido, a coleta e construção dos dados teve início após a aprovação do projeto de pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR). Em relação à eticidade da pesquisa, o projeto foi cadastrado na Plataforma Brasil com CAAE: 12561119.1.0000.5547 e aprovado<sup>46</sup> pelo CEP/UTFPR, sob o número do parecer 3.392.061, atendendo a resolução CNS 466/2012 (ver Anexo D).

Assim, a confidencialidade e a privacidade das informações coletadas/construídas, neste estudo, foram garantidas, uma vez que apenas o pesquisador e seus orientadores possuíam acesso aos dados. Para preservação da identidade dos participantes, os acadêmicos foram nominados como: A1, A2, A3... A22; o professor pesquisador; como PP; e, o professor da disciplina, como PD.

Todos os aspectos éticos foram respeitados. Nesse sentido, apresenta-se, também, o termo de concordância do Núcleo Regional de Educação (NRE) para unidade cedente do projeto de pesquisa (ANEXO A) e a carta de intenção do NRE para unidade cedente (ANEXO B), referente ao projeto de extensão articulado com o desenvolvimento desse estudo.

#### **4.4 Elaboração do MABI teórico-prático**

O MABI teórico-prático compreende um conjunto de cinco fases e doze passos interligados em ciclos investigativos espiralados de autorreflexão. Essa organização em uma espiral, objetiva aproximação com uma unidade dialógica entre ação-reflexão e teoria-prática, os quais foram orientados pelos pressupostos da pesquisa-ação participativa crítica.

---

<sup>46</sup> Informações sobre aprovação do projeto de pesquisa pelo CEP/UTFPR, a partir do CAAE e do número do parecer, podem ser consultadas no endereço eletrônico: <http://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf;jsessionid=17AC1EF6672F81E2A25E1CB27F3E116D.server-plataformabrasil-srvjpdf130>. Acesso em: 03 maio 2020.

Esse modelo de atividades investigativas foi estruturado em três eixos centrais, que consistem nas abordagens: EBI, relações CTS e de ASC, sendo a base de sustentação a orientação/mediação do professor para promoção da ACT ampliada e do ativismo fundamentado na formação de professores.

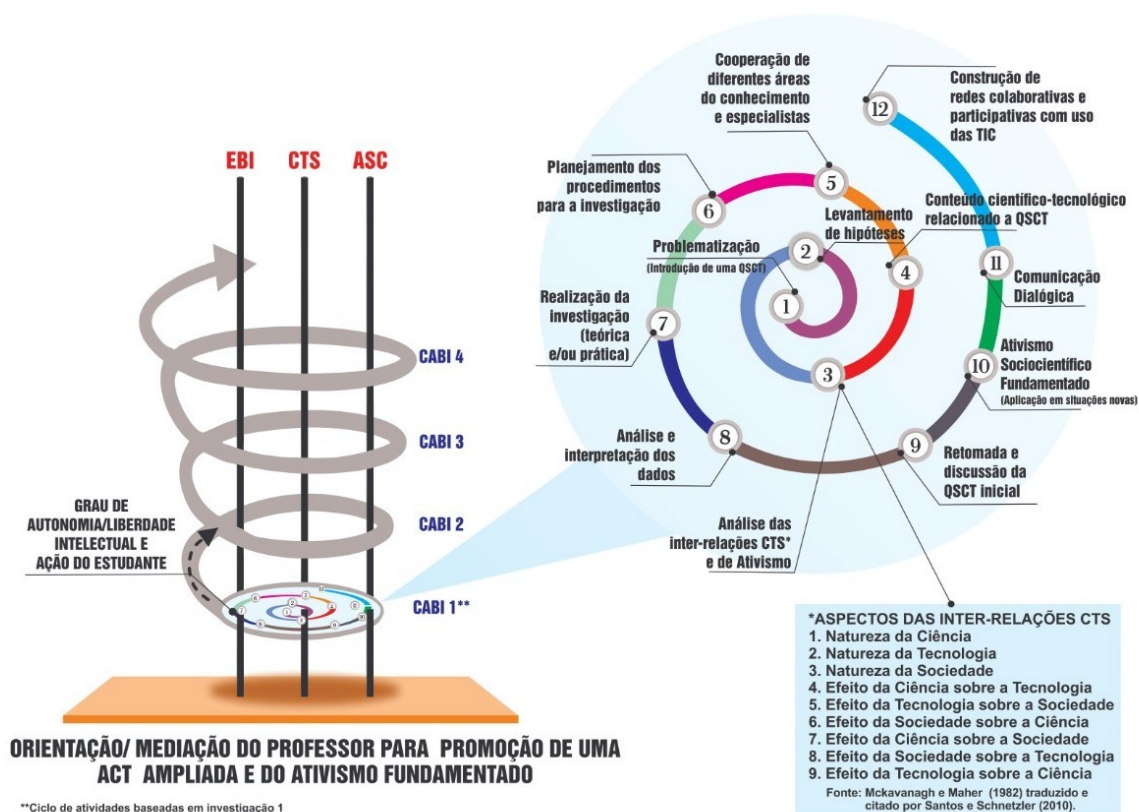
As inspirações para elaboração desse modelo surgiram das reflexões da prática educativa em sala de aula como professor na educação básica e superior, das leituras realizadas na área de Ensino de Ciências e das necessidades identificadas na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, as quais consistem na reinvenção das práticas e dos modelos educativos em direção a práticas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares. Além disso, da necessidade identificada de aproximação entre a Universidade-Escola-Comunidade, a partir de um projeto de extensão.

A construção do MABI teórico-prático foi influenciada pelos trabalhos de diversos autores: i) no ensino baseado em investigação, com as pesquisas de Pedaste, *et al.* (2015); Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016); Carvalho (2016; 2018); e, Sasseron (2018a), ii) sobre CTS, trabalhos como os de Aikenhead (1994); Santos e Mortimer (2000); Auler e Delizoicov (2001); Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007); e, Santos e Schnetzler (2010); e, iii) em relação ao ASC, autores como Hodson (1998; 2003; 2014); Reis (2013); Conceição, Baptista e Reis (2018).

Os passos no MABI, não são lineares e rígidos, mas dinâmicos e inter-relacionados, em um constante vaivém entre eles. O papel do professor nesse processo é de orientação/mediação, oportunizando, assim, espaços, tempos, processos e condições para o desenvolvimento das atividades e ações, visando à tomada de decisão mais crítica, maior autonomia intelectual e à construção do conhecimento. A discussão e a reflexão das ações perpassam cada passo da estrutura e do modelo como um todo, garantindo-se, assim, a constante ação-reflexão e reestruturação das atividades e ações neles desenvolvidas.

O modelo pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - MABI teórico-prático



Fonte: Autoria própria (2022)

O CABI 1 começa pela problematização que consiste na investigação e introdução de uma QSCT, determinada em conjunto pelo professor-acadêmicos-comunidade. Essa questão controversa deve levar em consideração a realidade dos acadêmicos (contexto social, cultural, político, científico, econômico, ideológico, produtivo, tecnológico e ético), seu interesse e sua relevância social.

Na sequência, com a QSCT definida, os acadêmicos podem discutir a suposta concepção de neutralidade da CT a partir dessa questão e elaborar um problema de investigação em forma de pergunta(s), bem como a(s) hipótese(s) que será(ão) o fio condutor para os demais passos do ciclo.

Este modelo pode estimular e articular o desenvolvimento de diversos domínios do conhecimento científico-tecnológico, como: domínios epistêmicos (KELLY; LICONA, 2018) conceituais, sociais, procedimentais (DUSCHL, 2008; ARAÚJO, 2008; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; SASSERON, 2018a) e os domínios atitudinais (CARVALHO, 2016; HODSON, 2014; PEREIRA, 2016; SEDANO; CARVALHO, 2017; WAHID et al., 2018).

Assim, uma característica importante da espiral de autorreflexão no MABI teórico-prático é a possibilidade, em cada ciclo, da unidade entre ação-reflexão e teoria-prática, visando ao replanejamento das ações para o próximo ciclo, caso os resultados não sejam satisfatórios. Dessa maneira, o professor e os acadêmicos possuem a oportunidade de propor, comunicar, avaliar, refletir e legitimar o desenvolvimento em cada passo e/ou ciclo, propondo mudanças na utilização de estratégias e metodologias, para a melhoria das práticas educativas. Ressalta-se que o MABI teórico-prático se refere ao trabalho de uma práxis investigativa participativa, envolvendo diálogo e reflexão coletiva constante.

As estratégias e metodologias utilizadas no referido modelo em cada fase dependem do objetivo que o professor formador pretende alcançar e do contexto social dos acadêmicos. A ideia principal é estimular um maior engajamento no processo de aprendizagem, oportunizando, assim, espaços para eles pensarem, fazerem, falarem, lerem, refletirem, tomarem decisões, planejarem, inovarem, comunicarem, escreverem e agirem sobre as QSCT, para além da sala de aula e da avaliação dos impactos da CT na sociedade, visando ao ativismo fundamentado.

Entende-se que as três abordagens (EBI, relações CTS e de ASC) podem contribuir para a promoção de uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado dos acadêmicos sobre QSCT presentes na sociedade. Esse processo de ação-reflexão pode favorecer a reinvenção das práticas educativas do futuro professor nas ciências em sala de aula, passando de “tradicionais” a investigativas, democráticas e interdisciplinares.

Nesse contexto, apresenta-se, a seguir, as cinco fases e a descrição dos doze passos do MABI teórico-prático (Quadro 9):

**Quadro 9 - Fases e passos no MABI teórico-prático**

MABI teórico-prático		
Fases	Passos	Descrição
Problematização	Problematização	O processo de identificação (escolha) de uma QSCT, da inserção no MABI teórico-prático e da elaboração de pergunta(s) de investigação (fio condutor) envolvendo essa questão. Nesse passo, estimula-se o envolvimento (motivação, interesse, curiosidade e engajamento ativo) e identificam-se as concepções iniciais dos estudantes/acadêmicos. Na elaboração da questão problema de pesquisa, consideraram-se os graus de autonomia/liberdade intelectual e ação (Apêndice C).
	Levantamento de hipóteses	O processo de levantamento de hipóteses testáveis (ideias para resolver o problema) sobre a(s) questão(ões) problema(s). Os passos 2, 3, 4 e 5 podem ser vistos como um processo de compreensão de conceitos (PEDASTE, <i>et al.</i> , 2015) e inter-relações, pertencentes a QSCT e à problemática estabelecida.
		O processo de análise das inter-relações CTS sobre a QSCT, a partir dos nove aspectos propostos por Santos e Schnetzler (2010). Além disso, ocorre o processo de problematização da suposta concepção de neutralidade da CT ligada a QSCT escolhida.

Conceitualização	Análise das inter-relações CTS e de Ativismo	Nesse momento, realiza-se a proposição de projetos interdisciplinares como iniciativas de ativismo fundamentado para realização na comunidade. Os resultados desse passo referem-se à compreensão das inter-relações CTS e ao planejamento das ações para concretização do passo 10. Tais compreensões são discutidas e refletidas durante todo o processo, permitindo, assim sua reestruturação a todo momento.
	Conteúdo científico-tecnológico relacionado a QSCT	O processo de identificar e abordar os conteúdos científicos-tecnológicos que envolvem a QSCT. Tal processo deve englobar diferentes conteúdos conceituais, para além da dimensão da CT, ou seja, envolvendo as dimensões ambientais, sociais, políticas, econômicas, psicológicas e preocupações ético-morais, de valores e de solidariedade. O resultado final desse passo corresponde à compreensão dos conceitos científicos e tecnológicos (e outros conhecimentos) associados a QSCT escolhida, porém, sem abordar diretamente o problema em investigação.
	Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas	O processo de identificar parcerias de cooperação entre as áreas do conhecimento (interdisciplinaridade) e especialistas na comunidade. Os especialistas podem ser uma pessoa ou grupos da comunidade com formação acadêmica ou não, mas que podem contribuir com conhecimentos relevantes sobre a controversa abordada. O resultado final desse passo é a busca por diferentes olhares, de maneira interdisciplinar e colaborativa, ampliando a compreensão sobre a QSCT.
Investigação	Planejamento dos procedimentos para investigação	O processo de planejamento participativo e colaborativo dos procedimentos, metas e responsabilidades individuais e/ou coletivas para a investigação (definição do que será feito para resolver a problemática). O resultado final é um “plano de trabalho” (CARVALHO, 2016). Prevê-se a investigação será teórica e/ou prática e como os dados serão coletados/construídos (instrumentos).
	Realização da investigação (teórica e/ou prática)	O processo de investigação é o momento em que se testam as hipóteses (colocar em ação o plano de trabalho), coletam-se/constroem-se os dados, conforme o planejamento do passo anterior.
	Análise e interpretação dos dados	O processo de dar sentido para os dados e a sistematização de novos conhecimentos. Os passos planejamento e análise dos dados podem ser vistos como um conjunto que faz parte do processo de investigação (PEDASTE, <i>et al.</i> , 2015).
Conclusão	Retomada e discussão da QSCT inicial	O processo de discussão, reflexão e obtenção de conclusões é o momento de sistematização do conhecimento por meio de uma linguagem mais formal (CARVALHO, 2018). Nesse passo, retomam-se a questão problema de pesquisa sobre a QSCT, as hipóteses, os procedimentos realizados e os resultados. Ademais, ocorre a avaliação dos avanços e da ampliação da compreensão dos estudantes, verificando se houve compreensão coletiva sobre a QSCT. Assim, podem surgir outras indagações e hipóteses, havendo a necessidade/possibilidade de retornar ao passo planejamento para nova investigação. É possível retornar às discussões das inter-relações CTS. O resultado final desse passo é a verificação da evolução dos conceitos, processos e habilidades individuais e/ou coletiva dos estudantes/acadêmicos, bem como a sistematização do conhecimento.
	Ativismo sociocientífico (aplicação em situações novas)	O processo de ativismo fundamentado na realidade comunitária e/ou educacional envolvendo a QSCT. Concretização dos projetos interdisciplinares previstos no passo de análise das inter-relações CTS e de ativismo e desenvolvidos ao longo do processo. O resultado final desse passo é a concretização do ativismo fundamentado na realidade.



Ativismo fundamentado	Comunicação dialógica	O processo de apresentação externa dos resultados de toda investigação e intervenção na comunidade com os demais acadêmicos, professores e comunidade local. Coleta do feedback para nova avaliação e reestruturação do processo. É importante destacar que a comunicação interna, a discussão e a reflexão das atividades e ações devem ocorrer em todos os passos do MABI teórico-prático de maneira colaborativa, integrada e participativa entre o grupo de coparticipantes, possibilitando, assim, a reestruturação, a todo momento, das atividades e ações no modelo.
	Construção de redes colaborativas e participativas com uso das TIC	O processo de construção de redes colaborativas com uso das TIC, para continuação das ações e ampliação do alcance de divulgação. Esse processo pode envolver mais pessoas da comunidade local, regional, nacional e internacional, inclusive, fazendo parcerias em redes de diversos grupos/pessoas com o mesmo interesse. Pode-se estimular o net-ativismo sobre CT para motivação e resolução de alguns problemas/situações.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Dessa forma, ressalta-se que os passos no MABI teórico-prático foram orientados pela pesquisa-ação participativa crítica, em uma espiral de autorreflexão. Em todas as atividades e ações previstas nesse modelo, os estudantes/acadêmicos podem planejar, agir e refletir sobre elas, bem como, replanejar (a qualquer momento) para uma nova ação e reflexão e, assim, sucessivamente, num constante vaivém para reestruturação entre os passos e fases no modelo.

O ensino baseado em investigação pode ser útil para construção de uma imagem da atividade científica-tecnológica. Assim, não se almeja que a ideia dos passos e fases levem a uma percepção errônea de que o processo de produção de CT deve respeitar uma sequência linear e rígida, bem como seguir um método científico único. Tal estrutura foi pensada para organização do trabalho do professor, visando à constante ação-reflexão no e do processo investigativo. A ideia é contribuir para discussão e utilização da estrutura pelos professores em qualquer nível de ensino, ajudando na superação dos desafios da implementação do ensino por investigação na práxis do professor de ciências (SANTANA; FRANZOLIN, 2018).

Nesse sentido, busca-se contribuir para superação de distorções, como, por exemplo, as visões a-problemáticas, a-históricas, individualistas, elitistas e descontextualizadas desse processo de produção científica e tecnológica (CACHAPUZ, *et al.*, 2005), o que é fundamental para uma educação em CT crítica.

O MABI teórico-prático pode ser utilizado em espaços formais e não formais de ensino em diferentes graus de autonomia e de ação dos estudantes/acadêmicos. Para o desenvolvimento do presente estudo, com base em Tamir (1991), Borges (2002) e Carvalho (2018), foi estruturado os graus de autonomia/liberdade intelectual e ação (APÊNDICE C)

oferecidos aos estudantes/acadêmicos para serem utilizados no modelo em atividades teóricas e/ou de laboratório.

Neste trabalho, utiliza-se o grau três, com total liberdade intelectual e de ação para os acadêmicos, porém, sempre com decisões coletivas fundamentadas e com orientação/mediação do professor, em todo o processo de investigação. O raciocínio é definido pelo estudante/acadêmico, que expõe seus pensamentos e argumentos para o grupo de coparticipantes.

#### **4.5 Estrutura e desenvolvimento da pesquisa**

Para o desenvolvimento desta pesquisa, realizaram-se quinze encontros, num total de 75 horas no período integral, de agosto a dezembro de 2019, sendo 6 horas aulas semanais cada encontro. As atividades e ações desenvolvidas nesses encontros estão descritas no Apêndice D.

Os objetivos de ensino, de aprendizagem e o cronograma para disciplina Projeto Interdisciplinar 5 foram elaborados em conjunto pelo professor da disciplina, professor pesquisador e acadêmicos. Os conteúdos da referida disciplina foram desenvolvidos por meio do MABI teórico-prático, visando a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado para a tomada de decisão mais crítica e uma maior autonomia intelectual sobre QSCT.

A estrutura da pesquisa desenvolvida pode ser compreendida por meio de duas visões, isso é, uma mais ampla e uma mais específica da investigação, no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica. A perspectiva ampla consiste em uma visão de ação-reflexão geral do desenvolvimento do trabalho; a mais específica corresponde a uma visão dos passos no MABI teórico-prático, ou seja, em cada passo, as ações são refletidas e reestruturadas, pelo diálogo e embasamento teórico, o que ocorreu em todos os momentos num constante vaivém no modelo.

Nesse sentido, apresenta-se, no Quadro 10, uma estrutura das fases/ciclos da pesquisa-ação participativa crítica proposta por Kemmis, McTaggart e Nixon (2014), numa visão ampla do desenvolvimento do trabalho.

**Quadro 10 - Estrutura metodológica da pesquisa-ação participativa crítica desenvolvida na pesquisa**

Fases/ Ciclos	Elementos presentes na pesquisa-ação participativa crítica	Atividades desenvolvidas na pesquisa
Fase de reconheci- mento/ Ciclo 1	<b>FORMAÇÃO DE UM GRUPO DE COPARTICIPANTES</b>	
	<p><b>Reconhecimento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesquisa na literatura;</li> <li>- Abertura de um espaço comunicativo pela formação de um grupo de coparticipantes (esfera pública);</li> <li>- Preocupação compartilhada (um problema em comum).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pesquisa na literatura da área de Ensino de Ciências;</li> <li>- Submissão e aprovação do projeto de pesquisa no Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEP-UTFPR;</li> <li>- Diálogo entre professor pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos, para formação de um grupo de coparticipantes no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade federal brasileira, localizada na Região Sul do país;</li> <li>- Aplicação de um questionário organizado em seções, com questões abertas, para reconhecimento das concepções iniciais dos acadêmicos (APÊNDICE B);</li> <li>- Identificação de uma preocupação compartilhada sobre práticas educativas no grupo de coparticipantes.</li> <li>- Identificação da necessidade de construção de um MABI teórico-prático, que permitisse a unidade entre teoria-prática e ação-reflexão, estimulando a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado, envolvendo as QSCT.</li> </ul>
	<b>PROPONDO INTERVENÇÕES PELO PLANEJAMENTO COLABORATIVO</b>	
	<p><b>Planejamento</b></p> <p>- O planejamento na pesquisa-ação participativa crítica é colaborativo, visando a mudanças nas práticas educativas individuais e coletivas, transformando as práticas e suas consequências mais racionais e razoáveis, mais produtivas e sustentáveis, mais justas e inclusivas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção colaborativa do plano de ação (professor pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos) pela negociação, visando desenvolver uma tomada de decisão mais crítica e uma maior autonomia intelectual dos acadêmicos:</li> <li>i) Elaboração preliminar do Modelo de Atividades Baseadas em Investigação - MABI teórico-prático e dos graus de autonomia/liberdade intelectual e de ação social pelo professor pesquisador e professor da disciplina, visando discussão coletiva posterior (com o grupo de coparticipantes) para reestruturações;</li> <li>ii) Planejamento da problematização das concepções sobre a suposta neutralidade da CT, por meio de documentários disponíveis na plataforma do <i>YouTube</i>;</li> <li>iii) Projeção da utilização de artigos e capítulos de livros para discussão sobre EBI, CTS, QSCT, ASC e ACT;</li> <li>iv) Planejamento da construção de projetos interdisciplinares em grupo sobre as QSCT, com utilização das tecnologias de informação e comunicação e de uma proposta didática investigativa para educação básica, com alicerce no MABI teórico-prático;</li> <li>v) Projeção da aproximação entre Universidade-Escola-Comunidade, por meio de um projeto de extensão, estimulando o ativismo fundamentado;</li> <li>vi) Planejamento da melhoria das práticas educativas dos futuros professores, pela unidade entre ação-reflexão e teoria-prática, por meio do MABI teórico-prático.</li> </ul>
Fase da ação/Ciclo 1	<b>INSERÇÃO DO MABI TEÓRICO- PRÁTICO E CONSTRUÇÃO DE PROJETOS INTERDISCIPLINARES</b>	
	<p><b>Ação e observação</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementação do plano de ação.</li> <li>- As mudanças no plano, caso ocorram, devem ser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementação do plano de ação (inserção do MABI teórico-prático) na formação inicial de professores em Ciências Biológicas:</li> <li>i) Problematização das concepções sobre a suposta neutralidade da CT, por meio dos documentários: “Power - o poder por trás da energia” e “Brumadinho: quando o lucro vale mais”;</li> <li>ii) Escolha, pelos acadêmicos, de QSCT pelo processo de investigação, a partir da realidade social (“desmatamento e queimadas na floresta Amazônica”, “efeitos biológicos e ambientais da radiação” e “rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras”);</li> </ul>

	discutidas de maneira coletiva. - É essencial registrar em diário o desenvolvimento das ações, visando ao monitoramento e à coleta de evidências.	iii) Introdução das QSCT nas discussões em sala de aula, orientadas pelo MABI teórico-prático, no âmbito da PAPC; iv) Desenvolvimento dos doze passos do MABI pela ação-reflexão em cada passo e em cada ciclo de investigação; v) Leitura de artigos e discussão para reflexão coletiva; vi) Elaboração de um vídeo debate para apresentação dos resultados e retomada da QSCT inicial, conforme o referido modelo; vii) Construção e apresentação de projetos interdisciplinares sobre as QSCT, com utilização das tecnologias de informação e comunicação na universidade; viii) Observação e registro em diário do desenvolvimento das ações e das consequências (mudança) nas práticas educativas.
	<b>AVALIANDO E REPLANEJANDO COLETIVAMENTE AS AÇÕES</b>	
Fase da reflexão/ Ciclo 1	<b>Reflexões</b>  - Momento de avaliação das atividades e ações, isso é, hora de refletir, analisar, sintetizar, interpretar, explicar e desenhar conclusões.	- Avaliação das ações de maneira coletiva e simultânea, visando à reestruturação das atividades:  i) Análise e interpretação das respostas do questionário inicial; ii) Reflexão das ações realizadas coletivamente pelos acadêmicos em cada passo do MABI teórico-prático e possibilidade de reestruturação das atividades; iii) Reflexão sobre as contribuições da leitura dos artigos para melhoria das práticas educativas (passando de tradicionais a investigativas); iv) Apresentação de vídeos debates e dos projetos interdisciplinares em sala de aula para avaliação e reflexão coletiva; v) Reflexão coletiva sobre as práticas educativas e suas consequências na formação de professores.
Fase do Replanejamento/ Ciclo 1	<b>Replanejamento</b>  - A partir das reflexões do desenvolvimento das atividades e ações, ocorre o replanejamento.	i) Reestruturação dos projetos interdisciplinares para o diálogo entre universidade-escola-comunidade, pelo desenvolvimento de um projeto de extensão; ii) Replanejamento para construção de uma proposta didática investigativa, apontando como os acadêmicos trabalhariam a QSCT na educação básica, a partir do MABI teórico-prático (reaplicação pelos acadêmicos).
	<b>AGINDO NA COMUNIDADE (ATIVISMO FUNDAMENTADO)</b>	
Fase da ação/ Ciclo 2	<b>Novas ações e observações</b>  - Implantação do novo plano de ação.	- Realização de uma mostra científica-tecnológica dialógica (discussão dos projetos interdisciplinares na comunidade), por meio de um projeto de extensão no Instituto João XXIII, localizado no município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil; - Construção das propostas didáticas investigativas para educação básica, utilizando o MABI teórico-prático. Com base na vivência no processo realizado, os acadêmicos planejaram propostas didáticas, apontando como trabalhariam em sala de aula nessa perspectiva (reaplicação).
	<b>SOCIALIZAÇÃO DAS AÇÕES E RESULTADOS NA UNIVERSIDADE</b>	
Fase da reflexão/ Ciclo 2	<b>Reflexões</b>  - Novo momento de reflexões das ações.	- Reflexão coletiva das ações realizadas, por meio de um relato de experiências e socialização dos resultados com as demais fases do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (seminário de socialização);

**Fonte: Autoria própria (2022)**

No Quadro 10, pode-se observar que no primeiro ciclo foram realizados o desenvolvimento e a inserção do MABI teórico-prático, seguindo as seguintes fases da PAPC: (i) o reconhecimento; (ii) o planejamento; (iii) a ação e observação; (iv) a reflexão; e, (v) o replanejamento para o próximo ciclo. Essas fases foram desenvolvidas de maneira

colaborativa e participativa, incentivando, assim, a proposição, a comunicação, a reflexão, a avaliação e a legitimação das ideias pelo grupo de coparticipantes em todas os passos e no MABI como um todo. Assim, observa-se que o embasamento teórico, a leitura e a reflexão, integrado as ações práticas se fazem elementos centrais na espiral evolutiva de autorreflexão.

O ativismo fundamentado foi concretizado por meio da realização de uma mostra científica-tecnológica dialógica no desenvolvimento de um projeto de extensão universitária<sup>47</sup>. Dessa forma, buscou-se promover um diálogo efetivo, na realidade concreta, articulando universidade-escola-comunidade, por meio desse projeto, uma vez que o ensino, a pesquisa e a extensão indissociáveis são o tripé da universidade (GONÇALVES, 2015).

Com isso, entende-se a concepção de extensão, como uma perspectiva dialógica e socialmente responsável, em vez da concepção como difusão de conhecimento e de assistência (GONÇALVES, 2015).

Pelo diálogo com os estudantes do Instituto João XXIII, buscou problematizar a importância da participação social na tomada de decisão sobre QSCT. Foram discutidas as temáticas dos projetos interdisciplinares. Os estudantes eram de várias faixas etárias, estimulando os acadêmicos (futuros professores) a adequarem a linguagem para compreensão discursiva e troca entre eles.

Na referida mostra, os participantes foram convidados a uma reflexão e discussão, envolvendo as QSCT, os quais entraram em interação com teatro de fantoches, cartazes, tecnologias (p. ex: detector de radiação, plataforma arduino), blogues, panfletos, sites e maquetes. Essas estratégias foram utilizadas pelos acadêmicos como meio para promover discussões sobre as QSCT.

No segundo ciclo, a partir da avaliação do processo realizado no primeiro ciclo e o replanejamento, houve a reestruturação dos projetos interdisciplinares desenvolvidos. Além disso, pensando na característica de evolução dos ciclos espiralados, os acadêmicos realizaram a construção de uma proposta didática investigativas, a partir das QSCT, fazendo a transposição para o contexto da educação básica, isso é, como eles trabalhariam nessa perspectiva em sala de aula.

Assim, essa abordagem pode favorecer a reinvenção das práticas educativas pela reflexão e análise crítica dessas práticas, possibilitando uma formação emancipadora e

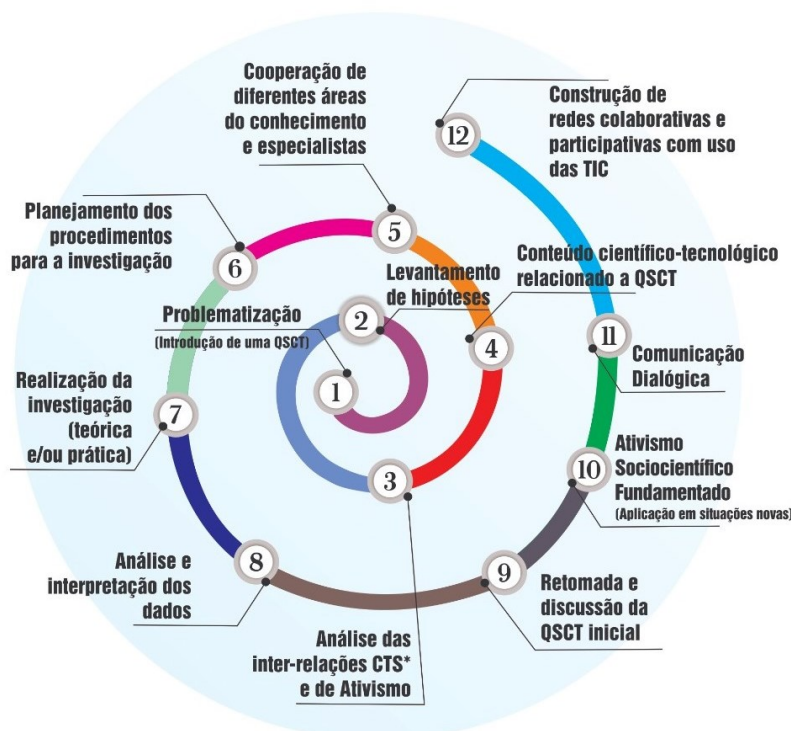
---

<sup>47</sup> Projeto de extensão ligado à UTFPR, com o título: Escola e universidade em cooperação participativa: formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza, fazendo extensão.

interdisciplinar dos acadêmicos. Ressalta-se que essas contribuições se referem ao grupo de coparticipantes, incluindo o professor pesquisador e professor da disciplina, que estão em constante reflexão sobre suas práticas educativas.

Em uma visão mais específica, a pesquisa no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica, foi estruturada e desenvolvida, basicamente, em doze passos a partir do MABI teórico-prático (Figura 13).

Figura 13 - Passos de desenvolvimento da pesquisa no MABI teórico-prático



Fonte: Autoria própria (2022)

Assim, os passos da pesquisa e os procedimentos desenvolvidos são descritos, resumidamente, a seguir:

#### - Problematização (introdução de uma QSCT)

Nesse passo, ocorreu a identificação (escolha), inserção de uma QSCT no MABI teórico-prático e elaboração de perguntas problemas (fio condutor) para a investigação. Assim, com o objetivo de problematizar algumas QSCT e de despertar a curiosidade, o engajamento ativo e a motivação dos acadêmicos para a investigação, o professor da disciplina e o professor pesquisador apresentaram dois documentários disponíveis na

plataforma *YouTube*: (i) “*Power - o poder por trás da energia*”<sup>48</sup>; e, (ii) “*Brumadinho: quando o lucro vale mais*”<sup>49</sup>.

Os acadêmicos assistiram aos documentários e responderam algumas questões para estimular e direcionar a discussão e a reflexão em sala de aula, de maneira colaborativa e participativa (APÊNDICE E). A partir desses documentários, houve a problematização da suposta neutralidade da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001; ROSA; AULER, 2016; ROSA; STRIEDER, 2019; SANTOS; AULER, 2019).

Neste estudo, essa problematização envolveu o conteúdo dos documentários. Porém, a partir da escolha e inserção da(s) QSCT no MABI teórico-prático, essa problematização ocorreu novamente no passo 3.

Para a escolha da(s) QSCT, os acadêmicos formaram seis grupos. Nesse sentido, de forma colaborativa e participativa, cada grupo realizou o processo de investigação para identificação da(s) QSCT, levando em consideração alguns critérios propostos por Ramsey (1993), pensamentos de Hodson (2014) e Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021), bem como o contexto da realidade e interesse dos acadêmicos.

As QSCT escolhidas para inserção no MABI teórico-prático foram: i) desmatamento e queimadas na floresta Amazônica; ii) efeitos biológicos e ambientais da radiação; e, iii) o rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras.

Tais questões foram abordadas pelos grupos em diferentes perspectivas. Três grupos focaram no desmatamento e queimadas na floresta Amazônica: i) histórico do desmatamento da floresta Amazônia nos últimos 25 anos; ii) queimadas na floresta Amazônia e extinção de abelhas nativas; e, iii) Amazônia em chamas - causas e impactos sociais e ambientais.

Um grupo abordou a QSCT efeitos biológicos e ambientais da radiação. Ademais, dois grupos se dedicaram na QSCT rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras: i) o rompimento de barragem em Mariana, Minas Gerais, que ocorreu em novembro do ano de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues; e, ii) o rompimento de barragem em Brumadinho, Minas Gerais, ocorrido em janeiro de 2019.

Com as QSCT definidas e a realização da problematização da suposta neutralidade da CT, ocorreu o processo de elaboração de uma problemática. Esse é um dos elementos principais no ensino baseado em investigação, sendo o fio condutor de todo processo. O(s)

---

<sup>48</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M3Eo0PiqgHY>. Acesso em: 11 de jun. 2019.

<sup>49</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ack1QctLvF8>. Acesso em: 14 de jun. 2019.

problema(s) foram proposto(s) na forma de pergunta(s) relacionadas as QSCT (foco da investigação). Os resultados desse passo de problematização referem-se à identificação, à problematização da suposta neutralidade da CT, à elaboração de uma ou mais questões problemas e à inserção das QSCT no MABI teórico-prático.

Destaca-se o papel de mediador/orientador do professor, que deve criar e oportunizar espaços, tempos, condições e processos para que os acadêmicos desenvolvam e articulem diferentes domínios do conhecimento científico (conceitual, procedimental, atitudinal, social e epistêmico). Esse processo estimula a aproximação com a cultura e com o trabalho científico-tecnológico, como uma prática social.

O processo de problematização pode também ser realizado, na educação básica, por meio de trechos de filmes, saída a campo, conteúdos de *podcast*, artigos científicos, notícias de jornais e revistas controversas, apresentação de uma situação problema local, dentre outras estratégias.

#### **- Levantamento de hipóteses**

Para o passo 2, ocorreu o levantamento de hipóteses, propondo soluções prévias para o(s) problema(s) apontado(s) no passo anterior. Foi necessário disponibilizar espaços e tempos para debates coletivos das hipóteses, dando condições para determinação das variáveis e a sua viabilidade/pertinência. Com esse processo, os acadêmicos puderam verificar vários caminhos para resolver o problema proposto, compreendendo que a ciência não é dogmatizada, neutra e linear. Seu resultado foi o levantamento de hipóteses testáveis.

O professor da disciplina e o professor pesquisador estimularam, durante todos os passos, a comunicação, a discussão, a reflexão das ações e a legitimação dos pensamentos pelo grupo de coparticipantes. A ideia principal é o diálogo entre a unidade teoria-prática e ação-reflexão coletiva na espiral de autorreflexão. Os grupos poderiam acompanhar e avaliar a evolução do grupo em si e entre eles, reestruturando as ações e atividades a todo momento, nos passos e no modelo como um todo.

#### **- Análise das inter-relações CTS e de ativismo**

Nesse passo, houve a retomada e aprofundamento das discussões, envolvendo a problematização da suposta neutralidade da CT, no entanto, agora, em relação a QSCT inserida no modelo. Realizou-se a análise das inter-relações CTS sobre a questão escolhida,



utilizando como base os nove aspectos das inter-relações CTS (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Os acadêmicos analisaram essas inter-relações e as apresentaram para discussão no grupo de coparticipantes. As ideias foram propostas, comunicadas, avaliadas, e legitimadas pelo grupo. Esse processo permitiu a constante reestruturação das atividades e ações de maneira evolutiva nos domínios epistêmicos, atitudinal, procedimental, conceitual e sociais da construção do conhecimento científico-tecnológico.

Na sequência, foram abordadas as relações de ativismo sociocientífico, propondo, assim, ações sociais fundamentadas na realidade comunitária. Nesse momento, houve a proposição de projetos interdisciplinares pelos grupos, envolvendo a dimensão tecnológica (p. ex: detector de radiação) e as tecnologias de informação e comunicação (p. ex: sites, blogs), visando a seu desenvolvimento e à concretização dos projetos no passo dez do MABI teórico-prático.

Os resultados desse passo se referem à compreensão da natureza da ciência, tecnologia e sociedade, bem como das diversas inter-relações entre CTS e o planejamento dos projetos interdisciplinares, para desenvolvimento durante os passos e sua concretização por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica no passo dez do modelo.

#### **- Identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos relacionado a QSCT**

Para o passo 4, os acadêmicos realizaram o processo de identificação dos conteúdos conceituais, que poderiam ser abordados em relação as QSCT e a problemática de cada grupo (fio condutor na investigação). Os acadêmicos trabalharam em grupo, visando estimular a interação social e o desenvolvimento da autonomia intelectual e moral (SEDANO, CARVALHO, 2017).

Esses conteúdos científico-tecnológico (dentre outros conhecimentos) embasam a investigação e o ativismo sociocientífico na comunidade. Assim, houve a necessidade de focar na dimensão científica-tecnológica para compreensão da QSCT. Com essa abordagem, foi possível ampliar a compreensão conceitual dos fenômenos. Essa proposta permitiu a identificação de conteúdo conceituais de Ciências Biológica, Física e Química e demais áreas do conhecimento, uma vez que possui uma natureza interdisciplinar.

Em cada grupo foi realizada uma previsão dos principais conteúdos que poderiam ser abordados sobre as QSCT. Destaca-se que esses conteúdos não foram trabalhados pelo professor da disciplina e pelo professor pesquisador, uma vez que não era o objetivo da disciplina. E, até porque, seria impossível fazer esse trabalho em um semestre, devido à

diversidade de QSCT abordadas pelos acadêmicos. No entanto, os grupos tiveram que pesquisar sobre os conteúdos para compreensão dos fenômenos e embasamento de suas ações.

Nesse passo, os grupos pensaram em conteúdos conceituais, para além das dimensões da CT, envolvendo as dimensões econômicas, sociais, políticas, ambientais e preocupações éticos-morais, de valores e de solidariedade. No contexto escolar, os conteúdos podem ser abordados dentro de cada disciplina e/ou área de conhecimento.

#### **- Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas**

No passo 5, os acadêmicos, em grupo, buscaram identificar quais áreas do conhecimento e quais disciplinas curriculares poderiam cooperar para a investigação. Além disso, identificaram especialistas e como essa cooperação poderia ser realizada. Destaca-se que vários profissionais da universidade, por exemplo, professores de Física e Ciências Biológicas, foram procurados pelos acadêmicos para ajudar no desenvolvimento dos projetos interdisciplinares, envolvendo as tecnologias e as tecnologias de informação e comunicação.

Na escola de educação básica, essa contribuição pode ocorrer, envolvendo, por exemplo, as disciplinas curriculares de Arte, História, Física, Ciências Biológicas, Sociologia, Língua Portuguesa, dentre outras. Podem ser convidados especialistas da comunidade, como médicos, governantes, enfermeiros, assistente social, jornalistas, juízes, ministério público, agentes de segurança para uma palestra, seminário, entrevistas, roda de conversa, dentre outros profissionais/especialistas.

Destaca-se, novamente, que em todos os passos do MABI teórico-prático, os grupos tinham total autonomia para o desenvolvimento do trabalho, mas sempre com orientação/mediação do pesquisador e professor da disciplina. Com isso, dentro dos prazos, objetivos e abordagem acordados, eles poderiam prever metas, organizar as tarefas dentro do grupo e fazer a gestão do tempo.

Assim, ressalta-se, também, que os grupos apresentavam em *PowerPoint* as proposições, ações e atividades desenvolvidas para avaliação, reflexão e legitimação pelo grupo de coparticipantes. Com esse processo, foi possível reestruturar constantemente as atividades e ações.

### **- Planejamento dos procedimentos para investigação**

Os passos 6, 7 e 8 constituem a fase de investigação. Os grupos planejaram e elaboraram o plano de trabalho com orientação/mediação do professor. Os objetivos, procedimentos e métodos da investigação (o que deve ser feito, por quem, onde, quando e como?) foram detalhados por escrito. É importante prever se a investigação será teórica e/ou prática, bem como, a forma que ocorrerá a coleta e construção dos dados. O planejamento de cada grupo para a investigação foi apresentado e discutido com os coparticipantes. Após as discussões, os planos foram reestruturados e executados.

### **- Realização da investigação (teórica e/ou prática)**

Para o passo 7, os acadêmicos testaram as hipóteses, variando suas condições de realização. Esse passo foi o mais prático em relação à construção dos projetos interdisciplinares. Não existiu a separação entre a teoria-prática na investigação. Os grupos foram a campo pesquisar, questionar, pensar, agir e refletir. As hipóteses levantadas no segundo passo foram testadas e os dados foram coletados e construídos para análise.

### **- Análise e interpretação dos dados**

Nesse passo, com base nos dados coletados/construídos no passo anterior, buscou-se responder à problemática inicial. Nesse momento, os acadêmicos construíram relatórios e/ou materiais que possibilitaram as reflexões e a escrita (organização das ideias e conceitos). Em específico, neste estudo, os acadêmicos construíram vídeos debate com a questão problema de pesquisa, as hipóteses, os procedimentos, resultados e conclusões da investigação.

Foram proporcionados espaços para discussão e análise coletiva dos dados encontrados. É importante ressaltar que há possibilidade de, neste momento, ocorrer o surgimento de novas hipóteses e questionamentos, voltando, assim, o processo para uma nova investigação, uma vez que os resultados dos passos 6, 7 e 8 são a interpretação e compreensão dos dados coletados, permitindo retornar a problemática inicial e/ou hipótese para obter conclusões (PEDASTE, *et al.*, 2015).

### **- Retomada e discussão da QSCT inicial**

No passo 9, foram disponibilizados espaços para discussões, retomando a QSCT, a problemática inicial e as inter-relações CTS, com objetivo de verificar se houve uma evolução conceitual individual e/ou coletiva de compreensão dos fenômenos sobre a QSCT. Foram apresentados os principais dados encontrados, como fizeram para resolver e as possíveis respostas à questão central, baseados em evidências argumentativas (científicas e tecnológicas) e uma autoavaliação coletiva do processo. Esse processo foi realizado pelos acadêmicos, por meio da construção de um vídeo debate. Esse vídeo foi construído e apresentado pelo grupo para avaliação, comunicação e legitimação dos resultados pelos coparticipantes.

Nesse momento, ocorreu a sistematização do conhecimento, por meio de uma linguagem mais formal, fazendo o diálogo com as principais ideias e conceitos apresentados pelos acadêmicos.

Esse processo pode ser realizado na educação básica, também, por meio de um seminário, júri simulado, roda de conversa, mostra científica-tecnológica, dentre outras estratégias. O resultado final desse passo é a verificação da evolução dos conceitos, processos e habilidades individual e/ou coletiva dos acadêmicos, bem como a sistematização do conhecimento.

### **- Ativismo sociocientífico (aplicação em situações novas/ação na realidade)**

Esse passo consiste na concretização do ativismo fundamentado na realidade comunitária e educacional. Tal processo de proposição de ação social iniciou-se no passo três e foi desenvolvido ao longo da investigação, ou seja, foram construídos projetos interdisciplinares sobre a tecnologia e as tecnologias de informação e comunicação, envolvendo as QSCT, paralelamente, aos demais passos no modelo.

Os acadêmicos aplicaram seus conhecimentos em situações novas, concretizando, assim, o ativismo sociocientífico por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica no Instituto João XXIII, englobando um teatro de fantoche, maquetes, panfletos, experimentação e comunicação e divulgação de vídeos, blog e site.

Esse processo ocorreu de maneira interativa, com discussões e reflexões coletivas sobre as QSCT, ou seja, houve interação dos visitantes da mostra com os materiais e estratégias utilizadas para iniciar o diálogo sobre as controvérsias abordadas.

O ativismo sociocientífico pode ser desenvolvido na educação básica, por exemplo, com a construção de uma rádio comunitária, peça de teatro, escrever artigos para revistas, construção de requerimento ou petição para os órgãos competentes, debates comunitários, sites e blogs.

#### **- Comunicação dialógica**

Para o passo 11, os acadêmicos comunicaram seus resultados e conclusões para as demais pessoas (p. ex: professores e demais colegas), os quais recebem o feedback e comentários (PEDASTE, *et al.*, 2015). Neste estudo, essa comunicação ocorreu por meio de um seminário de socialização com as demais turmas do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas em que o estudo foi desenvolvido.

Essa comunicação na educação básica pode ser realizada pela construção de folders, seminários, paródias, história em quadrinhos, mostra científica-tecnológica dialógica, jornal informativo, rodas de conversas, dar entrevistas, dentre outras. Tal processo de comunicação e divulgação dialógica também consiste em ativismo.

#### **- Construção de redes colaborativas e participativas com uso das TIC**

No passo 12, buscando a continuidade, divulgação, visibilidade, envolvimento e ampliação das ações, houve a criação de redes colaborativas, com o uso das tecnologias de informação e comunicação. Foram criados blogs, sites e canal no *YouTube* pelos coparticipantes nos grupos relacionados a cada QSCT.

Na educação básica é possível criar um canal no *YouTube* (fazer *lives*), sites, blogs, construção de aplicativos, grupos no *WhatsApp* e páginas no *Facebook*, dentre outras estratégias. Com o avanço da Internet, pode-se estimular o net-ativismo (MORAIS, 2018).

#### **4.6 Construção de um produto educacional associado à tese (o aplicativo *inquiry*)**

Os dispositivos móveis (*smartphone* e *tablet*), associados a diferentes aplicativos, mídias e redes sociais, são utilizados por professores e estudantes como uma prática natural e diária. Na maioria das vezes, os estudantes/acadêmicos acessam a *World Wide Web* mais pelo *smartphone mobile* do que pelo computador pessoal ou *notebook*.

Os aplicativos são *software* para realização de tarefas específicas, geralmente, ligadas ao processamento de dados/informações. Eles facilitam o acesso e o processamento de informações e realização de tarefas pelos usuários. Assim, os aplicativos podem e devem ser inseridos, em diferentes níveis de ensino, nas práticas educativas dos professores de diferentes áreas e disciplinas.

Neste contexto, buscou-se desenvolver, como produto educacional final associado à presente tese, um aplicativo (o aplicativo *inquiry*) para utilização de docentes que trabalham na formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza. O *inquiry* surgiu das reflexões sobre as intervenções realizadas na formação inicial de professores participantes da pesquisa.

Destaca-se que o referido aplicativo não foi utilizado no trabalho em sala de aula com esses acadêmicos, porém foi desenvolvido com base no feedback dos coparticipantes e das reflexões do processo de formação, com uso do MABI teórico-prático. Entende-se que, sem essa vivência e experiência no âmbito educacional e comunitário, não seria possível essa construção.

Dessa forma, o objetivo principal do aplicativo *inquiry* é auxiliar os professores formadores e os acadêmicos na área de Ciências da Natureza, a trabalharem as abordagens de EBI, em articulação com as relações CTS e de ASC e, como produto final, gerar uma proposta didática. Essa proposta visa à promoção de práticas educativas que objetivem uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado dos futuros professores no contexto educacional e comunitário.

O *inquiry* pode ser uma ferramenta de apoio aos professores, aproximando, assim, o contexto educacional da realidade dos acadêmicos que vivem num mundo, cada vez mais tecnológico. Nesse mundo, o professor formador tem o papel de orientação/mediação, criando espaços, processos, tempos e condições para os acadêmicos pensarem, falarem, escreverem, criarem, refletirem, fazerem, decidirem, inovarem, agirem e comunicarem suas atividades e os resultados de suas ações.

O referido aplicativo foi construído com base em um MABI teórico-prático, composto por cinco fases e doze passos, orientado pelos pressupostos da pesquisa-ação. A dinâmica proposta pelo modelo estimula o engajamento ativo e participativo, a autonomia intelectual e capacidade de tomada de decisão mais crítica dos acadêmicos na construção de uma proposta didática. Tal processo ocorre pela escolha de uma QSCT, elaboração, investigação, análise e resolução de um problema.

Essa dinâmica possibilita a utilização do *smartphone mobile* para aproximação com a cultura e os processos da investigação científica-tecnológica, bem como a construção do conhecimento científico e tecnológico pelos acadêmicos, o que pode refletir nas práticas educativas dos futuros professores da área de Ciências da Natureza em sala de aula na educação básica.

O referido aplicativo oferece indicações de textos e acesso a recursos tecnológicos (*Anchor, Google Podcasts, YouTube, CmapTools*, dentre outras) como alternativa para auxiliar o professor em sala de aula e para construção de uma proposta didática investigativa.

Os usuários podem construir uma ou mais propostas didáticas, com base no MABI teórico-prático, as quais ficam vinculadas a sua conta e somente o próprio usuário pode vê-la. Todavia, o usuário pode colocar no modo compartilhamento, permitindo que todas as pessoas que usem o aplicativo tenham acesso às propostas didáticas, pois essas ficam armazenadas em um banco de dados do *Cloud Firestore*.

Para o desenvolvimento do *inquiry* de forma colaborativa e participativa foi utilizado o *Ionic Framework*<sup>50</sup>, que consiste em um kit de ferramentas de *User Interface - UI* (Interface do Usuário) de código aberto<sup>51</sup> para construção de aplicativos móveis e de *desktop*, usando, para isso, tecnologia da Web, tais como: HTML, CSS no *front-end* e *JavaScript* no *back-end* integradas a estruturas e bibliotecas populares como *Angular, React* ou *Vue*.

O desenvolvimento do aplicativo, basicamente, ocorreu em três fases. Na primeira, houve a definição dos requisitos funcionais e dos não funcionais do aplicativo. Já na segunda fase, ocorreu o desenvolvimento dos botões e das telas, bem como o teste preliminar, avaliação e ajustes. Por fim, houve a validação do aplicativo *inquiry*, realizada por dois especialistas da área de Ensino de Ciências e um especialista da área de Tecnologia.

#### 4.7 Metodologia de análise de dados

Para a análise dos dados, buscando atender os objetivos da pesquisa, optou-se em utilizar a metodologia de Análise de Conteúdo, com alicerce em Bardin (2016). O ponto de

---

<sup>50</sup> *Ionic Framework*. Disponível em: <https://ionicframework.com/docs>. Acesso em 22 set. 2020.

<sup>51</sup> O *Ionic Framework* é um projeto gratuito e de código aberto, lançado sob a licença MIT (licença de programas de computadores (*software*), desenvolvido pelo instituto de Tecnologia de *Massachusetts*. Isso significa que ele pode ser usado em projetos pessoais ou comerciais, gratuitamente.

partida para essa metodologia de análise é a mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), figurativa, silenciosa ou documental (FRANCO, 2021).

Assim, a análise de conteúdo pode ser compreendida como:

um **conjunto de técnicas de análise das comunicações**, visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens **indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos** relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2016, p. 48, grifo nosso).

Essa metodologia pode ser utilizada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Tal análise pode conduzir a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajudando, assim, a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão mais ampla, ou seja, para além de uma leitura comum de seus significados (MORAES, 1999).

A metodologia Análise de Conteúdo é composta de três fases: i) a pré-análise; ii) a exploração do material; e, iii) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação (BARDIN, 2016). A pré-análise consiste em uma fase de organização com o propósito de operacionalizar e sistematizar as ideias iniciais, isso é, construir um plano de análise. Já a fase de exploração do material, refere-se à análise dos dados, buscando, assim, a organização em temas e a construção categorias. Por fim, o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação, consistem na fase do tratamento dos resultados brutos, buscando a reinterpretação para resultados significativos e válidos, de maneira integrada aos objetivos da pesquisa.

Neste estudo, na pré-análise, ocorreu a constituição do *corpus* e a preparação do material para análise, bem como a definição da unidade de análise ou unidade de registro (palavras e temas extraídos das respostas), e, de maneira mais ampla, a unidade de contexto (trechos das respostas dos acadêmicos). Moraes (1999, p. 5) aponta que a unidade de análise é “o elemento unitário de conteúdo a ser submetido posteriormente à classificação”, visando à construção de categorias. Essas unidades podem ser temas, palavras, frases, personagens, acontecimentos e documentos na sua forma integral.

Os temas foram utilizados como unidades de análise nos dados. A decisão de utilizar temas como unidade de análise foi considerada devido à natureza do problema, dos objetivos e dos materiais a serem analisados na pesquisa. Assim, buscou-se encontrar, por exemplo, os núcleos de sentido na comunicação do grupo de coparticipantes, para investigar, por exemplo, as atitudes, as motivações de opiniões, as tendências e os valores (BARDIN, 2016).



Nesse sentido, foi possível estabelecer um diálogo com um conjunto de categorias e subcategorias, construídas *a priori* (Quadro 11). Esse processo consistiu a fase de exploração do material.

**Quadro 11 - Categorias e subcategorias construídas para análise dos dados**

	<b>Categorias/Subcategorias</b>
Concepções iniciais: o que pensam os futuros professores em Ciências Biológicas	Concepções sobre ciência-tecnologia-sociedade e suas inter-relações.
	<i>Subcategoria</i> - Concepções sobre ativismo sociocientífico.
	<i>Subcategoria</i> - Concepções sobre questões sociocientíficas.
	Concepções sobre ensino baseado em investigação.
	Concepções sobre alfabetização científica-tecnológica.
Inserção do MABI teórico-prático: promovendo uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado	Compreensão da Natureza da Ciência-Tecnologia e dos Fatores que Influenciam sua Prática.
	Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais.
	Entendimento das inter-relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade.
	Ativismo fundamentado a partir de um projeto de extensão.
Propostas didáticas investigativas construídas pelos acadêmicos para o contexto da educação básica	Propostas didáticas investigativas: um caminho possível para uma formação inicial crítica.
	Implicações de uma prática educativa com uso do MABI teórico-prático.
Produto educacional associado à tese: o aplicativo <i>inquiry</i>	O aplicativo <i>inquiry</i> e sua validação por especialistas.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Na fase de tratamento dos resultados, da inferência e da interpretação na análise de conteúdo, buscou-se transformar os resultados brutos em significativos e válidos, possibilitando, assim, obter conclusões em que a interpretação e/ou reinterpretação atendam aos objetivos da pesquisa (BARDIN, 2016).

Assim, essa fase foi utilizada para fazer uma ilação da evolução dos conhecimentos dos futuros professores em Ciências/Ciências Biológicas, visando a uma ACT ampliada e a concretização do ativismo fundamentado. Para esse processo, apresentam-se as concepções iniciais dos acadêmicos, e, na sequência, analisam-se as contribuições, a partir da inserção e desenvolvimento do MABI teórico-prático e das propostas didáticas finais.

A definição das categorias analíticas (como apresentadas no Quadro 11) ocorreram de duas maneiras: para a análise das concepções iniciais dos acadêmicos nas Ciências Biológica, as categorias foram definidas *a posteriori*, ou seja, durante o desenvolvimento da análise do questionário. Em relação aos resultados obtidos pela inserção do MABI teórico-prático, as categorias foram definidas *a priori* com base nos eixos estruturantes para uma alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2011), como representado, a seguir, no Quadro 12.

**Quadro 12 - Categorias para análise de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado**

Categorias	Descrição
Compreensão da Natureza da Ciência-Tecnologia e dos Fatores que Influenciam sua Prática	consiste na compreensão da ciência como corpo de conhecimento transitório, isso é, em constante transformação. Essa categoria fornece alicerce para discussão das questões éticas, políticas e sociais, inerentes às investigações científica-tecnológicas. A compreensão da investigação científica deve proporcionar a integração dos domínios relacionados à construção do conhecimento científico, tais como: conceituais, epistêmicos, atitudinais, sociais e procedimentais na aprendizagem. Esse processo pode contribuir para uma percepção da ciência-tecnologia como prática social (SASSERON, 2018a) e uma visão mais realista da atividade científica-tecnológica.
Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais	corresponde à possibilidade de construção do conhecimento científico-tecnológico necessário para os estudantes aplicarem em situações novas, variadas e de maneira apropriada a seu cotidiano. Esse conhecimento é importante devido à necessidade, exigida pela sociedade, da compreensão de conceitos-chave, os quais podem ajudar as pessoas a entender informações e situações do cotidiano.
Entendimento das inter-relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade	corresponde ao entendimento das inter-relações entre CTS <sup>52</sup> . Essa categoria, mostra a necessidade de problematização das implicações sociais do desenvolvimento da CT. Nesse processo, ressalta-se a necessidade da abordagem CTS problematizar, de maneira explícita, a dimensão tecnológica (natureza, processos, produtos, sistemas e conceitos), pois, muitas vezes, essa dimensão é silenciada e negligenciada. O entendimento das complexas inter-relações entre CTS contribui para o desvelamento e a superação da suposta neutralidade e do modelo linear de desenvolvimento da CT, bem como estimular uma maior participação social em processos decisórios. Na escola, essas reflexões podem contribuir para a construção de um mundo melhor e mais sustentável.
Ativismo sociocientífico fundamentado	consiste no processo de alfabetização científico-tecnológica (conscientização), bem como, a preparação e a passagem para o ativismo fundamentado. Esse processo é importante para o desenvolvimento das relações democráticas, afetivas e as solidárias, visando à preocupação consigo e com os outros (coletividade), no envolvimento com as QSCT que afetam a sociedade. Ademais, engloba-se a necessidade do processo de compreensão, avaliação, aplicação e criação das tecnologias de informação e comunicação, de maneira mais consciente e responsável (BNCC, 2018). Esse processo pode contribuir para aproximação com uma alfabetização midiática necessária para acessar, ler, analisar e compreender de maneira crítica, as informações (HODSON, 2014), bem como combater a produção e disseminação de <i>fake news</i> , inclusive sobre CT. O processo de comunicação e divulgação dialógica de conhecimento, com interação e participação ativa da comunidade, consiste também em ativismo. Pode-se estimular o net-ativismo (MORAIS, 2018), com a mediação da escola.

**Fonte: Adaptada e ampliada de Sasseron e Carvalho (2011)**

Essas categorias (apresentadas no Quadro 12) possuem elementos que podem ser utilizados para analisar os conhecimentos, as habilidades, as ações e as atitudes de uma pessoa

---

<sup>52</sup> As autoras Sasseron e Carvalho (2011) utilizam o termo Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Todavia, optou-se em utilizar o termo CTS, pois se entende que o ambiente faz parte da Sociedade e deve ser sempre discutido.

alfabetizada científica e tecnologicamente, bem como da concretização do ativismo fundamentado.

Para a análise das categorias, buscou-se identificar a quantidade relativa de referências realizadas pelos acadêmicos e professores sobre possíveis práticas dos domínios epistêmicos, com foco na abordagem das QSCT (KELLY; LICONA, 2018), conceituais, sociais e procedimentais (DUSCHL, 2008; FURTAK, *et al.*, 2012; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; SASSERON, 2018a) e atitudinais (HODSON, 2014; WAHID *et al.*, 2018; SEDANO; CARVALHO, 2017) com ênfase no ensino baseado em investigação na construção de conhecimento.

Assim, para ajudar na identificação das práticas e ações desenvolvidas pelos acadêmicos e professores, em relação aos referidos domínios em sala de aula, optou-se, pela construção de alguns indicadores que podem, dentre outros, representar esses domínios, conforme apresentado no Apêndice F deste trabalho.

As práticas ligadas a esses domínios, por exemplo, podem emergir em propostas de ensino de ciências baseado em investigação, na abordagem de QSCT e engenharia. Os objetivos educacionais dos domínios conceituais, epistêmicos e sociais variam enquanto conhecimento, raciocínio e objetivos para essas três abordagens no Ensino de Ciências (KELLY; LICONA, 2018).

A abordagem das QSCT situa a CT em um problema social, exigindo que os estudantes construam, discutam e avaliem argumentos holísticos e o raciocínio informal, objetivando compreender as múltiplas dimensões dessas questões (p. ex: éticos-morais, econômicos, ambientais, tecnológicos, religiosos, políticos, valores e culturais). Para uma compreensão ampliada de uma QSCT, existem vários caminhos e respostas, bem como a resolução dessas questões não se restringem apenas a explicações, argumentos, evidências e raciocínios da dimensão científica (SADLER, 2004; 2009; KELLY; LICONA, 2018).

Na abordagem de ensino por investigação, busca-se desenvolver a capacidade dos estudantes em conduzir investigações e, por meio desse processo, aprender os conhecimentos e práticas de uma comunidade disciplinar. Essa abordagem situa os estudantes como investigadores e busca desenvolver formas de construção do conhecimento, por meio de engajamento, visando, com o tempo, desenvolver capacidades para dar sentido ao mundo (KELLY; LICONA, 2018).

Assim, este estudo tem como ponto de partida QSCT em uma proposta investigativa, havendo, assim, uma articulação entre as abordagens. Embora os objetivos educacionais

possam variar, essas abordagens podem se articular e ambas contribuíram para uma ACT ampliada.

Nesse sentido, os indicadores de práticas epistêmicas foram construídos com base nas características das QSCT (KELLY; LICONA, 2018) e buscou-se realizar uma adaptação dos demais indicadores para uma aproximação com objetivos educacionais envolvendo as referidas questões. Destaca-se que foram utilizadas as ideias de Sasseron (2018a), em relação às práticas científicas, considerando essas práticas como parte do domínio procedimental.

Nesse contexto, procurou-se caracterizar os indicadores dentro de cada prática e domínio, todavia, é possível observar algumas relações entre as práticas presentes em cada domínio. Conforme Sasseron (2018a), alicerçada em Jiménez-Aleixandre e Crujeiras (2017), por exemplo, mesmo que haja características que permitem afirmar que as práticas científicas e as práticas epistêmicas, no ensino por investigação, não são a mesma coisa, deve haver uma grande ligação entre elas.

Por isso, entende-se a necessidade de desenvolver essas práticas e ações de maneira integrada, o que pode ser explorado por meio do MABI teórico-prático, favorecendo, dessa forma, a construção pelos acadêmicos de uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica. Conforme Sasseron (2018a), esse processo pode contribuir para a compreensão da ciência como uma prática social.

Por último, para a análise das propostas didáticas construídas pelos acadêmicos, elaborou-se uma matriz de análise com base nos autores utilizados nesta tese (Quadro 13). No processo de análise, verificaram-se quais indicadores estavam presentes nas propostas, buscando, dessa maneira, verificar as contribuições para as práticas educativas que visem à promoção de uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado dos acadêmicos.

**Quadro 13 - Matriz para análise das cinco propostas didáticas construídas pelos acadêmicos**

<b>Matriz de análise</b>				
<b>Categorias</b>	<b>Indicadores</b>	<b>AT</b>	<b>AP</b>	<b>NA</b>
I - Liberdade intelectual e de ação	1 - Foram utilizados os graus de autonomia/liberdade intelectual e ação oferecidos aos estudantes na construção da proposta didática? (Apêndice C)			
	2 - As atividades propostas no MABI teórico-prático e o grau de liberdade intelectual e ação são adequados para o nível de ensino dos estudantes?			
II - Escolha de QSCT	3 - É uma questão caracterizada como QSCT?			
	4 - O estudante teve oportunidade de estabelecer/participar de maneira coletiva da escolha da QSCT para investigação?			
	5 - A escolha da QSCT levou em consideração o contexto e as controvérsias existentes na realidade concreta do estudante?			
	6 - A QSCT escolhida apresenta potencialidades de discussões em termos de aprendizagem da CT e do desenvolvimento cognitivo,			

	social, político, moral, ético, emocional, valores e de solidariedade dos estudantes?			
III - Problematização	7 - Houve previsão da realização de uma problematização para introdução da QSCT em sala de aula?			
	8 - Essa problematização integra as tecnologias de informação e comunicação?			
	9 - Houve previsão de condições (processos, tempos e espaços) para a fala e registro dos estudantes, buscando, assim, identificar as concepções iniciais sobre a QSCT?			
	10 - Foi prevista a participação colaborativa e participativa dos estudantes na elaboração de um problema sobre a QSCT?			
	11 - A elaboração de um problema, envolvendo a QSCT, ocorreu na forma de uma ou mais perguntas com perspectiva real de resolução?			
	12 - Essa problematização tem potencial para estimular a reflexão, o levantamento de hipóteses, a investigação e as discussões das inter-relações CTS, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico, dos valores e das atitudes?			
IV - Levantamento de hipóteses	13 - O estudante teve oportunidade de expressar suas ideias e/ou hipóteses em relação ao problema(s) proposto(s)?			
	14 - Houve previsão de espaços, tempos e processos para debates coletivos das hipóteses, dando condições para que as hipóteses elencadas pelos estudantes levem a determinar suas possíveis variáveis?			
	15 - O estudante pode perceber que existem possibilidades de diferentes caminhos para resolver o problema proposto?			
V - Inter-relações CTS e de ativismo	16 - Houve previsão de condições para discussões das inter-relações CTS (nove aspectos) propostos por Santos e Schnetzler (2010) <sup>53</sup> ?			
	17 - Foram previstas oportunidades de discussão das construções históricas (superioridade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista da CT e o determinismo da CT) sobre a atividade científico- tecnológica?			
	18 - Houve um momento para os estudantes proporem projetos interdisciplinares para realização de ativismo fundamentado na realidade educacional e comunitária?			
	19 - As QSCT podem ser exploradas no sentido de aproximar os estudantes de controvérsias sobre CT que afetam a sociedade?			
	20 - As QSCT podem ser analisadas no sentido de estimular o trabalho coletivo, as relações de solidariedade, emoções, afetivas, morais, éticas, de valores e as democráticas dos estudantes?			
VI - Identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos	21 - Há um momento em que os estudantes participam da identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos envolvendo a QSCT?			
	22 - Os conteúdos científicos-tecnológicos previstos podem ajudar na compreensão mais ampla e na resolução da questão			

<sup>53</sup> Entende-se que a caracterização de uma proposta de ensino CTS materializa-se na articulação desses nove aspectos. Esse processo contribui para uma perspectiva mais ampliada da construção do conhecimento da CT, pois se discute a natureza da ciência, da tecnologia e da sociedade, além das inter-relações entre os elementos da tríade CTS. A discussão da natureza da CT ajuda, por exemplo, a compreender: o que é CT, como elas funcionam internamente, como se desenvolvem e produzem seus conhecimentos, quais os interesses, intencionalidades e valores utilizados por cientistas e como se relacionam com o meio social. Tais compreensões podem construir uma imagem da atividade científica-tecnológica como processo coletivo, isso é, uma construção social que envolve diversas pessoas e instituições na construção desse conhecimento.

	problema?			
VII - Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas	23 - Houve previsão de participação e cooperação de diferentes áreas do conhecimento e de especialistas que podem contribuir com o processo de investigação?			
VIII -Planejamento	24 - O estudante teve alguma oportunidade de decidir o que fazer? (Envolve as maneiras de resolver o problema)			
	25 - O estudante participou coletivamente da elaboração do “plano de trabalho”?			
	26 - Houve momentos previstos para detalhamento por escrito dos procedimentos e métodos para a investigação?			
IX - Realização da investigação (teórica e/ou prática)	27 - O estudante teve alguma responsabilidade na realização da investigação?			
	28 - O estudante teve a oportunidade de testar as hipóteses, variando suas condições de realização?			
X - Análise e interpretação dos dados	29 - O estudante teve alguma oportunidade de refletir sobre as estratégias utilizadas para executar o processo de investigação?			
	30 - O estudante teve alguma oportunidade de decidir quais informações desejaria usar?			
	31 - O estudante teve a oportunidade de buscar respostas para a problemática inicial?			
	32 - O estudante teve a oportunidade de construir relatórios e/ou materiais que possibilitassem reflexões e sua escrita (organização das ideias e conceitos)?			
XI - Retomada e discussão da QSCT inicial (conclusões)	33 - O estudante teve alguma oportunidade de refletir sobre sua aprendizagem com os colegas e com o professor? (explicar o que foi feito)			
	34 - Houve um momento para compreensão coletiva dos conhecimentos construídos sobre a QSCT?			
	35 - Houve um momento para avaliação da compreensão das inter-relações CTS pelos estudantes sobre a QSCT?			
	36 - Houve um momento previsto para sistematização individual dos conhecimentos construídos sobre a QSCT?			
XII - Ativismo fundamentado	37 - O estudante teve oportunidade de aplicar seu conhecimento em situações novas?			
	38 - O estudante utilizou seus conhecimentos (científicos e tecnológicos) para construção de projetos interdisciplinares no contexto educacional e/ou comunitário?			
	39 - Houve previsão de cooperação e diálogo com a comunidade?			
	40 - Houve um momento para os estudantes observarem a necessidade de construção de uma cultura de participação e ação social fundamentada individual e/ou coletiva sobre QSCT, preocupando-se com si mesmo e com os outros enquanto cidadãos ativos e responsáveis pelo meio em que vivem?			
XIII -Comunicação dialógica	41 - O estudante teve oportunidade de comunicar seus resultados e interagir com sociedade?			
XIV - Redes colaborativas e participativas com uso das TIC	42 - O estudante teve oportunidade de utilizar as TIC para construção de redes colaborativas de maneira coletiva?			
	43 - O estudante teve oportunidade de elaborar propostas que visem à continuação das ações?			
XV - Avaliação geral do MABI teórico-	44 - Há um momento em cada passo, fase e modelo como um todo com condições para proposição, comunicação, avaliação e legitimação de ideias pelo grupo de coparticipantes em sala de aula? (Importante para estimular práticas do domínio epistêmico e construção de uma imagem da atividade científica-tecnológica como um processo coletivo, ou seja, uma prática social com vários cientistas trabalhando juntos).			

prático	45 - O estudante, de maneira geral, foi compreendido como protagonista ativo e crítico em seu processo de aprendizagem na construção da proposta didática?			
	46 - Há previsão de atividades para o desenvolvimento da tomada de decisão e autonomia intelectual dos estudantes na construção da proposta didática?			

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim, as propostas didáticas foram avaliadas nas categorias apresentadas em três classificações: AT - Atendeu Totalmente; AP - Atendeu Parcialmente; e, NA - Não Atendeu. A classificação AT expressa que os indicadores previstos foram totalmente atendidos na construção da proposta didática; a classificação AP aponta que os indicadores foram parcialmente atendidos; e, a classificação NA indica que os indicadores não foram levados em consideração na elaboração da proposta didática.

No próximo capítulo, apresenta-se a análise dos dados coletados e construídos das concepções iniciais dos futuros professores em Ciências Biológicas. Essa análise permitiu verificar o que pensam os acadêmicos sobre a ACT, seus fundamentos (ASC, CTS e EBI) e sobre as questões sociocientíficas.

Com os resultados das concepções iniciais, buscou-se, portanto, estabelecer possíveis relações com a inserção do modelo ao longo da disciplina Projeto Interdisciplinar 5 e com as propostas didáticas investigativas finais. Assim, esse processo permitiu analisar as contribuições e limitações da inserção e desenvolvimento do MABI teórico-prático no processo para formação inicial de professores, visando à construção de uma ACT ampliada e à concretização do ativismo fundamentado.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados desta pesquisa, que buscou analisar as contribuições do desenvolvimento e inserção de um MABI teórico-prático, em discussões de questões sociocientíficas-tecnológicas, para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

Dessa forma, o capítulo foi estruturado em quatro subseções, conforme apresentado no Quadro 11 deste trabalho a saber:

Na subseção 5.1 - **Concepções iniciais: o que pensam os futuros professores em Ciências Biológicas** - discutem-se as concepções iniciais dos acadêmicos, que foram organizadas nas categorias: i) concepções sobre CTS e suas inter-relações; e, as subcategorias - concepções sobre ativismo sociocientífico e questões sociocientíficas; ii) concepções sobre ensino baseado em investigação; e, iii) concepções sobre alfabetização científica-tecnológica.

Na subseção 5.2 - **Inserção do MABI teórico-prático: promovendo uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado** - apresentam-se os resultados obtidos na inserção do MABI teórico-prático na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, do curso de Ciências Biológicas, com base nas categorias pré-estabelecidas na subseção 5.2 (Quadro 12). Assim, analisaram-se as contribuições do referido modelo, a partir da análise da produção dos acadêmicos durante o processo.

Na subseção 5.3 - **Propostas didáticas investigativas construídas pelos acadêmicos para o contexto da educação básica** - discutem-se os resultados da análise das propostas didáticas desenvolvidas pelos acadêmicos, com base nas categorias estabelecidas previamente na matriz de análise apresentada no Quadro 13 deste trabalho. Além disso, busca-se apresentar as implicações do uso do MABI teórico-prático.

Por fim, na subseção 5.4 - **Produto educacional associado à tese: o aplicativo *inquiry*** - apresentam-se a validação e a viabilidade do aplicativo *inquiry* por especialistas da área de Ensino de Ciências e um especialista da área de Tecnologia.

### 5.1 Concepções iniciais: o que pensam os futuros professores em ciências biológicas

Para Acevedo-Díaz, *et al.* (2002), as concepções dos professores sobre CTS estão ganhando destaque nas pesquisas, pois elas influenciam as práticas educativas e a compreensão dos estudantes. Assim, muitos trabalhos buscam o entendimento dessas



concepções (AULER; DELIZOICOV, 2006; DECONTO; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2016).

Esse estudos procuram conhecer as concepções sobre CTS e suas inter-relações na formação inicial e continuada de professores para posterior problematização. De maneira geral, os professores demonstram visões mais ingênuas sobre essas inter-relações (STRIEDER, 2012).

Deconto, Cavalcanti e Ostermann (2016), em análise das concepções na formação inicial de professores de Física, apontam que o entendimento sobre as inter-relações CTS dos futuros professores contribui para explicar como essa formação é determinante na constituição dessas compreensões, bem como essas concepções podem ajudar a repensar tal formação.

Nesse sentido, buscou-se analisar as concepções iniciais dos acadêmicos em Ciências Biológicas, a partir da aplicação de um questionário com questões abertas (Apêndice B), visando à compreensão de como eles entendem as temáticas articuladas neste trabalho. Os resultados foram organizados em categorias e subcategorias a seguir apresentadas.

#### 5.1.1 Concepções sobre Ciência-Tecnologia-Sociedade e suas inter-relações

Nessa categoria, busca-se entender o ponto de vista dos acadêmicos sobre o significado de cada componente, separadamente, na tríade CTS e as suas inter-relações. Assim, no que se refere às respostas a questão “O que você entende por ciência?”, verifica-se que 41% (9) dos acadêmicos entendem a ciência como um conhecimento construído, conforme representado, a seguir, na Tabela 1.

**Tabela 1 - Concepções dos acadêmicos sobre ciência**

Concepções dos acadêmicos		Porcentagem relativa (%)
Conhecimento	construído a partir de um método científico	14
	construído de maneira criteriosa e metodológica	18
	provisório e inacabado	9
Explicação dos fenômenos da natureza		27
Disciplina curricular		18
Progresso da humanidade		14

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Desses que entendem a ciência como conhecimento, 14% (3) apontam que o conhecimento é construído a partir de um método científico; 18% (4) que é construído de maneira criteriosa e metodológica; e, 9% (2) que esse conhecimento é provisório e inacabado, conforme observado, respectivamente, nas respostas: “É uma forma de adquirir conhecimento

utilizando o método científico” (A16); “É um conhecimento feito a partir de investigação, métodos, teorias e conclusões dos fenômenos e fatos do cotidiano (A18); e, ainda, “[...] Ciência são estudos realizados e fundamentados, mas inacabados, podem sofrer mudanças conforme o avanço nos estudos” (A14).

Nesse sentido, verifica-se que algumas respostas expressam que a ciência é produzida por meio de um método científico único. Essa concepção limitada provoca algumas distorções, pois a concepção da suposta neutralidade da CT pode estar presente. Assim, deve-se tomar cuidado para não se passar uma imagem de que existe apenas um método científico único (universal) para produção do conhecimento, com etapas bem definidas, lineares e rígidas. Com essa imagem, os resultados das investigações científicas e tecnológicas parecem infalíveis e consideradas verdades absolutas e imutáveis (CACHAPUZ, *et al.*, 2005).

Entretanto, o conhecimento científico não é produzido a partir de um método único e rígido, em que a observação e a experiência neutra são centrais. Para Moreira e Ostermann (1993, p. 114),

o método científico não é um procedimento lógico, algorítmico, rígido. Em outras palavras, o método científico não é uma receita, uma sequência linear de passos que necessariamente conduz a uma descoberta ou, pelo menos, a uma conclusão ou a um resultado. Na prática, muitas vezes, o cientista procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá chutes, se deprime, se entusiasma, se apegar a uma teoria. Enfim, fazer ciência é uma atividade humana, com todos os defeitos e virtudes que o ser humano tem, e com muita teoria que ele tem na cabeça. Conceber o método científico como uma sequência rigorosa de passos que o cientista segue disciplinadamente é conceber de maneira errônea a atividade científica.

Também Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003) apontam que a imagem da ciência, muitas vezes, encontra-se ligada à superioridade, com base no método científico, fortalecendo a ideia de que o conhecimento científico é rígido e imutável. Dessa forma, essas possíveis visões deformadas de CT devem ser problematizada e superadas nos cursos de formação de professores na área de Ciências da Natureza, para uma renovação da educação científica e tecnológica (CACHAPUZ, *et al.*, 2005).

Por outro lado, os acadêmicos A2, A4, A6 e A18 disseram que a ciência é construída a partir de hipóteses, investigação, métodos, teorias, criticidade e conclusões, sendo suas respostas agrupadas na concepção de construção do conhecimento de maneira criteriosa e metodológica na Tabela 1. Essas respostas revelam o entendimento da possibilidade de vários métodos, mostrando, assim, a procura de novos caminhos (tentativas) e o papel fundamental

das hipóteses, da criatividade (A4), das investigações e das teorias, leis e princípios na construção dos conhecimentos de CT. Já os acadêmicos A12 e A14 avançaram um pouco, concebendo a ciência como uma atividade inacabada e provisória.

Nesse sentido, para construção de uma visão mais ampliada de ciência, de natureza do conhecimento científico e de suas implicações sociais, muitos autores apontam para a necessidade de problematização da abordagem CTS (AULER; DELIZOICOV, 2001; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; SANTOS; AULER, 2019) e do ensino baseado em investigação (CARVALHO, 2016; 2018; CAMPOS; SCARPA, 2018; SASSERON, 2018a) nas discussões no Ensino de Ciências.

Essas problematizações buscam superar a concepção da suposta neutralidade científica-tecnológica e construir uma visão de ciência como uma prática social, evitando, assim, algumas distorções. Esse processo pode estimular uma maior participação social na construção da CT, bem como o entendimento da ciência como construção humana coletiva, histórica e social (KUHN, 1997).

Para Santos e Schnetzler (2010), a abordagem CTS deve trabalhar o caráter provisório e incerto das teorias científicas, contrapondo, desse modo, a visão de ciência como dogmática, autoritária, linear e acabada, fazendo com que os estudantes percebam vários caminhos para resolução de um mesmo problema.

Para 27% (6) dos acadêmicos, a ciência é entendida como uma forma de explicar os fenômenos da natureza, conforme demonstram as respostas: “uma forma de explicar perguntas sobre o universo” (A11); e, “respostas para os misteriosos fenômenos da natureza” (A3). Em pesquisa realizada com 18 acadêmicos sobre concepções de ciência, no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Baccin e Coutinho (2018) evidenciam em uma das categorias analisadas, também, as concepções que relacionam ciência ao estudo dos seres vivos e seu entorno.

Conforme Chassot (2003), a ciência pode ser entendida como uma linguagem, construída pelos seres humanos (homens e mulheres) para facilitar uma leitura crítica e explicar o nosso mundo natural e transformá-lo para melhor. Essa linguagem é uma construção humana, provisória, mutável e falível.

Nesse sentido, verifica-se que os acadêmicos relacionam os conteúdos conceituais (leis, princípios, teorias e modelos) para explicar os fenômenos naturais e o universo. Essas relações são importantes, pois esse conhecimento pode auxiliar as pessoas a fazerem uma leitura mais crítica do mundo onde vivem. Todavia, a compreensão da ciência vai além disso

e envolve relações com às questões éticas, políticas, ambientais, morais, tecnológicas, econômicas, sociais, culturais, produtivas e ideológicas.

Acevedo-Díaz, *et al.* (2007) alertam que os currículos de ciências focam no conteúdo científico e esquecem de problematizar a natureza da ciência, isso é, o que é ciência, como funciona internamente, como se desenvolve, como constrói seu conhecimento, como se relaciona com o meio social, quais os valores utilizados pelos cientistas, dentre outros aspectos.

Dessa forma, entende-se que essa é uma concepção mais limitada do que é ciência (explicar os fenômenos da natureza), uma vez que não aparecem nas respostas dos futuros professores outros elementos importantes da natureza científica. Por isso, defende-se a inclusão da discussão da natureza da ciência nos currículos (ACEVEDO-DÍAZ, *et al.*, 2007) e nas práticas educativas dos professores da área de Ciências da Natureza, o que pode ser explorado com o uso do MABI teórico-prático.

Já 18% (4) relacionaram a ciência a uma disciplina curricular, como se pode observar nas respostas: “É o conhecimento de diversos temas que aprendemos na escola e universidade” (A5); e, “conhecimento adquirido no estudo da biologia e química” (A7). Essa é uma visão reducionista, uma vez que associam aos conteúdos e fatos relacionados ao ensino da disciplina de ciências e do próprio curso em Ciências Biológicas na universidade, apresentando, assim, dificuldades em estabelecer relações com um contexto mais amplo de ciência (BACCIN; COUTINHO, 2018).

Por fim, 14% (3) dos acadêmicos entendem a ciência como via de progresso da humanidade, como representado nas respostas: “Ciência é o progresso” (A1); e, “[...] um dos objetivos principais da ciência é à evolução da humanidade” (A13). Dessa forma, esse entendimento considera a ciência como única forma de impulsionar o progresso da sociedade.

Nesse sentido, entende-se que as contribuições da CT para a sociedade são inegáveis, porém, elas não são as únicas causas de transformações sociais. Além disso, não se trata de um caminho natural e linear, em que o bem-estar social será uma consequência desse processo de desenvolvimento da CT. Por isso, esse processo necessita de um olhar crítico-reflexivo, pois, caso contrário, pode-se limitar e/ou reforçar as visões da suposta concepção de neutralidade e do modelo de progresso científico-tecnológico.

Conforme Auler e Delizoicov (2006), a neutralidade das decisões tecnocráticas, a perspectiva salvacionista atribuída à CT e o determinismo científico-tecnológico são construções históricas que sustentam a suposta neutralidade da CT. Tais construções são

resultados da produção de discursos e maneiras de ver a produção de CT, durante o desenvolvimento científico-tecnológico. Assim, esses discursos são aceitos, fomentados ou construídos por grupos específicos com interesse em sua disseminação.

Portanto, os entendimentos presentes na maioria das respostas dos acadêmicos apontam para uma visão mais limitada e reducionista de ciência, uma vez que essas concepções contribuem para reforçar as construções históricas relacionadas à produção de CT, favorecendo uma imagem não real da atividade científica-tecnológica.

Nas respostas à questão “O que você entende por tecnologia?”, emergiram vários pontos de vista, conforme representado, abaixo, na Tabela 2.

**Tabela 2 - Concepções dos acadêmicos sobre tecnologia**

<b>Concepções dos acadêmicos</b>	<b>Porcentagem relativa (%)</b>
Técnica e ferramenta	36
Produto da aplicação prática do conhecimento científico	32
Facilitadora	27
Perspectiva salvacionista	5

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Para 36% (8) dos acadêmicos, a tecnologia é entendida como técnica e ferramenta, conforme os relatos: “[...] técnica e instrumento manuseada pelo ser humano” (A19); “Conjunto de técnicas” (A2); e, ainda, “Ferramenta que auxilia no cotidiano” (A11).

Assim, constata-se que eles possuem o entendimento de tecnologia apenas em relação com seu aspecto técnico, por exemplo, envolvendo, habilidades, técnicas, ferramentas, máquinas e recursos humanos (PACEY, 1990). Tais concepções são restritas, pois a tecnologia é considerada, muitas vezes, apenas como artefato tecnológico e não leva em consideração os contextos políticos, ambientais, sociais, ideológicos, produtivos, culturais, econômicos e os aspectos relacionados à ética, aos valores e às crenças.

Para Bazzo, Von Linsingen e Perreira (2003), a tecnologia consiste em um conjunto de sistemas projetados para realizar determinadas funções. Essa ideia de sistema amplia a visão de tecnologia, passando, dessa forma, a compreensão dos aspectos organizacionais e culturais. Ela é um sistema complexo, um conjunto de atividades humanas, integrado aos sistemas políticos, às ideologias, aos interesses e às intencionalidades desde sua criação e, em razão disso, suas produções e interações são valoradas.

As concepções de tecnologia como produtos da aplicação prática do conhecimento científico aparecem nas respostas de 32% (7) dos acadêmicos, como relata A8: “É o produto

gerado pela pesquisa científica”; e, “Aplicação do conhecimento científico para realização de tarefas” (A4).

A tecnologia pode envolver a utilização do conhecimento científico, técnico e de outros conhecimentos para a resolução de problemas. No entanto, uma visão limitada a esse entendimento é reducionista, pois se pode reforçar a concepção de uma suposta neutralidade e do modelo linear de desenvolvimento da CT. Em outras palavras, a linearidade é fruto de uma visão tradicional de CT, que considera a tecnologia como apenas uma aplicação prática da ciência e que, por isso, não há necessidade de se pensar sobre a dimensão tecnológica e suas implicações, que seguirão os mesmos pressupostos da ciência (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Nesse sentido, evidenciou-se que os acadêmicos atribuíram um *status* superior a ciência, em detrimento da tecnologia, uma vez que consideraram a tecnologia como aplicação do conhecimento científico, isso é, um subproduto da ciência. Esses resultados também foram identificados em estudos de Firme e Amaral (2008) e Deconto, Cavalcanti e Ostermann (2016).

Para 27% (6) a tecnologia é entendida como facilitadora da vida das pessoas, gerando, assim, o bem-estar dos indivíduos e da sociedade, de acordo com as respostas: “Uma forma de tornar as coisas mais fáceis” (A1), bem como “Evolução de diversos meios para trazer facilidades para os seres humanos” (A5).

Esse entendimento de tecnologia como facilitadora pode causar distorções e reforçar uma concepção errônea do modelo de linearidade do progresso tecnológico e do determinismo tecnológico. Nesse modelo linear, o desenvolvimento tecnológico implica desenvolvimento econômico e esse, por sua vez, em mais bem-estar social (AULER; DELIZOICOV, 2006). Todavia, esse caminho não é natural, uma vez que nem sempre o bem-estar individual e da sociedade é uma consequência desse desenvolvimento (RICARDO, 2020).

Para Angotti e Auth (2001), com o uso abusivo de artefatos tecnológicos, os problemas ambientais e sociais tornaram-se cada vez mais visíveis e a concepção aceita de CT com a finalidade de facilitar a humanidade a explorar a natureza para seu bem-estar começou a ser questionada.

Além do mais, a passagem de conhecimento científico em aplicações tecnológicas não é linear, dependendo de uma reestruturação e de vários fatores sociais e técnicos, como: acesso a matéria prima; sistema político; técnicas de produção; leis; dentre outros. O

determinismo tecnológico, por sua vez, é reforçado quando a tecnologia é entendida como a única responsável por todas as mudanças sociais, e, nesse processo, os contextos econômicos, sociais (valores, interesses e intencionalidades), políticos, éticos, ambientais, culturais e ideológicos não são problematizados.

Já a resposta de 5% (1) entende o progresso tecnológico em uma perspectiva salvacionista, isso é, como responsável pela resolução dos problemas sociais e ambientais hoje existentes e os futuros, como relata A18: “Uma maneira de descobrir a cura de algumas doenças e amenizar os impactos ambientais”.

Essa perspectiva salvacionista de CT pode favorecer uma concepção limitada e/ou fortalecer uma visão da suposta neutralidade da CT. Rosa e Auler (2016) apontam que há um silenciamento na discussão dessa visão em práticas educativas CTS no Ensino de Ciências. Tais construções associadas a esse silenciamento enfraquecem os processos de participação e ação social na tomada de decisão sobre a produção científica-tecnológica.

Dessa forma, observa-se uma concepção de tecnologia restrita, quando associada apenas aos aspectos técnicos e reduzida quando ligada apenas à aplicação prática do conhecimento científico. Além disso, o entendimento de tecnologia como facilitadora pode causar distorções, pois nem sempre o desenvolvimento da tecnologia causa apenas benefícios.

Para Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021, p. 12-13), “o desenvolvimento de mais CT não significa menos desigualdade social, menos fome, menos desemprego e, também, não quer dizer que as relações de trabalho vão melhorar e que teremos mais justiça social”. Pelo contrário, muitas vezes, as desigualdades sociais podem aumentar com esse processo.

Os resultados encontrados sobre as concepções de tecnologia como restrita e reduzida são semelhantes aos identificados no Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS), como os estudos de Chrispino e Heleonora (2009) e Silva, *et al.* (2015).

Nesse sentido, é elementar o reconhecimento de que essa visão restrita e reducionista é um problema e deve ser superada na formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza. Por isso, compreende-se a importância de conhecer as concepções iniciais de CT dos futuros professores, pois elas influenciam nas práticas educativas e na concepção epistemológica desses profissionais em formação (ACEVEDO, *et al.*, 2002).

Defende-se a necessária problematização da dimensão tecnológica (natureza, produtos, processos, conceitos e sistemas) e suas relações sistêmicas nesse processo, pois, muitas vezes,

essa dimensão é silenciada e negligenciada no Ensino de Ciências e na própria área de CTS (RICARDO, 2020; PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Assim, partindo-se da ideia de que é importante fazer uma leitura do mundo natural (ciência), a mesma lógica pode ser aplicada à tecnologia, pois os estudantes não vivem absolutamente nesse “mundo natural”. Eles vivem em uma tecno-natureza, ou seja, são confrontados a todo momento com situações e problemas, em que as tecnologias e a natureza estão articuladas, em um universo de finalidades (FOUREZ, 2003).

Nas respostas à questão “O que você entende por sociedade?”, verifica-se que todos entendem a sociedade como um grupo de pessoas, porém, alguns acrescentaram que esses grupos de pessoas possuem relação com a cultura, leis, normas, políticas e com a ciência-tecnologia, conforme representado, a seguir, na Tabela 3.

**Tabela 3 - Concepções dos acadêmicos sobre sociedade**

Concepções dos acadêmicos		Porcentagem relativa (%)
Grupo de pessoas	Entendimento apenas como grupo de pessoas	59
	Relação com a cultura	27
	Interações complexas (leis, normas e políticas)	9
	Relação com a ciência-tecnologia	5

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Desses que entendem a sociedade como um grupo, 59% (13) relacionam apenas com a formação desse grupo de pessoas, sem associar a outros elementos, como política, ciência, tecnologia, valores, ética e cultura. Para 27% (6) dos acadêmicos, há nesse grupo relação com os aspectos culturais e 9% (2) associam esse grupo de pessoas e suas interações com leis, normas e questões políticas. Já 5% (1) aponta uma relação desse grupo com a ciência e a tecnologia.

Esses aspectos podem ser observados, respectivamente, nas respostas: “É um grupo de pessoas” (A3); “[...] conjunto de pessoas que convivem coletivamente seguindo os costumes, hábitos e crenças” (A10); “Conjunto de indivíduos onde há normas e leis sociais impostas pelos próprios” (A13); e, ainda, “[...] toda aquela que se beneficia da ciência e da tecnologia, seja para o bem ou para o mal” (A6).

Assim, verificou-se concepções mais restritas dos acadêmicos, uma vez que a maioria entende a sociedade apenas como um grupo de pessoas. Para Santos e Schnetzler (2010), a sociedade é uma instituição humana em que ocorrem mudanças científicas e tecnológicas com aspectos positivos e negativos dessas mudanças. Essa instituição deve participar e refletir



sobre o processo de desenvolvimento da CT, levando em consideração os aspectos políticos, culturais, econômicos e históricos desse processo.

Em relação as respostas à questão “Você já teve contato com a perspectiva CTS de educação, leu ou já foi abordado em suas aulas na graduação? Se sim, como ocorreu essa abordagem?”, verificou-se que 95% (21) dos acadêmicos já tiveram contato (ver algumas participações, abaixo) e 5% (1) afirmou que não teve contato com essa perspectiva de ensino.

A5 - Sim, ocorreu na aula de APCC 4 [Projeto Interdisciplinar 4] e na própria matéria de CTS [Estudos Sociais da Ciência, Tecnologia e Sociedade].

A8 - Sim, através de aulas com a disciplina CTS. Foi abordado relacionando a interação que existe entre as tecnologias dentro da sociedade, como elas nos afetam, como elas podem ser ferramentas de inclusão ou exclusão, de modo geral por meio de grupos de interesse.

A13 - Sim, tenho a matéria de CTS na grade, o professor passava textos de apoio com questões sociais importantes, realizava rodas de conversa, apresentações de seminários semanais e debates, o que tirava todos da zona de conforto para problematizar e aprender o conteúdo que pode se levar para toda a vida.

A15 - Sim, através de disciplinas do curso, artigos e discussões.

A17 - Sim, nas aulas de Projeto Interdisciplinar 4 e ECTS. A abordagem ocorreu por meio de leitura de artigos e livros de autores que propunham CTS em educação, assim como métodos de ensino para criação de materiais didáticos.

Verifica-se que essa abordagem ocorreu, principalmente, por meio de disciplinas, como: Estudos Sociais da Ciência, Tecnologia e Sociedade (ECTS); e, Projeto Interdisciplinar 4 (PI4), uma vez que fazem parte da grade curricular do curso em Ciências Biológicas. No Projeto de Abertura do curso (2017), esse documento aponta para a necessidade de preparação do futuro professor para atuar na educação básica e discutir as inter-relações CTS.

Esse processo de discussão, segundo os acadêmicos, foi realizado por meio de leituras e discussões de artigos e livros (A6, A15, A16, A17 e A20), rodas de conversa, apresentação de seminários e debates (A13) e construção de material didático (A14 e A17). Já os acadêmicos A2, A7, A12 e A19 relatam que tiveram contato com essa perspectiva, mas não explicaram de que maneira isso foi realizado.

Na disciplina ECTS, o acadêmico A8 diz que houve discussões sobre os efeitos da tecnologia sobre a sociedade, mostrando a influência na vida das pessoas. Além disso, A8 relaciona a tecnologia como ferramenta de inclusão ou exclusão social. Essa é uma visão mais ampliada, pois expressa aspectos positivos e negativos dos produtos da CT. Já A13 aponta que foram trabalhadas questões sociais elementares, por meio de rodas de conversa e apresentação de seminários. Para esse acadêmico, esse processo tirava a turma da zona de

conforto em sala de aula para aprendizagem do conteúdo que pode ser levado para toda a vida.

Nas respostas à questão “Em sua opinião, existem inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS? Explique.”, os resultados mostram que para 91% (20) essa relação existe. Já 9% (2) dos acadêmicos não responderam a essa questão. Da análise das explicações, emergiram duas visões, conforme representado, a seguir, na Tabela 4.

**Tabela 4 - Como ocorrem as inter-relações CTS, segundo os acadêmicos**

Concepções dos acadêmicos	Porcentagem relativa (%)
Visão mais ingênua das inter-relações CTS	64
Visão mais ampliada das inter-relações CTS	27
Não responderam	9

Fonte: Autoria própria (2022)

As visões mais ingênuas das inter-relações CTS aparecem nas respostas de 64% (14) dos acadêmicos que possuem uma visão mais limitada desse processo, como apresentado nas respostas: “[...] porque um depende do outro para acontecer” (A11); e, “existe, pois um complementa o outro no dia a dia” (A20).

Verifica-se que, na maioria das respostas, os acadêmicos apontaram que essas inter-relações existem, porém, não explicam como elas podem acontecer nos elementos da tríade CTS. Para Mckavanagh e Maher (1982), traduzido e citado por Santos e Schnetzler (2010), as propostas de ensino denominadas CTS podem ser caracterizadas pelos nove aspectos dessa abordagem. Dessa maneira, as respostas que foram agrupadas na categoria visão mais ingênua não relacionaram nenhum dos aspectos propostos pelos autores.

As visões mais ampliadas das inter-relações CTS correspondem às respostas de 27% (6) que possuem uma melhor compreensão desse processo, como demonstrado nas respostas: “[...] os impactos da tecnologia e da ciência atingem diretamente a sociedade de formas positivas ou negativas” (A2); e, “[...] a CTS são interconectada. Por exemplo, a mineração foi desenvolvida por meio da CT, mas a poluição gerada tem potencial de afetar uma sociedade por inteira, como já foi observado em alguns eventos trágicos recentemente” (A8).

Embora as respostas agregadas na referida visão tenham um entendimento mais ampliado dessas inter-relações CTS, uma vez que apontam que o desenvolvimento da CT causa implicações sociais, essas visões ainda são limitadas. Dessa maneira, há necessidade de englobar outros aspectos dessas relações, por exemplo, as pressões econômicas, interesses políticos, valores e intencionalidades, que influenciam diretamente na concepção e

desenvolvimento da CT (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003; VON LINSINGEN, 2007; MANSOUR, 2009).

As compreensões sobre a tríade CTS e suas inter-relações, evidenciadas pelo questionário inicial, apontaram uma diversidade de pontos de vista. Como foi possível verificar, a maioria dos acadêmicos possui uma concepção limitada e reducionista de ciência e uma concepção mais restrita, reducionista e salvacionista de tecnologia. Evidenciou-se, também, que muitos entendem a tecnologia como produto da aplicação prática do conhecimento científico. Firme e Amaral (2008) apontam que uma concepção de *status* superior da ciência em relação à tecnologia (tecnologia como subproduto da ciência) pode ser um obstáculo para implementação da abordagem CTS.

Para Mckavanagh e Maher (1982), traduzido e citado por Santos e Schnetzler (2010), a natureza da sociedade consiste em uma instituição humana, na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas. A maioria dos acadêmicos entendem a sociedade como um grupo de pessoas, enquanto poucas respostas relacionam esse grupo com leis, normas, aspectos culturais, científicos, tecnológicos e políticos.

Assim, em relação a perspectiva CTS, 95% (21 acadêmicos) dizem que tiveram contato com essa temática pelo menos em dois momentos na graduação: disciplina ECTS e PI4. Todavia, verifica-se que a soma dos percentuais das visões mais ingênuas em relação às inter-relações CTS e dos que não responderam à questão somam 73% (16) dos acadêmicos. Essas visões também foram identificadas por Strieder (2012) em outro estudo. Por isso, identificar as concepções iniciais dos futuros professores e problematizá-las para implementação da abordagem CTS no Ensino de Ciências se faz elementar, bem como processos de formação continuada.

Portanto, compreende-se à importância de sempre se estimularem as discussões da abordagem CTS na formação inicial de professores na área de Ciências da Natureza, para superação, principalmente, das concepções limitadas, reducionistas e salvacionista de CT e das visões ingênuas das inter-relações CTS. Esse processo deve envolver os nove aspectos que caracterizam essa abordagem e procurar avançar para o ativismo sociocientífico, buscando, dessa maneira, uma ruptura com a concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso da CT.

### 5.1.1.1 Concepções sobre ativismo sociocientífico

Nas respostas à questão “O que você entende por ativismo sociocientífico?”, emergiram duas visões, conforme representado na Tabela 5:

**Tabela 5 - Concepções dos acadêmicos sobre ASC**

Concepções dos acadêmicos	Porcentagem relativa (%)
Visão mais ampliada de ASC	41
Visão mais ingênua de ASC	36
Não responderam	23

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim, as visões mais ampliadas de ASC correspondem às respostas de 41% (9) dos acadêmicos que possuem uma concepção mais próxima em relação ao que é ativismo sociocientífico. Esses associaram o ASC a uma maior participação social em processos de tomada de decisão sobre ciência (p. ex: os acadêmicos A7, A1 e A4) e a cidadania (A10), como pode ser observado nas respostas: “Participação da sociedade nas tomadas de decisões científicas” (A7); “Um ato político de inclusão científica da população” (A4); e, “Cidadão que defende uma causa por meio de ações” (A10).

Embora as respostas reunidas nessa categoria apresentem uma visão maior de ASC, elas ainda possuem limitações. Dessa forma, entende-se que a participação e a ação social devem ser fundamentadas nas inter-relações CTS em uma unidade dialética de ação-reflexão e teoria-prática, buscando, assim, a ação cultural para a liberdade (conscientização crítica dos cidadãos) (FREIRE, 1980) e a necessária passagem para o ativismo fundamentado.

Além disso, verifica-se que o entendimento dos acadêmicos é limitado à dimensão científica sobre o ASC, em detrimento da tecnológica. Nesse sentido, compreende-se que a dimensão tecnológica é importante para uma maior conscientização e, por isso, deve ser englobada nas discussões (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

O ASC consiste na participação e ação social com respeito, com autonomia intelectual e com pensamento coletivo, de maneira solidária, afetiva e democrática, na tentativa de resolução de situações e problemas, envolvendo as questões sociocientíficas que afetam a sociedade. Assim sendo, não se defende uma cidadania com pressupostos liberais ou neoliberais, ligadas a discursos e projetos hegemônicos, mas uma cidadania mais responsável e ativa (REIS, 2013; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014).

As visões mais ingênuas de ASC englobam as respostas de 36% (8) dos acadêmicos, que possuem uma visão mais limitada dessa abordagem, como pode ser analisado a partir destas respostas: “Aquela que uma pessoa ou grupo desenvolve ferramentas tecnológicas para solucionar questões sociais [...]”(A8); e, “É voltar para a realidade de uma forma a integra-las [pessoas] no mundo moderno, apesar da sua condição socioeconômica” (A6).

Na concepção de A8, observa-se uma visão ligada à perspectiva salvacionista atribuída à CT. Essa é uma, dentre outras, construções históricas que sustentam a concepção da suposta neutralidade da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001; 2006). Além disso, uma simples integração das pessoas na “modernidade” não garante a justiça social (moradia, educação de qualidade, saúde, emprego) e o bem-estar individual e social.

Dessa forma, defende-se a importância de conhecer as concepções iniciais dos acadêmicos, problematizar as inter-relações CTS e avançar para o ASC fundamentado, pois tais concepções influenciam nos aspectos epistemológicos e nas práticas educativas e na formação de futuros professores da área de Ciências da Natureza. Esse processo contribui para uma visão mais real da atividade científica-tecnológica.

Finalizando a análise da questão sobre ativismo sociocientífico, 23% (5) dos acadêmicos não responderam.

Com relação à questão “Você acredita que as pessoas podem ter uma participação maior na tomada de decisão e nas políticas públicas sobre ciência e tecnologia? Explique., os resultados mostram que 91% (20) acreditam em uma maior participação social em processos decisórios envolvendo a CT e 9% (2) dos acadêmicos não acreditam nessa possibilidade.

Do total que acredita nessa maior participação, 14% (3) explicaram seus motivos, apontando que esse envolvimento é possível, se for estimulado, desde a educação básica, o conhecimento científico (raciocínio lógico e crítico) (A8 e A6) e uma educação para todos, uma vez que ela possui um papel transformador, levando as pessoas e a comunidade a conhecerem e lutarem pelos seus direitos (A14). Já outros 77% não explicaram como essa maior participação pode ocorrer em processos decisórios sobre CT.

Nas respostas à questão “Na sua opinião, é possível, por meio das tecnologias de informação e comunicação, construir redes colaborativas e participativas para discussão de um problema social comum? Se sim, de que forma?”, verificou-se que 68% (15) dos acadêmicos acreditam na possibilidade de construir essa rede para discussão de problemas sociais e 32% (7) não responderam à questão.

As redes e/ou mídias sociais (*Facebook*, *WhatsApp*, *YouTube* e blog) são apontadas como alternativas para esse processo de discussão de problemas comuns que afetam a sociedade, como observado nas respostas: “as tecnologias fazem parte do cotidiano de muitas pessoas, utilizar as redes sociais seria uma boa alternativa [...]” (A5); e, “construção de blogs, páginas no *Facebook* e *lives* no *YouTube*” (A10).

Conforme Scheid e Reis (2016), existem potencialidades no uso das TIC para promoção de discussões e de ações sociopolíticas sobre QSC. As ferramentas da Web 2.0 favorecem o desenvolvimento de abordagens que permitem educar para e na cidadania. As tecnologias não vieram substituir o professor, mas vão promover uma mudança de paradigma na educação e, conseqüentemente, nas práticas educativas do professor, substituindo a escola centrada no ensino para uma escola centrada na aprendizagem dos estudantes.

Ainda, conforme esses autores, falta para o professor a capacitação e as condições para planejar e implementar projetos interdisciplinares (SCHEID; REIS, 2016). Assim, entende-se que as TIC podem contribuir para construção de espaços de comunicação, discussão, divulgação e de ações sociais. O ativismo sociocientífico fundamentado sobre QSCT pode ser estimulado, por meio do net-ativismo, que consiste na integração da comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais para resolução desses problemas (MORAIS, 2018).

Dessa forma, as TIC podem envolver os acadêmicos/estudantes em projetos interdisciplinares de ativismo fundamentado, incentivando, assim, a construção de redes colaborativas e participativas de discussões de problemas envolvendo CT e a passagem para ação social.

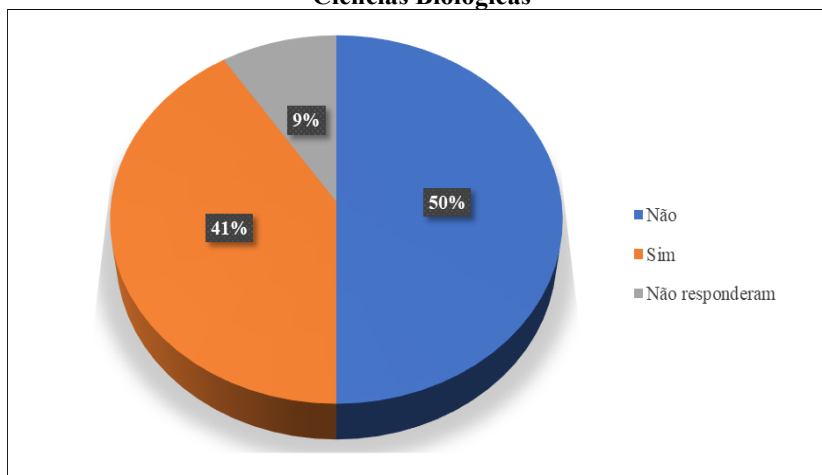
No entanto, para esse processo de utilização das TIC como promotoras de ativismo fundamentado, essas questões devem ser problematizadas na formação inicial de professores nas Ciências da Natureza. Entende-se que o professor formador possui um papel fundamental para estimular a integração das TIC nos processos educacionais.

#### 5.1.1.2 Concepções sobre questões sociocientíficas

Em relação as respostas da questão “Questões Sociocientíficas (QSC) são questões que abordam problemáticas de natureza controversa que emergem das complexas inter-relações CTS. Assim, você já teve contato com a abordagem QSC, leu ou já foi abordado em suas aulas na graduação? Se sim, de que forma ocorreu essa abordagem?”, 50% (11) disseram

que não tiveram contato com as QSC e 41% (9) dos acadêmicos entraram em contato com essa abordagem. Já 9% (2) não responderam à questão (Gráfico 1).

**Gráfico 1 - Respostas dos acadêmicos sobre o contato com a abordagem das QSC na Licenciatura em Ciências Biológicas**



Fonte: Autoria própria (2022)

Dessa maneira, como observado no Gráfico 1, a maioria dos acadêmicos dizem que não tiveram contato com a abordagem das QCS na graduação, o que vai ao encontro das preocupações de Evagorou, *et al.* (2014), quando dizem que os professores de ciências carecem de uma formação que envolva essas questões.

Nesse sentido, dentre os acadêmicos que afirmam que já tiveram contato com as QSC, eles apontam que essa abordagem ocorreu de diversas maneiras, como apresentado nas respostas: “Ocorreu nas aulas de CTS” (A5); “Assuntos como o movimento antivacina, poluição e outra questões ambientais já foram abordadas em aulas” (A8); e, ainda, “Por meio de artigos, roda de conversas, debates” (A19).

Na literatura da área de Ensino de Ciências parece haver consenso de que as QSC impulsionam a promoção de uma alfabetização científica (ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019) e possuem um potencial para construção de uma imagem mais realista, crítica e humana do processo de investigação científica-tecnológica (KOLSTOE, 2001; REIS, 2013).

A compreensão mais ampliada da natureza da ciência-tecnologia, ou seja, o que são CT, como funcionam internamente, como se desenvolvem, como constroem seus conhecimentos e como se relacionam com a sociedade, são fundamentais para uma maior participação social envolvendo a discussão de CT. Além disso, as QSC favorecem as discussões das inter-relações CTS (SANTOS; SCHNETZLER, 2010) e do ativismo sociocientífico (REIS, 2013).

Reis (2013) aponta potencialidades de discussão das QSC em aulas de ciências, em termos de aprendizagem em ciência e em relação ao desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos estudantes. Além disso, Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021) destacam as potencialidades dessas questões na aprendizagem, em relação à tecnologia e ao desenvolvimento emocional, valores, relações afetivas e de solidariedade. Esse processo favorece a formação para uma cidadania mais ativa e responsável.

Nas respostas à questão “Quais as questões sociocientíficas, no Ensino de Ciências, você teria interesse em estudar (cite três exemplos)?”, verificou-se que 64% (14) dos acadêmicos apontam que tem interesse em estudar uma gama variada de assuntos e 36% (8) não responderam. Para apresentação visual das palavras mais comuns que apareceram nas respostas dos acadêmicos, foi construído no *wordclouds* uma nuvem de palavras, como mostrado na Figura 14.

**Figura 14 - Nuvem de palavras sobre questões sociocientíficas de interesse dos acadêmicos**



**Fonte: Autoria própria (2022), construído a partir do *wordclouds***

Assim, observa-se que os acadêmicos possuem interesse em estudar as questões envolvendo educação ambiental (p. ex: poluição - A5, A8, A14 e A15) e resíduos sólidos (A10 e A14); células-tronco (A9, A17, A19); consumismo (A10); agrotóxicos (A15 e A18); experiências com animais (A5, A9 e A15); vacinas (A8, A9 e A21); genética (A4); clonagem (A17 e A19); energia nuclear (A8); desmatamento na floresta Amazônica- morte das abelhas nativas e o rompimento de barragens em mineradora - caso de Brumadinho/Minas Gerais (A11).

As questões sobre desmatamento na floresta Amazônica, energia nuclear e rompimento de barragens em mineradoras, emergiram já na identificação das concepções



iniciais dos acadêmicos. Tais questões foram escolhidas, coletivamente, pela negociação, para inserção e investigação no MABI teórico-prático nas intervenções realizadas em sala de aula na disciplina Projeto Interdisciplinar 5.

### 5.1.2 Concepções sobre ensino baseado em investigação

No que se refere às respostas da questão “Para você, o que é um ensino baseado em investigação?”, emergiram vários entendimentos, conforme representado na Tabela 6, a seguir:

**Tabela 6 - Concepções dos acadêmicos sobre EBI**

Concepções dos acadêmicos	Porcentagem relativa (%)
Atividades experimentais	41
Investigação de uma questão problema	32
Elementos comuns em propostas investigativas	9
Método de ensino	9
Não responderam	9

**Fonte: Autoria própria (2022)**

O entendimento de ensino baseado por investigação como atividades experimentais engloba as respostas de 41% (9) dos acadêmicos que associaram essa abordagem a aulas experimentais de laboratório ou limitadas a elas, como apresentado nas respostas: “[...] onde eles [estudantes] irão fazer na prática a constatação de uma teoria” (A12); e, “As aulas experimentais de laboratório são investigativas, pois as observações dos resultados e as discussões contribuem para a aprendizagem” (A14).

Para Munford e Lima (2007), é um equívoco associar o ensino por investigação apenas a aulas experimentais, pois as aulas teóricas podem ser até mais investigativas que as atividades experimentais. Além do mais, entende-se que não há uma separação entre teoria-prática e ação-reflexão em propostas investigativas.

As atividades experimentais, muitas vezes, favorecem apenas a manipulação de equipamentos e a comprovação de conteúdos trabalhadas em aulas teóricas, por meio de roteiros pré-definidos. Assim, o estudante não possui autonomia e uma participação ativa na elaboração, planejamento e resolução de uma questão problema.

Nesse sentido, 32% (7) dos acadêmicos entendem esse ensino como a investigação de uma questão problema, como relatado pelo acadêmico A15: “É através da investigação e discussão de certo problema que se chega a um resultado”; e, “É onde os estudantes vão

buscar as respostas e trazem para discussão em sala de aula, expondo suas opiniões, ou seja, saindo do ensino tradicional” (A19).

Essa concepção vai ao encontro das reflexões de Sasseron (2015), quando diz que o ensino por investigação faz uma previsão de engajamento e envolvimento ativo dos estudantes em processos para investigação, análise e resolução de um problema.

Já 9% (2) dos acadêmicos associaram essa abordagem a elementos comuns em propostas investigativas, como: levantamento de hipóteses, investigação, processo de avaliar e obtenção de conclusões (A10). Zômpero e Laburú (2011), em análise de diferentes propostas investigativas encontraram elementos comuns entre essas propostas, tais como: elaboração de um problema; elaboração de hipóteses; planejamento, investigação, análise dos dados e comunicação dos resultados.

Esses elementos aparecem em propostas ou ciclos investigativos, porém, é importante destacar que eles não são lineares e rígidos. É preciso tomar cuidado para não passar uma imagem não real da atividade científica-tecnológica, como a concepção de um único método científico ou sequências de passos obrigatórios.

Por fim, 9% (2) dos acadêmicos entendem o ensino por investigação como um método de ensino (A2 e A7), o que vai ao encontro de posicionamento de autores como Zômpero e Laburú (2011). No entanto, ressalta-se que autores como Sasseron (2015) e Bastos (2017) entendem o ensino por investigação a partir de uma visão mais ampla, ou seja, como uma abordagem didática de ensino, quando essa é associada ao trabalho do professor. Já 9% (2) dos acadêmicos não responderam a essa questão.

Nas respostas à questão “Em suas aulas na graduação, foi abordado o ensino baseado em investigação? Se sim, como foi?”, os resultados mostraram que 64% (14) apontaram que essa abordagem não ocorreu e 36% (8) dos acadêmicos dizem que essa discussão foi realizada na graduação.

Os acadêmicos que afirmaram que essa abordagem foi discutida na graduação, por exemplo, associaram-na a: perguntas feitas pelo professor em sala (A1); busca de informação sobre alguma temática (A18); busca de respostas em trabalhos propostos pelo professor (A6 e A10). Ainda declararam que essa abordagem ocorreu por meio de pesquisas, leituras de artigos e apresentação de seminários (A19).

Essa é uma visão limitada e ingênua dessa abordagem, pois a pesquisa de informações ou a busca de respostas para trabalhos não engloba, em todos os aspectos, a natureza do EBI.

Tal abordagem de ensino deve estimular a conscientização do estudante na construção de seu conhecimento e integração das práticas epistêmicas e científicas (SASSERON, 2018a).

Conforme as respostas da maioria dos acadêmicos, verifica-se que o EBI não foi trabalhado efetivamente na graduação. Essa é uma evidência preocupante, pois diversos autores apontam a importância dessa abordagem na formação de professores no Ensino de Ciências (CARVALHO, 2016; 2018; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016; CAMPOS; SCARPA, 2018; SASSERON, 2018a).

Além disso, a BNCC (BRASIL, 2018) coloca o EBI como central para formação do estudante na educação básica nas áreas de Ciências da Natureza e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. A BNCC defende uma aproximação com processos, práticas e procedimentos da investigação científica. Para isso, entende-se a necessidade de formar o professor por meio dessa abordagem didática de ensino. Caso contrário, haverá dificuldades em aproximar os estudantes de uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica.

O ensino baseado em investigação permite a integração dos domínios epistêmicos, sociais, procedimentais e conceituais na construção do conhecimento científico (FURTAK, *et al.*, 2012; UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016), favorecendo a concepção da ciência como prática social (SASSERON, 2018a). Por isso, defende-se que seja problematizado nas dimensões epistemológica e didático-pedagógica em sala de aula na formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza.

Nas respostas à questão “Em sua opinião, qual o grau de liberdade (autonomia) que o professor deve possibilitar ao estudante na construção de seu conhecimento? Explique.”, emergiram dois entendimentos, conforme representado, a seguir, na Tabela 7.

**Tabela 7 - Grau de liberdade que o professor deve oferecer aos estudantes, segundo os acadêmicos**

<b>Opiniões dos acadêmicos</b>	<b>Porcentagem relativa (%)</b>
Liberdade total e mediação do professor	46
Liberdade total	18
Não responderam	36

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim, 46% (10) dos acadêmicos entendem que os estudantes devem ter total liberdade na construção do conhecimento, porém, esse processo deve ser mediado pelo professor que “auxilia nas dificuldades” (A16), e “orienta o caminho e fornece as ferramentas necessárias para alcançar os resultados” (A8).

Já 18% (4) dizem que o estudante deve ter liberdade total, mas não associam com a mediação do professor, nesse processo, como expresso na resposta: “Total liberdade,

facilitando para que, cada vez menos exista o ensino tradicional nas escolas e universidades” (A19).

Outros 36% não responderam a questão, podendo ter ligação, em grande parte, com a não discussão dessa abordagem ou não entendimento do significado do termo grau de liberdade. Conforme Carvalho (2018), o grau de autonomia/liberdade intelectual é um elemento central em propostas investigativas na construção do conhecimento, uma vez que, sem essa liberdade, os estudantes podem apresentar dificuldades em expor suas ideias, seus raciocínios e argumentações.

Os graus oferecidos aos estudantes em propostas ou ciclos baseados em investigação organizam as relações de responsabilidades de estudantes e professores. Esses graus na elaboração, investigação e resolução de uma questão ou situação problema permitem o envolvimento para além dos aspectos manipulativos e de comprovação de teorias e leis trabalhadas em aulas teóricas. Tal processo favorece os estudantes no envolvimento com práticas dos domínios epistêmicos (SASSERON, 2018a; CARVALHO, 2018).

Nesse contexto, a orientação/mediação do professor é um elemento central em propostas investigativas (LAZONDER; HARMSSEN, 2016). O papel do professor é apoiar, acompanhar, desafiar e envolver os estudantes (ZION; COHEN; AMIR, 2007), bem como estimular a curiosidade e a motivação para resolução de questões problemas (PEDASTE, *et al.*, 2015).

Evidencia-se que a maioria dos acadêmicos apontaram para a importância de uma maior autonomia/liberdade intelectual dos estudantes na construção do conhecimento e para a mediação do professor nesse processo. Um dado preocupante é que muitos acadêmicos não responderam à questão, o que pode estar associado, a não discussão de elementos centrais na abordagem do ensino baseado em investigação, como os graus de liberdade oferecidos aos estudantes em propostas investigativas.

As respostas à questão “No ensino baseado em investigação, geralmente, o primeiro passo é a problematização de um problema social e a elaboração de uma questão problema de pesquisa. Nesse sentido, como essa problematização pode ser realizada com os estudantes na educação básica?”, estão apresentadas, a seguir, por meio de uma nuvem de palavras (Figura 15).

**Figura 15 - Nuvem de palavras sobre as formas de realização da problematização em propostas investigativas**



Fonte: Autoria própria (2022), construído a partir do *wordclouds*

Assim, essa problematização, conforme as respostas dos acadêmicos, pode ocorrer de várias maneiras, como, por exemplo: introdução de problema real presente na cultura dos estudantes; questionamentos na forma de perguntas; pesquisas em diferentes fontes de informação sobre a questão abordada; utilização de reportagens com conteúdos controversos sociais de cunho científico-tecnológico; e, apresentação de fotos e imagens, bem como a formação de rodas de conversa.

Para Carvalho (2016; 2018), uma proposta investigativa começa, geralmente, com a introdução de um problema e seu contexto. Esse problema pode ser de ordem experimental e/ou teórico. Dessa maneira, um problema não experimental envolve a resolução de problemas de lápis e papel e a introdução da história das ciências, podendo ser propostos por meio de figuras, reportagens, documentários, artigos científicos, notícias e ideias dos estudantes.

Verifica-se que as maneiras apontadas pelos acadêmicos para realizar a problematização vão ao encontro das reflexões, no sentido de introdução de um problema de caráter mais teórico. Todavia, independente do tipo de problema, esse deve estimular: o levantamento e a testagem de hipóteses, a investigação, a análise de dados, a relação do conhecimento com o mundo, a construção de práticas epistêmicas e a comunicação.

Por meio da análise sobre o ensino baseado em investigação, foi possível construir algumas compreensões envolvendo a primeira questão associada ao problema de pesquisa desta tese: “Em que medida o curso de formação inicial de professores em Ciências Biológicas, conforme a concepção inicial dos participantes, tem preparado esses profissionais para atuarem no processo de ensino baseado em investigação em sala de aula?”

A investigação permite afirmar que os acadêmicos possuem uma visão ingênua do que é o ensino baseado em investigação (epistemológica e didático-pedagógica). As evidências

que colaboram para essa compreensão é que, muitas vezes, eles associam esse ensino apenas à atividade experimental. Além disso, a maioria (14 acadêmicos) afirmou que essa abordagem não foi trabalhada durante as aulas na graduação. Os demais (8 acadêmicos) associaram essa discussão com perguntas realizadas pelos professores em aula e a busca de informações e respostas para trabalhos.

Em razão disso, podem ter dificuldades em trabalhar nessa perspectiva de ensino na educação básica em sala de aula. A BNCC (BRASIL, 2018) aponta a centralidade do EBI na formação do estudante na educação básica e a necessária aproximação com os procedimentos da investigação científica.

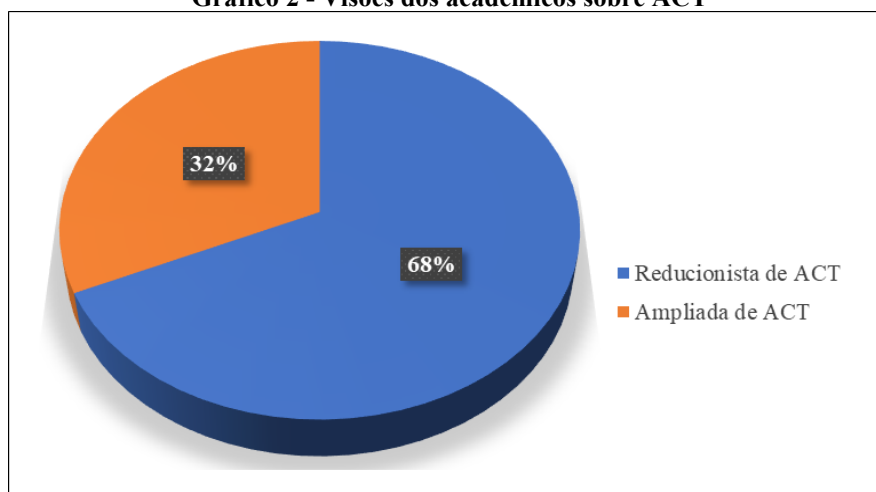
Em relação aos graus de autonomia/liberdade intelectual oferecidos aos estudantes, 8 acadêmicos não responderam. Essa é uma evidência que pode reforçar que essa abordagem não foi trabalhada na graduação, uma vez que os graus são elementos centrais em propostas ou modelos investigativos para organização de responsabilidades de professores e estudantes. Tais graus favorecem as práticas e autoridades epistêmicas dos estudantes (SASSERON, 2018a).

Portanto, verifica-se a necessidade da abordagem de ensino baseado em investigação ser discutida na formação inicial de professores em Ciências Biológicas/Ciências, possibilitando, dessa forma, a vivência e a construção de modelos e estruturas investigativas para a aproximação com as propostas da BNCC. Todavia, defende-se um processo mais ampliado, com integração dos domínios epistêmicos, sociais, procedimentais, atitudinais e conceituais utilizados na construção do conhecimento científico-tecnológico.

### 5.1.3 Concepções sobre alfabetização científica-tecnológica

Em relação às concepções iniciais dos acadêmicos sobre ACT, no que se refere às respostas da questão “Para você, o que significa uma alfabetização científica-tecnológica do cidadão?”, emergiram duas visões, conforme representado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Visões dos acadêmicos sobre ACT



Fonte: Autoria própria (2022)

As visões mais reducionista de uma ACT apareceram nas respostas de 68% (15) dos acadêmicos que associam essa alfabetização ao ensino de conceitos científicos, sem uma conexão com a dimensão social, como observado nas respostas: “ensinar tópicos principais da ciência e tecnologia na sociedade atual” (A5); “Alfabetização científica é o aprendizado relacionado ao conteúdo científico” (A17); e, ainda, “Aquela em que o cidadão tem o conhecimento dos fenômenos naturais (Física, Biologia e Química)”(A8).

Para Auler e Delizoicov (2001), uma visão reducionista de ACT não leva em consideração a problematização das complexas inter-relações CTS, o ensino dos conceitos científicos não dialoga com o contexto social, bem como não estimula uma maior participação social na tomada de decisão envolvendo a CT. Esse processo favorece uma concepção não real da atividade científica-tecnológica e de suas implicações na sociedade.

Assim, verifica-se que as concepções da maioria dos futuros professores são limitadas, pois compreendem a ACT apenas nos aspectos ligados ao ensino de conceitos científicos. Em suas respostas não consideraram a problematização da suposta neutralidade da CT, bem como do entendimento da natureza científica-tecnológica e dos fatores políticos, morais e éticos envolvidos nesse processo (SASSERON; CARVALHO, 2011).

Entende-se que a compreensão de termos e conceitos básicos da CT são fundamentais para uma alfabetização, porém, não se deve limitar a eles. Pelo contrário, há necessidade de ampliar a discussão, inclusive, em relação aos aspectos atitudinais (cooperação, solidariedade, ação social), epistêmicos (natureza da CT) e de valores.

Os demais acadêmicos participantes do estudo, 32% (7), possuem uma visão mais ampliada de ACT, isso é, para além dos conceitos científicos, conforme observado nas

respostas: “Está ligada ao desenvolvimento do cidadão para atuar na sociedade” (A7); “Algo que faz com que a sociedade saia do senso comum sobre ciência e tecnologia e forme seu próprio pensamento crítico, com base nessa alfabetização [...] (A19); e, “Para que a sociedade tenha um pensamento crítico e que seja capaz de se colocar diante dos aspectos científicos e políticos e com isso entender a produção desses conhecimentos [da ciência e da tecnologia]” (A9).

Na ACT ampliada, os conteúdos científicos e tecnológicos possuem um papel de transformação, uma vez que são utilizados para ampliação da visão de problemas sociais sobre diversos temas (AULER, 2003). Nessa perspectiva, há a problematização das inter-relações CTS e da suposta neutralidade da CT, estimulando, assim, uma consciência mais crítica e uma maior participação e ação social no processo decisório sobre CT. Esse processo favorece uma concepção mais realista da atividade científica-tecnológica e da realidade social (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Desse modo, verificou-se que as concepções de 32% (7) dos acadêmicos são mais ampliadas, pois relacionam à ACT: i) ao pensamento crítico da sociedade (pensamento da coletividade em detrimento do individual) sobre CT; ii) aos aspectos científicos e políticos na produção de CT; e, iii) ao desenvolvimento da cidadania para atuar na sociedade.

No entanto, Fourez (1997) aponta que a promoção de uma ACT pode ocorrer distante da abordagem CTS. Nessa alfabetização, as pessoas podem saber interpretar, comunicar e resolver problemas envolvendo CT, porém, sem relação com a sociedade. Isso acontece quando não se questionam os papéis das ciências e das tecnologias no meio social. Já em uma ACT ampliada, há uma relação com o meio social, isso é, englobam os aspectos da abordagem CTS.

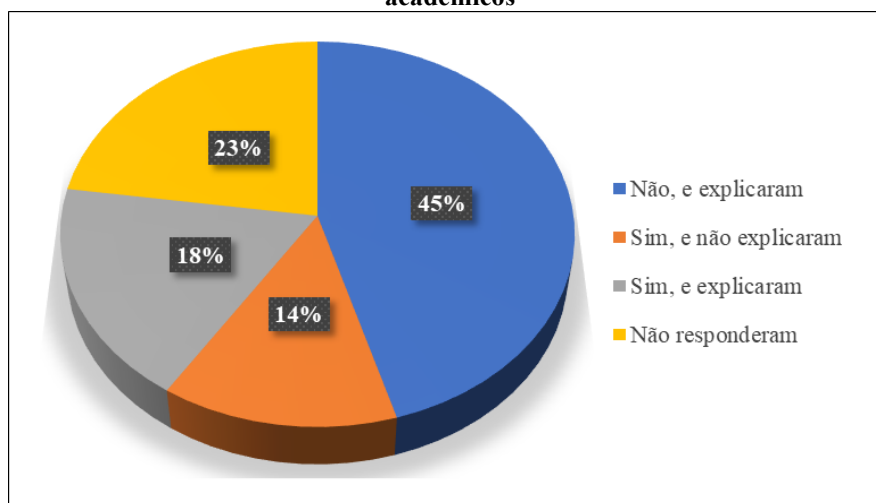
Por isso, destaca-se a importância da promoção de uma ACT mais ampliada e a necessária passagem para o ativismo fundamentado na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, uma vez que as visões (p. ex: das inter-relações CTS) desses professores influenciam na concepção epistemológica e nas práticas educativas em sala de aula (ACEVEDO-DÍAZ, *et al.*, 2002).

Tal constatação reforça a necessidade dessa promoção na formação inicial, visando ao desenvolvimento de professores de ciências-cidadãos responsáveis e ativos socialmente. Os futuros professores devem vivenciar um ambiente democrático, de ensino baseado em investigação, bem como participar de iniciativas de ativismo fundamentado em sua formação, o que pode ser estimulado pelo uso do MABI teórico-prático.



Nas respostas à questão “Em sua opinião, as práticas didático-pedagógicas no Ensino de Ciências na escola possuem características inclusivas? Explique sua resposta.”, os resultados demonstraram que 45% (10) apontam que essas práticas não são inclusivas e 23% (5) dos acadêmicos não responderam a questão, conforme representado no Gráfico 3.

**Gráfico 3 - Práticas didático-pedagógicas inclusivas no Ensino de Ciências na escola, segundo os acadêmicos**



Fonte: A autoria própria (2022)

Verifica-se que a maioria dos acadêmicos acreditam que as práticas didática-pedagógicas no Ensino de Ciências na educação básica não possuem características inclusivas. Nas explicações, apontaram que as práticas mecanizadas de alguns professores não atingem a maioria dos estudantes e contribuem para a perda de interesse. Além disso, dizem que, às vezes, os professores possuem dificuldades em aceitar opiniões contrárias e que os docentes devem sair da zona de conforto e olharem a realidade, como observado nas respostas, a seguir:

A5 - Não, a maioria dos professores na escola dão uma aula mecanizada, fazendo os alunos perderem o interesse muitas vezes.

A6 - Não. Na minha visão sempre estão [os professores] na área de conforto e precisamos sair, para que vejamos o mundo na sua realidade.

A16 - Não, pois as práticas didático-pedagógicas no ensino básico continuam em sua grande maioria sendo de forma robotizada, não abrangendo todos os estudantes.

A19 - Não, muitas vezes os professores não aceitam opiniões contrárias daquilo que acreditam.

Hodson (1998) expressa a necessidade de manter um ambiente de ciências na escola, em que os estudantes fiquem confortáveis e com uma sensação de pertencimento. Os estudantes, em muitas aulas, estão entediados e não consideram o conteúdo científico

relevante para sua vida, pois não possuem uma imagem real, sensível e inclusiva da atividade científica e tecnológica e dos cientistas.

Assim sendo, na contemporaneidade, em um ambiente social multiétnico e plural, o currículo e as práticas de professores de ciências deveriam ser voltadas para inclusão científica-tecnológica. Entende-se que, dessa forma, os estudantes poderiam se sentir pertencentes e capazes de fazer valer suas opiniões, bem como participarem de maneira ativa na escola e sociedade (REIS, 2013).

Para 32% (7) dos acadêmicos, as práticas didático-pedagógicas no Ensino de Ciências na escola são inclusivas. Desses, 18% (4) explicaram que as práticas dos professores alcançam a maioria dos estudantes, por isso, entendem que são inclusivas e os demais não explicaram suas respostas.

É importante a compreensão da opinião dos acadêmicos sobre essas práticas, uma vez que se defende a promoção de uma alfabetização científica-tecnológica ampliada e do ativismo fundamentado. Em outras palavras, sem práticas educativas mais inclusivas, essa promoção não pode ocorrer de maneira efetiva no Ensino de Ciências, isso é, os obstáculos e barreiras enfrentados pelas pessoas no cotidiano devem ser compreendidas e superadas (HODSON, 1998).

## **5.2 Inserção do MABI teórico-prático: promovendo uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado**

Nessa subseção, discute-se o processo e os resultados obtidos no trabalho com o MABI teórico-prático, na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Esses momentos envolveram o grupo de coparticipantes (acadêmicos-professores) de maneira colaborativa e participativa no processo de investigação.

Conforme o Projeto de Abertura do Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas (2017), da universidade participante desta pesquisa, a ementa da referida disciplina aponta para o desenvolvimento de uma práxis e de projetos interdisciplinares para a educação básica (espaços formais e/ou não formais), a partir de discussões de questões atuais da CT, fazendo com que os futuros professores em Ciências/Ciências Biológicas reflitam sobre suas práticas e se identifiquem como agentes de transformações sociais.

Nesse sentido, os acadêmicos vivenciaram uma proposta investigativa a partir do MABI teórico-prático, utilizando como ponto de partida QSCT para o desenvolvimento de

seis projetos interdisciplinares (ver breve descrição dos projetos no Apêndice G), bem como elaboraram propostas didáticas para o contexto da educação básica, permitindo, durante esse processo, refletir sobre a necessidade de práticas educativas mais investigativas, interdisciplinares e democráticas no Ensino de Ciências.

O foco de análise da pesquisa no âmbito de uma pesquisa-ação participativa crítica consistiu em um olhar para os passos do referido modelo (visão mais específica), buscando, dessa forma, verificar as contribuições para promoção de uma ACT ampliada e a concretização do ativismo fundamentado.

Dessa maneira, foram estabelecidas e adaptadas categorias de análise, *a priori*, para organização dos resultados, com base nos eixos estruturantes para uma AC/ACT, propostos por Sasseron e Carvalho (2011) e Sasseron (2015): i) compreensão da natureza da ciência-tecnologia e dos fatores que influenciam sua prática; ii) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais; iii) entendimento das inter-relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade; e, iv) ativismo sociocientífico fundamentado a partir de um projeto de extensão.

Para análise das quantidades relativas de referências aos domínios dos conhecimentos (epistêmicos, procedimentais, sociais, conceituais e atitudinais) realizados pelos professores e/ou acadêmicos durante os passos no MABI teórico-prático em todos os seis projetos interdisciplinares, buscou-se aproximação com as ideias de Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016). Tais domínios (articulados ou não) contribuem para promoção de diferentes níveis de ACT, por isso, foram mobilizados para verificar a natureza da CT na proposta trabalhada.

Para isso, analisaram-se as gravações em áudio, as produções dos acadêmicos (slides e projetos interdisciplinares) e as anotações realizadas em diário pelo pesquisador, procurando encontrar possíveis elementos representados pelos indicadores, conforme mostrado no Apêndice F desta pesquisa.

A Tabela 8 apresenta uma visão mais geral e quantitativa dos domínios dos conhecimentos, visando atender os objetivos propostos na pesquisa. Essa visão foi utilizada como ponto de referência (domínios predominantes) para análise em cada passo dentro das quatro categorias utilizadas na organização dos resultados, sendo apresentados alguns elementos significativos dos projetos interdisciplinares e do processo na busca de apontar entendimentos em cada passo.

**Tabela 8 - Quantidade relativa de referências realizadas aos domínios do conhecimento durante cada passo no MABI teórico-prático pelos professores e/ou acadêmicos em todos os seis projetos interdisciplinares**

Passos	Frequências	Domínios				
		DE	DP	DS	DC	DA
1 - Problematização	223	41,3%	8,1%	21,5%	15,7%	13,4%
2 - Levantamento de hipóteses	218	28,4%	22,9%	22,1%	12,8%	13,8%
3 - Análise das inter-relações CTS	177	36,7%	8,5%	22,6%	18,1%	14,1%
4 - Identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos	283	12,7%	6,4%	19,8%	50,5%	10,6%
5 - Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas	232	25,9%	7,7%	20,7%	32,8%	12,9%
6 - Planejamento dos procedimentos	152	15,8%	27,6%	27,6%	9,2%	19,7%
7 - Realização da investigação (teórica e/ou prática)	118	23,7%	30,5%	15,3%	10,2%	20,3%
8 - Análise e interpretação dos dados	180	40%	23,3%	16,7%	6,7%	13,3%
9 - Retomada e discussão da QSCT inicial	207	31,9%	20,3%	26,1%	7,2%	14,5%
10 - Ativismo sociocientífico fundamentado	158	15,2%	3,8%	26,6%	24%	30,4%
11 - Comunicação dialógica	159	18,9%	22,6%	34%	9,4%	15,1%
12 - Construção de redes colaborativas e participativas com uso das TIC	105	17,1%	5,7%	22,9%	14,3%	40%

**Legenda:** Domínio Epistêmico (DE); Domínio Procedimental (DP); Domínio Social (DS); Domínio Conceitual (DC); Domínio Atitudinal (DA).

■ Domínio do conhecimento predominante em cada passo no MABI teórico-prático.

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim, em uma visão mais geral, observa-se a predominância dos domínios epistêmicos (passos 1, 2, 3, 8 e 9), procedimentais (passos 6 e 7), conceituais (passos 4 e 5), sociais (passo 11) e atitudinais (passos 10 e 12) na construção dos conhecimentos. Ademais, nota-se que o domínio social foi o segundo que mais apareceu nos passos 1, 3, 4, 6, 9, 10 e 12, o epistêmico (passos 5 e 7) e o procedimental (passos 2, 8 e 11).

Essa proposta de ensino com uso do MABI teórico-prático estimulou o engajamento ativo dos estudantes e a vivência no processo, buscando, assim, passar de ações manipulativas para as intelectuais, tomando posicionamentos e decisões de maneira coletiva (CARVALHO, 2018). Entende-se que esses domínios (articulados ou não) em uma proposta investigativa contribuíram para uma ACT ampliada como prática social no Ensino de Ciências (ROTH; LEE, 2004; SANTOS, 2007; SASSERON, 2018a).

### 5.2.1 Compreensão da Natureza da Ciência-Tecnologia e dos Fatores que Influenciam sua Prática

Esta categoria aponta que os fazeres científicos [e tecnológicos] devem ser trabalhados nas aulas de ciências, desde as próprias estratégias didáticas utilizadas, favorecendo, assim, a investigação, contemplando a história das ciências que mostrem as diferentes influências no momento da proposição e construção de um novo conhecimento (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015). Essas influências consistem nos fatores éticos, econômicos, ambientais, políticos, morais, pessoais e de valores que circundam a prática científica-tecnológica.

Com alicerce em Acevedo-Díaz, *et al.* (2007), entende-se que a discussão da natureza da ciência-tecnologia permite o entendimento, a respeito de: o que são ciência e tecnologia; como elas funcionam internamente; como se desenvolvem e constroem seu conhecimento; como se relacionam com o meio social; e, quais os valores utilizados pelos pesquisadores/cientistas.

Essa discussão pode ajudar na compreensão da produção de CT como um processo coletivo, uma prática social (SASSERON, 2018a), em que pesquisadores/cientistas, engenheiros e tecnólogos trabalham juntos para seu desenvolvimento, bem como no entendimento de que o corpo de conhecimento da ciência é transitório. Esse processo favorece uma visão mais ampliada e realista da atividade científica-tecnológica.

Dessa maneira, apresenta-se, nessa categoria, a análise dos resultados envolvendo os passos: i) problematização; ii) levantamento de hipóteses; iii) planejamento dos procedimentos; iv) realização da investigação (teórica e/ou prática); v) análise e interpretação dos dados; e, vi) retomada e discussão da QSCT inicial. Para esse processo, utilizou-se como base a fundamentação teórica para discussão e compreensão de uma ACT ampliada na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

#### **Problematização**

O objetivo principal da problematização consistiu na investigação (ver Figura 11 desta pesquisa), introdução de uma QSCT no MABI teórico-prático e elaboração de questão(ões) problema(s) de pesquisa. Para isso, buscou-se criar um ambiente investigativo, em que os acadêmicos tivessem a oportunidade de vivenciar o processo simplificado do trabalho científico-tecnológico (CARVALHO, 2016), considerando-se as dimensões sociais, políticas,

ambientais, culturais, psicológicas, econômicas e preocupações éticos-morais, valores, dentre outras.

A construção desse ambiente teve início com a formação de um grupo de coparticipantes e a apresentação de dois documentários com questões sociais controversas (Energia e Rompimento de barragem de rejeitos de minério em Brumadinho/MG) de cunho científico e/ou tecnológico (HODSON, 2018), visando estimular o engajamento, a curiosidade e a motivação dos acadêmicos para investigação.

Nesse sentido, as reflexões envolvendo a natureza da CT, iniciaram-se ainda na formação desse grupo (comunidade epistêmica em sala de aula), em uma relação cooperativa e participativa na formação inicial de professores em Ciências/Ciências Biológicas, na disciplina Projeto Interdisciplinar 5.

Um misto de sentimentos marcou os diálogos iniciais na formação do grupo de coparticipantes, pois essa

proposta de ação/trabalho foi recebida com alguma surpresa, motivação e curiosidade pelos acadêmicos. Foram verificadas algumas expressões de dúvida e preocupação, porém, não foram manifestadas oralmente por eles. Essa mistura de sentimentos deve ter ligação, em grande parte, com a natureza investigativa da proposta, que visava oportunizar uma maior liberdade intelectual, responsabilidade, protagonismo e iniciativas de ativismo fundamentado a partir de QSCT. Na identificação das concepções iniciais, a maioria dos acadêmicos apontaram que a abordagem de ensino por investigação e o termo QSC ainda não haviam sido trabalhados na graduação. Assim, os professores, o responsável pela disciplina e o pesquisador explicaram novamente a proposta de trabalho e argumentaram sobre a importância da construção de uma práxis mais investigativa, democrática e interdisciplinar que envolva o diálogo e a ação-reflexão coletiva constante. Essa conversa foi importante para superar algumas impressões e sanar possíveis dúvidas dos acadêmicos. Trata-se da primeira tentativa de utilização do MABI teórico-prático, por isso, a importância dos professores e dos acadêmicos, enquanto grupo de coparticipantes, experimentarem, vivenciarem e refletirem sobre as dinâmicas e caminhos a seguirem (Registros em diário de campo, 2019).

A abertura de um espaço de comunicação e interação social foi fundamental para o trabalho coletivo, pois os acadêmicos, durante o processo foram se sentindo parte de uma comunidade e se integrando na construção dos conhecimentos (KEMMIS; MCTAGGART; NIXON, 2014). Tal processo foi importante na compreensão do desenvolvimento científico-tecnológico, como uma prática social em que diversos pesquisadores/cientistas podem trabalhar juntos.

Em cada passo ou nos ciclos investigativos espiralados de autorreflexão no MABI teórico-prático, estimulou-se a proposição, a comunicação, a avaliação e a legitimação das ideias pelo grupo de coparticipantes (KELLY; LICONA, 2018). Além do domínio epistêmico,

essa abordagem oportunizou trabalhar os domínios procedimentais, sociais, atitudinais e conceituais na construção dos conhecimentos envolvendo as QSCT.

Isso contribuiu para se refletir como o conhecimento científico-tecnológico é construído (FURTAK, *et al.*, 2012; VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016) e para o feedback constante e reflexão do processo formativo e das práticas educativas na formação inicial de professores, a fim de transformá-las para melhor, isso é, em práticas mais investigativas, interdisciplinares e democráticas no Ensino de Ciências.

Para Furtak, *et al.* (2012), o domínio epistêmico em sala de aula consiste na compreensão dos estudantes de como o conhecimento científico [e tecnológico] é produzido. Dessa maneira, uma ponte deve ser construída com os estudantes para que eles compreendam que seu próprio processo de coleta e construção, avaliação e interpretação dos dados se aproxima das práticas de pesquisadores reais.

Assim, o grupo de coparticipantes formado em sala de aula consistiu-se em uma comunidade, construindo, dessa maneira, um espaço de reflexão e conscientização crítica dos acadêmicos sobre a produção do conhecimento científico-tecnológico e das diferentes dimensões envolvendo as QSCT. Esse processo proporciona a compreensão da CT como uma prática social (SASSERON, 2018a), contribuindo para uma educação problematizadora, pela constante ação e reflexão da realidade concreta (FREIRE, 1980).

A formação do referido grupo possibilitou a análise, a discussão e a avaliação de diferentes posições em respostas às questões controversas, por meio de argumentos holísticos, para além das dimensões científicas-tecnológicas (SADLER, 2004; 2009; KELLY; LICONA, 2018).

Os documentários apresentados em sala de aula - “*Power* - o poder por trás da energia” e “*Brumadinho: quando o lucro vale mais*”- respectivamente, mostraram os trabalhos de renomados cientistas (p. ex: Nikola Tesla, Eugene Mallove e Stanley Meyer) em relação à energia, discutindo, os interesses econômicos, políticos e sociais (relações de poder) que impediram o desenvolvimento de invenções que poderiam proporcionar a produção de energia com fontes mais sustentáveis, bem como os impactos sociais, ambientais, os relatos de dor e de denúncia dos atingidos pelo rompimento da barragem de rejeitos de minério em Brumadinho/MG.

Efetivamente, os dois documentários possuem diversos elementos controversos, por consequência, esses foram utilizados pelos professores para envolver e criar um ambiente com

maior liberdade/autonomia intelectual, estimulando a discussão e o posicionamento dos acadêmicos sobre as questões abordadas.

Dessa forma, a apresentação e discussão desses documentários ajudaram a desenvolver posturas mais críticas e a desconstruir algumas visões mais reducionistas e distorcidas de CT, identificadas nas concepções iniciais dos acadêmicos (ver subseção 5.1). Esses elementos controversos presentes nas QSC/QSCT proporcionam a contextualização dos conhecimentos e da natureza da CT (ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019).

Ademais, a partir desses elementos, problematizou-se a suposta concepção de neutralidade da CT que, muitas vezes, não é discutida de maneira ampliada no Ensino de Ciências (ROSA; AULER, 2016; ROSA; STRIEDER, 2019; SANTOS; AULER, 2019).

A seguir, apresenta-se, como exemplo, um dos diálogos em que o professor pesquisador, na reflexão dos documentários, questionou:

PP - Quais elementos vocês percebem que podem fazer conexões entre os dois vídeos [documentários: “Power - o poder por trás da energia” e “Brumadinho: quando o lucro vale mais”]?

A21 - O poder, né!

A4 - Nos dois casos, o dinheiro fala mais alto, ou seja, o interesse econômico!

A1, A2, A11 e A12 - sim! [concordando com A4]

PP - Os interesses econômicos falaram mais alto?

Todos - Sim!

PP - Em relação à energia e à mineração: Qual a nossa dependência? Quem controla esses recursos [no Brasil]? A população participa do processo de tomada de decisão envolvendo a CT?

A12 - Está na mão de alguns, geralmente ligados aos interesses políticos e econômicos!

A2- Quem tem o capital, quem tem dinheiro!

A14 - A população não participa. Eles não deixam, porque há interesses e valores de empresas, governos e cientistas envolvidos!

Todos - [concordam com o A14]

PP - Será que, no caso do rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho, teria outra tecnologia mais segura para construção das barragens?

Todos - Sim!

PP - Mas, por que essa tecnologia não foi utilizada em todas as barragens de rejeitos de mineradoras?

A8 - É mais cara!

A4 - Porque é sempre pensado em ganhar mais, no lucro! (Registros de áudio da pesquisa, 2019).

Neste excerto, a partir das interações com os professores, os acadêmicos apontaram como ponto de ligação entre os dois documentários que abordam questões sociais controversas com ligações de cunho científico e/ou tecnológico, as relações de intencionalidades, os valores e os interesses que podem influenciar a tomada de decisão envolvendo as questões abordadas.



Entende-se que o grupo formou consenso de entendimento no sentido de que os interesses pessoais de pesquisadores, bem como os interesses econômicos e políticos de empresas e governos influenciam na tomada de decisão sobre CT. Isso fica claro nas falas dos acadêmicos A2, A4, A12, A14 e A21.

A acadêmica A14 lembra ainda que no documentário sobre o rompimento da barragem de rejeitos de minério em Brumadinho/MG

[...] existiu um momento no vídeo que foi comentado que as mobilizações sociais estavam sendo controladas e inibidas para não atrapalharem o que eles [empresa] queriam realizar. Então, existiu uma mobilização, mas como o poder [econômico e político] era mais forte sufocou. Eles não estavam tão alheios (Registros de áudio da pesquisa, 2019).

Observa-se que A14 faz relação com um dos documentários e entende que o poder econômico e político, muitas vezes, influencia nas decisões, buscando impedir e controlar os movimentos de mobilização social e ações contrárias aos interesses de pequenos grupos hegemônicos, empresas e governos.

A referida acadêmica realizou uma pesquisa na Internet pelo seu *smartphone* durante as discussões em aula e compartilhou com o grupo, dizendo que:

o rompimento da barragem de rejeitos de minério em Brumadinho/MG de responsabilidade da empresa multinacional Vale S.A, em janeiro de 2019, foi um dos maiores desastres no Brasil causando sérios impactos ambientais, econômicos e sociais para a população. Essa barragem foi construída predominantemente com o método de alteamento a montante [construção de degraus com o próprio material de rejeitos], sendo considerada uma tecnologia mais barata, porém, menos segura (Registros em diário de campo, 2019).

Polignano e Lemos (2020) afirmam que o rompimento dessa barragem foi um dos maiores desastres socioambientais da história do Brasil. Tal rompimento se configurou como um dos maiores crimes socioambientais e de acidente de trabalho, uma vez que a maioria das 270 vítimas eram trabalhadores que atuavam na área da empresa. Isso tudo ocorreu por ação de negligência relacionada à operação de barragens de rejeitos de responsabilidade da multinacional Vale S.A.

Assim, as questões controversas oportunizaram a contextualização dos conhecimentos e da natureza científica-tecnológica (SADLER, 2004; ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019), sendo possível observar que os acadêmicos compreenderam que fatores éticos, morais, interesses econômicos e políticos circundam o desenvolvimento da CT (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015).

Para sistematização coletiva desse momento inicial (antes da escolha da QSCT e da elaboração de uma questão problema de pesquisa), os acadêmicos responderam algumas perguntas (Apêndice E). Todavia, optou-se em trazer para discussão três delas, que envolvem a suposta concepção de neutralidade da CT e a possibilidade de uma reestruturação nas relações de poderes na tomada de decisão.

Na questão envolvendo a suposta concepção de neutralidade na produção de CT, verificou-se que todos os acadêmicos apontaram que essa produção sofre influências, como observado nas respostas: “Não, a produção de ciência e tecnologia é controlada pelas relações de poder/força econômica e política, visando o lucro” (A16); “Eu acredito que não [não é neutra], pois recebem investimentos e apoio para produção apenas aqueles que interessam ao governo” (A3) e, ainda “Em um sentido ideológico, deveria ser neutra, porém muitas vezes as invenções/produtos da CT resultam de forte influência de esferas que buscam de alguma maneira o controle sobre a sociedade (A8).

Nota-se nas respostas de A3, A8 e A16 a compreensão de que a produção de CT sofre influências de interesses econômicos, sociais, políticos e de valores. Esse processo permitiu a problematização das construções históricas sobre atividade científica-tecnológica que limita e/ou reforça a concepção da suposta neutralidade da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001).

O diálogo a seguir, ilustra ideias sobre a não neutralidade do desenvolvimento da CT, bem como, a possibilidade de discussão da construção de estereótipo em relação a cientistas/pesquisadores:

PP - Vocês acham que a produção de CT são processos neutros?

Todos - Não!

A1 - Existem interesses econômicos e políticos!

A12 - Não, porque a ciência e tecnologia são desenvolvidas por homens e não têm como eles serem neutros.

PP - E as mulheres?

A12 - Elas também (Registros de áudio da pesquisa, 2019).

Pôde-se observar que os acadêmicos compreenderam que a produção científico-tecnológica não é um processo neutro, ficando isso claro nas falas dos acadêmicos A1 e A12. Assim, A12 destacou, a impossibilidade de haver neutralidade nessa produção, porque isso é feito por homens, seres humanos, com ideologias, intencionalidades e redes de interesses. A partir dessa interação entre professor pesquisador e acadêmica A12, problematizou-se, ainda, a questão de construção de estereótipo sobre cientistas.

A imagem estereotipada de cientistas como loucos, antissociais, do gênero masculino (na maioria das vezes) e com uma inteligência acima da média, dentre outros, foi

historicamente construída e pode influenciar na formação de professores da área de Ciências da Natureza. Essas imagens inadequadas e estereotipadas sobre ciência e cientistas vêm sendo discutida em várias pesquisas (CHAMBERS, 1983; CHRISTIDOU, 2011).

Essa ausência do gênero feminino nas representações de cientistas/pesquisadores é uma característica marcante (CHRISTIDOU, 2011). No entanto, entende-se que essa concepção de cientistas, como sendo apenas do gênero masculino, vem sendo aos poucos problematizada e superada nos cursos de formação inicial de professores<sup>54</sup>.

Em seguida, apresentam-se algumas respostas dos acadêmicos a outra questão, relacionada às compreensões do porquê de muitas descobertas e invenções podem ser vistas como ameaças para a comunidade científica-tecnológica (Quadro 14).

**Quadro 14 - Entendimento sobre as influências e os interesses da comunidade científica-tecnológica**

Acadêmicos	Respostas
A1	Porque as pessoas que controlam os recursos não querem, pois iriam perder dinheiro e poder.
A6	Por mais que algumas descobertas e invenções tenham mudado para melhor e ajudado a sociedade, algumas coisas podem acabar prejudicando tanto o meio ambiente quanto o ser humano [...].
A11	Pois muitas podem levar o fim de outras já utilizadas pelas empresas e são vistas como ameaça para o lucro destas e elas barram as novas invenções.
A2	Algumas descobertas podem arruinar alguns ramos [...], por exemplo, se alguém descobrir uma bateria que funcione com 100% de eficiência, que carregue muito rápido e dure bastante, à indústria do petróleo se sentiria ameaçada, porque caso a bateria fosse empregada, os carros elétricos dominariam o mercado.
A22	Porque estes avanços nas descobertas (sejam elas na ciência ou na tecnologia) podem resultar em ameaça para à espécie humana [...].
A16	Não acredito que sejam ameaças para a comunidade científica-tecnológica.
A8	Isso depende, se parte dessa comunidade científica-tecnológica está atrelada a setores de interesse econômico, estes irão tentar desqualificar invenções que possam resultar em alguma mudança no <i>status quo</i> do poder daqueles que controlam, por exemplo, as discussões sobre energia retratada no documentário.
A4	Porque elas poderiam substituir uma forma menos eficiente, porém já difundida e lucrativa de determinada tecnologia.
A7	Porque sempre existe uma guerra de interesses [...]. Muitos cientistas se submetem a esses interesses econômicos [...]. Há grupos que estão no poder que preferem o lucro rápido sem levar em consideração os custos ambientais e sociais que muitos projetos podem ter.
A14	Por trás da comunidade científica-tecnológica, existe algumas políticas e recursos que fazem com que seja desenvolvido a tecnologia e ciência para atender a interesses próprios. E se alguém aparecer com algum tipo de invenção que possa colocar em risco tais interesses será subjulgado e sufocado a ponto de não atrapalhar o que já está estabelecido na sociedade.

Fonte: Autoria própria (2022), com base nas respostas dos acadêmicos

<sup>54</sup> Percepção do pesquisador.

Verificam-se reflexões mais ampliadas envolvendo a questão sobre natureza da CT, uma vez que os acadêmicos parecem compreendê-las (ciência e a tecnologia) como construções humanas, sociais e provisórias, bem como uma atividade não neutra e não absoluta (CHASSOT, 2003). Isso pode ser observado, no Quadro 14, na maioria das respostas (A1, A11, A2, A8, A4, A7 e A14).

Para o acadêmico A8, quando parte dessa comunidade científica-tecnológica encontra-se ligada aos interesses econômicos e políticos, alguns membros dessa comunidade podem tentar desqualificar invenções que possuem potencial de transformar o *status quo* estabelecido na sociedade, citando, como exemplo, a questão da energia trabalhada no documentário “*Power* - o poder por trás da energia”.

Por outro lado, outras respostas, apresentam ainda limitações (A6, A16 e A22), pois não consideram os interesses e pressões envolvidas na produção de CT, como a resposta de A16: “Não acredito que sejam ameaças para a comunidade científica-tecnológica”.

Auler e Delizoicov (2006) apontam uma hipótese para essa incoerência interna nas respostas dos acadêmicos, explicando que tal processo pode estar associado a uma compreensão limitada e confusa sobre a não neutralidade da CT. Por isso, à importância de ampliar essas discussões na formação inicial na área de Ciências da Natureza, buscando sua superação (ROSA; AULER, 2016; SANTOS; AULER, 2019).

Ademais, essa discussão ofereceu uma oportunidade para inclusão de elementos do conteúdo CTS, recomendado por Aikenhead (1994), no sentido, de refletir sobre as questões históricas, sociais e filosóficas das comunidades científicas-tecnológicas. Entende-se como parte da comunidade tecnológica, os engenheiros, físicos, tecnólogos, dentre outros profissionais.

Em relação à questão que abordou o que pode ser feito para uma reestruturação nas relações de força/poder na produção da CT e no controle social de produtos de interesse e bem-estar da coletividade, foram observados diversos movimentos, tais como: consumo consciente e sustentável (A1, A2, A11, A12 e A13); envolvimento de mais pessoas nas discussões sobre CT (A3, A16 e A7); promoção de uma alfabetização científica da população (A8, A10); e, investimentos na educação básica (A9, A17, A6 e A10).

No entanto, dois acadêmicos avançaram um pouco (respostas mais elaboradas), apontando outros elementos importantes, como:

A4 - Ter pensamento crítico e se inteirar das relações CT e dos interesses de quem produz, como os cientistas que desenvolvem a ciência e os empresários que muitas vezes financiam essa produção. Tendo uma noção maior dessas relações o cidadão estará mais consciente e poderá agir com maior autonomia e de forma mais ativa socialmente.

A8 - A primeira etapa essencial para uma mudança deve ser iniciada na educação, que deverá ser repassada de maneira a construir uma sociedade que analise seu ambiente de maneira crítica e que busca solucionar problemas com uma visão mais científica, ou seja, a sociedade necessita ser alfabetizada cientificamente. A mobilização entre pessoas de comunidades para estabelecer algo que se contrapõe aquilo que já está estabelecido é também um importante passo para uma reestruturação das forças que regem a produção de CT. Por exemplo, uma comunidade poderia se unir e construir um gerador de energia eólica com alternativa a rede tradicional de energia (Registros dos acadêmicos, 2019).

Assim, o acadêmico A4 estabeleceu uma relação do meio social com a produção de CT, apontando a necessidade de se conhecer os interesses ligados aos aspectos éticos, morais, políticos, econômicos e de valores utilizados por pesquisadores/cientistas, que produzem CT e de empresários e governos que financiam essa produção. Ele acredita que, com essa noção o cidadão, poderá agir com maior autonomia e de maneira ativa na sociedade.

Já o acadêmico A8 afirma que a sociedade necessita de uma alfabetização científica, podendo, assim, pela mobilização mudar o seu *status quo* e as relações de forças que decidem a produção de CT. Coloca, como exemplo, que uma determinada comunidade pode construir um gerador de energia como alternativa à rede tradicional, diminuindo, dessa maneira, sua dependência energética.

Nos relatos dos acadêmicos A4 e A8, há o estabelecimento de relações mais ampliadas dos fatores ligados à natureza da CT e dos elementos que podem integrar uma reestruturação nas relações de poder/força sobre a produção científica-tecnológica. Nota-se que fazem uma relação com o meio social e com os valores utilizados por pesquisadores (interesses pessoais); empresas e governos (interesses políticos e econômicos) nesse processo, o que vai ao encontro de reflexões sobre a natureza da CT, propostos por Sasseron e Carvalho (2011) e Acevedo-Díaz, *et al.* (2007).

Com essa compreensão, os futuros professores e cidadãos de maneira geral podem desenvolver uma ACT ampliada, com autonomia, mobilização e iniciativas de ativismo sociocientífico fundamentado, visando transformar o *status quo* em relação às forças que decidem a agenda de pesquisa e o processo de produção de CT (SANTOS; AULER, 2019).

O processo de desenvolvimento científico-tecnológico, muitas vezes, é controlado por grupos hegemônicos que desejam obter poder e lucro, por isso, algumas descobertas e invenções científicas-tecnológicas (como ligados a produção de energia) podem ser vistas

como ameaças para grupos hegemônicos e até alguns membros da comunidade científica-tecnológica, pois elas podem atrapalhar os interesses desses grupos.

Essa abordagem inicial, portanto, contribuiu para ampliar as discussões sobre a construção de CT como uma prática social (formação do grupo de coparticipantes), visões estereotipadas de cientistas/pesquisadores e de ciência, questões sociais e filosóficas envolvendo a comunidade científica-tecnológica e as construções históricas sobre a atividade científica-tecnológica, que limitam e/ou reforçam a suposta concepção da neutralidade da CT.

Em relação à escolha de uma QSCT, esse processo de investigação, a partir da realidade social, gerou divergências e intensas discussões. O professor responsável pela disciplina e o pesquisador sugeriram o trabalho com a QSCT “rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras”, todavia, emergiram várias possibilidades apontadas pelos acadêmicos, como, por exemplo, o desmatamento e as queimadas na floresta Amazônica.

Diante desse contexto e impasse, o grupo de coparticipantes teve que procurar caminhos para estabelecer um acordo entre os membros. Assim, os grupos menores (seis grupos) escolheram as questões e depois apresentaram ao grupo maior que, pela negociação e formação de consenso, definiram a QSCT de trabalho. O Quadro 15 apresenta as QSCT e as questões problemas de pesquisa (central e mais específicas) elaboradas pelos acadêmicos para investigação.

**Quadro 15 - QSCT e problemas elaborados pelos acadêmicos nos grupos para investigação**

<b>QSCT</b>	<b>Projetos/acadêmicos</b>	<b>Questão central</b>	<b>Perguntas mais específicas</b>
<b>Desmatamento e queimadas na floresta Amazônica</b>	1 - Histórico do desmatamento na floresta Amazônica nos últimos 25 anos  (Grupo 1 - A10, A17 e A22)	Por que há a ausência de informações quanto aos desmatamentos ocorridos nos últimos 25 anos na floresta Amazônica?	- O porquê desta ausência de informação nos meios de comunicação? - Quais os interesses envolvidos na falta de/ou informações distorcidas sobre o desmatamento na floresta Amazônica?
	2 - Queimadas na floresta Amazônia e extinção de abelhas nativas  (Grupo 2- A1, A11, A12 e A21)	Quais os impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas?	- Quais são as abelhas nativas existentes na floresta Amazônica? - Qual seu papel no ecossistema presente e na geração de renda? - O que acontecerá se elas forem extintas? - Quais as relações das abelhas nativas da Amazônia com as comunidades tradicionais? - Quais as atitudes que podem evitar as queimadas e a morte das abelhas?

<b>(QSCT 1)</b>	3 - Amazônia em chamas -causas e impactos sociais e ambientais  (Grupo 3- A2, A6, A13, A15 e A20)	Como a poluição das queimadas na floresta Amazônica afeta as pessoas e o meio ambiente?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quais as causas das queimadas na floresta Amazônica?</li> <li>- Como a fumaça afeta o organismo das pessoas?</li> <li>- Qual o impacto ecológico (morte e fuga dos animais)?</li> <li>- Qual efeito da chuva ácida para vegetação e patrimônios culturais?</li> <li>- Quais terras indígenas foram atingidas?</li> <li>- Qual a visão internacional do Brasil em relação às queimadas na floresta Amazônica?</li> </ul>
<b>Efeitos biológicos e ambientais da radiação</b>  <b>(QSCT 2)</b>	4 - Efeitos biológicos e ambientais da radiação  (Grupo 4- A7, A8, A9 e A14)	A energia nuclear pode ser uma solução social e ambientalmente amigável?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quais os efeitos dos acidentes nucleares sobre a espécie humana/mundo natural?</li> <li>- Como a radioatividade pode ser mensurada/detectada?</li> <li>- O que é radiofobia?</li> <li>- Quais os benefícios da energia nuclear?</li> <li>- Quais os elementos químicos radioativos?</li> <li>- Qual a diferença entre fissão e fusão?</li> </ul>
<b>Rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras</b>  <b>(QSCT 3)</b>	5 - Rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG: os efeitos para população de peixes  (Grupo 5- A3, A4 e A15)	Como o efeito antrópico, devido à ruptura da barragem de rejeitos em Mariana/MG, afetou a população de peixes?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quais os efeitos sociais, culturais e econômicos do rompimento?</li> <li>- Como a biodiversidade é ameaçada pelo rompimento de uma barragem de minério (metais pesados)?</li> <li>- Quais as responsabilidades sociais e ambientais das empresas?</li> </ul>
	6 - Rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG: consequências para população local  (Grupo 6- A16, A18 e A19)	Quais foram as consequências do rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG para a população local?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O rompimento da barragem foi negligência?</li> <li>- Qual a influência do capitalismo e das relações de poder?</li> <li>- Quais atividades foram impossibilitadas pelo rompimento da barragem?</li> <li>- Quais os impactos sociais e ambientais?</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2022), construída com base nas respostas dos grupos

A ideia inicial dos professores baseava-se na discussão de uma QSCT, porém, nas reflexões, avaliou-se a importância de se manterem as três questões controversas, bem como os seis projetos interdisciplinares propostos pelos grupos, valorizando, desse modo, a tomada de decisão do grupo de coparticipantes, a autonomia e as relações de respeito construídas. Ademais, tais questões fazem parte da cultura social dos acadêmicos (CARVALHO, 2016).

Para análise da caracterização das QSCT escolhidas para o trabalho, empregou-se os critérios de Ramsey (1993); alguns pensamentos de Hodson (2014); e, de Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021), identificando, assim, que as questões propostas, avaliadas e legitimadas pelo grupo de coparticipantes apresentaram todas as características apontadas pelos referidos autores (Quadro 16).

**Quadro 16 - Características atendidas na escolha das QSCT**

<b>Características</b>	<b>QSCT 1</b>	<b>QSCT 2</b>	<b>QSCT 3</b>
É um problema de natureza controvertida, isso é, existem pontos de vistas diferentes a seu respeito.	X	X	X
Emergiu de uma situação problema concreta vivenciado pelas pessoas na realidade social.	X	X	X
Possui significado e relevância social em nível local, regional, nacional ou global.	X	X	X
Em alguma dimensão, a questão abrange a CT.	X	X	X
Engloba as dimensões sociais, políticos, econômicos, ambientais, científicos, tecnológico e preocupações com os aspectos éticos-morais, valores, emoções e de relações solidárias e democráticas.	X	X	X
Os conteúdos e processos da CT são fundamentais para análise, superação e desvelamento dos discursos sobre essas questões.	X	X	X
Estimula a personalização da aprendizagem, contextualiza a compreensão da NdaCT e envolve os estudantes em problemas reais.	X	X	X
Possui potencial de estimular a aprendizagem da CT e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes	X	X	X
É um questão de interesse dos estudantes.	X	X	X

**Fonte: Autoria própria (2022)**

O rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras (QSCT 3), em Mariana/MG (5 novembro do ano de 2015) e Brumadinho/MG (25 janeiro do ano de 2019), levanta vários elementos controversos com diferentes opiniões e posicionamentos a respeito (ainda não há consenso). O rompimento dessas barragens representa problemas reais vivenciados pela população, possuindo, assim, relevância social em diferentes níveis e contextos.

A QSCT 3 envolve as dimensões da ciência (p. ex: os metais pesados presentes nos rejeitos de minério causam implicações para a sociedade e meio ambiente) e da tecnologia (p. ex: existem diferentes tecnologias mais seguras para construção de barragens e para o seu monitoramento), dentre outras.

Assim sendo, para uma compreensão ampliada dessa questão, há necessidade de se ir além da dimensão da CT, isso é, envolvendo dimensões sociais, ambientais, ideológicos, econômicos, culturais, psicológicos, éticos-morais, históricos, políticos, relações de valores e de solidariedade, dentre outros (REIS, 2013; PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

A personalização da aprendizagem pode ser estimulada, quando o professor leva em consideração as concepções, vivências, saberes e valores dos sujeitos; quando a educação científica-tecnológica for mais politizada e imbuída de valores humanos e ambientais; bem como quando os estudantes tiveram a oportunidade de conduzir investigações científicas e participar de processo tecnológicos de resolução de problemas de sua própria escolha (HODSON, 1998).



Nesse sentido, as QSCT 1, 2 e 3, em contexto de Ensino de Ciências, possuem um potencial de oportunizar discussões epistemológica da ciência (SADLER, 2009; ZEIDLER; HERMAN; SADLER, 2019), contextualizando os conhecimentos e a natureza da CT e seus papéis na sociedade (HODSON, 2018).

As queimadas na floresta Amazônica, por exemplo, são um dos assuntos mais divulgados nos meios de comunicação na atualidade e as informações que chegam à população por meio de visões midiáticas, valores e crenças, muitas vezes, acabam distorcendo as reais causas e consequências, bem como limitando e/ou reforçando uma imagem de que esse processo é indiscutível ou que a sociedade como um todo pouco pode fazer para resolver o problema.

As causas e consequências das queimadas na floresta Amazônica ainda são distorcidas, confusas e fragmentadas, bem como pouco divulgadas e discutidas de maneira ampliada com a sociedade. Essas questões não podem ser desprezadas e devem chegar à sala de aula de ciências, pois são assuntos atuais e polêmicos.

Assim, alguns possíveis elementos controversos foram apontados no grupo de coparticipantes em relação às causas das queimadas na floresta Amazônica, aqui, apresentados em forma de hipóteses:

i) as queimadas na floresta Amazônica são reais e causadas pela atividade humana (avanço da agropecuária, mineração, grilagem de terras públicas e agricultura, dentre outros). Por isso, os governos e a sociedade civil, organizada em conjunto, devem tomar medidas para resolução deste problema;

ii) as queimadas na floresta Amazônica são reais, porém, ainda não há certeza sobre suas reais causas. Pode-se discutir que esse processo faz parte de um ciclo natural. Dessa maneira, não há medidas que os governos e sociedade civil organizada possam tomar em relação ao problema (Registros em diário da pesquisa, 2019).

Nesse contexto, muitas vezes, a Amazônia é envolvida no slogan “floresta Amazônica como salvação do planeta Terra”, por outro lado, aparece, também, como “detentora de recursos naturais para exploração da humanidade” (VASCONCELOS; FREITAS, 2012). Essas e outras controversas devem ser refletidas com a sociedade na busca de caminhos para sua resolução, visando, dessa forma, construir uma conscientização coletiva para livrar as pessoas dos obstáculos e injustiças que os impedem de ter uma visão mais clara da realidade (FREIRE, 1980).

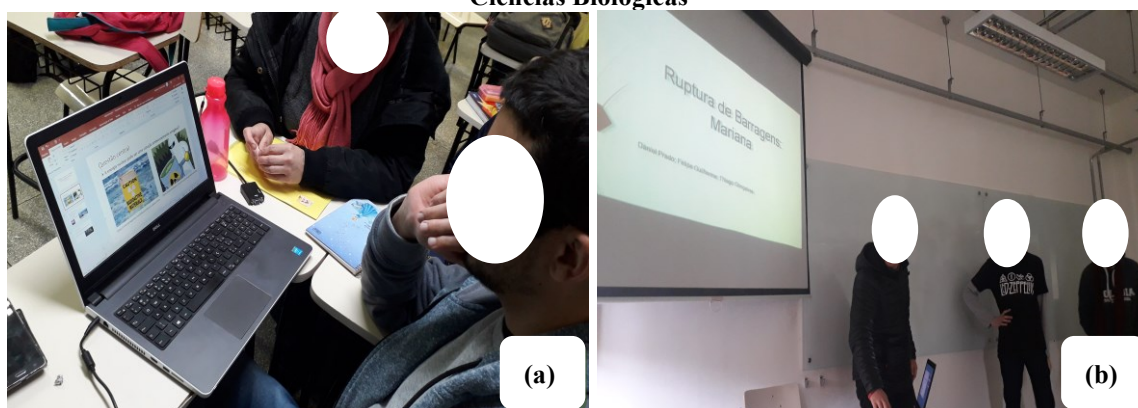
Dessa maneira, essas questões devem ser trabalhadas no Ensino de Ciências, em uma abordagem interdisciplinar e/ou do pensamento complexo (SILVA, 2016), no sentido de discutir, compreender e superar os dilemas sociais relacionados ao âmbito científico-tecnológico (SADLER, 2004; MARTÍNEZ PÉREZ; CARVALHO, 2012; CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Nesse trabalho, buscou-se uma aproximação com uma abordagem interdisciplinar de ensino.

Para Sadler (2004), as questões científicas-tecnológicas com ramificações sociais continuaram a surgir e evoluir, por isso, um dos objetivos da abordagem das QSC/QSCT consiste em capacitar os estudantes para lidar com as questões baseadas na CT, que moldam seu mundo atual e aquelas que podem influenciar no mundo futuro.

Portanto, observou-se que as QSCT envolvem problemas complexos e que afetam toda a sociedade e, por consequência, todas as pessoas deveriam participar das discussões e da tomada de decisão de possíveis caminhos para sua resolução. Dessa maneira, como se pode refletir, as diferentes controvérsias presentes nas QSCT 1, 2 e 3, necessariamente, surgem das inter-relações entre CTS, o que vai ao encontro das reflexões de Reis (2013).

Na sequência, os grupos elaboraram problemas em forma de pergunta(s) a ser(em) investigada(s) e hipóteses para explicá-la(s). A Figura 16 mostra as discussões nos grupos menores (a) e no grupo de coparticipantes (b).

**Figura 16 - Discussões na elaboração de uma problemática e no levantamento de hipóteses nos grupos menores (a) e no grupo de coparticipantes (b), envolvendo as QSCT na formação inicial de professores em Ciências Biológicas**



Fonte: Autoria própria (2022)

Para Carvalho (2018), a problematização em uma sequência didática ou estrutura investigativa inicia-se com a elaboração de um problema de ordem experimental e/ou teórico, oportunizando, assim, a exploração de conceitos anteriores e de criação de condições para

construção de novos conceitos. Neste trabalho, optou-se pela elaboração pelos acadêmicos de questões problemas teóricos envolvendo as QSCT (apresentadas no Quadro 15).

Esse tipo de problema escolhido oportunizou aos acadêmicos levantar e testar hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual, estruturando, dessa maneira, seu pensamento e apresentando argumentos nas discussões com os demais acadêmicos e com os professores.

Por isso, não pode ser uma questão qualquer, isso é, deve estar contida na cultura social dos estudantes, despertando o interesse e engajamento na procura de uma ou mais possibilidade de resolução (CARVALHO, 2016), como, por exemplo, as controvérsias envolvendo o desmatamento e queimadas na floresta Amazônica e o rompimento de barragens de rejeitos em mineradora.

Como se pode ver, na questão problema de pesquisa do grupo 5 - “Como o efeito antrópico, devido à ruptura da barragem de rejeitos em Mariana/MG, afetou a população de peixes?” - os acadêmicos buscaram aprofundar suas compreensões em relação às consequências a população de peixes afetados pelo rompimento da referida barragem de rejeitos de minério.

Esse rompimento foi uma das situações mais divulgadas nos meios de comunicação naquela época (ano de 2015) e as informações que chegavam para população eram distorcidas e fragmentadas. Para esse grupo, muito pouco se divulga atualmente sobre o rompimento dessa barragem, o que incomodava os membros do grupo (Registros em áudio da pesquisa, 2019).

Nesse processo, os professores assumiram o papel de mediação e os acadêmicos passaram a ser os agentes de pensamento, isso é, as linhas de raciocínios foram definidas por eles como protagonistas da aprendizagem. Por isso, a elaboração de um problema de pesquisa em uma proposta investigativa pode inverter os papéis em sala de aula (CARVALHO, 2016).

Assim, a resolução de um problema ou situação real da sociedade contribui para uma maior autonomia intelectual, desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão e um pensamento mais crítico, o que estimula a promoção de uma ACT ampliada dos acadêmicos (SASSERON, 2015).

Em relação aos domínios na construção dos conhecimentos em todos os seis projetos interdisciplinares e com utilização dos dados quantitativos representados na Tabela 8, evidenciou-se a predominância de quantidades relativas de referências feitas por professores

e/ou acadêmicos sobre o domínio epistêmico (41,3%), por sua vez, o domínio social (21,5%), conceitual (15,7%), atitudinal (13,4%) e procedimental (8,1%) no passo problematização.

Para Araújo (2008), as práticas epistêmicas surgem das interações entre acadêmicos-acadêmicos e professores-acadêmicos, pela utilização do conteúdo científico-tecnológico, buscando o engajamento, o desenvolvimento da autonomia intelectual e a tomada de decisão mais crítica, em discussões sobre a elaboração, investigação e resolução de uma questão problema em sala de aula.

O processo de elaboração e proposição de problemas (ver Quadro 15) para investigação sobre as QSCT em diferentes dimensões (econômica, social, política, científica, tecnológica, ambiental) e, não apenas na científica, constituiu-se em uma prática epistêmica de proposição (KELLY; LICONA, 2018). Por exemplo, na questão problema de pesquisa - “Quais os impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas?” (Grupo 2) - nota-se que essa questão busca refletir sobre os impactos das queimadas na floresta Amazônica para as espécies de abelhas nativas, porém, para uma compreensão mais ampliada, há necessidade de envolver as dimensões social, econômica, política, tecnológica, ética e ambiental.

As práticas epistêmicas de avaliação foram observadas, por exemplo, quando os acadêmicos avaliaram, coletivamente, os pensamentos em diferentes linhas de raciocínios, com argumentos múltiplos (científicos, políticos, econômicos, éticos, ambientais, sociais, dentre outros) para justificar a escolha da QSCT e do problema de pesquisa elaborado pelos grupos.

Já as práticas epistêmicas de legitimação foram evidenciadas na construção de concordância de pensamentos e no reconhecimento das posições e ideias definidas (ou não), no coletivo em sala de aula, (KELLY; LICONA, 2018) sobre as QSCT, mesmo que provisórias nesse momento inicial.

Os indicadores do domínio social foram verificados no trabalho coletivo (interação social, troca de ideias) e no reconhecimento dos procedimentos de construir, comunicar e avaliar argumentos, com base na tomada de posição envolvendo os problemas ligados as questões controversas (KELLY; LICONA, 2018).

## Levantamento de hipóteses

Com os problemas construídos e contextualizados, os acadêmicos levantaram hipóteses (passo 2), com base em suas concepções iniciais e na exploração de diferentes fontes de informações e dados (p. ex: fontes secundárias - artigos científicos, sites como Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE), criando um banco de dados, a fim de buscar possíveis respostas para sua resolução. No Quadro 17, estão representadas as hipóteses levantadas sobre a questão problema de pesquisa em cada grupo.

**Quadro 17 - Hipóteses levantadas pelos acadêmicos dos grupos sobre a questão problema central**

QSCT/Grupos	Levantamento de hipóteses
<b>QSCT 1/Grupo 1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os desmatamentos na floresta Amazônica são reais e causados pela atividade humana (pecuária, mineração, grilagem e agricultura).</li> <li>- Há interesses econômicos e políticos (relações de poder/força) que influenciam a divulgação de informações sobre o desmatamento na floresta Amazônica;</li> <li>- As informações sobre os impactos do desmatamento na floresta Amazônica são distorcidas, confusas e fragmentadas, bem como não são discutidas amplamente com a sociedade;</li> <li>- Há ausência de informação para a população sobre o desmatamento (causas, consequências, responsabilidades).</li> </ul>
<b>QSCT 1/Grupo 2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As queimadas na floresta Amazônica estão impactando a comunidade de abelhas nativas da região;</li> <li>- O fogo das queimadas pode reduzir as espécies de abelhas nativas, muitas vezes, causando a extinção de algumas espécies.</li> <li>- As abelhas nativas possuem um papel importante para o ecossistema e comunidades tradicionais da região Amazônica.</li> </ul>
<b>QSCT 1/Grupo 3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Morte e fuga de animais (impactos ecológicos);</li> <li>- Formação de chuva ácida (destruição da floresta e monumentos);</li> <li>- Impacta os povos indígenas da região;</li> <li>- Causa problemas de saúde para as pessoas (p. ex: respiratórios);</li> <li>- Forma nuvem de fumaça, podendo chegar a outras regiões do país.</li> </ul>
<b>QSCT 2/Grupo 4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A energia nuclear pode ser usada com a intenção de reduzir as emissões de poluentes atmosféricos, pois é uma fonte de energia que não envolve a utilização de combustíveis fósseis;</li> <li>- Favorece o desenvolvimento de novas tecnologias, que se relacionam com o uso da radioatividade, por exemplo, medicina nuclear, indústria e agricultura;</li> <li>- Pode ser usada para diagnósticos (raios-x) e tratamentos de doenças (radioterapia);</li> <li>- Essa tecnologia pode ser utilizada para fins bélicos (armas nucleares);</li> <li>- Pode aumentar o risco de acidentes envolvendo radioatividade;</li> <li>- Pode causar poluição ambiental com potencial de afetar uma população/sociedade por várias gerações, devido aos efeitos mutagênicos da radioatividade.</li> </ul>
<b>QSCT 3/Grupo 5</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os metais pesados estão contaminando os peixes (quais são esses metais?);</li> <li>- Esse processo está causando desequilíbrio ecológico;</li> <li>- Este desequilíbrio ecológico está afetando a população local e os peixes do Rio Doce.</li> </ul>
<b>QSCT 3/Grupo 6</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destruição da biodiversidade aquática e terrestre;</li> <li>- Poluição das águas por metais pesados;</li> <li>- Impactos sociais e econômicos;</li> <li>- Problemas de saúde;</li> <li>- Morte de pessoas e peixes.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria (2022), construída com base nas respostas dos grupos

As hipóteses apresentadas no Quadro 17, foram propostas, comunicadas, avaliadas e legitimadas no grupo de coparticipantes (grupo maior, com interação acadêmicos-professores) como apresentado na Figura 16(b) deste trabalho. Nesse processo de levantamento, no primeiro momento, observou-se que a interação acadêmico-acadêmico em grupos menores facilitou a comunicação e a proposição de ideias (CARVALHO, 2016).

Nesse sentido, essas hipóteses resistiram a vários argumentos contrários e foram legitimadas (mesmo que, nesse momento, de maneira provisória). Para ilustrar, os acadêmicos do grupo 4 apresentaram o seguinte problema de pesquisa: “A energia nuclear pode ser uma solução social e ambientalmente amigável?” Nas ideias para resolver o problema, o grupo mostrou na sustentação apenas aspectos positivos, como o diagnóstico e tratamento de doenças, desenvolvimento de novas tecnologias e produção de energia. Todavia, a partir das contraposições dos demais acadêmicos, eles começaram a considerar os aspectos negativos dessa tecnologia, como: a construção de armas nucleares, o maior risco de acidentes nucleares, a poluição ambiental e os efeitos mutagênicos da radiação.

Além disso, a hipótese “a energia nuclear pode ser usada com a intenção de reduzir as emissões de poluentes atmosféricos, pois é uma fonte de energia que não envolve a utilização de combustíveis fósseis” (Grupo 4), sofreu argumentos na tentativa de inviabilizá-la, pois a solução de um problema pode gerar outro, como, por exemplo, o lixo nuclear.

Adicionalmente, começaram a compreender que a produção tecnológica envolve as dimensões políticas, sociais, ambientais, culturais, além de interesses pessoais de tecnólogos e engenheiros, bem como interesses políticos e econômicos de empresas e governos que financiam esse processo e, em razão disso, sua produção e seus discursos são valorados (Registros em diário da pesquisa, 2019).

Esse processo de discussões foi importante para uma compreensão mais ampliada da construção de CT (CARVALHO, 2016) e para o desenvolvimento do domínio social (cooperação e comunicação), pois tiveram que entrar em um consenso juntos e seguir o processo de investigação (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Carvalho (2016) aponta que é a partir das hipóteses (ideias para resolver os problemas) que, quando testadas experimentalmente ou confrontados teoricamente, os estudantes terão a oportunidade de construir o conhecimento. Assim, as ações manipulativas e a exploração de dados e informações forneceram condições para os acadêmicos levantarem essas ideias.

O levantamento das hipóteses, a criatividade (procura de novos caminhos), a curiosidade, o corpo teórico e a investigação foram fundamentais para contrapor a ideia de um

método científico único, bem definido, linear e rígido no processo de construção do conhecimento científico-tecnológico (CACHAPUZ, *et al.*, 2005) sobre as QSCT.

Em todos os seis projetos interdisciplinares, nos domínios da construção do conhecimento, no passo levantamento de hipótese (apresentados na Tabela 8), novamente, averiguou-se a predominância do domínio epistêmico (28,4%), seguido dos domínios procedimental (22,9%), social (22,1%), atitudinal (13,8%) e conceitual (12,8%).

As práticas epistêmicas de comunicação na abordagem das QSCT, nesse passo, por exemplo, foram verificadas no envolvimento no debate coletivo, na construção e apresentação de argumentos holísticos iniciais, baseados em diferentes maneiras de pensar, mesmo que provisórios e sujeitos a novas contraposições (SASSERON, 2015), bem como na necessidade de posicionamento (falaram, refletiram, pensaram, escreveram) dos acadêmicos frente à escolha das QSCT e na defesa das hipóteses levantadas (KELLY; LICONA, 2018).

Para Sasseron (2015), a argumentação sustenta-se na ideia da defesa de pontos de vista ou alternativas de ação, sendo uma forma básica de pensamento. Em sala de aula consiste em uma forma de comunicar conhecimentos e ideias, permitindo evidenciar perspectivas de construção de entendimentos de processos, pensamentos, posições e conceitos. No entanto, a elaboração e avaliação de problemas, processos para sua resolução e comunicação de pensamentos, envolvem não apenas opiniões pessoais, mas um trabalho argumentativo com uma linguagem científica-tecnológica, dentre outros conhecimentos.

Já os indícios de práticas dos domínios procedimentais foram observados, por exemplo, quando os acadêmicos levantaram hipóteses (apontaram diversas ideias) para resolução dos problemas de pesquisa, organizando um banco de dados e informações (SASSERON, 2018a), conforme apresentado no Quadro 17 deste trabalho.

### **Planejamento dos procedimentos para investigação**

Com as questões problemas e as hipóteses levantadas, os grupos dos projetos interdisciplinares realizaram os passos 3, 4, 5 e 6 do MABI teórico-prático. O objetivo do “planejamento dos procedimentos para investigação (passo 6)” consistiu na construção coletiva e colaborativa de um plano de trabalho (CARVALHO, 2016), buscando, assim, uma definição do que seria feito para resolução dos problemas.

A proposta investigativa foi desenvolvida no grau 3 de autonomia/liberdade intelectual e de ação oferecidos (ver Apêndice C), por essa razão, os acadêmicos construíram o plano de

trabalho/ação com total liberdade, isso é, com oportunidade de decidir o que fazer, sempre com orientação dos professores, que acompanharam todo o processo.

Para construção do referido plano, os grupos ajustaram, a partir dos feedback dos membros do grupo de coparticipantes, as questões problemas de pesquisa e as hipóteses elaboradas anteriormente, melhorando, dessa maneira, a qualidade dessas questões, o que vai ao encontro das ideias de Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016), quando expressam que é importante focar em uma questão de pesquisa bem formulada, visando orientar o desenho da investigação.

Nesse sentido, os professores refletiram com o grupo de coparticipantes sobre alguns critérios e práticas para o planejamento de uma pesquisa científica autêntica realizadas por pesquisadores/cientistas, fazendo, assim, ligações com projetos desenvolvidos em sala de aula (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Com base nesse diálogo, construiu-se um modelo com alguns elementos para construção do plano de trabalho, como: contextualização; problema de pesquisa; objetivos; hipóteses; metodologia (incluindo a indicação de diferentes papéis e responsabilidades dos membros em cada grupo); instrumentos de coleta de dados; recursos; e, cronograma para a investigação.

Em cada um dos seis projetos interdisciplinares, o plano de trabalho/ação foi elaborado nessa estrutura, e, posteriormente, apresentado para formação de entendimentos e reconhecimento das posições tomadas em debate (KELLY; LICONA, 2018). Foram vários os feedback dos demais acadêmicos e dos professores, no sentido de melhorar os procedimentos para investigação, pois, em cada passo, as ideias e ações eram refletidas e as decisões tomadas, coletivamente (legitimadas).

A seguir, mostram-se excertos de dois planos de trabalho<sup>55</sup> sobre a QSCT 1 (Quadro 18) e QSCT 2 (Quadro 19).

**Quadro 18 - Plano de trabalho construído pelo grupo 2**

<b>Desmatamento e queimadas na floresta Amazônica (QSCT 1) - grupo 2</b>	
<b>Questão problema de pesquisa</b>	Quais os impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas?
<b>Hipóteses</b>	- As queimadas na floresta Amazônica estão impactando a comunidade de abelhas nativas da região; - O fogo das queimadas pode reduzir as espécies de abelhas nativas, muitas vezes,

<sup>55</sup> Os planos de trabalho dos grupos 2 e 4 foram escolhidos de maneira aleatória, em detrimento dos demais planos, para ilustrar as atividades e ações realizadas no passo planejamento dos procedimentos para investigação.



	causando a extinção de algumas espécies; - As abelhas nativas possuem um papel importante para o ecossistema e comunidades tradicionais da região Amazônica.
<b>Objetivo</b>	Realizar uma revisão bibliográfica sobre as comunidades de abelhas nativas da Amazônia e, a partir disto, tentar compreender o impacto que a queimada tem causado.
<b>Papéis e responsabilidades no grupo</b>	Acadêmica A11 - líder do grupo e responsável pela pesquisa sobre comunidade de abelhas existentes na floresta Amazônica (espécies catalogadas).
	Acadêmica A12 - pesquisa sobre impactos na vegetação, o papel das abelhas no ecossistema da região Amazônica e o que pode acontecer se elas forem extintas.
	Acadêmica A1 - pesquisa sobre queimadas (região e quantos quilômetros de mata foram atingidas no segundo semestre 2019).
	Acadêmicas A1, A11, A12 e A21 - atitudes para evitar e/ou amenizar o problema sobre queimadas e mortas das abelhas, bem como a sensibilização da população.
	Acadêmica A21 - criação do site e gerenciamento de tecnologias.

**Fonte: A autoria própria (2022), construída com base nas respostas do grupo 2**

No Quadro 18, observam-se os diferentes papéis e responsabilidades assumidos na pesquisa pelos membros do grupo. Os acadêmicos projetaram uma investigação em artigos científicos, site do INPE, reportagens e vídeos (dados e informações secundárias), formando um banco de dados organizados para elaboração de respostas ou para sustentação de suas conclusões com múltiplas argumentações.

Conforme Carvalho (2016), os problemas teóricos são mais difíceis de se encontrar uma solução, uma vez que estão intrínsecas as operações intelectuais de cooperação e especialização entre as linguagens (matemática - tabelas e gráficos, e verbal - oral e escrita). Dessa maneira, a autora destaca a importância do trabalho em pequenos grupos e a mediação do professor na sistematização do conhecimento.

**Quadro 19 - Plano de trabalho construído pelo grupo 4**

<b>Efeitos biológicos e ambientais da radiação (QSCT 2) - grupo 4</b>	
<b>Questão problema de pesquisa</b>	A energia nuclear pode ser uma solução social e ambientalmente amigável?
<b>Hipóteses</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A energia nuclear pode ser usada com a intenção de reduzir as emissões de poluentes atmosféricos, pois é uma fonte de energia que não envolve a utilização de combustíveis fósseis;</li> <li>- Favorece o desenvolvimento de novas tecnologias, que se relacionam com o uso da radioatividade, por exemplo, medicina nuclear, indústria e agricultura;</li> <li>- Pode ser usada para diagnósticos (raios-x) e tratamentos de doenças (radioterapia);</li> <li>- Essa tecnologia pode ser utilizada para fins bélicos (armas nucleares);</li> <li>- Pode aumentar o risco de acidentes envolvendo radioatividade;</li> <li>- Pode causar poluição ambiental com potencial de afetar uma população/sociedade por várias gerações, devido aos efeitos mutagênicos da radioatividade.</li> </ul>
<b>Objetivo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir um detector de radiação ionizante (espécie de contador Geiger) com o uso de uma placa de arduino;</li> <li>- Entender os benefícios e as implicações da energia nuclear para sociedade e meio ambiente.</li> </ul>
	Acadêmica A7 - investigação da utilização da energia nuclear em detrimento de fontes de combustíveis fósseis (vantagens e desvantagens); e, radioatividade na indústria, medicina e agricultura.

<b>Papéis e responsabilidades no grupo</b>	Acadêmica A14 - acidentes envolvendo a energia nuclear, como: césio-137 (Goiânia), Chernobyl, Fukushima, dentre outros; descrever como esses acidentes ocorreram e quais foram suas consequências para a sociedade, bem como as medidas tomadas para amenizar os danos associados; e, a utilização da energia nuclear para produção de armas nucleares.
	Acadêmico A8 - construção/montagem de um detector de radiação; descrição de seus princípios de funcionamento, caracterização quanto aos tipos de radiações ionizantes e seus efeitos em organismos vivos. Consulta a especialistas das áreas de Física, Ciências Biológicas e Ciências da Computação da universidade, buscando estabelecer relações de cooperação para construção do detector de radiação.
	Acadêmica A9 - diferenciar e descrever as tecnologias de fissão e fusão nuclear; seus benefícios e desvantagem/riscos. Como um reator nuclear funciona, quais são os combustíveis nucleares atualmente utilizados, desmistificar os medos associados a radiação e energia nuclear (radiofobia).

**Fonte: Autoria própria (2022), construída com base nas respostas do grupo 4**

Conforme apresentado no Quadro 19, o grupo 4 optou pela construção de um detector de radiação a partir de uma placa de arduino, utilizando, assim, dados experimentais e secundários (p. ex: artigos científicos, livros) para estruturação de argumentos e raciocínios para defender suas conclusões.

Nesse sentido, os grupos 4 e 5 procuraram estabelecer relações de cooperação com especialistas em diferentes áreas do conhecimento na investigação, como se pôde ver, no plano de trabalho do grupo 4, quando fazem a previsão de estabelecer diálogos com “especialistas das áreas de Física, Ciências Biológicas e Ciências da Computação da universidade” (A8) para construção de um detector de radiação. O grupo 5 faz a previsão de consultar um especialista da área de Física para construção de um dispositivo para medir a temperatura e a turbidez da água, o que se concretizou posteriormente no processo de investigação. Isso demonstra a importância do passo 5 “identificação de cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas”, visando a uma abordagem interdisciplinar de ensino e a compreensão mais ampliada e/ou resolução dos problemas sobre as QSCT de maneira coletiva.

Nesse processo, verificou-se que a discussão dos procedimentos no grupo de coparticipantes foi fundamental, pela apresentação de diferentes propostas e pela formação de consensos. O detalhamento por escrito dos procedimentos e métodos foi importante para reflexão e reestruturação dos procedimentos na investigação.

Foi possível, ainda, observar que os grupos tiveram que ir além dos conceitos científicos e tecnológicos para compreensão das QSCT e resolução das questões problemas de pesquisa, como, por exemplo, abordando questão sociais, econômicas, políticas, ambientais, éticas-morais, psicológicas e de valores.

Além do mais, destaca-se a relevância do desenvolvimento dos domínios sociais, epistêmicos e conceituais nos passos anteriores no MABI teórico-prático, uma vez que os acadêmicos demonstraram relações mais efetivas de cooperação, maior autonomia intelectual e moral (HODSON, 2014; SEDANO; CARVALHO, 2017; CARVALHO, 2018), respeito e tolerância com o posicionamento dos colegas (WAHID, *et al.*, 2018), bem como utilizavam múltiplas linhas de raciocínio e argumentos científicos, tecnológicos, sociais, ambientais e éticos-morais (KELLY; LICONA, 2018).

Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016) apontam que a abordagem dos domínios epistêmicos e sociais (colaboração e a comunicação) foram fundamentais na fase “projetando à investigação” em uma estrutura investigativa trabalhada pelos autores, o que se aproxima das ideias defendidas e trabalhadas no MABI teórico-prático nesse passo.

Assim, o planejamento da investigação contribuiu para um engajamento mais ativo, o desenvolvimento da autonomia e da tomada de decisão coletiva mais crítica, em relação aos procedimentos da investigação (CARVALHO, 2018; SASSERON, 2018a). Os grupos projetaram investigações para responder as perguntas, considerando as diferentes informações e dados sobre as QSCT, constituindo-se em uma prática epistêmica de proposição (KELLY; LICONA, 2018).

Esse processo, também, estimulou o pensamento, levando em consideração a estrutura do conhecimento, a fala, mostrando seus argumentos e conhecimentos elaborados, bem como a escrita, evidenciando a autoria e clareza nas ideias pelos acadêmicos no plano de trabalho/ação escrito (CARVALHO, 2018).

A gestão do tempo pelos acadêmicos em cada grupo foi outro aspecto relevante observado, pois apresentavam dificuldades em cumprir os prazos estabelecidos no coletivo e fazer as leituras dos artigos científicos para reflexão em sala de aula. Contudo, essas dificuldades, no referido passo, foram sendo superadas e, por consequência, ocorreu o desenvolvimento de uma maior responsabilidade e autonomia.

Em relação aos domínios do conhecimento, comprovou-se a predominância dos domínios procedimentais (27,6%) e sociais (27,6%), enquanto, os domínios no passo planejamento dos procedimentos para investigação: atitudinais (19,7%), epistêmicos (15,8%) e conceituais (9,2%), como apresentado na Tabela 8 do presente trabalho.

Os grupos 2 e 4, por exemplo, construíram um plano de trabalho para testar as hipóteses levantadas, e, na sequência, apresentaram essas propostas com argumentos para o grupo de coparticipantes (grupo maior), visando à avaliação dos raciocínios e argumentos

holísticos sobre QSCT, bem como a construção de consenso de grupo sobre os procedimentos para a investigação.

Em suma, as práticas ligadas ao domínio procedimental ocorreram na construção dos planos de trabalho/ação para testar as hipóteses e no consenso de grupo formado sobre os procedimentos em cada projeto. O domínio epistêmico, por sua vez, apareceu na proposição de ideias (projetar investigações para responder as perguntas sobre QSCT), na comunicação de ideias (apresentação de argumentos envolvendo a QSCT), na avaliação (avaliar linhas de raciocínio e argumentos holísticos) e na legitimação de ideias (reconhecendo o valor das posições tomadas em debate).

Já os indícios de práticas do domínio social foram observados, quando os grupos explicaram as hipóteses, os procedimentos e as decisões em relação à investigação para grupo de coparticipantes em sala de aula. Notou-se também que cada acadêmico assumiu no grupo diferentes papéis e responsabilidades, sendo essa uma orientação constante dos professores.

### **Realização da investigação (teórica e/ou prática)**

O objetivo da “realização da investigação” (passo 7) consistiu em colocar em ação o plano de trabalho construído anteriormente e coletar dados e informações. Para Carvalho (2016), um problema não experimental envolve diferentes maneiras (procedimentos) de obtenção de dados e informações, os quais demandam investigação, observação, leitura, experimentação, estudo do meio, dentre outros.

Foram coletados/construídos dados primários (grupos 4 e 5 realizaram uma investigação direta por meio de hipótese, corpo teórico, criatividade, observação e experimentação) e secundários (p. ex: artigos científicos) para resolução do problema, objetivando sustentar as linhas de raciocínios ou conclusões com argumentos holísticos sobre as QSCT. Os professores orientaram os acadêmicos a fazerem observações e anotações organizadas na investigação, bem como refletirem sobre os procedimentos com os grupos (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Assim, a resolução do problema envolveu o teste das hipóteses (colocar essas ideias em prática), oportunizando aos acadêmicos construírem os conhecimentos. Nesse processo, mesmo as hipóteses que não deram certo, também foram importantes para essa construção (CARVALHO, 2016).

Nos projetos interdisciplinares sobre a questão desmatamento e queimadas na floresta Amazônica (grupos 1, 2 e 3), os acadêmicos investigaram em site do INPE e em artigos científicos, fazendo anotações estruturadas e construindo um banco de dados e informações. O grupo 6, projeto sobre rompimento de barragens de rejeitos de minério, trabalhou também com dados secundários.

O grupo 2 realizou uma investigação em artigos científicos, identificando algumas espécies de abelhas nativas sem ferrão da região Amazônica brasileira, como, por exemplo, as abelhas marmelada amarela (*Frieseomelitta varia*), uruçú-amarela (*Melipona rufiventris*), uruçú-cinzenta (*Melipona fasciculata*) jataí (*Tetragonisca angustula*), cachorro (*Trigona spinipes*) e jupará (*Melipona interrupta*) (Registros realizados pelo Grupo 2, 2019).

Por outro lado, o grupo 4 construiu um detector de radiação a partir de uma placa de arduino, utilizando como fonte radioativa uma camisa de lampião (Tórrio-232) e realizou a detecção dessa radiação (Registros realizados pelo Grupo 4, 2019). O grupo 5 construiu um dispositivo com utilização, também, de uma placa de arduino, medindo a temperatura e a turbidez da água (Registros realizados pelo Grupo 5, 2019). Tais indicadores foram utilizados como parâmetros para avaliar a qualidade das águas no Rio Doce (Mariana/MG) e Rio Paraopeba (Brumadinho/MG).

No trabalho com QSCT, é inevitável a utilização de fontes secundárias, contudo, é preciso tomar cuidado para não se basear única e exclusivamente em notícias e visões midiáticas sobre essas questões. As pesquisas na Internet não devem ser utilizadas como fontes de respostas como verdades absolutas e imutáveis, mas como fontes que ajudam a refletir sobre o problema. Por isso, destaca-se a importância da mediação do professor em todo o ciclo investigativo e no processo de sistematização do conhecimento (CARVALHO, 2016).

Tal processo de investigação exigiu a necessidade de avaliação pela comunidade epistêmica (grupo de coparticipantes em sala de aula) do que conta como evidência moral, ética, tecnológica, científica, econômica, bem como avaliar as linhas de raciocínio e argumentos, holisticamente, sobre uma QSCT (KELLY; LICONA, 2018). Isso foi importantíssimo, uma vez que se almejou um processo mais fundamentado.

Os grupos dos projetos 4 e 5 estabeleceram processos cooperativos com profissionais de outras áreas do conhecimento e especialistas na universidade. Eles tiveram que explicar suas pesquisas para os pesquisadores/cientistas, visando à cooperação na construção, por exemplo, de um detector de radiação (Grupo 4). Naturalmente, entende-se que a troca de experiências entre pesquisadores (fazem investigações científicas autênticas), para além dos

professores que atuam no curso e acadêmicos (projeto realizado em sala), favoreceu a ocorrência dos domínios epistêmicos, procedimentais e sociais (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Nesse sentido, nos domínios do conhecimento, evidenciou-se a predominância de indicadores que representam o domínio procedimental (30,5%), aparecendo, na sequência, os epistêmico (23,7%), atitudinal (20,3%), social (15,3%) e conceitual (10,2%). Os indicadores, como coleta de dados e informações em diferentes fontes e modos, a organização das informações e dados em quadros e a comparação de informações em cada projeto revelam elementos do domínio procedimental.

Em outras palavras, o domínio procedimental foi estimulado, quando os acadêmicos colocaram as ideias em prática, ou seja, testaram as hipóteses. Para ilustrar, os membros do grupo 1 (Histórico do desmatamento na floresta Amazônica nos últimos 25 anos) coletaram dados em artigos científicos e no site do INPE, organizando um banco de dados e informações para confrontar teoricamente as hipóteses.

### **Análise e interpretação dos dados**

O objetivo do passo 8 consistiu em dar sentido aos dados e às informações, bem como realizar a sistematização de novos conhecimentos. Os grupos, em cada projeto interdisciplinar, construíram um vídeo debate<sup>56</sup> (5-8 minutos), para discussão na “retomada e discussão da QSCT inicial” (passo 9).

Para elaboração desse vídeo, o grupo de coparticipantes (acadêmicos e professores) organizaram a seguinte estrutura: i) contextualização; ii) apresentação da QSCT e da questão problema de pesquisa; iii) hipótese(s); iv) como fizeram para resolver o problema e se deu certo; v) se deu errado, o que não deu certo e o porquê; vi) principais resultados encontrados; vii) proposição de possíveis respostas a questão central (para além das opiniões pessoais, visões midiáticas e de senso comum); viii) autoavaliação do grupo; e, ix) conclusão.

Todos os grupos utilizaram essa estrutura, mostrando o reconhecimento do valor das posições tomadas no coletivo (KELLY; LICONA, 2018). Todavia, dentro dessa organização,

---

<sup>56</sup> Entende-se o vídeo debate como um material de curta duração, que apresenta, principalmente, a questão de pesquisa, hipóteses, procedimentos, resultados e conclusões obtidas na pesquisa. Essas discussões devem ser baseadas em argumentos e/ou evidências múltiplas envolvendo QSCT.

houve inovação e criatividade, por exemplo, os acadêmicos do grupo 3 organizaram as reflexões por meio de um teatro de fantoche e o grupo 5, por meio de um jornal informativo. Isso demonstra o desenvolvimento de diferentes tipos de linguagens: verbal (oral), matemática, gestual, midiática, dentre outras (CARVALHO, 2016).

Assim, a construção do vídeo debate e a escrita (registro do grupo) oportunizou a organização das ideias e dos conceitos para reflexão. Nesse processo, os acadêmicos refletiram sobre os procedimentos utilizados na investigação e tiveram a oportunidade de decidir quais informações utilizar na busca de respostas para a questão problema inicial.

Entende-se que o desenvolvimento de aspectos ligados ao trabalho coletivo, à comunicação, divulgação e avaliação, em relação ao domínio social em passos anteriores, foram fundamentais (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016). Como se pode ver, esse domínio predominou no passo 11 e foi o segundo mais explorado nos passos 1, 3, 4, 6, 9, 10 e 12 (ver Tabela 8).

Tal como propõem Van Uum, Verhoeff e Peeters (2016), é importante destacar o papel de mediação dos professores, no sentido de reflexão dos procedimentos e na conexão dos dados e informações às questões de pesquisa de cada grupo, bem como no desenvolvimento do aspecto social na comunicação dos resultados. Isso contribuiu para diferenciar opinião pessoal de observações e resultados encontrados, o que se refere ao domínio epistêmico.

Esse foi um aspecto importante no processo de discussão das QSCT, uma vez que nos passos anteriores, observou-se que os acadêmicos misturavam observações/resultados e suas opiniões, contudo, durante a realização dos passos isso foi diminuindo (Registros em diário da pesquisa, 2019). Entende-se que esse processo de envolver as próprias opiniões, provavelmente, ocorre porque as QSCT englobam aspectos éticos-morais, religiosos, valores e emoções (HODSON, 2014).

Nas orientações em cada projeto interdisciplinar (ver encontro 8 - Apêndice D), cada um dos dois professores, separadamente, discutia com os grupos a estrutura elaborada para construção do vídeo debate e como eles poderiam realizar a organização detalhada dos resultados e apresentar as conclusões. Por exemplo, o professor pesquisador conversou com o grupo 5 (projeto rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG):

PP - Então, vocês podem organizar os dados em tópicos de análise, por exemplo, impactos do rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG para população local, [...] uma visão mais geral e depois as consequências do rompimento para o

desequilíbrio ecológico [animais (anfíbios, répteis, peixes, mamíferos, aves) e plantas].

A4 - O último tópico pode ser os impactos dos rejeitos de minério para população de peixes no rio [Rio Doce].

PP - Sim!

A3 - mas, tem a questão da nossa proposta, a tecnologia da fitorremediação.

PP - Perfeito! Fecha apontando essa proposição da fitorremediação (Registros em diário da pesquisa, 2019).

Em um momento posterior, em orientação com o grupo 6 (rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG), o professor pesquisador alertou que as conclusões devem ser tiradas da ligação dos dados com a questão problema de pesquisa, como observado: “[...] para responder à questão de pesquisa vocês devem tirar dos dados coletados. Quais deles ajudam vocês responderem o problema? Não misturar com suas opiniões pessoais” (PP).

Nesse sentido, compreende-se a necessidade do professor ao trabalhar com QSCT, em qualquer nível de ensino, buscar sempre refletir sobre essa diferenciação, em cada passo ou ciclo na estrutura investigativa, principalmente, na sistematização e obtenção de conclusões (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Esse passo no MABI teórico-prático, portanto, contribuiu para que os acadêmicos se envolvessem com “novos conhecimentos” e analisassem os dados e informações coletados, estabelecendo, dessa forma, diversas relações e tomando consciência de suas ações (CARVALHO, 2016).

Em relação aos domínios do conhecimento, evidenciou-se a predominância de indicadores que representam o domínio epistêmico (34,1%), seguido pelos domínios procedimentais (25,6%), sociais (18,3%), atitudinais (14,6%) e conceituais (7,3%). Os grupos, por exemplo, tiveram que construir evidências baseadas em investigação (práticas epistêmicas de comunicar as ideias) e avaliar as evidências, isso é, o que o grupo de coparticipantes em cada projeto interdisciplinar considerava como evidência moral, científica, social, econômica, tecnológica e ética, englobando práticas epistêmicas de avaliar ideias (KELLY; LICONA, 2018).

O domínio procedimental ficou evidente, quando os grupos construíram explicações com base nos dados e informações da investigação realizada, bem como, quando obtiveram conclusões para resolução da questão de pesquisa (SASSERON, 2018a).

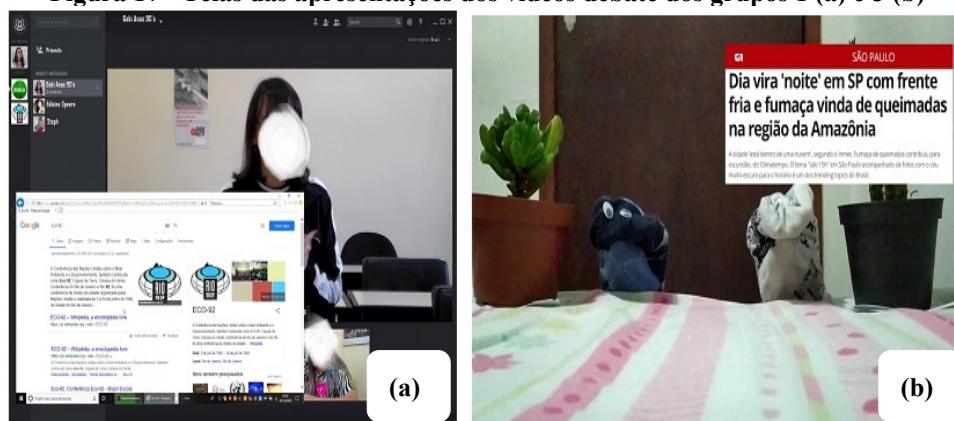


## Retomada e discussão da QSCT inicial

Neste passo ocorreu a apresentação dos vídeos debates (Figura 17), compreendendo as questões problemas de pesquisas sobre as QSCT, a retomada dos procedimentos, hipóteses, resultados e conclusões. Tal processo possibilitou tomar uma decisão coletiva, de maneira mais fundamentada, pela compreensão de CT e pelo desenvolvimento de uma consciência mais crítica dos acadêmicos (AIKENHEAD, 1994).

No grupo de coparticipantes, foram oportunizadas em sala de aula as condições (tempos, processos e espaços) para a sistematização coletiva dos processos e conhecimentos elaborados (CARVALHO, 2016). Foi o momento de avaliar os avanços das compreensões individuais e coletivas dos acadêmicos/grupos, envolvendo essas questões.

**Figura 17 - Telas das apresentações dos vídeos debate dos grupos 1 (a) e 3 (b)**



Fonte: Autoria própria (2022)

Assim, o projeto “Histórico do desmatamento na floresta Amazônica nos últimos 25 anos” (Grupo 1) utilizou como estratégia o desenvolvimento de uma retrospectiva, dentro da estrutura estabelecida no passo 8, apresentando, dessa maneira, argumentos holísticos para responder a questão de pesquisa. O grupo transitou entre diferentes dimensões, como: econômica, científica, ideológica, ambiental, tecnológica, ética, relações de poderes/forças de governos e empresas, política, social e interesses dos meios de comunicação.

Já o grupo 3 (Amazônia em chamas - causas e impactos para sociedade e meio ambiente), esse escolheu criar um teatro de fantoche, também dentro da estrutura estabelecida, para apresentar os principais resultados e conclusões obtidas. Os grupos de cada projeto interdisciplinar realizaram a proposição, comunicação, avaliação e legitimação das ideias, no coletivo. Nesse processo, houve debates e contraposições de argumentos, visando ao estabelecimento consensual no grupo (construção de entendimentos). A seguir mostram-se

alguns exemplos de argumentos elaborados (Registros realizados pelos Grupos 1, 2 e 3, 2019):

- científico: as queimadas na floresta Amazônica brasileira afetam a comunidade de abelhas nativas da região, como a uruçú-amarela (*Melipona rufiventris*) e a jupará (*Melipona interrupta*), podendo causar até a extinção de algumas espécies (Grupo 2).

- tecnológico - as imagens de satélites ajudam no monitoramento e no combate do desmatamento e queimadas na floresta Amazônica (Grupo 3).

- econômico - as abelhas nativas são utilizadas para produção de mel, própolis, dentre outros, sendo uma importante fonte de renda para muitas comunidades tradicionais na região Amazônica (Grupo 2).

- ambiental: as queimadas afetam o *habitat* da fauna e flora da região Amazônica, podendo alterar a regulação das chuvas no Brasil (Grupo 3).

- social: os impactos das queimadas prejudicam a saúde da população, provocam a morte de animais e alteração no estilo de vida das comunidades tradicionais (indígenas), como a questão de identidade cultural, pois são intimamente ligados à natureza (Grupo 3).

- político: os interesses políticos e econômicos influenciam nas medidas adotadas (ou não) contra o desmatamento da floresta Amazônica, muitas vezes, esses interesses controlam os meios de comunicação (Grupo 1).

- éticos-morais: é errado queimar a floresta Amazônica em detrimento de atividades como, a agropecuária, a agricultura, a mineração e a grilagem (Grupo 3).

Dessa forma, a realização desse passo oportunizou os acadêmicos expor seus conhecimentos construídos durante a investigação, a fazerem relações, a apresentem argumentos holísticos para sustentação de suas explicações, bem como comunicarem as vivências de maneira escrita, falada e pela linguagem teatral (CARVALHO, 2016).

Os argumentos holísticos construídos pelo grupo 4, com base nos dados e informações coletadas, são apresentados na sequência:

- científicos: i) a exposição à radioatividade a longo prazo (radiação ionizante, principalmente as partículas alfas) pode causar danos biológicos, bem como mutações genéticas; e, ii) os conhecimentos sobre radioatividade contribuem para a compreensão de novas teorias sobre as propriedades da matéria;

- sociais: os conhecimentos sobre radioatividade contribuem para o diagnóstico e tratamento de doenças (radioterapia); e, ii) os conhecimentos sobre reator nuclear e reação de fissão nuclear são utilizados na produção de energia elétrica para suprir parte das necessidades energéticas da sociedade;

- ambientais: i) as implicações da radioatividade (p. ex: acidentes nucleares) podem causar poluição ambiental com potencial de afetar a sociedade por várias gerações, devido aos efeitos mutagênicos; e, ii) a produção de energia nuclear gera lixo nuclear radioativo, que impacta o meio ambiente;

- econômicas: i) a utilização da radioatividade ajuda a desenvolver diversas áreas, tais como: medicina, agricultura, química, física, arqueologia e industrial; e, ii) a produção de energia nuclear é mais cara;

- psicológicas: há pessoas que possuem medo excessivo dos efeitos da radiação (radiofobia);

- tecnológicas: o desenvolvimento das tecnologias nucleares contribuíram para o avanço da medicina (p. ex: raios-x, radioterapia);

- éticos-morais: é errado utilizar a energia nuclear para fins bélicos, pois traz consequências para a sociedade e para o meio ambiente (Registros realizado pelo Grupo 4, 2019).

A seguir apresentam-se alguns exemplos de argumentos construídos pelos acadêmicos dos grupos 5 e 6:

- científico: a lama de rejeitos de minério possui metais pesados em sua composição, podendo causar contaminação dos peixes (Grupo 5).

- éticos-morais: é errado pensar apenas no lucro, em detrimento da vida das pessoas/comunidades na construção e manutenção de barragens de rejeitos (Grupo 6). É errado demorar tanto tempo para responsabilizar as empresas/pessoas, bem como no tempo de reparação social e ambiental (Grupo 5).

- tecnológico: existem outras tecnologias disponíveis e mais seguras para construção de barragens de rejeitos em mineradoras; a utilização da fitorremediação com plantas (p. ex: *Lemna aequinoctialis*) possui a capacidade de absorver quantidades elevadas de metais pesados (Grupo 5).

- ambiental: o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG afetou a população de peixes do Rio Doce, pela contaminação com a lama (Grupo 5).

- econômico: a perda da capacidade de produção de pequenos agricultores, impossibilidade de pesca, devido à contaminação e às dificuldades em vender os produtos nos mercados, afetou a economia de Brumadinho (Grupo 6).

- social: o rompimento da barragem de rejeitos Brumadinho/MG afetou a saúde das pessoas das comunidades ribeirinhas e atingidos, como as doenças psicológicas e ligadas à contaminação da água e do solo (Grupo 6).

Nesse contexto, a construção de argumentos e linhas de raciocínio holísticos exigiu que os acadêmicos-professores no grupo de coparticipantes considerassem o que conta como um argumento forte (ou fraco) em cada uma dessas dimensões, buscando a construção de entendimentos coletivos (KELLY; LICONA, 2018).

Assim, nos domínios do conhecimento, evidenciou-se a predominância do domínio epistêmico (31,9%), seguido dos domínios sociais (26,1%), procedimentais (20,3%), atitudinais (14,5%) e conceituais (7,2%). Os acadêmicos em cada grupo, por exemplo, apresentaram argumentos críticos para resolução da questão problema de pesquisa e se posicionaram sobre QSCT, no debate com o grupo de coparticipantes (práticas epistêmicas de comunicação). Ainda, avaliaram os méritos das explicações, argumentações ou evidências, envolvendo as QSCT (práticas epistêmicas de avaliação), bem como construíram consenso ou aceitação dos argumentos mais convincentes, reconhecendo os valores de posições tomadas em debate (práticas epistêmicas de legitimação) (KELLY; LICONA, 2018).

As práticas sociais de trabalho coletivo apareceram no desenvolvimento de processos colaborativos e comunicativos, o que permitiu construir a ideia de desenvolvimento de CT como práticas sociais (SASSERON, 2018a), em que pesquisadores/cientistas e instituições trabalham juntos.

As práticas de domínios procedimentais foram verificadas nesse passo, quando os acadêmicos relacionaram as ações realizadas e resultados obtidos na pesquisa, assim como explicaram, para o grupo de coparticipantes em sala de aula, os procedimentos, os resultados e as conclusões (SASSERON, 2018a).

Para Kelly e Licona (2018), a ideia do domínio social do conhecimento consiste em reconhecer os procedimentos para construir, comunicar e avaliar argumentos com base em posições sobre um determinado problema de pesquisa. Ademais, outra questão importante foi os diferentes papéis e responsabilidades assumidos nos grupos e a ampliação da discussão sobre a diferenciação entre opinião e observação/resultados.

### 5.2.2 Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais

Esta categoria refere-se à possibilidade de construção do conhecimento científico e tecnológico necessários para os estudantes aplicarem em situações novas, variadas e de maneira apropriada a seu cotidiano. Esse conhecimento é importante devido à necessidade

exigida pela sociedade da compreensão de conceitos-chave, os quais podem ajudar as pessoas a entenderem informações e situações do cotidiano (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015).

Dessa forma, buscou-se analisar as relações feitas pelos acadêmicos em cada grupo na identificação dos conteúdos de CT e na cooperação de diferentes áreas do conhecimento e de especialistas no processo de formação, em relação a QSCT, nos projetos interdisciplinares.

Apresentam-se, na sequência, os resultados envolvendo os passos: i) identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos relacionados a QSCT; e, ii) cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas.

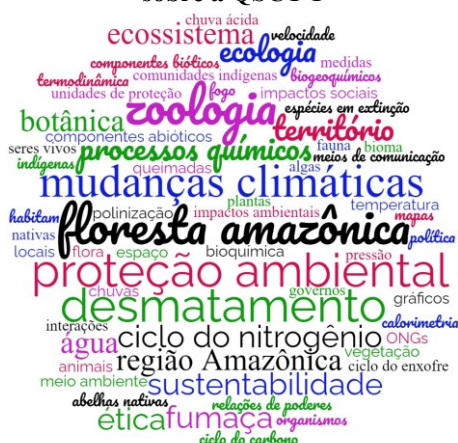
### Identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos relacionados a QSCT

Neste passo ocorreu o aprofundamento das reflexões sobre os conteúdos conceituais de CT, envolvendo as questões controversas em cada projeto interdisciplinar. Os acadêmicos de cada grupo buscaram identificar os conteúdos, para ampliar a compreensão das QSCT e ajudar a responder a questão problema central de pesquisa.

O entendimento dos conteúdos conceituais de CT (e outros conhecimentos) consistem em uma dimensão elementar para promoção de uma ACT ampliada (SASSERON; CARVALHO, 2011; CARVALHO, 2016; ARAGÃO; MARCONDES, 2018).

A Figura 18, mostra uma apresentação visual, construída no *wordclouds*, formando uma nuvem de palavras em relação aos conteúdos apontados pelos grupos 1, 2 e 3 sobre a QSCT 1.

**Figura 18 - Nuvem de palavras com relação aos conteúdos conceituais apontados pelos grupos sobre a QSCT 1**



Fonte: Autoria própria (2022), construído a partir do *wordclouds*

Dessa forma, observa-se uma gama de conteúdos conceituais e relações que favorecem uma compressão mais ampliada da questão “desmatamento e queimadas na floresta Amazônica”. Isso permitiu o entendimento da necessidade de conhecimentos de diversas disciplinas, em uma abordagem interdisciplinar, visando, assim, mobilizar diversos elementos sobre as controvérsias presentes nas questões (SANTOS; CARVALHO, 2012).

Para o desenvolvimento dos projetos dos grupos 1, 2 e 3, os acadêmicos tiveram que pesquisar e compreender alguns conceitos, como, por exemplo, ecossistema, fauna e flora da região Amazônica, botânica, ecologia, espécies de abelhas nativas sem ferrão da Amazônia brasileira, polinização, poluição, saúde, relação das abelhas nativas x povos tradicionais (ribeirinhos, indígenas), desmatamento da floresta Amazônica, mudanças climáticas e sustentabilidade.

Além disso, buscaram fazer outras possíveis relações conceituais para auxiliar na compreensão da QSCT 1. Na disciplina de Química, por exemplo, apontaram os processos biogeoquímicos (ciclo do carbono e ciclo do nitrogênio), compostos orgânicos e inorgânicos, chuva ácida e poluição atmosférica. Em Física, associaram com o conteúdo temperatura, calorimetria, velocidade e pressão. Nas Ciências Biológicas, relacionaram com as mudanças climáticas, zoologia (espécies vivas ou extintas), componentes bióticos e abióticos, abelhas nativas x geração de renda, impactos ambientais e sociais das queimas e do desmatamento e efeitos da poluição para saúde humana.

Na disciplina de Sociologia, fizeram ligação com a sustentabilidade, interesses dos meios de comunicação, relações de poder/força de empresas, grupos hegemônicos e governos, ética, trabalho das Organizações não Governamentais (ONGs) e processos de sensibilização. Em História, apontaram a possibilidade de discussão da história da Amazônia, da agricultura familiar e de comunidades tradicionais (indígenas); por sua vez, em Geografia, os conteúdos como, floresta Amazônica (característica da vegetação, clima), interpretação de mapas, territorialidade, dentre outros (Registros realizados pelos grupos 1, 2 e 3, 2019) foram considerados.

A nuvem de palavras, a seguir, representa os conteúdos e relações estabelecidas pelo grupo 4 envolvendo a QSCT 2 (Figura 19).

**Figura 19 - Nuvem de palavras a respeito dos conteúdos conceituais apontados pelo grupo 4 sobre a QSCT 2**



**Fonte:** Autoria própria (2022), construído a partir do *wordclouds*

Os acadêmicos do grupo 4 relacionaram diversos conteúdos envolvendo a questão controversa “efeitos biológicos e ambientais da radiação”, como: energia nuclear; modelos atômicos; eletricidade; efeitos mutagênicos da radiação; impactos ambientais da radiação; fissão e fusão nuclear; acidentes nucleares; tabela periódica; contador Geiger; história da radioatividade (Marie Curie); carbono-14; aspectos éticos-morais relacionados a radioatividade; interesses políticos e econômicos; aspectos psicológicos (radiofobia), dentre outros.

Além disso, estabeleceram, também, relações com as áreas da saúde (medicina nuclear - raios-x, radioterapia), agricultura, bioquímica, física nuclear e engenharia, fazendo ligação com a dimensão tecnológica e suas implicações sociais e ambientais (Registros realizado pelo grupo 4, 2019).

Na sequência, a Figura 20 apresenta uma nuvem de palavras envolvendo os conteúdos apontados pelos grupos 5 e 6 sobre a QSCT 3.

Figura 20 - Nuvem de palavras a respeito dos conteúdos conceituais apontados pelos grupos sobre QSCT 3



Fonte: Autoria própria (2022), construído a partir do *wordclouds*

Para o desenvolvimento dos projetos dos grupos 5 e 6, os acadêmicos tiveram que investigar e compreender alguns conceitos científico-tecnológicos, dentre outros conhecimentos, como: efeitos antrópicos; alterações no modo de vida dos atingidos (cultural); tecnologias nas construções de barragens; impactos ambientais e sociais; tabela periódica (composição da lama); relações de poderes; espécies de peixes; contaminação do solo e água; proliferação de vetores (insetos, ratos); fauna e flora dessas regiões atingidas; metais pesados<sup>57</sup>; fitorremediação<sup>58</sup>; poluição e doenças; biodiversidade; e, animais.

A questão “rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras”, em específico, os casos de Mariana no subdistrito de Bento Rodrigues e Brumadinho, ambos em Minas Gerais (Brasil), envolve problemas reais e complexos enfrentados pela sociedade e, obrigatoriamente, suas soluções exigem processos interdisciplinares e coletivos. Nesse sentido, verificou-se os esforços dos acadêmicos dos grupos 5 e 6, na tentativa de estabelecer relações conceituais que pudessem ajudar na compreensão mais ampliada dos problemas que envolvem essa questão.

<sup>57</sup> A qualidade das águas do Rio Paraopeba apresentou alterações nos primeiros dias após o rompimento da barragem de Brumadinho/MG. Foram encontrados valores elevados de turbidez, ferro, manganês, alumínio e metais pesados, como: chumbo, mercúrio, cromo, manganês e cádmio. Por exemplo, o cádmio estava 800 vezes acima do limite de 0,01 mg/L na água. Os sedimentos depositados ao longo do rio provocaram mudanças significativas no habitat de peixe. Esses metais pesados podem se incorporar à cadeia alimentar e, por essa razão, produzir a contaminação de espécies de peixes (POLIGNANO; LEMOS, 2020).

<sup>58</sup> A fitorremediação consiste na tecnologia para limpeza de resíduos perigosos em ambientes altamente contaminados, com a utilização de plantas (p. ex: *Lemna aequinoctialis*). Essas plantas possuem a capacidade de tolerar e absorver quantidades elevadas, por exemplo, de metais pesados (PIO; SOUZA; SANTANA, 2013).



Os acadêmicos participaram da identificação dos conteúdos e pôde-se aferir que entenderam os conceitos principais, pois utilizaram esses conhecimentos para análise e compreensão das QSCT, ficando isso claro na realização da mostra científica-tecnológica dialógica no Instituto João XXIII.

Nesse contexto, entende-se que o conhecimento é uma variável central da atual estrutura social, isso é, crucial para uma participação ativa e consciente do cidadão na sociedade. O conhecimento sempre foi fonte de poder e controle, todavia, agora é compreendido como sua principal fonte. Apesar da questão cognitiva ser potencialmente mais democrática do que qualquer outra questão tradicional de poder, evidencia-se, hoje, uma forte tendência para excluir os cidadãos que não possuem determinados conhecimentos. A info-exclusão é um potente entrave ao exercício da democracia, pois a exclusão cognitiva das pessoas, muitas vezes, conduz ao processo de exclusão social (SANTOS, 2005).

Assim, os conteúdos conceituais estabeleceram relações com o conteúdo CTS (AIKENHEAD, 1994), quando os acadêmicos afirmaram que: o rompimento de barragens em mineradoras pode causar problemas de saúde (incluindo, os psicológicos, saúde mental) para a população afetada (Grupo 6); à exposição a radioatividade pode causar danos biológicos, como as mutações genéticas em longo prazo (Grupo 4); e, os conhecimentos sobre radioatividade contribuem para diagnóstico e tratamento de doenças (radioterapia) (Grupo 4).

Ademais, verificou-se que os acadêmicos, em cada grupo, foram além dos conhecimentos de CT em relação as QSCT. Isso fica claro, por exemplo, na QSCT 3, quando englobaram a necessidade de compreensão dos impactos sociais e ambientais dos rompimentos dessas barragens, como: o capitalismo, a questão de segurança e fiscalização, as responsabilidades da empresa e governos, as relações de poder, os meios de comunicação e os aspectos econômicos.

Esse processo oportuniza as discussões das inter-relações CTS com a problematização da suposta concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso da CT. Essa abordagem pode favorecer uma leitura crítica do mundo contemporâneo, intimamente relacionado ao desenvolvimento científico-tecnológico, potencializando para uma ação social transformadora (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Em outras palavras, os conteúdos de CT e outros conhecimentos (social, éticos-morais, políticos, econômicos, ambientais) podem ser utilizados para compreensão ampliada das QSCT, uma vez que essas questões podem ajudar na promoção de uma ACT mais crítica, favorecendo a passagem para o ativismo fundamentado, pela conscientização crítica de

estudantes e professores no Ensino de Ciências (PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Se os conteúdos forem utilizados nesse sentido, eles passam a ter um papel transformador da sociedade e da educação (AULER, 2003). Os conhecimentos são elementares para a participação e ação social ativa e consciente das pessoas, contribuindo para o exercício da democracia e evitando, em alguns aspectos, a exclusão social (SANTOS, 2005).

Essa ação para transformação social e educacional por meio dos conhecimentos não pode ser cega e estar ligada à doutrinação, mas deve avançar no sentido de uma educação transformadora e libertadora, isso é, uma prática pedagógica autêntica, em que se considera a ação/reflexão, oportunizando aos sujeitos a refazerem suas ações, após terem refletido sobre elas (FREIRE, 1980; 2016).

No contexto brasileiro, entende-se a possibilidade de articulação entre o movimento CTS e o pensamento educacional de Paulo Freire, em uma abordagem interdisciplinar, como uma práxis que contribui para uma educação científica-tecnológica crítica, uma compreensão ampliada da não neutralidade da CT e para construção de processos educacionais contra-hegemônicos (AULER, 2003; AULER; DELIZOICOV, 2001; 2015).

Em relação aos domínios do conhecimento, evidenciou-se a predominância do domínio conceitual (50,5%), seguido pelos domínios social (19,8%), epistêmico (12,7%), atitudinal (10,6%) e procedimental (6,4%) como representado na Tabela 8 deste trabalho. Os acadêmicos, em cada projeto, buscaram construir e compreender os conceitos de CT, bem com as múltiplas dimensões sobre as QSCT (KELLY; LICONA, 2018). Esse aprofundamento conceitual permitiu ampliar a compreensão dos aspectos que envolvem essas questões controversas.

O domínio social, por exemplo, apareceu quando houve interação social, como a troca de ideias, as opiniões e a reflexão, motivada pela questão de pesquisa envolvendo as QSCT.

### **Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas**

O objetivo desse passo consistiu na identificação de cooperação entre as diferentes áreas do conhecimento e especialistas na comunidade, permitindo, assim, diferentes olhares de forma interdisciplinar e colaborativa para ampliação da compreensão dos aspectos ligados as QSCT.

Essa ideia surgiu das reflexões de Fourez (1997), no sentido da necessidade de estimular a negociação para promoção de uma ACT. Essa alfabetização deve possibilitar a incorporação de conhecimentos que forneçam às pessoas a capacidade de negociar e tomar decisões diante de situações naturais, tecnológicas e sociais.

Para que uma pessoa exerça negociações (com especialistas), é importante que ela tenha autonomia com relação ao conhecimento e possa tomar decisões sem depender ou aceitar, passivamente, as opiniões de especialistas. Dessa maneira, é necessário que ela tenha capacidade de comunicação com os outros, que conheça a linguagem do grupo com o qual precisa conversar (PINHEIRO, *et al.*, 2000).

Esses especialistas podem ser uma pessoa ou grupos da comunidade com formação acadêmica ou não, mas que podem contribuir com conhecimentos relevantes à questão controversa abordada, por exemplo: agentes de saúde, bombeiros, engenheiros, agricultores, psicólogos, nutricionistas, professores, médicos, governantes, ministério público (promotores), e outros.

O Quadro 20, abaixo, apresenta as possíveis relações de cooperação estabelecidas pelos grupos, envolvendo as QSCT.

**Quadro 20 - Relações de cooperação estabelecidas pelos acadêmicos em cada grupo envolvendo as QSCT**

Questões/ grupos	Cooperação (interdisciplinar)
<b>QSCT 1</b> <b>(grupos 1, 2 e 3)</b>	Diferentes áreas do conhecimento: Ciências Biológicas, Bioquímica, Química, Ciências, Sociologia, História, Filosofia, Geografia, Física, Português e Matemática. Especialistas: zoólogos, geógrafos, professores, ecólogos, ambientalistas, agentes de saúde, médicos, influenciadores digitais ( <i>marketing</i> ), químicos e botânicos. Demais parcerias: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), ONGs, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e governantes.
<b>QSCT 2</b> <b>(grupo 4)</b>	Diferentes áreas do conhecimento: Biologia, Ciências, Física, Sociologia, Química, Arte e Português. Especialistas: professores, psicólogos, enfermeiros, engenheiros, antropólogos, agentes de saúde, médicos e especialista em eletrônica. Demais parcerias: Governantes.
<b>QSCT 3</b> <b>(grupos 5 e 6)</b>	Diferentes áreas do conhecimento: Geografia, Sociologia, Química, História, Economia, Biologia (zoologia, ecologia e botânica) e Física. Especialistas: enfermeiros, biólogos, médicos, bombeiros e engenheiros. Demais parcerias: Ministério Público e governantes.

**Fonte: Autoria própria (2022), construído a partir das respostas dos acadêmicos**

Observa-se no Quadro 20, que os acadêmicos apontaram diversas possibilidades de cooperação entre diferentes áreas do conhecimento e especialistas. Os grupos 1, 2 e 3, por exemplo, estabeleceram relações com Ciências Biológicas, Física, História, Química, Sociologia, Matemática, Bioquímica, Português e Geografia. O grupo 4 apresentou, ainda, a

disciplina de Arte e o grupo 5, a área de Economia. Isso mostra um olhar para além da área de Ciências da Natureza, envolvendo Ciências Humanas, Economia, Linguagens e Matemática.

Os grupos apontaram, também, vários especialistas que podem contribuir para compreensão mais ampliada e/ou resolução dos problemas sobre as QSCT, como, por exemplo: agentes de saúde, médicos, químicos, geógrafos, professores, influenciadores digitais (divulgação, engajamento e *marketing*), ambientalistas e botânicos (grupos 1, 2 e 3), por outro lado, o grupo 4 apresentou: os psicólogos, enfermeiros, engenheiros, antropólogos e especialista em eletrônica, bem como, os grupos 5 e 6 apresentam a cooperação com bombeiros.

Ademais, os grupos que abordaram a questão “desmatamentos e queimadas na floresta Amazônica” (QSCT 1) indicaram possibilidades de parcerias com o ICMBio, as ONGs, o INPE e o IBAMA. Já os grupos da questão “rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras” (QSCT 3) apontaram uma possibilidade de parceria com o ministério público e governantes.

Para Morett, Villamar e Anyul (2018), a interdisciplinaridade consiste na cooperação de diferentes disciplinas para resolução de problemas sociais, em que os especialistas compartilham conceitos e métodos de suas disciplinas para compreensão de aspectos relacionados a determinados fenômenos, bem como na proposição de linhas de ação e soluções. Nesse sentido, essa articulação e as relações de cooperação favorecem uma abordagem interdisciplinar, pois exploram as dimensões sociais, científicas, linguagem, tecnológicas, psicológicas, ambientais, econômicas e preocupações com aspectos éticos-morais e valores sobre as QSCT em cada projeto.

Em estudo realizado por Santos e Carvalho (2012), o processo de constituição de uma QSC, em um grupo de professores, possibilitou o trabalho em diferentes áreas do conhecimento (interdisciplinaridade) devido: à pluralidade de aspectos mobilizados pelas controvérsias presentes nessas questões; à construção de espaços e tempos de fala e de posicionamentos, os quais permitem enfrentar a dicotomia teoria-prática; bem como uma efetiva práxis profissional, em que o professor reflete a sua própria prática e abre portas para o professor que constrói, problematiza, transita entre a ação-reflexão, teoria-prática, enfim, o professor crítico-reflexivo.

Nos domínios do conhecimento, evidenciou-se a predominância do domínio conceitual (32,8%), e, a seguir, os domínios epistêmico (25,9%), social (20,7%), atitudinal (12,9%) e procedimental (7,7%). Com a identificação das possíveis relações de cooperação entre áreas

do conhecimento e especialistas, foi necessário construir e compreender conceitos de CT e de outros conhecimentos em diferentes dimensões éticos-morais, econômica, religiosa, ambientais e políticas sobre as QSCT (KELLY; LICONA, 2018).

O domínio epistêmico foi estimulado, por exemplo, quando os acadêmicos dos grupos em cada projeto interdisciplinar se envolveram em um debate (práticas epistêmicas de comunicação de ideias), para construção de consensos em relação a possíveis cooperações e contribuições, bem como o reconhecimento dessas posições tomadas em debate (práticas epistêmicas de legitimação de ideias) sobre as referidas questões controversas.

Esse processo de cooperação entre pesquisadores/cientistas da universidade e os acadêmicos estimulou o desenvolvimento do domínio epistêmico, uma vez que puderam explicar os procedimentos e critérios de investigação em uma pesquisa autêntica e os acadêmicos explicaram suas pesquisas para esses profissionais (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

### 5.2.3 Entendimento das inter-relações existentes entre ciência, tecnologia e sociedade

Essa categoria consistiu no entendimento das inter-relações entre CTS, mostrando, assim, a necessidade de problematização das implicações sociais do desenvolvimento da CT (SASSERON; CARVALHO, 2011; SASSERON, 2015). Além disso, buscou-se problematizar a suposta concepção de neutralidade e o modelo linear de progresso da CT, próprio da concepção tradicional, essencialista e triunfalista, que ainda perpetua na sociedade e no Ensino de Ciências.

Essa problematização favorece uma visão mais ampliada da natureza da ciência-tecnologia, conseqüentemente, possibilita posturas mais ativas (maior participação social na tomada de decisão sobre CT) e uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica.

Para esse processo, ancorou-se nos nove aspectos CTS que caracterizam essa abordagem propostos por Mckavanagh e Maher (1982) e traduzido e citado por Santos e Schnetzler (2010). Assim, a intencionalidade foi enfatizar a natureza e as inter-relações que ocorrem entre os elementos da tríade CTS, bem como a interdependência da ciência e da tecnologia.

Os grupos fizeram o exercício de analisar a natureza e as possíveis inter-relações CTS, em cada projeto interdisciplinar, sobre as QSCT. Além disso, como suporte teórico, foi

realizada a leitura e discussão do capítulo “Ensino de ciências com enfoque ciência, tecnologia e sociedade - CTS” (ver Apêndice D) (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

Para a análise das compreensões dos futuros professores em Ciências Biológicas, optou-se pela classificação das respostas dos acadêmicos nos termos Ampliada (A), Plausível (P) e Ingênua (I)<sup>59</sup>. Para essa classificação, utilizaram-se os esclarecimentos dos nove aspectos descritos por Santos e Schnetzler (2010).

Assim, entende-se que o termo A aponta para uma compreensão mais ampliada; o P expressa uma compreensão parcialmente adequada, com alguns méritos, mas não totalmente ampliada; e, o I expressa um posicionamento não apropriado e ingênuo da natureza e das inter-relações CTS, de acordo com os referidos aspectos. O grupo do projeto 2, não realizou a atividade, por isso, não aparece na análise.

A análise foi organizada por aspectos, e, conforme a classificação predominante para cada um, serão apontadas algumas respostas mais significativas dos grupos, na busca de demonstrar suas compreensões. A classificação das respostas (A, P e I) em cada projeto interdisciplinar (ver Apêndice G) é representada, a seguir, no Quadro 21.

**Quadro 21 - Classificação das respostas em A, P e I em cada projeto interdisciplinar, com base nos nove aspectos CTS**

<b>Nove aspectos de CTS</b>	<b>Projeto 1</b>	<b>Projeto 3</b>	<b>Projeto 4</b>	<b>Projeto 5</b>	<b>Projeto 6</b>
1. Natureza da Ciência	P	P	P	P	P
2. Natureza da Tecnologia	A	A	A	P	I
3. Natureza da Sociedade	P	P	P	P	P
4. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	P	P	A	P	P
5. Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A	A	A	A	P
6. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	A	A	P	P	I
7. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	P	P	P	P	-
8. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	P	P	P	P	I
9. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A	I	A	-	I

**Fonte: Autoria própria (2022)**

Assim, no Quadro 21, observando-se o total de respostas para os nove aspectos CTS, é possível averiguar que, nas compreensões dos acadêmicos, predominou a visão plausível

---

<sup>59</sup> O questionário *Views on Science-Technology-Society* (VOSTS) não foi utilizado na pesquisa, mas sim a ideia de estruturar uma classificação com a utilização dos termos Ampliada (A), Plausível (P) e Ingênua (I).

(57,8% - 26 respostas), isso é, parcialmente adequada, tendendo para visões mais ampliadas. As visões classificadas como ampliadas foram 26,7% (12 respostas). Já consideradas ingênuas (11,1 % - 5 respostas) são a minoria, porém, concentradas no grupo do projeto 6 e uma no aspecto 9 do projeto 3. E, ainda, em dois aspectos envolvendo os projetos 5 e 6, não houve respostas (4, 4% - 2 respostas).

A seguir, apresentam-se os resultados envolvendo o passo i) análise das inter-relações CTS.

### **Análise das inter-relações CTS**

O Ensino de Ciências com abordagem CTS consiste na formação para uma cidadania mais ativa e responsável, bem como no seu exercício consciente (IRWIN, 1998; SANTOS; MORTIMER, 2000; SANTOS, 2005; SANTOS; SCHNETZLER, 2010; HODSON, 2014; LINHARES; REIS, 2018), objetivando-se o desenvolvimento de uma tomada de decisão mais crítica, a autonomia intelectual e a compreensão da natureza científica-tecnológica.

Essa abordagem contribui para a promoção de uma ACT ampliada (AULER; DELIZOICOV, 2001), despertando a necessidade de uma maior participação social na agenda de pesquisa e produção de CT de maneira mais democrática (KOEPSEL, 2003; AULER, 2007; SANTOS; AULER, 2019).

Em relação ao primeiro aspecto CTS, **natureza da ciência**, Santos e Schnetzler (2010, p. 69) apontam que “a ciência é uma busca de conhecimentos dentro de uma perspectiva social”. Assim, verificou-se, na análise do referido aspecto, nos projetos interdisciplinares, a predominância de uma classificação plausível (projetos 1, 3, 4, 5 e 6), como representado na resposta: “por muito tempo pesquisadores e cientistas tem fornecido muitas informações e apenas uma pequena fração desta tem sido útil no combate do desmatamento na floresta Amazônica e pouca informação chega à população” (Projeto 1).

Nessa resposta, evidencia-se uma visão plausível, compreensão parcialmente adequada, com alguns méritos, mas não totalmente ampliada dessa natureza, uma vez que entendem que a pesquisa científica, realizada por diversas instituições e pesquisadores, durante muitos anos, tem fornecido informações e conhecimentos dentro de uma dinâmica social e cultural. Todavia, o grupo do projeto 1 não discutiu, por exemplo, o caráter incerto e provisório das leis e teorias científicas.

Com a compreensão desse caráter provisório, os acadêmicos poderão avaliar e criticar as aplicações e implicações do desenvolvimento da ciência, considerando as opiniões controversas dos especialistas. Caso contrário, com uma visão de ciência dogmatizada, imutável e acabada, os acadêmicos terão dificuldades de aceitar a possibilidade de dois ou mais caminhos para a resolução de um problema (SANTOS; SCHNETZLER, 2010). Entende-se a importância dessa problematização, pois essas concepções podem influenciar as práticas dos futuros professores.

Ademais, na referida resposta, os acadêmicos integrantes do projeto 1 dizem que “pouca informação chega à população”, significando que a sociedade tem pouco acesso ao conhecimento produzido sobre desmatamento na floresta Amazônica. Assim, por não entrar em contato com essas informações e conhecimentos, podem encontrar dificuldades para participar ativamente do processo de tomada de decisão sobre CT, pois sem uma fundamentação as ações não serão efetivas. Por outro lado, quando essas informações chegam, muitas vezes, são “[...] limitadas e distorcidas devido aos interesses dos meios de comunicação e pressões de governos, grupos hegemônicos e empresas” (Registro realizado pelos acadêmicos do grupo 1, 2019).

Essas informações, quando adequadas, podem auxiliar na elaboração do pensamento das pessoas e, conseqüentemente, da análise para resolução de problemas envolvendo o desmatamento, pois as pesquisas científicas (conhecimentos) contribuem para o entendimento da dinâmica e importância da região Amazônica brasileira.

Todavia, a produção do conhecimento científico sofre influências pessoais de pesquisadores/cientistas, de interesses econômicos, políticos e das relações de poder de empresas e governos. Isso ocorre porque a ciência é uma atividade humana coletiva, histórica, cultural e social (KUHN, 1997). Por isso, a necessidade de uma maior participação social, pela negociação, com especialistas, para avaliação dos aspectos positivos e negativos do processo de desenvolvimento da ciência.

Chassot (2003) reforça que essa linguagem (ciência) é uma construção humana, inacabada e falível, compreensão essa que pode fazer oposição ao cientificismo. Assim, a formação inicial de professores em Ciências Biológicas deve ensinar o caráter provisório e incerto das teorias, leis e dos modelos científicos, problematizando o modelo linear de progresso e a suposta concepção de neutralidade da CT, para que os estudantes/acadêmicos compreendam que elas (a CT) não estão distantes dos problemas sociais (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).



No segundo aspecto, **natureza da tecnologia**, destaca-se que a “tecnologia envolve o uso do conhecimento científico e de outros conhecimentos para resolver problemas práticos. A humanidade sempre teve tecnologia” (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 69). Nos trechos, a seguir, apresentam-se algumas respostas:

Projeto 1 - o uso de satélites para captura de imagens da floresta Amazônica permite analisar as proporções de desmatamento e queimadas em menor tempo.

Projeto 4 - a energia nuclear surgiu como uma outra fonte energética para suprir a necessidade do consumo elevado de energia elétrica pela sociedade.

Projeto 5 - [...] tecnologia na construção e manutenção de barragens de rejeitos em mineradoras, bem como na tentativa de remediar os impactos do rompimento em Mariana/MG.

Projeto 6 - [...] divulgação por meios midiáticos para o transporte de informações acerca do prejuízo causado pelo rompimento da barragem de Brumadinho/MG (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

Na análise, observam-se visões mais ampliadas (projetos 1, 3 e 4), plausíveis (projeto 5) e ingênuas (projeto 6). As compreensões ampliadas afirmam que a tecnologia (envolvendo o uso de conhecimento da ciência e de outras áreas) é utilizada para resolver os problemas práticos, por exemplo, como o uso de imagens de satélites no combate ao desmatamento e queimadas na floresta Amazônica.

Nesse sentido, vários esforços são realizados, para esse monitoramento, por diversas instituições de pesquisas nacionais e internacionais, como, por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA) e o INPE que analisa as taxas anuais de desmatamento<sup>60</sup>.

Os dados produzidos, podem ser utilizados para embasar a formulação de políticas públicas, e a tomada de decisão mais fundamentada com objetivo de reduzir as taxas de desmatamento e queimadas. Porém, muitas vezes, as relações de poder e/ou interesses econômicos e políticos influenciam na agilidade e na efetividade das ações (Registro realizado pelos acadêmicos do grupo 1, 2019).

Em relação à energia nuclear, embora essa tecnologia possa contribuir para diversificar a matriz energética brasileira, tal solução pode gerar outros problemas como “a geração de lixo radioativo, aumento do risco de acidentes e um maior custo financeiro e social” (Registro realizado pelos acadêmicos do grupo 4, 2019). Os acadêmicos, a partir das discussões, foram ampliando suas visões, considerando os aspectos positivos e negativos

---

<sup>60</sup> Informações coletadas do site do INPE, disponibilizado em: <http://www.inpe.br/faq/index.php?pai=6>. Acesso em: 07 dez. 2021.

dessa tecnologia, pois elas incorporam valores e intencionalidades em sua produção (ROSA; AULER, 2016).

Para Bozatski (2018), as tecnologias são multiestáveis, isso é, podem ser utilizadas de diferentes formas e diversas situações, produzindo, assim, novos e inesperados efeitos, criando mudanças sociais (cultural, econômica, política, ambiental, dentre outras) inesperadas, sempre podendo ser reintroduzida em novos contextos culturais e sociais, desempenhando e oportunizando novas possibilidades e consequências.

As barragens de rejeitos de minério em mineradoras, os satélites e os reatores nucleares (produção de energia nuclear) são resultados de um conjunto de artefatos, dispositivos e mecanismos diferentes, com origens diversas, que podem produzir efeitos sociais e culturais inesperados.

Por isso, a dimensão tecnológica (conteúdos, processos, produtos, sistemas e natureza) possui um valor dimensional para discussões e reflexões nos contextos científicos e sociais, pois ela pode determinar e antecipar modos, existências e visões de mundo a serem constituídos (BOZATSKI, 2018). Assim, há necessidade de uma maior participação social para avaliar as implicações (possibilidades e consequências) do processo de desenvolvimento tecnológico, podendo essa ser estimulada por meio da problematização das QSCT no Ensino de Ciências.

No projeto 5, a resposta foi classificada como plausível, uma vez que os acadêmicos apontaram que diferentes tecnologias são utilizadas na construção e manutenção de barragens de rejeitos de minério, bem como para ajudar na recuperação dos impactos do rompimento da barragem em Mariana/MG.

Entende-se que essa é uma visão parcialmente adequada, pois os interesses econômicos e políticos (relações de poder/força das empresas) na escolha das tecnologias disponíveis para construção de barragens de rejeitos em processos minerais não foram levados em consideração pelo grupo. A barragem de rejeitos em Mariana/MG foi construída com o método, predominantemente, a montante e uma parte, pelo método de linha de centro. Destaca-se que o método a montante é mais barato e menos seguro, em relação a outras tecnologias (p. ex: método a jusante)<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> Cf. CARDOZO, F. A. C.; PIMENTA, M. M.; ZINGANO, A. C. Métodos construtivos de barragens de rejeitos de mineração - uma Revisão. **Revis Holos**, v. 8, n. 32, p. 77-85, 2016. LOPES, L. M. N. O rompimento da barragem de Mariana e seus impactos socioambientais. **Sinapse Múltipla**, v. 5, n. 1, p. 1-14, 2016.

Assim, é importante discutir os impactos ambientais e sociais em relação à natureza da tecnologia e não apenas os possíveis benefícios de sua produção. Ademais, os interesses pessoais e valores de tecnólogos e engenheiros, bem como os interesses econômicos e políticos de quem financia essa produção (empresas e governos), devem ser problematizados.

O processo de desenvolvimento de tecnologia, portanto, é social e envolve os contextos éticos, científicos, técnicos, culturais, econômicos, ambientais e políticos (RICARDO, 2020). A construção dessa visão pode oportunizar a superação do entendimento restrito de tecnologia como produtos e ferramentas, contribuindo para uma formação inicial de professores mais crítica em Ciências Biológicas.

Nesse sentido, quando o grupo do projeto 5 apontou na resposta a “tentativa de remediar os impactos do rompimento em Mariana/MG”, compreende-se que a tecnologia pode ajudar nesse processo, porém, ela não resolverá sozinha o problema, pois há necessidade de envolver diversos contextos. O referido trecho parece apresentar ainda tendência de uma visão salvacionista da tecnologia (AULER; DELIZOICOV, 2001).

Já a resposta dos acadêmicos do projeto 6, classificada como ingênua, expressa um posicionamento não apropriado da natureza da tecnologia, em relação ao rompimento de barragem de rejeitos em Brumadinho/MG. Entende-se que a compreensão das intencionalidades e dos interesses envolvidos nesse processo de divulgação e comunicação são fundamentais, todavia, o grupo não realizou essa discussão. Ademais, não houve ligação da natureza da tecnologia com o rompimento de barragens no referido aspecto.

Conforme Bazzo, Von Linsingen e Pereira (2003), a tecnologia consiste em um conjunto de sistemas projetados para realizar determinadas funções e envolve uma trama sociotécnica<sup>62</sup> de maneira sistêmica que a torna viável. A tecnologia, entendida como sistema e não apenas como artefato tecnológico, engloba tanto instrumentos materiais como tecnologias de organização social (educação, medicina e urbanismo). Assim, essa discussão oportuniza a compreensão da tecnologia como prática social, que envolve a integração dos aspectos técnicos, organizacionais e culturais (PACEY, 1990).

---

<sup>62</sup> Um satélite artificial, por exemplo, é uma tecnologia formada por vários componentes de diferentes origens que, para funcionar, necessita de: uma agência espacial para construção e operação dos satélites (no Brasil, a Agência Espacial Brasileira), um veículo lançador (foguetes) para chegar à órbita, uma estação de recepção de dados dos satélites, sensores ópticos e radares, fontes de energia (painel solar), transportes, estradas e combustível. As imagens de satélites são utilizadas por pesquisadores (p. ex: INPE) para detecção e monitoramento das queimadas e do desmatamento na floresta Amazônica. Destaca-se que não é possível compreender uma tecnologia (p. ex: energia nuclear, satélites, construção de barragens) sem se analisar essa trama da qual ela faz parte.

No aspecto **natureza da sociedade**, Santos e Schnetzler (2010, p. 69) apontam que “a sociedade é uma instituição humana na qual ocorrem mudanças científicas e tecnológicas”. Dessa forma, observou-se na análise, que todas as respostas foram classificadas como plausíveis, isso é, uma compreensão parcialmente adequada, como representado nas respostas: “O fogo na floresta Amazônica afeta diretamente a população local e a sociedade como um todo” (Projeto 3); e, “a tecnologia relacionada à radioatividade permitiu à sociedade melhorias no avanço da medicina e em diversas áreas” (Projeto 4).

Essas respostas evidenciaram que, na sociedade, há transformações científicas e tecnológicas, as quais impactam a dinâmica cultural e social (p. ex: fogo na floresta Amazônica afeta as comunidades indígenas) e que as inovações tecnológicas sobre radioatividade proporcionaram avanços na área de medicina (p. ex: radioterapia).

Conforme Vasconcelos e Freitas (2012), as ações de desenvolvimento realizadas na Amazônia têm desconsiderado os povos tradicionais (indígenas), retirando deles o direito de ser um grupo humano, histórico, social e com territórios próprios. Os impactos do desmatamento e das queimadas na floresta Amazônica não causam apenas prejuízos ambientais, mas também perdas de identidade cultural, pois a dinâmica social dessas pessoas que vivem na região está intimamente ligada à natureza.

As mudanças científicas e tecnológicas alteram a condição humana, pois elas não são neutras tanto em possibilidades quanto em consequências sociais e culturais. As tecnologias acompanham e induzem o “desenvolvimento” da humanidade, por exemplo, o domínio e uso do fogo (cozinhar alimentos e moldar a paisagem), calendários e o processo da escrita (BOZATSKI, 2018).

Para Chassot (2017), a ciência não é apenas uma fada benfazeja, isso é, não proporciona apenas conforto (vestuário e habitação), enseja remédios mais baratos e eficazes ou alimentos mais nutritivos, mas, também, uma bruxa destruidora. Ela também programa grãos que são fontes de alimentos da humanidade para se tornarem estéreis a uma segunda reprodução. Por isso, é elementar que os acadêmicos percebam os aspectos positivos e negativos do desenvolvimento da CT.

Atualmente, há necessidade de ajudar os estudantes/acadêmicos a perceberem o poder de influência e de ação na tomada de decisão como cidadãos sobre CT. Eles podem ser estimulados a participar de maneira democrática e ativa da sociedade pela expressão de seus pensamentos. Nesse processo, deve-se levar em consideração os problemas relacionados aos aspectos éticos-morais da sociedade (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

O quarto aspecto, **efeito da ciência sobre a tecnologia**, expressa que “a produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas” (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 69). Os excertos, em seguida, representam algumas respostas:

Projeto 3 - [...] a compreensão da importância da floresta Amazônia e do seu ecossistema ajuda no desenvolvimento de tecnologias para sua conservação.

Projeto 4 - com a compressão do conhecimento sobre radioatividade permitiu-se desenvolver aceleradores de partículas que buscam responder sobre a origem da matéria do universo, assim, como o entendimento das propriedades de novos elementos.

Projeto 6 - [...] compreensão de fatores químicos e físicos ajudam no desenvolvimento de meios para recuperação do solo e da água do local afetado pelo rompimento das barragens (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

A maioria das respostas consistem em visões mais plausíveis (projetos 1, 3, 5 e 6) e ampliadas (projeto 4). Assim, verifica-se que na compreensão mais ampliada, os acadêmicos entenderam que a produção de conhecimentos científicos pode estimular mudanças tecnológicas, por exemplo, o conhecimento sobre radioatividade permitiu o desenvolvimento de aceleradores de partículas que, por sua vez, ajudam na resposta sobre a origem do universo (Projeto 4).

Já as compreensões plausíveis fazem, também, essa relação, ou seja, que o conhecimento científico estimula o desenvolvimento tecnológico, porém, parecem incorporar visões salvacionistas da CT. Essa visão é uma construção histórica sobre a atividade científica-tecnológica e, junto com outras visões, como, a superioridade do modelo de decisões tecnocráticas e o determinismo da CT, contribuem para limitar e/ou reforçar a concepção da suposta neutralidade da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001).

A perspectiva salvacionista da tecnologia defende que os problemas, hoje existentes e os futuros, podem ser solucionados pelo desenvolvimento da tecnologia (AULER; DELIZOICOV, 2001). Essa perspectiva pode enfraquecer a participação social na tomada de decisão científica-tecnológica (ROSA; AULER, 2016).

Por fim, destaca-se, também, que a tecnologia não consiste apenas em aplicação prática do conhecimento científico. Esse processo não é linear e fatores sociais, políticos, econômicos, produtivos e ambientais nele influenciam (BAZZO; VON LINSINGEN; PEREIRA, 2003).

No quinto aspecto, **efeito da tecnologia sobre a sociedade**, “a tecnologia disponível a um grupo humano influencia grandemente o estilo de vida do grupo” (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 69). Na sequência, apresentam-se algumas respostas presentes nos projetos interdisciplinares em relação a esse aspecto:

Projeto 1 - Os meios de comunicação (televisão, telefone e internet) influenciam o posicionamento da sociedade, por meio de apresentação de notícias sobre o desmatamento na floresta Amazônica.

Projeto 5 - O rompimento da barragem de rejeitos [tecnologia] de Mariana/MG influenciou o estilo de vida (cultural, econômica, ambiental) da população local e da população de peixes.

Projeto 6 - As visões midiáticas, muitas vezes, influenciam nas relações humanas (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

Verifica-se a predominância da classificação ampliada nas respostas (projetos 1, 3, 4 e 5), pois os grupos estabeleceram compreensões mais apropriadas, relacionando a influência da tecnologia sobre o estilo de vida das pessoas, envolvendo as questões controversas. Os acadêmicos do projeto 1, por exemplo, apontaram que as visões midiáticas influenciam a tomada de decisão e o posicionamento das pessoas sobre o desmatamento na floresta Amazônica.

Esses interesses econômicos e políticos (relações de poder/força), na divulgação e comunicação dos meios midiáticos, foi um dos pontos mais explorados pelo grupo 1. Nesse sentido, mesmo o desmatamento na floresta Amazônica sendo um dos assuntos mais debatidos na atualidade (TV, rádio e Internet), muitas visões são apresentadas de formas limitadas e distorcidas, o que acaba afastando a população do engajamento necessário para resolução do problema (Registros realizados pelos acadêmicos do Projeto 1, 2019).

Já a resposta dos acadêmicos do projeto 4 aponta aspectos positivos e negativos das tecnologias relacionadas à energia nuclear, que influenciam a vida das pessoas, por exemplo, o tratamento de doenças (radioterapia) e os acidentes nucleares.

Os integrantes do projeto 5 expressaram que o rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG influenciou a vida da população atingida, bem como da população de peixes do Rio Doce, com os impactos ambientais e sociais. Essa tragédia, por exemplo, alterou o estilo de vida das comunidades tradicionais, a economia local e a saúde das comunidades ribeirinhas.

O mesmo pensamento de Chassot (2017), em relação à ciência, pode ser aplicado à tecnologia, pois ela pode ser uma fada benfazeja (diagnóstico e tratamento de doenças) ou uma bruxa destruidora (acidentes nucleares e desenvolvimento de armas nucleares para guerra). Essas contradições ocorrem, muitas vezes, porque o processo, natureza e produto tecnológico incorpora, materializa interesses, desejos de sociedade ou de grupos sociais hegemônicos (AULER; DELIZOICOV, 2006).

A resposta dos acadêmicos no projeto 6 foi classificada como plausível, porém, tendendo para uma visão mais ingênua. Eles afirmaram que as visões midiáticas influenciam

as relações humanas, porém, não estabeleceram ligações com a QSCT (rompimento de barragem de rejeitos em mineradoras - o caso de Brumadinho/MG). Assim, esperava-se que os acadêmicos apontassem, por exemplo, que a construção e o rompimento da referida barragem (tecnologias) impactaram o estilo de vida da população local, envolvendo os contextos sociais, políticos, econômicos, ambientais, científicos e preocupações éticos-morais.

Conforme Santos (1999), a tecnologia busca consolidar a ambição da sociedade, identificando as necessidades e buscando concretizar projetos para resolução de problemas práticos, investigando os limites dessa resolução, bem como analisando os resultados obtidos (positivos e negativos) em vários contextos, como: social, ambiental, econômico, cultural e político.

Nesse sentido, entende-se a necessidade de oportunizar mais espaços na formação inicial e continuada de professores para discussões sobre inter-relações CTS, de maneira coletiva, objetivando-se a construção de um pensamento mais crítico sobre os processos e discursos envolvendo as QSCT.

Em relação ao **efeito da sociedade sobre a ciência**, Santos e Schnetzler (2010, p. 69), afirmam que “através de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica”. A seguir, mostram-se alguns exemplos de respostas nos excertos em relação a esse aspecto:

Projeto 1 - Organizações não governamentais (ONGs) têm se preocupado com o cenário atual de desmatamento da floresta Amazônica, cobrando respostas a suas questões.

Projeto 3 - a indústria e o governo investem pouco em tecnologia e ciência para ajudar na proteção da Amazônia e do meio ambiente, por isso, nem sempre é eficaz.

Projeto 4 - grandes indústrias têm investido em novas tecnologias que permitem avançar ainda mais na área de energia nuclear.

Projeto 6 - a ciência é desenvolvida para atender as necessidades sociais dos afetados pelo desastre de Brumadinho/MG (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

No referido aspecto, aparecem visões mais ampliadas (projetos 1 e 3), plausíveis (projetos 4 e 5) e ingênuas (projeto 6). A resposta dos acadêmicos do projeto 1 expressa compreensões mais apropriadas dos efeitos da sociedade (pressões), na influência da direção da pesquisa científica, por exemplo, quando dizem que as ONGs pressionam governos, comunidade científica e sociedade na busca de resolução do problema desmatamento (Registros realizados pelos acadêmicos do Grupo 1, 2019).

Já os integrantes do projeto 3 apontaram que a falta de investimentos (iniciativas privadas e de governos) em CT contribui para ações ineficazes de proteção ambiental. Essa

resposta foi classificada como ampliada, mas tendendo para uma visão plausível ou até mesmo ingênua, uma vez que parece incorporar visões salvacionistas. As ciências e a tecnologia podem contribuir com possibilidades, porém, esse problema envolve os contextos sociais, políticos, ambientais e econômicos e preocupações éticos-morais e valores.

No projeto 4 apontaram que a iniciativa privada vem investindo em novas tecnologias e avançando na área de energia nuclear. Nesse sentido, destaca-se que a sociedade (não especialistas), muitas vezes, não participam do processo de tomada de decisão, em relação ao desenvolvimento de CT. Assim, a agenda de pesquisa, na maioria das vezes, atende apenas os interesses econômicos e políticos de grupos hegemônicos, conseqüentemente, as necessidades e especificidades da população local não são levadas em consideração (SANTOS; AULER, 2019).

Dessa maneira, a resposta dos integrantes do projeto 6, classificada como ingênua, expressa um posicionamento ingênuo e ligado à construção histórica da perspectiva salvacionista da CT (AULER; DELIZOICOV, 2001), acreditando no desenvolvimento da ciência para atender as necessidades sociais dos afetados pelo rompimento da barragem de rejeitos de minério de Brumadinho/MG.

Para Santos e Mortimer (2000), é importante compreender como os contextos sociais, políticos, culturais e ambientais, em que se situam a CT, influenciam nas condições e em seus conteúdos. Por exemplo, os acadêmicos precisam perceber enquanto cidadãos o poder de influência e de ação em processos decisórios sobre CT que possuem (SANTOS; SCHNETZLER, 2010).

O sétimo aspecto, **efeito da ciência sobre a sociedade**, indica que “os desenvolvimentos de teorias científicas podem influenciar o pensamento das pessoas e as soluções de problemas” (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 69). Os excertos das respostas são apresentados, a seguir:

Projeto 1 - o conhecimento da população sobre o desmatamento na floresta Amazônica pode mostrar que não são apenas árvores queimadas ou derrubadas, mas sim o lar de vários animais sendo destruídos.

Projeto 4 - [...] possibilidade de diagnóstico de doenças, porém há o seu lado negativo, como os efeitos da radioatividade (acidentes nucleares) (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

As respostas dos acadêmicos dos projetos 1, 3, 4 e 5 foram classificadas como plausíveis, pois apontam compreensões parcialmente adequadas. Os integrantes do projeto 6, por sua vez, não responderam à questão relacionada a esse aspecto.



No projeto 1, por exemplo, os acadêmicos dizem que os conhecimentos científicos sobre desmatamento na floresta Amazônica<sup>63</sup> podem influenciar o pensamento das pessoas, pela compreensão das consequências desse processo para o *habitat* natural da fauna e flora. Entende-se que o desmatamento e queimadas na referida floresta podem levar a extinção de animais e vegetais, bem como causar alterações no ciclo hidrológico, impactando em alguma medida a sociedade como um todo.

Assim, compreende-se que as teorias, leis e modelos científicos podem influenciar as pessoas na tomada de decisão, porém, o processo de produção de ciência e tecnologia não são neutros, pois são realizados por seres humanos, com crenças, redes de interesses e intencionalidades, por isso, estimula-se as discussões da abordagem CTS para formação de professores mais conscientes, visando analisar, desvelar e superar as contradições e discursos hegemônicos sobre QSCT.

Vasconcelos e Freitas (2012), em relação aos discursos de professores de ciências naturais atuantes na educação básica sobre a Amazônia, desenvolvimento e a sustentabilidade, apontam a necessidade do Ensino de Ciências adotar uma abordagem CTS em uma perspectiva histórica, visando ao estabelecimento de condições para uma formação mais crítica, habilitando, assim, os sujeitos para uma tomada de decisão mais consciente pela avaliação das implicações sociais da produção de CT.

Já os acadêmicos do projeto 4 apontaram as contribuições do conhecimento científico sobre radioatividade em relação ao diagnóstico de diversas doenças. Todavia, também expressam os aspectos negativos relacionados aos acidentes nucleares, pois o desenvolvimento científico não traz apenas aspectos positivos para a sociedade (CHASSOT, 2017).

Em relação ao oitavo aspecto, **efeito da sociedade sobre a tecnologia**, conforme Santos e Schnetzler (2010, p. 69), as “pressões dos órgãos públicos e de empresas privadas podem influenciar a direção da solução do problema e, em consequência, promover mudanças tecnológicas”. A seguir, mostram-se alguns exemplos de respostas referentes a esse aspecto:

---

<sup>63</sup> O bioma Amazônico é o *habitat* natural de uma grande e diversa fauna e flora. Os impactos sofridos por esse bioma afetam diferentes espécies, podendo, muitas vezes, levar algumas delas a extinção. É importante a preservação desse ambiente, pois apresenta um papel central, por exemplo, na regulação climática do Brasil.

Projeto 3 - a sociedade começa a cobrar do governo mais tecnologia [monitoramento], leis e fiscalização para proteção da Amazônia.

Projeto 4 - com o aumento da demanda por energia, a sociedade civil cobra a eficiência energética com uso da energia nuclear.

Projeto 6 - a tecnologia desenvolvida para atender as necessidades sociais dos afetados pelo desastre de Brumadinho/MG (Registros realizados pelos acadêmicos em cada projeto, 2019).

Os projetos 1, 3, 4 e 5 apresentaram visões mais plausíveis da influência da sociedade em relação às mudanças tecnológicas. Nas respostas dos acadêmicos, nos projetos 3 e 4, por exemplo, a sociedade civil organizada pode influenciar (investimentos ou pressões) na agenda de produção de invenções tecnológicas para resolução de problemas. Os integrantes do projeto 6 demonstraram uma visão mais ingênua dessa relação e, novamente, ligada à construção histórica da perspectiva salvacionista da CT.

No entanto, a sociedade civil organizada (não especialistas) pouco participa do processo de tomada de decisão, envolvendo a CT (SANTOS; AULER, 2019). Para contrapor essa não participação social, há necessidade de se estimular uma ACT ampliada (conscientização) e a passagem para o ativismo fundamentado, visando transformar a educação e a sociedade.

Por outro lado, também é importante compreender que empresas e governos podem utilizar as relações de força/poder para impedir a resolução de problemas, bem como não estimular o desenvolvimento de tecnologias de interesses sociais coletivos. Isso pode ocorrer devido a um conflito de interesses, como, por exemplo, os casos do rompimento das barragens de rejeitos de minério em Mariana/MG e Brumadinho/MG. As tecnologias utilizadas na construção das referidas barragens eram mais baratas, porém, menos seguras para as comunidades locais e trabalhadores.

Assim, entende-se que o Ensino de Ciências deve oportunizar um processo de construção de uma conscientização coletiva, visando uma leitura de mundo mais crítica, em que os cidadãos possam dizer suas palavras (FREIRE, 2016) e avaliar os aspectos positivos e negativos do desenvolvimento da CT para sociedade.

Por fim, o aspecto CTS, **efeito da tecnologia sobre a ciência**, “a disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos” (SANTOS; SCHNETZLER, 2010, p. 69). Os excertos das respostas sobre esse aspecto são apresentados, a seguir:

Projeto 1 - dados mais precisos e ágeis [monitoramento realizado pelo INPE] facilitam e adiantam o trabalho de cientistas/pesquisadores.

Projeto 3 - a tecnologia gera, a partir da ciência, mais conhecimento e conscientização.

Projeto 4 - com o desenvolvimento da radioatividade (aceleradores de partículas), novas teorias sobre as propriedades da matéria foram elaboradas (Registros realizados pelos acadêmicos, 2019).

Nesse aspecto, as respostas foram classificadas em visões mais ampliadas (projetos 1 e 4), visões ingênuas (projetos 3 e 6), sendo que os acadêmicos do projeto 5 não responderam à questão. Na resposta do projeto 4, observou-se a compreensão que o avanço tecnológico (aceleradores de partículas) pode ampliar o progresso da ciência (novas teorias sobre as propriedades da matéria). A tecnologia é uma das formas de impulsionar o desenvolvimento da ciência e da sociedade, mas não é a única. É importante tomar cuidado para não se reforçar o determinismo tecnológico (AULER; DELIZOICOV, 2001) que, conseqüentemente, favorece a concepção de neutralidade da CT.

A resposta do projeto 3 foi classificada como ingênua, pois expressa um posicionamento não apropriado das inter-relações CTS. Assim, quando expressam “a tecnologia gera, a partir da ciência”, fica clara a presença da concepção de neutralidade e do modelo linear CT, pois a tecnologia é considerada uma aplicação prática da ciência, um subproduto, ou seja, atribuíram um *status* superior à ciência em detrimento da tecnologia (FIRME; AMARAL, 2008; DECONTO; CAVALCANTI; OSTERMANN, 2016).

De maneira geral, nesta categoria, evidenciou-se uma ampliação das compreensões sobre as inter-relações CTS, em relação as concepções iniciais dos acadêmicos ligados as QSCT em cada projeto interdisciplinar. No entanto, ainda se verificou a presença de visões ligadas à concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso científico-tecnológico.

Portanto, notou-se que os grupos dos projetos interdisciplinares 5 e 6 apresentaram respostas menos elaboradas. Entende-se que essa incoerência interna nas respostas dos acadêmicos, uma vez que os projetos 1, 3 e 4 apresentaram respostas mais elaboradas, pode estar ligado a uma compreensão limitada e confusa sobre a suposta concepção de neutralidade da CT, o que vai de encontro aos resultados encontrados por Auler e Delizoicov (2006).

Em relação aos domínios na construção dos conhecimentos nos cinco projetos interdisciplinares e com utilização dos dados quantitativos representados na Tabela 8, evidenciou-se a predominância de quantidades relativas de referências feitos por professores e/ou acadêmicos sobre o domínio epistêmico (36,7%), seguido pelos domínios social (22,6%), conceitual (18,1%), atitudinal (14,1%) e procedimental (8,5%).

O domínio epistêmico foi estimulado, quando em cada projeto ou no grupo de coparticipantes, os acadêmicos refletiram sobre a natureza e as inter-relações CTS. Com base

nos nove aspectos propostos por Santos e Schnetzler (2010), buscaram defender seus pontos de vistas (práticas epistêmicas de comunicação), visando à construção de entendimentos de pensamento e posicionamento em relação a cada QSCT abordada (práticas epistêmicas de legitimação).

Nesse processo, o grupo de coparticipantes realizou a avaliação dos tipos de raciocínios holísticos sobre as QSCT (práticas epistêmicas de avaliação). Já as práticas ligadas ao trabalho coletivo do domínio social foram estimuladas na interação social, troca de ideias, opiniões e reflexões motivadas por situações problemas, oportunizando o raciocínio e a tomada de decisão coletiva.

#### 5.2.4 Ativismo Fundamentado a Partir de um Projeto de Extensão

Esta categoria consiste na apresentação dos resultados ligados à concretização do ativismo fundamentado, em que foram estimuladas relações democráticas, afetivas e solidárias, visando à preocupação consigo e com os outros (coletividade) no envolvimento com as QSCT que afetam a sociedade.

Além disso, buscou-se discutir a compreensão, avaliação, aplicação e criação das tecnologias de informação e comunicação, de maneira mais consciente e responsável (BNCC, 2018). Esse processo pode contribuir para aproximação com uma alfabetização midiática necessária para acessar, ler, analisar e compreender, de maneira crítica as informações (HODSON, 2014), bem como combater a produção e disseminação de *fake news*, inclusive sobre CT.

O diálogo com a comunidade ocorreu por meio de um projeto de extensão denominado “Escola e universidade em cooperação participativa: formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza fazendo extensão”. Tal projeto foi homologado e contemplado pelos editais da Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias (PROREC) de extensão 01/2018, 01/2019 e 01/2020 da UTFPR.

Dessa forma, o desenvolvimento do projeto de extensão associado à pesquisa contribuiu em dois sentidos: primeiro, na articulação entre os espaços formativos na universidade e na comunidade-escola; segundo, no desenvolvimento de um aplicativo com base no MABI teórico-prático, a partir das reflexões do processo formativo na universidade.

O projeto foi contemplado com direito a uma bolsa, possibilitando a participação de um acadêmico do curso de Ciência da Computação da UTFPR como programador do

aplicativo. Na fase final do projeto, houve a participação da acadêmica (A7), do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Ela trabalhou com o aplicativo, construindo propostas didáticas para o contexto da educação básica, por exemplo, uma proposta sobre a QSCT pandemias, compartilhado e disponível no aplicativo.

Entende-se que a comunicação e a divulgação de maneira dialógica, também configura-se ativismo, por isso, apresentam-se os resultados, envolvendo os passos: i) ativismo sociocientífico fundamentado; ii) comunicação dialógica; e, iii) construção de redes colaborativas com uso das TIC.

### **Ativismo sociocientífico fundamentado**

Nesse passo, ocorreu a concretização do ativismo fundamentado, por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, englobando um teatro de fantoche, experimentação, maquetes, panfletos, comunicação e divulgação de vídeos, blog e site. Essas ações foram realizadas no Instituto João XXIII, localizado no município de Ponta Grossa/PR.

Os participantes (professores-acadêmicos-estudantes-comunidade) se envolveram de forma interativa, discutindo e refletindo, coletivamente, sobre as QSCT. Isso significa que houve interação dos participantes com materiais e estratégias utilizadas para iniciar as discussões sobre as questões controversas trabalhadas (LINHARES; REIS, 2019).

Para Alsop e Bencze (2014) e Baptista, Reis e Andrade (2018), o ativismo sociocientífico refere-se à participação social das pessoas em busca de resolver problemas relacionados às QSCT que afetam a sociedade, de maneira solidária e com espírito democrático. Esse ativismo busca estimular esforços intencionais para promover, impedir ou direcionar as transformações sociocientíficas-tecnológicas.

Por outro lado, entende-se que esse ativismo ocorre apenas pela ação cultural para liberdade, ou seja, no diálogo e no comprometimento com a conscientização crítica coletiva dos cidadãos (FREIRE, 1980). Essas ideias vão ao encontro da formação para uma cidadania mais responsável, ativa e participativa (REIS, 2013; HODSON, 2014; SPERLING; WILKINSON; BENCZE, 2014).

Nesse sentido, a análise foi organizada, nesse passo, a partir dos projetos interdisciplinares/grupos e serão apontados alguns elementos mais significativos em relação ao ativismo sociocientífico fundamentado, desenvolvido na busca de verificar entendimentos.

A seguir, mostram-se os grupos durante a organização dos espaços para o diálogo com os visitantes na mostra realizada (Figura 21).

**Figura 21 - Organização dos espaços para o diálogo com os visitantes, no Instituto João XXIII**



Fonte: Autoria própria (2022)

Na Figura 21, observam-se os aspectos de mobilização e organização realizados pelo grupo de coparticipantes, em relação à montagem dos espaços e materiais, visando ao diálogo com os visitantes. Essa mobilização permitiu a construção de iniciativas de ativismo fundamentado no dia 08 de novembro de 2019 (Ver Apêndice D). Todavia, ressalta-se que essas iniciativas não foram ações isoladas, ou seja, desconectadas do dia a dia, mas, sim, um processo que envolveu um trabalho de formação (HODSON, 2014), diálogos e ações sociais constantes.

O grupo de coparticipantes (professores-acadêmicos), durante todo o desenvolvimento do MABI teórico-prático, realizou a gestão do tempo, proposição, avaliação, comunicação e legitimação das ideias, organização das atividades e distribuição de responsabilidades entre os membros do grupo.

Com essas vivências de iniciativas (planejamento, execução e avaliação) buscou-se orientar a forma como os acadêmicos poderão vir a viver e sentir a profissão, bem como no sentimento como cidadão (LINHARES; REIS, 2018), capacitando os futuros professores como críticos e construtores de conhecimento (REIS, 2013).

Conforme Linhares e Reis (2018; 2019), as iniciativas de ativismo podem ser desencadeadas a partir do estudo de questões controversas (às QSCT), incitando os estudantes a agir de maneira responsável, ativa e crítica. O conhecimento construído com os acadêmicos (futuros professores) terá um impacto na forma como desenvolverão os processos de ensino e de aprendizagem em suas aulas e em sua postura em relação a si mesmo, aos outros e à sociedade de maneira geral.

O grupo 1, do projeto interdisciplinar “Histórico do desmatamento na floresta Amazônica nos últimos 25 anos”, dialogou com os visitantes da mostra sobre o desmatamento e suas diferentes causas e consequências (Figura 22).

**Figura 22 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 1**



**Fonte: A autoria própria (2022)**

Nesse processo, trabalharam com maquete, blog (#todospelaamazonia), vídeos e o programa *Google Earth Engine*<sup>64</sup>. Tal programa foi utilizado para uma demonstração visual do desmatamento na floresta Amazônica, estimulando a interação e a reflexão dos visitantes sobre a questão controversa, uma vez que o ativismo favorece a discussão de QSCT e faz um convite para o processo crítico-reflexivo (BENCZE; ALSOP, 2014).

Os diálogos envolveram, por exemplo: o desmatamento da floresta Amazônica e suas relações antropogênicas (p. ex: atividade de pecuária, mineração, agricultura, grilagem de terras públicas); os impactos sociais (comunidades indígenas) e ambientais; a extinção de algumas espécies de animais; as queimadas, a fauna e a flora da região Amazônica; as

---

<sup>64</sup> Conforme o site (<https://earthengine.google.com/>), o *Google Earth Engine* combina um catálogo de vários *petabytes* de imagens de satélite e conjuntos de dados geoespaciais com recursos de análise em escala planetária. Assim, os cientistas, pesquisadores e desenvolvedores usam o programa para detectar mudanças, mapear tendências e quantificar diferenças na superfície da Terra. Esse programa permitiu discutir com os visitantes da mostra a diferença visual (descolorização do verde para um amarronzado característica da ausência de mata nativa) em relação ao desmatamento da floresta Amazônica em uma linha temporal.



mudanças climáticas; e, os interesses econômicos e políticos que podem influenciar a comunicação e divulgação de dados e informações sobre o desmatamento.

Os acadêmicos convidaram os visitantes, por meio de retrospectiva de notícias dos últimos 25 anos, a (re)pensar os processos de desmatamento na floresta Amazônica, englobando suas causas e consequências, bem como as medidas para preservação, visando à manutenção da diversidade de espécies da fauna e flora da região Amazônica.

Em relação ao processo de interação com os visitantes, o grupo 1 apontou os desafios de adequação da linguagem a diferentes destinatários (crianças e adolescentes de diferentes idades) que participaram da mostra dialógica. Destacaram, ainda, que a participação e a curiosidade dos participantes deixaram o grupo motivado e feliz com o resultado do trabalho desenvolvido, pois acreditam que essas iniciativas de ativismo podem sensibilizar e estimular a aprendizagem da CT no contexto social (Registros realizado pelo grupo 1, 2019).

Assim, a dimensão interativa e dialógica da mostra científica-tecnológica favoreceu a emergência de significado que decorreu da interação que se estabeleceu entre os visitantes e os mediadores presentes na mostra. Por isso, a participação ativa dos visitantes foi determinante à emergência de conhecimentos conceituais mais claros construídos no grupo (LINHARES; REIS, 2019).

No projeto “Queimadas na floresta Amazônica e as abelhas nativas”, o grupo 2 dialogou com os visitantes da mostra dialógica sobre os possíveis impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas da região (Figura 23).

**Figura 23 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 2**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

Para esse diálogo e interação, o grupo utilizou o site “Elas pelas abelhas” (<https://elaspelasabelhas.wixsite.com/website>) e vídeos, possibilitando a reflexão com os visitantes sobre: queimadas na floresta Amazônica; espécies de abelhas nativas presentes na



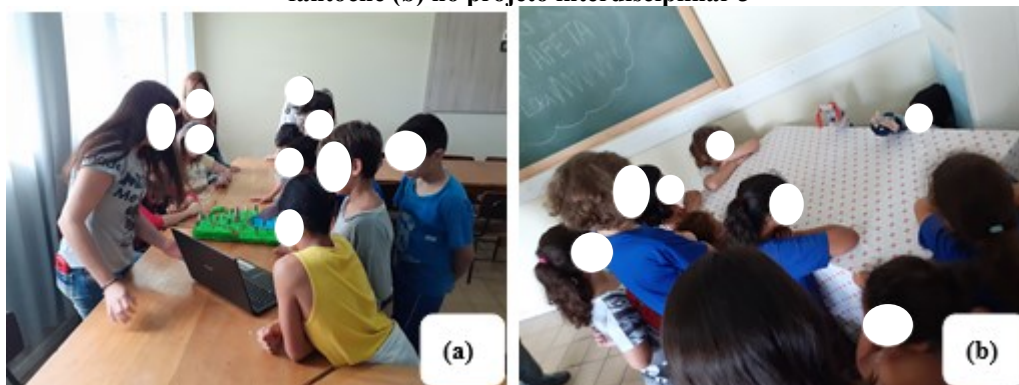
região Amazônica; papel de polinização das abelhas nativas; fonte de renda para comunidades tradicionais (indígenas); redução de abelhas nativas e /ou extinção de algumas espécies; bem como atitudes para resolução do problema pela discussão coletiva com a comunidade.

Conforme Linhares e Reis (2019), para que o ativismo sociocientífico fundamentado possa ser uma realidade nas salas de aulas de ciências, é fundamental que esta seja experimentada e vivenciada pelos futuros professores, de maneira a compreenderem seu potencial e construam conhecimentos sobre como agir na sociedade.

Essa vivência, portanto, foi estimulada pelo trabalho com o MABI teórico-prático, pois os acadêmicos, em cada projeto, tornaram-se coprodutores de conhecimento científico-tecnológico, envolvendo as dimensões sociais, econômicas, políticas, ambientais e culturais, quando engajados num processo de participação na ação comunitária pela investigação (HODSON, 2014).

No projeto interdisciplinar: “Amazônia em chamas - causas e impactos sociais e ambientais”, o grupo 3 refletiu sobre como a poluição das queimadas na floresta Amazônica afeta a saúde das pessoas e o meio ambiente (Figura 24).

**Figura 24 - Discussão e interação com os visitantes utilizando-se de maquete, vídeos, slides (a) e teatro de fantoche (b) no projeto interdisciplinar 3**



**Fonte: Autoria própria (2022)**

As práticas educativas em construção dos acadêmicos, por meio da utilização de um teatro de fantoche, contribuíram para a aprendizagem (aspecto cognitivo), o despertar da curiosidade/criatividade (aspectos atitudinais) e as relações afetivas, pois esse recurso didático estimula diferentes formas de linguagem, por exemplo, imagem, voz, gestual e de ação dos personagens.

Os diálogos envolveram, temas, como: as causas e consequências das queimadas na floresta Amazônica; os efeitos da fumaça para a saúde; mudanças climáticas; componentes bióticos e abióticos; chuvas ácidas; políticas públicas (ou a falta delas); legislação e

fiscalização; atitudes para resolução do problema; bem como a visão internacional do Brasil em relação as queimadas na Amazônia.

Assim, o desenvolvimento de uma mostra dialógica sobre questões controversas de cunho científico-tecnológica criou oportunidade para os estudantes participarem de uma ação social coletiva, incentivando os participantes da mostra a agir como cidadãos responsáveis e ativos (LINHARES; REIS, 2019).

De maneira geral, os projetos interdisciplinares 1, 2 e 3 trabalharam a questão “desmatamento e queimadas na floresta Amazônica” em diferentes perspectivas, porém, possibilitando pontos de ligação para uma compreensão mais ampliada. Os visitantes puderam interagir com diferentes estratégias e recursos para discussão. Isso significa que os visitantes perguntaram, experimentaram e refletiram nesse processo.

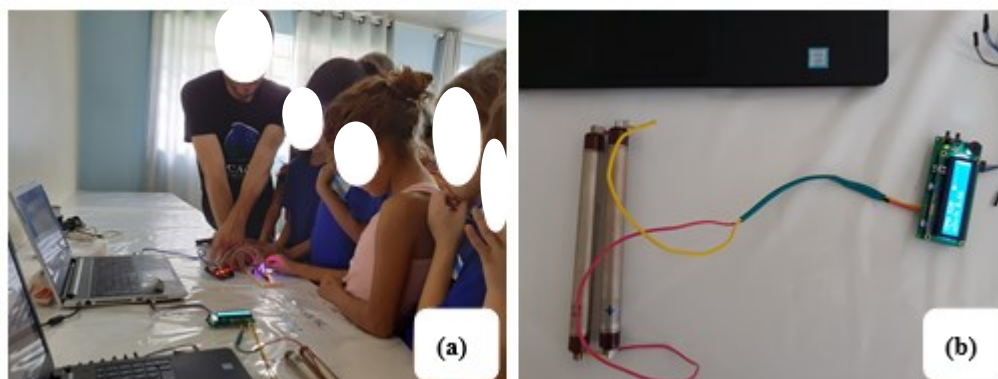
Para Linhares e Reis (2019), um Ensino de Ciências orientado para ação social não se coaduna com um currículo baseado em disciplinas e práticas tradicionais, esses devem dar lugar a estratégias e metodologias que envolvem os estudantes em questões controversas e iniciativas de ativismo.

Hodson (2003) aponta que a vida no século XXI vai exigir níveis mais elevados de alfabetização científica-tecnológica, bem como os cidadãos comuns (não especialistas) serão solicitados, cada vez mais, a fazerem julgamentos sobre assuntos que envolvem CT. Por isso, defende-se uma alfabetização como um processo de conscientização (FREIRE, 1980).

Nesse sentido, uma ACT ampliada (conscientização) deve ser capaz de estimular uma leitura e análise crítica da realidade social, o empoderamento e a capacitação para o ativismo fundamentado, buscando o desvelamento e a superação dos discursos, projetos e processos hegemônicos envolvendo a CT.

No projeto interdisciplinar “efeitos biológicos e ambientais da radiação”, o grupo 4 dialogou com os visitantes sobre a possibilidade de a energia nuclear ser uma solução social e, ambientalmente, amigável (Figura 25).

**Figura 25 - Discussão e interação com os visitantes por meio de um espectro luminoso (a) e detector de radiação (b) no projeto interdisciplinar 4**



Fonte: Autoria própria (2022)

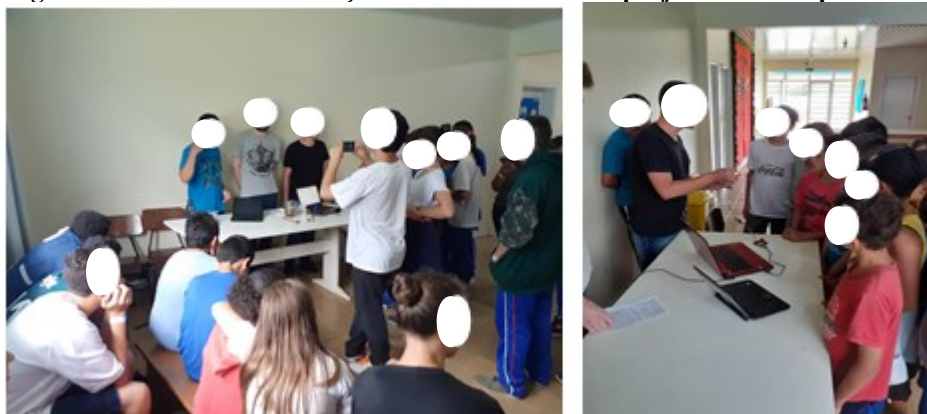
Dessa forma, os visitantes tiveram a oportunidade de interagir com uma prática experimental para detectar a radiação, por meio de um detector e uma espectro luminoso, utilizando como fonte radioativa uma camisa de lampião (Tório-232 e filhos, incluindo o Radônio-220). Esse dispositivo foi construído com utilização de uma placa arduino nano, display, módulo microfone amplificador para arduino e um carregador de celular (5 Volts).

Com essa interação os acadêmicos do grupo abordaram: os efeitos dos acidentes nucleares (Chernobyl, Fukushima e Nagasaki, céσιο-137); conceito de radioatividade e tipos de radiação; radiofobia; benefícios e malefícios da energia nuclear; elementos radioativos; contador Geiger; diferença entre fusão e fissão nuclear; efeitos mutagênicos da radiação; produção de energia; e, radioatividade envolvendo áreas como medicina e agricultura.

Assim, as iniciativas de ativismo sociocientífico possibilitaram para os acadêmicos o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes relacionados à investigação de uma problemática. Além disso, permitiram refletir sobre a natureza da ciência, o desenvolvimento da tomada de decisão mais crítica e a proposição de diferentes caminhos para resolver um mesmo problema (GRAY; COLUCCI-GRAY; CAMINO, 2009; HODSON, 2011; CONCEIÇÃO; BAPTISTA; REIS, 2018).

No projeto interdisciplinar 5 - “Rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG: os efeitos para população de peixes”, o grupo 5 conversou sobre os efeitos desse rompimento para a população de peixes do Rio Doce, além de abordar os impactos ambientais e sociais (Figura 26).

**Figura 26 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 5**



Fonte: A autoria própria (2022)

Os acadêmicos do grupo utilizaram imagens, vídeos e uma prática experimental para interação com os visitantes na discussão da questão controversa. O grupo construiu um dispositivo com uso de uma placa de arduino, para medir a turbidez e temperatura (indicadores da qualidade das águas) da água. Ademais, foram abordados: os efeitos ambientais, sociais e econômicos do rompimento da barragem de minério em Mariana/MG; espécies de peixes; metais pesados; responsabilidade social e ambiental das empresas; fitorremediação com plantas; e, ecossistema.

Por fim, no projeto interdisciplinar “Rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG: consequências para população local”, o grupo 6 dialogou sobre as consequências desse rompimento para as pessoas e para o meio ambiente (Figura 27).

**Figura 27 - Discussão e interação com os visitantes no projeto interdisciplinar 6**



Fonte: A autoria própria (2022)

O grupo utilizou imagens, uma prática experimental sobre turbidez e vídeos para estimular a discussão sobre a questão controversa abordada. As reflexões envolveram, por exemplo, os impactos sociais e ambientais do rompimento em Brumadinho/MG, a influência

do capitalismo e das relações de poder na tomada de decisão, os efeitos econômicos, as responsabilidades das empresas, ecossistema e animais.

De acordo com Hodson (2003), ao fundamentar os conteúdos em termos de contextos sociais e pessoais relevantes, uma abordagem em questões controversas pode formar uma base para os estudantes construírem entendimentos relevantes e significativos. Isso pode proporcionar maiores oportunidades de aprendizado ativo, colaborativo e experiência direta da situação prática científica e tecnológica.

Em relação aos domínios na construção dos conhecimentos em todos os seis projetos interdisciplinares e com utilização dos dados quantitativos representados na Tabela 8, evidenciou-se a predominância de quantidades relativas de referências feita por professores e/ou acadêmicos sobre o domínio atitudinal (30,4%), seguido pelos domínios social (26,6%), conceitual (24%), epistêmico (15,2%) e procedimental (3,8%).

As práticas do domínio atitudinal, por exemplo, foram observadas nas relações de solidariedade e de cooperação estabelecidos nos compromissos assumidos consigo e com os outros, na construção do bem comum e na concretização de iniciativas de ativismo fundamentado (HODSON, 2014) na mostra dialógica. A cooperação foi observada, quando os acadêmicos trabalharam em grupos em sala de aula, buscando investigar, argumentar, debater e negociar ideias (CARVALHO, 2016).

As ações de respeito e tolerância consigo e com outros surgiram na compreensão dos pensamentos e posicionamentos divergentes realizados pelos colegas e professores. Esse processo oportuniza o desenvolvimento da harmonia e os valores sociais de tolerância (WAHID, *et al.*, 2018).

Nesse processo, notou-se, ainda, o desenvolvimento da criatividade e curiosidade, uma vez que os acadêmicos exploraram, inovaram e criaram ideias na investigação. Isso permitiu o desenvolvimento gradativo (passo a passo) da autonomia intelectual no MABI teórico-prático, pois, em cada passo, os acadêmicos/grupos tiveram que tomar decisões com argumentos holísticos e posicionamentos sobre QSCT.

As práticas de domínios sociais foram observadas no trabalho coletivo, no desenvolvimento de processos colaborativos e na interação social (troca de ideias e reflexões), motivadas por situações problemas (SEDANO; CARVALHO, 2017), sobre QSCT trabalhadas pelos acadêmicos na mostra dialógica.

Já o domínio conceitual foi observado, quando os acadêmicos/grupos, em cada projeto interdisciplinar, discutiram com os visitantes os conceitos científicos-tecnológicos sobre as

questões controversas, envolvendo as dimensões sociais, ambiental, econômicas, políticas e preocupações pessoais, éticas-morais e de valores.

### **Comunicação dialógica**

O objetivo desse passo refere-se à comunicação dialógica dos conhecimentos construídos, procedimentos e dos resultados obtidos no processo a outras pessoas (professores, comunidade, acadêmicos, dentre outros). Todavia, destaca-se que essa comunicação foi estimulada em todos os passos anteriores do MABI teórico-prático, visando ao desenvolvimento de práticas dos domínios epistêmico e social.

Para essa comunicação realizou-se um seminário (no 13º encontro - 20/11/2019), visando à reflexão coletiva dos procedimentos, resultados e conclusões obtidos da investigação com os professores e demais acadêmicos de todas as fases do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Esse processo estimulou a apresentação de ideias, construção de raciocínios e argumentos múltiplos envolvendo as QSCT abordadas em cada grupo (KELLY; LICONA, 2018).

Assim, observou-se que em todas as apresentações dos projetos interdisciplinares, os grupos abordaram elementos centrais de apresentação de uma pesquisa, como, por exemplo, questão problema, hipóteses, procedimentos, papéis assumidos pelos membros e conclusões obtidas. Além do mais, apresentaram os resultados das iniciativas de ativismo fundamentado realizadas. Por isso, é possível aferir uma melhoria na compreensão do domínio social devido à proposição, comunicação, avaliação e legitimação das ideias estimuladas em cada passo no MABI teórico-prático.

Tal abordagem possibilita refletir sobre os processos colaborativos e comunicativos no desenvolvimento do conhecimento da CT, em que vários pesquisadores e cientistas trabalham juntos, como uma prática social (SASSERON, 2018a). Nesse processo, são assumidos várias papéis e responsabilidades no trabalho coletivo (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016).

Dessa forma, em relação aos domínios na construção dos conhecimentos em todos os seis projetos e a utilização dos dados quantitativos representados na Tabela 8, evidenciou-se a predominância de quantidades relativas de referências feitos por professores e/ou acadêmicos sobre o domínio social (34%), seguido pelos domínios procedimental (22,6%), epistêmico (18,9%), atitudinal (15,1%) e conceitual (9,4%).

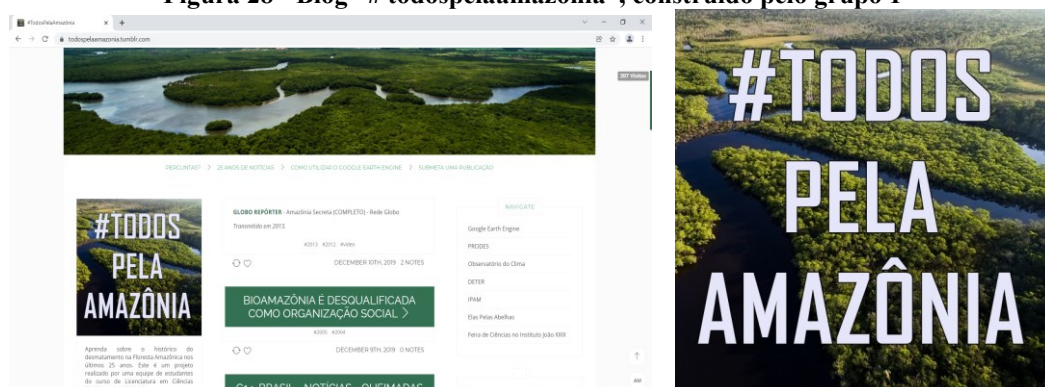
As práticas do domínio social evidenciaram-se quando da comunicação de descobertas a pessoas, isso, é, no momento em que os acadêmicos compartilharam pela apresentação em seminário, os procedimentos e conclusões da investigação por meio de argumentos, estimulando a discussão e a reflexão coletiva.

Ademais, houve uma avaliação e a formulação de feedback construtivo em cada uma das apresentações realizadas pelos professores e demais acadêmicos. Todas essas práticas contribuíram para o reconhecimento de procedimentos para produzir, comunicar e avaliar argumentos que suportem posição (ões) sobre um determinado problema (KELLY; LICONA, 2018).

### Construção de redes colaborativas com uso das TIC

Essa fase consistiu na construção de redes colaborativas com a utilização das TIC, visando ampliar a comunicação e divulgação dos resultados e das ações sociais realizadas nos projetos interdisciplinares. Os grupos 2, 3 e 4 construíram um site, enquanto, o grupo 3 um blog. Os grupos 5 e 6 construíram vídeos informativos. Na Figura 28, por exemplo, mostra-se o blog #todospelaamazônia.

Figura 28 - Blog “# todospelaamazônia”, construído pelo grupo 1



Fonte: Autoria própria (2022)

O grupo 1 apresenta, nessa página *online*: um panorama de notícias dos últimos 25 anos (1995-2019) sobre o desmatamento da floresta Amazônica; a possibilidade de acesso a páginas relacionadas a projetos como PRODES<sup>65</sup>, DETER<sup>66</sup>; o observatório do clima e

<sup>65</sup> Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite.



Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM); bem como, um tutorial para utilizar o *Google Earth Engine*. O blog ainda indica links que direcionam para as redes sociais do Ministério do Meio Ambiente (*Twitter*) e IPAM (canal no *Youtube*). Ademais, permite o feedback (envio de mensagens) pelos usuários e o acesso ao site “Elas pelas abelhas”, o qual apresenta o trabalho desenvolvido pelo grupo 2 (Figura 29).



Fonte: Autoria própria (2022)

No referido site, o grupo mostra conteúdos sobre as queimadas na floresta Amazônica, as espécies de abelhas nativas do bioma Amazônico e seu papel na polinização. Além disso, mostram um vídeo da discussão para criação do blog e as ações sociais realizadas no Instituto João XXIII (Figura 29 b). Também, permite o feedback (envio de mensagens) pelos usuários e o acesso ao blog #todospelaamazônia.

Dessa forma, a construção de redes colaborativas pelos acadêmicos oportuniza a compreensão, avaliação, aplicação e criação das TIC de maneira mais consciente e responsável (BRASIL, 2018), ajudando, assim, no acesso, na leitura, na análise e na compreensão, de maneira crítica das informações e dados sobre CT (HODSON, 2014).

Scheid e Reis (2016) apontam que a evolução da sociedade no uso de maneira intensiva de tecnologias vem questionando os paradigmas de ensino e de aprendizagem tradicionais, fazendo com que a utilização das TIC, nos processos educativos, torne-se, cada vez mais indispensáveis.

O desenvolvimento dessas tecnologias conduz a um novo paradigma dos processos educacionais. Isso implica a necessidade de (re)pensar a formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza, isso é, capacitar os docentes para enfrentarem os desafios,

---

<sup>66</sup> Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real.



incertezas e implicações desse novo paradigma em sala de aula, na escola e na comunidade (POCINHO; GASPAR, 2012).

Tal abordagem contribuiu, ainda, para a integração das TIC às práticas educativas dos futuros professores, pela promoção de ambientes e espaços colaborativos, cooperativos e interativos na construção do conhecimento docente (ATANAZIO; LEITE, 2018).

Nesse sentido, observou-se as potencialidades da utilização das TIC na promoção de discussão e de ativismo fundamentado sobre QSCT em contexto educativo, visando ao desenvolvimento do cidadão e uma maior participação ativa e fundamentada na resolução de problemas presentes na sociedade (SCHEID; REIS, 2016). Isso tudo possibilitou incentivar, com mediação da escola e do Ensino de Ciências, a discussão do net-ativismo em sala de aula. Esse movimento envolve a comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais (MORAIS, 2018).

Portanto, em relação aos domínios na construção dos conhecimentos em todos os seis projetos interdisciplinares e com utilização dos dados quantitativos representados na Tabela 8, evidenciou-se a predominância de quantidades relativas de referências feitas por professores e/ou acadêmicos sobre o domínio atitudinal (40%), seguindo-se os domínios social (22,9%), epistêmico (17,1%), conceitual (14,3%) e procedimental (5,7%).

As práticas ligadas aos domínios atitudinais, na construção de redes colaborativas com uso das TIC, envolveram as relações de compromissos consigo e com as outras pessoas em sociedade, devido à responsabilidade social na criação de conteúdo e divulgação de TIC sobre QSCT, de maneira consciente e responsável. Esse processo deve combater a produção e disseminação de *fake news*, possibilitando a mobilização social e as ações colaborativas em rede social digital (MORAIS, 2018).

Essa construção oportuniza o surgimento de ambientes colaborativos, interativos e cooperativos para formação de um trabalho coletivo (domínio social) e do bem comum, por meio do uso das TIC. Assim, esse passo, também, contribui para o desenvolvimento da criatividade, curiosidade e da autonomia.

### **5.3 Propostas didáticas investigativas construídas pelos acadêmicos para o contexto da educação básica**

Nesta subseção, discutem-se as propostas didáticas construídas pelos acadêmicos, pensadas para educação básica (ensino fundamental e médio). A construção dessas propostas

permitiu a discussão sobre práticas educativas no processo de formação dos acadêmicos, em que se buscou-se estimular práticas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares, com a utilização do MABI teórico-prático.

Esse processo de construção pode fornecer elementos para verificar as contribuições e limitações em relação à formação inicial de professores em Ciências Biológicas, ajudando, por exemplo, a entender como essa formação é determinante na constituição de compreensões sobre as inter-relações CTS, e ainda, para se (re) pensar essa formação.

### 5.3.1 Propostas Didáticas Investigativas: Um Caminho Possível para uma Formação Inicial de Professores Crítica

Entende-se que as propostas didáticas são um conjunto de atividades e ações investigativas planejadas e articuladas por estudantes e professores em cooperação na área de Ensino de Ciências, para abordar uma questão controversa que afeta a sociedade. Assim, uma questão problema de pesquisa, os níveis de autonomia/liberdade intelectual (CARVALHO, 2016) e a orientação do professor são centrais nesse processo.

Em relação as QSCT, as propostas didáticas apresentaram as mesmas questões e problema de pesquisa vivenciadas em sala de aula na graduação (ver subseção 5.2). Os acadêmicos, em cada grupo, realizaram uma simulação de como trabalhariam, no contexto da educação básica, com o MABI teórico-prático. Assim, a escolha de utilizar as mesmas QSCT e problemas foi tomada em consenso pelo grupo de coparticipantes.

Nesse sentido, ao considerar o contexto da educação básica, das cinco propostas didáticas construídas, três foram direcionadas ao ensino médio (propostas 4, 5 e 6), porém, os grupos não citaram qual ano/série. Os grupos 1 e 3 apontaram o 9º ano do ensino fundamental, e o 2 não elaborou a proposta didática final, por isso, não aparecerá na análise.

As propostas didáticas investigativas foram analisadas com base na matriz de análise, apresentada no Quadro 13 deste trabalho. Nesse processo, verificou-se quais indicadores foram (ou não) atendidos em cada categoria nas referidas propostas. Os indicadores foram classificados em: AT - Atendeu Totalmente; AP - Atendeu Parcialmente; e, NA - Não Atendeu. Os Quadros 22 e 23 mostram esses resultados nas referidas propostas construídas pelos acadêmicos em cada grupo.

**Quadro 22 - Classificação das propostas didáticas investigativas dos grupos 1, 3 e 4, com base na matriz de análise desenvolvida**

Categorias	Indicadores	Proposta didática grupo 1			Proposta didática grupo 3			Proposta didática grupo 4		
		AT	AP	NA	AT	AP	NA	AT	AP	NA
I - Liberdade intelectual e de ação	1	X			X			X		
	2	X			X			X		
II - Escolha de QSCT	3	X			X			X		
	4		X				X	X		
	5		X			X			X	
	6	X			X			X		
III - Problematização	7	X			X			X		
	8	X			X			X		
	9	X			X			X		
	10	X			X			X		
	11	X			X			X		
	12	X			X			X		
IV - Levantamento de hipóteses	13		X		X			X		
	14		X			X			X	
	15		X			X			X	
V - Inter-relações CTS e de ativismo	16	X			X			X		
	17		X				X		X	
	18	X			X			X		
	19	X			X			X		
	20	X			X			X		
VI - Conteúdos científicos-tecnológicos envolvendo a QSCT	21			X			X			X
	22	X			X			X		
VII - Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas	23	X			X			X		
VIII - Planejamento	24		X			X			X	
	25		X			X			X	
	26		X				X		X	
IX - Realização da investigação (teórica e/ou prática)	27		X			X			X	
	28		X			X			X	
X - Análise e interpretação dos dados	29			X			X			X
	30		X			X			X	
	31	X			X			X		
	32	X					X	X		
XI - Retomada e discussão da QSCT inicial (conclusões)	33	X			X			X		
	34	X			X			X		
	35		X				X			X
	36	X					X	X		

XII - Ativismo fundamentado	37	X			X			X		
	38	X			X			X		
	39		X			X		X		
	40		X			X			X	
XIII - Comunicação dialógica	41	X			X			X		
XIV - Redes colaborativas (uso das TIC)	42	X			X			X		
	43	X			X			X		
XV - Avaliação geral do MABI teórico-prático	44		X			X			X	
	45		X			X			X	
	46		X			X			X	

Fonte: Autoria própria (2022)

De maneira geral, no Quadro 22, observa-se a predominância da classificação AT nos indicadores, em detrimento das outras classificações nas propostas didáticas investigativas. A classificação AP aparece em segundo lugar e a NA com menor frequência, como apresentado de maneira sistematizada na Tabela 9.

Assim, o grupo 4 atendeu totalmente (29) indicadores, seguido pelo grupo 1, (26) indicadores e o grupo 3, (25) indicadores. Os indicadores foram atendidos, parcialmente, no grupo 1 (18), grupos 3 (13) e 4 (14) indicadores. Os indicadores classificados como não atendidos, no grupo 3 (8) indicadores, grupo 4 (3) indicadores e grupo 1 (2) indicadores.

Isso indica a possibilidade e necessidade de construção de práticas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares para o contexto da educação básica, contrapondo, assim, a educação como ato de depositar, em que os estudantes são os depositários e o professor, o depositante de conteúdo narrado (FREIRE, 2016).

**Quadro 23 - Classificação das propostas didáticas investigativas dos grupos 5 e 6, com base na matriz de análise desenvolvida**

Categorias	Indicadores	Proposta didática grupo 5			Proposta didática grupo 6		
		AT	AP	NA	AT	AP	NA
I - Liberdade intelectual e de ação	1	X			X		
	2	X			X		
II - Escolha de QSCT	3	X			X		
	4		X			X	
	5		X			X	
	6	X			X		
III - Problematização	7	X			X		
	8	X			X		
	9			X	X		
	10			X	X		
	11	X			X		
	12	X			X		

IV - Levantamento de hipóteses	13			X		X	
	14			X		X	
	15			X		X	
V - Inter-relações CTS e de ativismo	16		X			X	
	17			X			X
	18	X				X	
	19	X				X	
	20	X				X	
VI - Conteúdos científicos-tecnológicos envolvendo a QSCT	21			X			X
	22	X				X	
VII - Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas	23	X				X	
VIII - Planejamento	24		X			X	
	25		X			X	
	26			X			X
IX - Realização da investigação (teórica e/ou prática)	27		X			X	
	28		X			X	
X - Análise e interpretação dos dados	29			X			X
	30		X			X	
	31	X				X	
	32			X			X
XI - Retomada e discussão da QSCT inicial (conclusões)	33	X				X	
	34	X				X	
	35		X				X
	36			X			X
XII - Ativismo fundamentado	37	X				X	
	38	X				X	
	39		X				X
	40		X			X	
XIII - Comunicação dialógica	41	X				X	
XIV - Redes colaborativas (uso das TIC)	42	X				X	
	43	X				X	
XV - Avaliação geral do MABI teórico-prático	44		X			X	
	45		X			X	
	46		X			X	

Fonte: Autoria própria (2022)

A leitura do Quadro 23 possibilita verificar a predominância da classificação AT nos indicadores, em relação às demais classificações. A classificação AP aparece em segundo lugar e a NA, com menor frequência. Verifica-se que o grupo 6 atendeu totalmente os (23) indicadores, seguido pelo grupo 5, (21) indicadores. Os indicadores foram atendidos, parcialmente, no grupo 6 (15) indicadores e grupo 5 (14) indicadores. Na classificação como não atendidos, grupo 5 (11) indicadores e grupo 6 (8) indicadores.

Tabela 9 - Sistematização dos indicadores nas classificações em cada grupo

Classificação	Grupo 1	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
AT	26	25	29	21	23
AP	18	13	14	14	15
NA	2	8	3	11	8

Fonte: Autoria própria (2022)

Dessa forma, é possível aferir que a maioria dos indicadores foram atendidos totalmente (grupos 1, 3, 4, 5 e 6). Particularmente, o grupo o grupo 4 foi classificado em AT (63 %), AP (30%) e NA (7%), o que indica uma compreensão mais ampliada e a constituição de práticas mais críticas, investigativas e interdisciplinares nas propostas. Os grupos 1 e 4 deixaram de atender poucos indicadores, enquanto que esse número foi mais elevado nos grupos 3 (8 indicadores), 6 (8 indicadores) e 5 (11 indicadores).

Essas práticas mais críticas exigem uma relação de companheirismo entre professores-acadêmicos e acadêmicos-professores, a partir do diálogo pela ação e reflexão da realidade. Nesse processo, o professor já não é o que apenas educa, porém, o que, enquanto educa, é educado, num constante diálogo com os acadêmicos que, ao serem educados, também educam (FREIRE, 2016).

Adicionalmente, apresenta-se um olhar, por categoria, na matriz de análise utilizada, e, para cada uma delas, serão tecidos comentários na busca de alguns entendimentos.

**Na categoria I**, os indicadores em relação aos graus de autonomia/liberdade intelectual e de ação oferecidos aos estudantes (ver Apêndice C), bem como a sua adequação ao nível de ensino, foram atendidos totalmente. Os grupos 1, 3, 4 e 5 utilizaram o grau 2 e o grupo 6 utilizou o grau 3 de autonomia/liberdade intelectual na criação das propostas didáticas investigativas. Para Carvalho (2018), sem os graus de liberdade, os estudantes podem apresentar dificuldades em expor seus pensamentos e raciocínios, no processo de construção do conhecimento.

**A categoria II** mostra que em todas as propostas as questões são caracterizadas como QSCT (ver exemplo Quadro 16). Em relação à participação de maneira coletiva dos estudantes na escolha dessas questões, o grupo 4 expressou essa oportunidade, dizendo que iriam “realizar uma investigação por meio de questionamentos feitos aos estudantes para escolha de uma questão controversa local”, enquanto que os grupos 1, 5 e 6 não declararam nas propostas didáticas investigativas, como pretendiam estimular essa participação. Já o grupo 3, esse não atendeu esse indicador, pois não faz essa previsão na proposta analisada.

As QSCT abordadas pelos grupos, em cada uma das referidas propostas, permitiram a discussão de controvérsias existentes na realidade concreta dos estudantes, porém, em um

contexto mais universal. Entende-se a necessidade da escolha de problemas mais locais e regionais presentes nas comunidades.

Por outro lado, todas as questões controversas apresentaram potencialidades de discussão sobre a aprendizagem de CT e de perspectivas sociais, dentre elas, ambientais, éticas-morais, econômicos, aspectos pessoais, religiosos, valores, desenvolvimento cognitivo, político, relações de solidariedade como proposto por diversos autores (REIS, 2013; HODSON, 2014; KELLY; LICONA, 2018; PRSYBYCIEM; SILVEIRA; MIQUELIN, 2021).

Nesse contexto, todas as propostas analisadas, **na categoria III**, apresentaram a previsão de realizar uma problematização para introdução das QSCT em sala de aula no Ensino Ciências, integrando, também, as tecnologias de informação e comunicação. Por exemplo: o grupo 1 colocou como alternativa a apresentação de um blog (#todospelaamazonia); o grupo 4, o uso de documentários sobre o acidente com o isótopo radioativo césio-137, em Goiânia; e, o grupo 6, explorou a apresentação de vídeos e imagens.

Essa problematização permite a criação de um ambiente mais investigativo em sala de aula para que o professor, em uma relação cooperativa, possa ensinar e aprender com os estudantes no processo simplificado do trabalho científico, objetivando que os estudantes, de maneira gradativa (aula a aula), ampliem sua cultura científica, em direção a uma ACT ampliada (SASSERON; CARVALHO, 2008; CARVALHO, 2016).

Em relação à identificação das concepções iniciais dos estudantes sobre as QSCT, os grupos 1, 3, 4 e 6 declararam que a realizariam por meio de questionamentos. Por outro lado, o grupo 5 não fez essa previsão. Para Carvalho (2016), não é possível iniciar nenhuma aula, nenhum tópico novo, sem procurar conhecer o que os estudantes já sabem ou como eles entendem as propostas a serem desenvolvidas, pois a identificação das concepções iniciais (espontâneas ou já estruturadas), representa a base para construção de um novo(s) conhecimento(s), pois tem origem em um conhecimento prévio dos estudantes.

Os grupos 1, 3, 4 e 6 apontaram a necessidade de uma participação mais colaborativa e participativa dos estudantes na elaboração de um problema de pesquisa envolvendo às QSCT, como, por exemplo: “os estudantes e professor elaboram uma questão para investigação sobre energia nuclear” (Grupo 4). O grupo 5 não fez essa previsão, porém, ressalta-se que esse utilizou a mesma questão elaborada na inserção do MABI teórico-prático. Isso pode significar que o grupo não entendeu a proposta de simular como trabalharia essa questão na educação básica nessa categoria.

Por fim, em todas as propostas didáticas investigativas, a questão problema de pesquisa apareceu na forma de uma ou mais perguntas, com perspectiva real de resolução. De maneira geral, entende-se que a problematização nas propostas analisadas possui o potencial de estimular a reflexão, o levantamento de hipóteses, a investigação e as discussões das inter-relações CTS, favorecendo o desenvolvimento do pensamento crítico, dos valores e das atitudes discentes.

Já, **na categoria IV**, levantamento de hipóteses, a maioria dos indicadores foram parcialmente atendidos. Os grupos 1 e 6 mencionaram, em suas propostas didáticas investigativas, a oportunidade de os estudantes expressarem suas ideias, mas não explicam como esse processo seria realizado.

Os grupos 3 e 4 explicaram que esse processo pode ser realizado por meio de “debates em sala de aula” (Grupo 3) e pela constituição de “uma roda de conversa para exposição de ideias e pela construção de consensos” (Grupo 4). O grupo 5 não atendeu a esse indicador em sua proposta.

Nesse sentido, houve a previsão, pelos grupos 1, 3, 4 e 6, de um debate coletivo das hipóteses e a compreensão de diferentes caminhos para resolução de um problema, como representado na resposta: “o surgimento de novas hipóteses, suas variáveis e descobrir múltiplos caminhos para resolver os problemas” (Grupo 4). Já no grupo 5, os indicadores 14 e 15 não foram atendidos.

**Na categoria V**, inter-relações CTS e de ativismo, de maneira geral, a maioria dos indicadores foram atendidos, totalmente. Os grupos 1, 3 e 4 apontaram a previsão da problematização das inter-relações CTS nas propostas didáticas e realizaram uma simulação dos nove aspectos propostos por Santos e Schnetzler (2010). Por sua vez, Já os grupos 5 e 6 expressaram a necessidade dessa problematização, mas não realizaram uma simulação da discussão da natureza e das inter-relações CTS sobre as QSCT.

Nesse foco, apenas os grupos 1 e 4 avançaram, no sentido de mencionar a oportunidade de discussões das construções históricas da atividade científica-tecnológica. Os grupos 3, 5 e 6 não atenderam a esse indicador em suas propostas didáticas investigativas construídas. Em relação à proposição dos projetos interdisciplinares para realização do ativismo fundamentado, os grupos 1, 3, 4, 5 e 6 atenderam-na totalmente.

O grupo 1 propôs a construção de *lives* e vídeos na forma de um jornal informativo sobre a QSCT e o grupo 3 avançou no sentido de estimular o net-ativismo sobre as queimadas e seus impactos; por outro lado, os grupos 4 e 5 previram a realização de uma feira de ciências



dialógica, com foco na experimentação. Já o grupo 6, também, aponta a construção de um jornal informativo.

Em todas as propostas de projetos interdisciplinares observaram-se momentos que relacionam os contextos sociais, ambientais, éticos-morais, políticos, científicos e tecnológicos. A dimensão tecnológica, em relação as QSCT, esteve presente nos projetos, como, por exemplo, as tecnologias ligadas à energia nuclear, discutindo-se seus aspectos positivos e negativos, bem como as relações de interesses políticos e econômicos da comunidade tecnológica.

Da análise dessa categoria, verificou-se que todas as propostas didáticas, em maior ou menor grau, possuíam o potencial de serem exploradas no sentido de aproximar os estudantes de controvérsias científicas-tecnológicas, estimulando um trabalho coletivo, as relações de solidariedade, emoções, aspectos morais-éticos, de valores, afetivos e democráticos dos estudantes.

Em relação à **categoria VI**, identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos, no indicador 21: “Há um momento em que os estudantes participam da identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos envolvendo a QSCT”, verificou-se que nas cinco propostas analisadas, os grupos não realizaram a previsão desse indicador. Isso deve ter ligação, em grande parte, a não compreensão da atividade proposta pelo professor no referido indicador. Por outro lado, os acadêmicos relacionaram possíveis conteúdos conceituais em diferentes disciplinas (p. ex: Ciências Biológicas, Química, Física, Geografia, Sociologia).

Entende-se que em um trabalho investigativo, com graus de autonomia/liberdade mais elevados, os estudantes devem participar em alguma medida do processo de identificação dos conteúdos de CT, tendo em vista que os conteúdos previstos podem ajudar na compreensão mais ampliada e na resolução de um problema (CARVALHO, 2016).

No entanto, há necessidade de se ir além dos conteúdos conceituais, avançando para a abordagem dos conteúdos procedimentais, epistêmicos, atitudinais e sociais, que podem contribuir para o desenvolvimento e utilização do raciocínio científico (CARVALHO, 2016; SASSERON, 2018b).

Na cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas, denominada **categoria VII**, todos os grupos apontaram essa previsão em suas propostas didáticas investigativas. Além disso, indicaram diferentes áreas do conhecimento (Química, Ciências Biológicas, Sociologia, Arte e Física), especialistas (professores, psicólogos, enfermeiros) e outras parcerias (governantes, ICMBio e Ministério Público), que podem contribuir no processo, atendendo, totalmente, ao indicador 23 dessa categoria.

Em relação à **categoria VIII**, planejamento da investigação, houve predominância da classificação atendeu parcialmente. Pela matriz de análise utilizada, todos os grupos apontaram, nas propostas, a oportunidade de o estudante participar de forma coletiva da elaboração do plano de trabalho, isso é, ajudando a decidir as maneiras de resolver os problemas. Entretanto, não houve um aprofundamento de como isso poderia ocorrer no processo.

Em relação à oportunidade de o estudante detalhar por escrito os procedimentos e métodos para a investigação (plano de trabalho), os grupos 1 e 4 fizeram essa previsão, como, por exemplo: “estimulando os estudantes a realizar anotações dos procedimentos” (Grupo 1). No entanto, os grupos 3, 5 e 6 não apontaram a previsão dessa oportunidade para os estudantes.

Conforme Sasseron (2015), o ensino por investigação deveria fazer uma previsão de engajamento e envolvimento ativo dos estudantes no planejamento, investigação, análise e resolução de um problema, ou seja, em graus mais investigativos de autonomia/liberdade intelectual, os estudantes devem participar ativamente do processo de planejamento.

Na **categoria IX**, realização da investigação (teórica e/ou prática), todos os indicadores foram parcialmente atendidos. Os grupos 1, 3, 4, 5 e 6, em suas propostas com base no MABI teórico-prático, apontaram a necessidade de levar em consideração os posicionamentos, estimulando a liberdade intelectual e a tomada de decisão dos estudantes. Assim, os estudantes foram compreendidos como protagonistas do processo (com responsabilidades na realização da investigação), uma vez que há previsão do raciocínio ser definido por eles na investigação, sempre com orientação do professor (CARVALHO, 2016).

Os graus de autonomia/liberdade intelectual 2 e 3 (ver Apêndice C), elencados nas propostas didáticas construídas pelos acadêmicos, exigem uma participação mais ativa na testagem das hipóteses levantadas (colocar as ideias em prática). Todavia, esse processo não foi detalhado pelos acadêmicos nos grupos em cada uma das propostas analisadas, por isso, foram consideradas parcialmente atendidas.

Na análise e interpretação dos dados, **categoria X**, do total de vinte indicadores, sete deles foram atendidos totalmente, cinco, parcialmente e, oito, não atendidos. Nesse sentido, no indicador 29: “O estudante teve alguma oportunidade de refletir sobre as estratégias utilizadas para executar o processo de investigação”, observou-se que na construção das propostas didáticas, nenhuma delas fez a previsão dessa oportunidade.

Esse é um dado preocupante, que pode evidenciar a necessidade de explorar mais, durante o trabalho com o MABI teórico-prático, esse aspecto, estimulando a importância da

participação dos estudantes na reflexão dos procedimentos, como, por exemplo, no planejamento e na sistematização (passo 8 e 9 do modelo) no processo de investigação.

De certa forma, na construção das propostas didáticas investigativas, os grupos atenderam parcialmente à previsão de oportunizar aos estudantes a decisão de quais informações e dados desejariam utilizar para responder à questão problema de pesquisa. Isso mostra que essa oportunidade contribuiu para os estudantes pensarem, levando em consideração a(s) estrutura(s) do(s) conhecimento(s) (CARVALHO, 2018).

Em relação aos indicadores não atendidos, os grupos 3, 5 e 6 não apontaram oportunidade de os estudantes construírem relatórios e/ou materiais que possibilitassem reflexões e organização de ideias por meio da escrita. Por seu turno os grupos 1 e 4 fizeram essa previsão com a construção de um mapa conceitual (Grupo 4) e de um relatório (Grupo 1).

Carvalho (2018) afirma que, no ensino por investigação, o professor precisa criar condições adequadas em sala de aula para os estudantes pensarem, falarem, lerem e escreverem, buscando, assim, em relação à escrita, demonstrar autoria própria e clareza nos pensamentos expostos.

Já, **na categoria XI**, retomada e discussão da QSCT inicial, a maioria dos indicadores foram atendidos totalmente. Os grupos afirmaram que essa retomada pode ocorrer por meio de uma roda de conversa e um júri simulado (Grupo 1); roda de conversa (Grupo 3); questionamentos e roda de conversa (Grupo 4); roda de conversa (Grupo 5); e, elaboração de um vídeo (Grupo 6), todas essas atividades como oportunidade de reflexão entre professores e estudantes, bem como para a compreensão coletiva dos conhecimentos construídos sobre as QSCT.

Ademais, os grupos 3, 4 e 6 não expressaram, nas propostas, a necessidade de uma retomada das discussões sobre as inter-relações CTS. Os grupos 1 e 5 comentaram, em suas propostas, sobre essa necessidade, visando à compreensão dos estudantes de maneira mais abrangente, dessas inter-relações após a realização da investigação. Assim, com base no processo investigativo e nos conhecimentos de CT, bem como nas dimensões sociais, econômicas, ambientais, políticas e preocupações com aspectos éticos-morais e de valores, os estudantes podem aprofundar essas múltiplas relações, o que se aproxima das reflexões de Aikenhead (1994).

No indicador 36: “Houve um momento previsto para sistematização individual dos conhecimentos construídos sobre a QSCT”, verificou-se que as propostas didáticas dos grupos 3, 5 e 6 não realizaram a previsão dessa oportunidade. Já os grupos 1 e 4 apontaram, respectivamente, a realização de um mapa conceitual e de um relatório individual.

Na **categoria XII**, ativismo fundamentado, de maneira geral, os indicadores foram atendidos totalmente (11 indicadores), atendidos parcialmente (8 indicadores) e não atendidos (1 indicador). Verificou-se que todos os grupos apontaram a oportunidade de os estudantes aplicarem seus conhecimentos em situações novas, bem como expressaram a necessidade de utilização desses conhecimentos para construção de projetos interdisciplinares, ligados aos contextos educacional e social na educação básica.

Os grupos 1, 3 e 5 demonstram, em suas propostas didáticas, a previsão de cooperação e diálogo com a comunidade, por meio da “construção de um vídeo em forma de jornal para comunicação e divulgação” (Grupos 1 e 5) e “construção e compartilhamento de vídeos em suas redes sociais, buscando maior participação” (Grupo 3).

Entende-se que esse indicador (39) foi atendido parcialmente, pois há a necessidade de um maior envolvimento e integração, para além das redes sociais. Essas propostas, com o uso das redes sociais, podem atingir uma dimensão ativista na sociedade moderna, quando englobam a comunicação, mobilização e ações colaborativas em redes sociais digitais, o net-ativismo (MORAIS, 2018).

Por outro lado, o grupo 4 apontou a utilização da experimentação (detector de radiação) como ponto de partida para discussão e reflexão da questão controversa (efeitos biológicos e ambientais da radiação), buscando uma interação com a comunidade, por isso, foi classificado como atendeu totalmente. O grupo 6 não fez a previsão de cooperação e diálogo na proposta didática investigativa.

De modo geral, entende-se que há condições em todas as propostas (mesmo que parcialmente) de iniciar o processo de construção de uma cultura de participação e de ações sociais fundamentadas individuais e/ou coletivas sobre as QSCT, estabelecendo, preocupações com consigo e com os outros, enquanto cidadãos ativos e responsáveis pelo meio em que vivem (HODSON, 2014).

Em relação à **categoria XIII**, comunicação dialógica, todos os grupos, em suas propostas didáticas investigativas, atenderam totalmente ao indicador ligado a essa categoria. Tal indicador consiste na oportunidade oferecida aos estudantes para comunicarem seus resultados e interagirem com a sociedade. Nos excertos, mostram-se alguns exemplos, como: “construção de blog, redes sociais e vídeos” (Grupo 1); “mostra científica-tecnológica dialógica, maquetes, vídeos, teatro em fantoche, panfletos e construção de um aplicativo (Grupo 3); “canal no *YouTube* para *lives* (divulgação e comunicação)” (Grupo 4); “seminário” (Grupo 5); e, “folder informativo” (Grupo 6).

Também, **na categoria XIV**, construção de redes colaborativas e participativas com uso das TIC, os indicadores foram atendidos totalmente. Todos os grupos apontaram a previsão de oportunidades para os estudantes utilizarem as TIC, visando à continuidade das ações, tais como: “desenvolvimento de um blog #todospelaamazonia” (Grupo 1); “proposição de uma ementa constitucional e construção de um site” (Grupo 3); “possibilidade de construção de um canal no *YouTube*, sites, grupos em redes sociais (*Facebook* e *Instagram*)” (Grupo 4); “construção de um site” (Grupo 5); e, a “possibilidade de construção de um canal no *YouTube* e folders” (Grupo 6).

Por último, **a categoria XV**, denominada avaliação geral do MABI teórico-prático, refere-se a um olhar mais amplo do processo. Entende-se que os indicadores foram todos atendidos parcialmente, pois é um processo que necessita de ação-reflexão constante, visando a melhora.

Dessa forma, todos os grupos, em suas propostas didáticas investigativas, buscaram compreender o estudante como um ser ativo e crítico, propondo atividades e ações que pudessem auxiliar no desenvolvimento da tomada de decisão mais crítica e da autonomia. Além disso, em maior ou menor grau, buscaram estabelecer condições para propor, comunicar, avaliar e legitimar as ideias em grupos, o que pode contribuir para uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica dos estudantes.

E ainda, as propostas estimulam as discussões das inter-relações CTS e sua posterior revisitação no passo “retomada e discussão da QSCT inicial”. Essa retomada é fundamental no modelo e a maioria dos grupos apontaram como estratégia de realização uma roda de conversa, júri simulado, dentre outros.

As iniciativas de ativismo sociocientífico (projetos interdisciplinares) e a oportunidade de ir além dos conteúdos conceituais, avançando para os aspectos procedimentais, atitudinais, sociais e epistêmicos na construção dos conhecimentos, foram pontos fortes do modelo. Os graus de autonomia/liberdade intelectual e de ação oferecidos aos acadêmicos foram importantes para organizar as responsabilidades de estudantes e professores nas propostas investigativas (CARVALHO, 2018).

As propostas elaboradas pelos grupos enquadraram-se nos graus 2 e 3. Por outro lado, a partir da experiência na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, entende-se que é interessante fazer uma transição gradual de graus de autonomia/liberdade menores para graus mais investigativos.

Nesse sentido, uma das fragilidades observadas na análise das propostas didáticas investigativas foi o não atendimento dos indicadores 21 e 29, bem como o atendimento parcial

do indicador 36. Esses indicadores consistem em aspectos importantes, respectivamente, ligados à participação do estudante na identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos sobre a QSCT, à oportunidade de refletir sobre as estratégias utilizadas no processo de investigação e à sistematização pelo registro individual dos conhecimentos construídos.

Isso tudo é necessário, pois, a estrutura do MABI teórico-prático oportuniza a construção de propostas didáticas em que o estudante é o protagonista. Nesse processo, há uma inversão de papéis em que o professor é o orientador e os estudantes os agentes de pensamento. Entende-se que esse processo pode ir além, isso é, em que as QSCT e seu contexto sejam os mediadores e o professor e os estudantes podem aprender juntos pelo diálogo e companherismo (FREIRE, 2016).

Em relação às correntes propostas por Pedretti e Nazir (2011), referentes à caracterização CTS, entende-se que houve uma aproximação com as correntes sociocultural e *socioecojustice* nas propostas didáticas investigativas construídas pelos acadêmicos nos grupos. Esse processo é importante para o desenvolvimento de práticas educativas mais críticas e para o ativismo fundamentado.

Assim, as propostas aproximam-se da corrente sociocultural, quando buscam melhorar a compreensão da CT dentro de um contexto sociocultural, interagindo com outros conhecimentos (econômicos, ambientais, sociais, políticos). A ciência e a tecnologia são influenciadas por fatores como os interesses econômicos e políticos, bem como os aspectos culturais e vice-versa.

Já na corrente *socioecojustice*, observou-se que as propostas didáticas apontaram para a necessidade de se criticar e avaliar as QSCT, buscando, assim, resolver os problemas sociais com ramificações científicas e tecnológicas, por meio de ações práticas na realidade escolar e comunitária. Esse processo leva em consideração diferentes dimensões, como: social, política, científica, tecnológica, psicológicas, econômica e preocupações com aspectos éticos-morais, de valores e emocionais. Portanto, o objetivo consiste na promoção da ACT ampliada, da cidadania, da responsabilidade social, da resolução de problema e da emancipação das pessoas (PEDRETTI; NAZIR, 2011).

### 5.3.2 Implicações de uma Prática Educativa com Uso do MABI Teórico-Prático

Nessa categoria são apresentadas possíveis implicações da utilização do MABI teórico-prático na formação inicial de professores em Ciências Biológicas para as práticas

educativas e o Ensino de Ciências. No contexto de uma sala de aula, as práticas educativas foram realizadas com a interação entre professores e estudantes, pelo conjunto de atividades e ações planejadas e estruturadas com uso do referido modelo, visando desenvolver oportunidades para o processo de ensino e de aprendizagem na formação de futuros professores.

Assim, a pesquisa, em seu contexto de realização, possibilitou apontar que esse processo ajudou os acadêmicos a ampliarem seus entendimentos, em detrimento de suas concepções iniciais sobre os conhecimentos de CT, da natureza científica-tecnológica, das inter-relações CTS e das práticas de investigação científicas (ver subseção 5.2), o que engloba as reflexões dos eixos estruturantes (adaptados) de uma ACT propostas por Sasseron e Carvalho (2011).

O referido modelo oportuniza explorar os domínios epistêmicos, sociais, conceituais (KELLY; LICONA, 2018), procedimentais (VAN UUM; VERHOEFF; PEETERS, 2016) e atitudinais (CARVALHO, 2016) da construção dos conhecimentos científicos-tecnológicos, envolvendo as dimensões sociais, econômicas, políticas, ambientais e preocupações ético-morais, de valores e de solidariedade nas discussões sobre as QSCT (SADLER, 2009; HODSON, 2014).

Nos seis projetos interdisciplinares, a sequência de domínios predominantes dos conhecimentos nos passos do MABI teórico-prático foi a seguinte: epistêmicos (passos 1, 2, 3, 8 e 9), procedimentais (passos 6 e 7), conceituais (passos 4 e 5), sociais (passo 11) e atitudinais (passos 10 e 12), bem como, o domínio social na construção dos conhecimentos foi o segundo que mais apareceu nos passos 1, 3, 4, 6, 9, 10 e 12. Isso demonstra que todos os domínios foram abordados de maneira mais aprofundada em pelo menos um dos passos. Ademais, verificou-se a importância dos domínios epistêmicos, sociais e conceituais serem trabalhados no início do modelo para o desenvolvimento do planejamento coletivo, da realização da investigação e da análise dos dados.

Nesse sentido, evidencia-se a elementaridade do foco nos domínios procedimentais, epistêmicos e sociais nos passos intermediários (passos 6 e 7) para a retomada e discussão da questão inicial e das inter-relações CTS (conclusão). Esse processo, oportuniza aos acadêmicos a discussão dos procedimentos, resultados e conclusões obtidas na pesquisa, bem como a preparação para as ações fundamentadas e para a comunicação dialógica externa do processo de investigação.

Em relação ao ativismo fundamentado, a partir do projeto de extensão, ligado ao domínio atitudinal, estimulou-se relações de solidariedade, cooperação, respeito e tolerância

consigo e com outros, a criatividade, a curiosidade e a autonomia dos futuros professores, o que pode ser verificado na realização da mostra científica-tecnológica dialógica. Essa vivência contribui para formação de professores críticos e construtores de conhecimento (REIS, 2013; LINHARES; REIS, 2018).

Tais domínios (articulados ou não) contribuem para uma visão mais ampliada da natureza da CT, como, por exemplo, da produção do conhecimento científico-tecnológico como um processo coletivo, isso é, uma prática social (SASSERON, 2018a) em que pesquisadores/cientistas, tecnólogos e engenheiros, bem como diferentes instituições de pesquisa, trabalham juntos para o desenvolvimento desse conhecimento. Em outras palavras, a abordagem desses domínios contribuíram para o entendimento da natureza da CT e dos fatores que circundam essa prática, conseqüentemente, para promoção de uma ACT ampliada e para concretização do ativismo fundamentado.

A formação de um grupo de coparticipantes e o uso do MABI teórico-prático permitem criar um ambiente investigativo, buscando, assim: elaborar uma questão problema de pesquisa; analisar as inter-relações CTS (SANTOS; SCHNETZLER, 2010); levantar e testar as hipóteses; planejar, investigar, registrar e interpretar os dados; concluir e socializar os procedimentos, resultados e conclusões; bem como, realizar o ativismo fundamentado.

As QSCT, como ponto de partida, despertam o interesse, a motivação e a personalização da aprendizagem, além da contextualização da natureza científica-tecnológica, envolvendo os acadêmicos em problemas complexos e reais (HODSON, 2018). Ademais, a utilização do modelo contribuiu para oportunizar a problematização das construções históricas (AULER; DELIZOICOV, 2001) que limitam e/ou reforçam a suposta concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso da CT.

Assim, por meio das questões controversas: desmatamento e queimadas na floresta Amazônica; efeitos biológicos e ambientais da radiação; e, o rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras, foi possível compreender que a ciência e a tecnologia são construídas, socialmente, por pessoas (construção humana, social e histórica) que possuem emoções, valores, intencionalidades, crenças e interesses econômicos e políticos, por isso, essas produções são valoradas e não neutras.

Nesse sentido, foi possível averiguar, ainda, aproximações com uma ACT cívica e cultural, proposta por Shen (1975) e uma ACT multidimensional, elencada por Bybee (1997). Os acadêmicos entenderam que o processo de desenvolvimento de CT envolve uma dimensão política e social, bem como a necessidade de uma maior participação social mais plural e democrática em processos decisórios (SHEN, 1975).



Outrossim, desenvolveram uma visão mais ampliada da natureza da CT, refletindo sobre os aspectos sociais das comunidades científicas-tecnológicas e das inter-relações CTS. Entende-se que essas discussões contribuíram para compreensão de CT como parte da cultura dos acadêmicos (BYBEE, 1997).

A articulação das abordagens CTS, ensino baseado em investigação e ativismo sociocientífico foram fundamentais para embasar as práticas educativas desenvolvidas. Para Carvalho e Gil-Pérez (2011), esse embasamento teórico é essencial para o rompimento de visões simplistas de Ensino de Ciências (imagens espontâneas do ensino) e essencialistas na formação de professores da área de Ciências da Natureza (um bom professor “é” ou “nasce” como tal).

Nesse sentido, a criação do grupo de coparticipantes estimulou um trabalho docente coletivo (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011), buscando uma práxis autêntica pela ação-reflexão (FREIRE, 2016). A liberdade, no sentido de uma participação mais livre e crítica dos acadêmicos, foi central para efetividade dessa práxis (FREIRE, 1967). Isso possibilita aproximações com um modelo de racionalidade crítica de formação inicial de professores, uma vez que permite o desenvolvimento de um papel como agente de reflexão e transformação social e educacional (NETTO; AZEVEDO, 2018).

#### **5.4 Produto educacional associado à tese: o aplicativo *inquiry***

Nessa subseção, apresenta-se o aplicativo *inquiry* como produto educacional final, associado à presente pesquisa de tese e a seu processo de validação. Esse processo foi realizado por um especialista da área de Tecnologia e dois especialistas da área de Ensino de Ciências.

##### **5.4.1 O Aplicativo *Inquiry* e sua Validação por Especialistas**

O aplicativo *inquiry* surgiu das reflexões a respeito das intervenções realizadas na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, tendo como base para sua construção o MABI teórico-prático, orientado pelos pressupostos da pesquisa-ação. O referido aplicativo foi desenvolvido para *smartphones* com sistema operacional *Android*.

As fases e os passos do modelo, respectivamente, consistem em: i) problematização (problematização - introdução de QSCT e elaboração de problema(s) de investigação); ii)

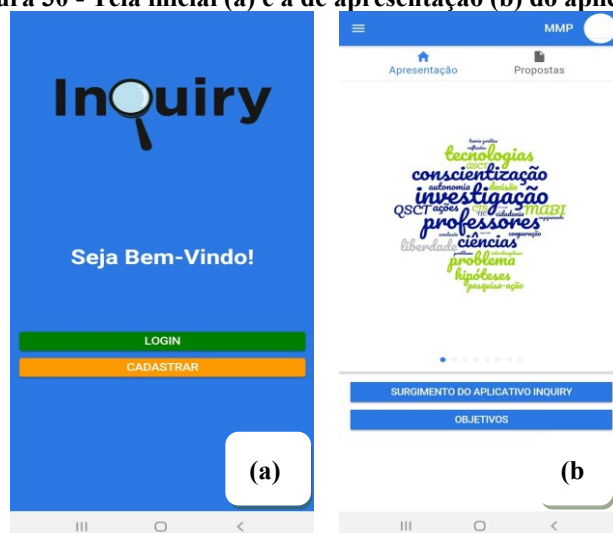
conceitualização (levantamento de hipóteses, análise das inter-relações CTS e de ativismo, identificação dos conteúdos científico-tecnológico relacionadas a QSCT, cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas); iii) investigação (planejamento, investigação, análise e interpretação dos dados); iv) conclusão (retomada e discussão da questão sociocientífica-tecnológica inicial); e, v) ativismo fundamentado (ativismo sociocientífico - aplicação em situações novas, comunicação dialógica e construção de redes colaborativas com uso das tecnologias de informação e comunicação).

Assim, o objetivo principal desse aplicativo é auxiliar os professores formadores e os acadêmicos na formação inicial de professores na área de Ciências da Natureza a trabalharem as abordagens de ensino baseado em investigação, em articulação com as relações CTS e de ASC e, como produto final, gerar uma proposta didática investigativa.

É uma ferramenta de apoio aos professores, aproximando o contexto educacional da realidade dos acadêmicos que vivem num mundo cada vez mais tecnológico. Neste mundo, o professor formador tem o papel de orientação/mediação, criando, dessa maneira, espaços, processos, tempos e condições para os acadêmicos pensarem, falarem, escreverem, criarem, refletirem, fazerem, decidirem, inovarem, agirem e comunicarem suas atividades e os resultados de suas ações.

A seguir, algumas telas do aplicativo *inquiry* podem ser observadas, nas Figuras 30 e 31.

Figura 30 - Tela inicial (a) e a de apresentação (b) do aplicativo

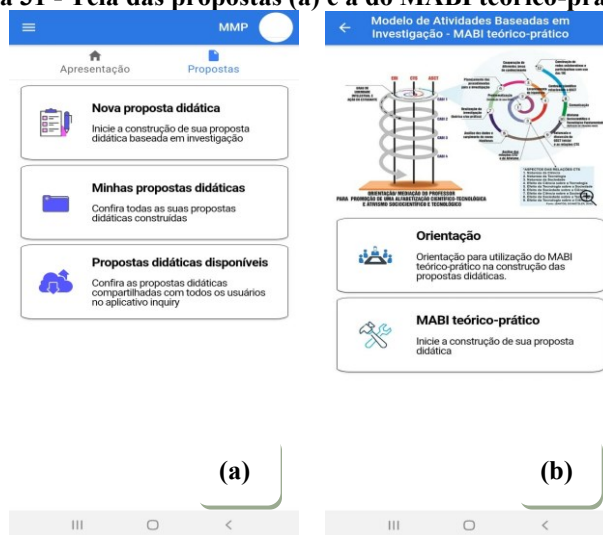


Fonte: Autoria própria (2022)

Na tela inicial, Figura 30 (a), os usuários podem realizar o cadastro (nome, email e senha), clicando no botão cadastrar e, na sequência, o *login* para acessar o aplicativo. A tela

de apresentação, representado na Figura 30 (b), possibilita o acesso aos botões que mostram o contexto de surgimento e os objetivos do aplicativo *inquiry*.

**Figura 31 - Tela das propostas (a) e a do MABI teórico-prático (b)**



Fonte: Autoria própria (2022)

Nas telas presentes na Figura 31 (a), os usuários podem iniciar o processo de construção de uma proposta, clicando no botão “nova proposta didática”; conferir as propostas construídas em sua conta, clicando no botão “minhas propostas didáticas”; bem como, consultar todas as propostas compartilhadas pelos usuários no botão “propostas didáticas disponíveis” no aplicativo.

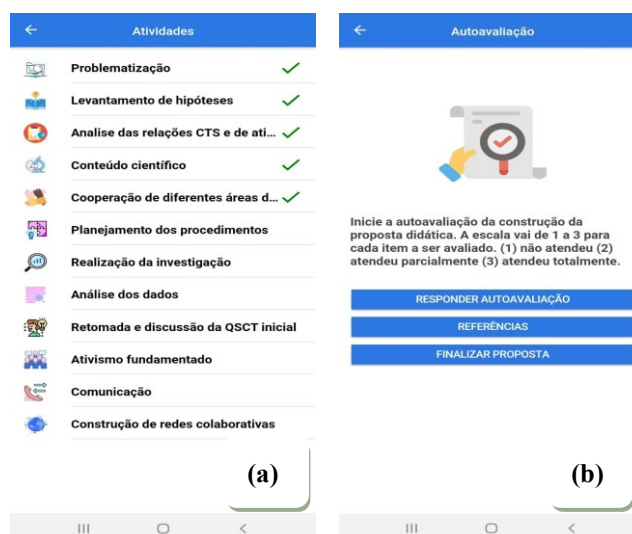
Para construção de uma nova proposta didática investigativa, os usuários são direcionados para várias telas, visando à escolha de uma QSCT, elaboração de uma questão(es) problema(s) de pesquisa e a determinação do grau de autonomia/liberdade intelectual e de ação oferecida aos estudantes (Apêndice C). Além disso, apresenta uma tela para estimular a discussão da suposta concepção de neutralidade da CT, envolvendo a QSCT.

Nesse sentido, o aplicativo ainda apresenta o botão “indicação de texto”, apontando várias pesquisas que envolve as abordagens QSC, EBI, CTS e ASC, buscando estimular a leitura e reflexão dos textos pelos acadêmicos (embasamento teórico).

O *inquiry* oferece acesso a recursos tecnológicos (*Anchor*, *Google Podcasts*, *YouTube*, *CmapTools*, dentre outras) como alternativa para auxiliar o professor em sala de aula e para construção de uma proposta didática. É possível, também, enviar atividades como, por exemplo, as reflexões das leituras, por meio do aplicativo.

A tela MABI teórico-prático, na Figura 31 (b), apresenta um botão de orientação e outro que permite o acesso aos 12 passos do referido modelo. A seguir, mostram-se as telas com os passos e a de autoavaliação (Figura 32).

**Figura 32 - Tela atividades (12 passos) (a) e a de autoavaliação (b)**



Fonte: Autoria própria (2022)

Em cada um dos doze passos do MABI teórico-prático (Figura 32 (a)), há um botão com orientações que ajudam em sua realização. Quando é realizado o passo, aparece um sinal de verificação, todavia, é possível voltar a qualquer momento até sua finalização (aparece um botão de finalizar) num constante vaivém entre os passos.

Ademais, os usuários podem realizar uma autoavaliação da proposta didática investigativa construída, Figura 32 (b), respondendo, a algumas questões, representadas na matriz para análise no Quadro 14 desta pesquisa. Depois da autoavaliação, a proposta didática pode ser compartilhada com todos os usuários do aplicativo.

Nesse contexto, a validação foi realizada por dois especialistas da área de Ensino de Ciências e um especialista da área de Tecnologia (Apêndice H). Na área de Tecnologia, basicamente, foram avaliadas as funcionalidades, a usabilidade, a eficiência e a acessibilidade do aplicativo *inquiry*.

Em relação às funcionalidades, de maneira geral, foram consideradas adequadas pelo especialista no aplicativo. Assim, no cadastro de usuários e *login*, o tempo de acesso e o aparecimento das telas estão apropriados, bem como os botões que definem de maneira clara as atividades e ações propostas.

Para mais, o aplicativo *inquiry* possibilita a criação e compartilhamento de uma proposta didática com os demais usuários, com base no MABI teórico-prático, bem como a realização de uma autoavaliação. O especialista sugeriu algumas alterações, por exemplo, a

inclusão de uma funcionalidade de filtro das propostas compartilhadas, o que, nos ajustes buscou-se atender a maioria das sugestões<sup>67</sup>.

A usabilidade, que consiste na facilidade de utilização, foi considerada adequada. As orientações para os usuários, por exemplo, são claras e quando não são autoexplicativas, o aplicativo informa, por meio de botões, com orientações. Os dados e informações (descrição da realização dos passos) são preenchidos com facilidade.

Os ícones, as cores utilizadas, a quantidade de elementos exibidos na tela, as interações (clicar, selecionar e rolar) e o número de cliques foram classificados como satisfatórios. Esse aplicativo pode facilitar a comunicação e interação entre professor e estudantes na construção de uma proposta didática investigativa.

Em relação à quantidade de elementos exibidos na tela, o especialista chamou a atenção para a quantidade de texto. Nos ajustes, buscou-se uma diminuição, porém, destaca-se que muitos textos são necessários para introdução e orientação do trabalho com o modelo, visando à construção da proposta didática com o embasamento.

Na eficiência, os itens avaliados foram considerados adequados, como, por exemplo, o tempo de resposta na abertura das telas e a velocidade de realização das funções. Também os itens na acessibilidade foram considerados apropriados.

Para o especialista da área de Tecnologia, portanto, “durante a utilização da plataforma, foi possível perceber que se trata de algo diferenciado. Trata-se de uma aplicação que permite registrar e compartilhar propostas de ensino, entre usuários cadastrados [...]”, formando uma espécie de “rede social”.

Em relação à área de Ensino de Ciências, foram avaliados os objetivos, os conteúdos abordados no MABI teórico-prático, a questão didático-pedagógica e os aspectos gerais.

Sobre o objetivo, de maneira geral, foram compreendidos, pelos especialistas 1 e 2, como adequados. No item construção de uma proposta e seu compartilhamento, o especialista 1 apontou que “seguindo os passos, temos uma proposta didática ao final. A proposta é compartilhada com todos que acessam o aplicativo”. Em relação às contribuições para formação de professores da área de Ciências da Natureza, o especialista 1 declarou que

---

<sup>67</sup> O especialista sugeriu, ainda, ajustes essenciais para melhorar o processo de cadastro de usuários no aplicativo. Ademais, em relação ao compartilhamento das propostas apontou a possibilidade de qualquer usuário poder editar e salvar as propostas didáticas investigativas, visando um processo de melhoria constante, formando uma “rede social”. Nesse momento, não foi possível fazer essas adequações, todavia, ressalta-se que as ideias são importantes e serão incorporadas na construção da próxima versão do aplicativo.

representa uma ferramenta importante para a formação inicial, pois oportuniza criar “uma espécie de banco de dados compartilhado”.

Ademais, os especialistas 1 e 2 sugerem a expansão para a formação continuada de professores, ampliando o potencial e auxiliando os docentes em suas atividades. Para a especialista 1, no item comentários, “a guia que não permite pular passos é muito interessante, pois conserva a integridade da proposta”, bem como sugere ainda destacar “a necessidade de realizar as leituras antes de iniciar a composição de uma proposta”, o que foi contemplado nos ajustes do aplicativo.

Na avaliação, observa-se que os conteúdos (abordagens de ensino baseado em investigação, CTS, QSC/QSCT e ativismo sociocientífico) articulados no MABI teórico-prático são relevantes para formação de professores da área de Ciências da Natureza, uma vez que estimulam o pensamento mais crítico e o entendimento da natureza da ciência (Especialistas 1 e 2, 2020).

As atividades, ações e recursos utilizados, em relação ao objetivo proposto, foram compreendidos como adequados, bem como a relevância dos artigos indicados para leitura (dimensão epistemológica) em cada abordagem. Além disso, a organização dos conteúdos no MABI teórico-prático foi pertinente, pois as abordagens possuem objetivos educacionais comuns e complementares, como, por exemplo, a formação para cidadania.

Em relação à questão didático-pedagógica, o aplicativo *inquiry* pode auxiliar o professor formador em sala de aula a trabalhar em uma perspectiva de ensino investigativa e interdisciplinar, apresentando-se como uma “excelente ferramenta para o planejamento de aulas” (Especialista 1, 2020).

O referido aplicativo pode estimular o contato com a cultura científica e tecnológica de produção do conhecimento, bem como a articulação entre as abordagens no MABI teórico-prático, favorecendo o desenvolvimento de uma ACT e de práticas educativas mais investigativas dos acadêmicos, uma vez que o modelo “baseia-se na elaboração, investigação e resolução de uma questão problema” (Especialista 2, 2020).

Em relação à autoavaliação, os especialistas 1 e 2, consideraram satisfatórias as questões propostas. Além disso, concordaram que essa abordagem pode aproximar o contexto educacional da realidade dos acadêmicos, que vivem num mundo cada vez mais tecnológico, estimulando um envolvimento mais ativo e a criatividade.

Nos aspectos gerais do aplicativo *inquiry*, os itens navegabilidade, usabilidade (elementos exibidos na tela, cores, orientações para os usuários, ícones, interações, número de

cliques), dentre outros (ver Apêndice H), foram considerados adequados pelos especialistas 1 e 2.

A especialista 1 apontou como ponto positivo que a ideia “tem potencial para ser uma ferramenta de fato em uso no processo de formação, tanto inicial quanto continuada, possibilitando o compartilhamento de propostas, o que oportuniza uma espécie de banco de dados que vai com o tempo se tornando cada vez mais rico”. O ponto negativo apontado consiste no “excesso de texto” (Especialista 2, 2020). Assim, buscou-se diminuir o volume de texto, quando do processo de ajuste do aplicativo.

A partir da validação, portanto, conclui-se que o aplicativo *inquiry* pode contribuir para uma formação inicial e continuada de professores mais crítica na área de Ciências da Natureza, estimulando práticas educativas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares, para promoção de uma ACT ampliada e de ativismo fundamentado.

Entende-se o referido aplicativo como continuação das iniciativas de ativismo realizadas neste trabalho, oportunizando a construção e geração de propostas didáticas investigativas, que podem ser compartilhadas com todos os usuários, formando, assim, uma “rede social” e/ou um banco de dados. Por isso, esse trabalho não acaba aqui, pois, pretende-se melhorar o aplicativo a partir das experiências na utilização com os professores.

Dessa forma, o aplicativo *inquiry* possibilita explorar as dimensões epistemológica e didático pedagógica de maneira dinâmica, mostrando, assim, exemplos de como planejar, executar, avaliar e comunicar iniciativas de ativismo sociocientífico por investigação, realizadas por diferentes usuários, por meio das propostas didáticas.

Na dimensão epistemológica, é possível acessar textos de diferentes pesquisas científicas ligadas às abordagens QSC/QSCT, ensino baseado em investigação, CTS, ASC e à suposta concepção de neutralidade da CT. Já a dimensão didático-pedagógica pode ser explorada com o uso do MABI teórico-prático e com exemplos de propostas didáticas compartilhadas no aplicativo.

Para Hodson (2014), a preocupação central, na abordagem de QSC e do ativismo social, consiste em ajudar os estudantes a descobrirem formas de colocarem seus valores e ideias em ações práticas fundamentadas, com empoderamento político e social, o que exige a preparação e o envolvimento em ações responsáveis, o desenvolvimento de habilidades, conhecimentos, valores e atitudes, permitindo aos estudantes assumirem compromissos com eles mesmos e com os outros, no desenvolvimento do bem comum e na transformação para melhoria da educação e da sociedade, por meio da ação-reflexão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa emergiu das inquietações em relação à necessidade de estimular na formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza, a construção de uma educação científica-tecnológica mais crítica, ativa, investigativa e interdisciplinar, a partir de discussões de QSCT.

Para tal, desenvolveu-se e inseriu-se um MABI teórico-prático em um processo colaborativo, cooperativo e participativo na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. Esse processo permitiu-me refletir sobre a possibilidade de formar futuros professores com maior autonomia, responsabilidade social na tomada de decisão mais fundamentada, e com maior capacidade de refletir sobre suas próprias práticas educativas em formação, bem como de se identificarem como agentes de transformações sociais e educacionais, possibilitando a superação de uma concepção bancária da educação.

Assim, a presente pesquisa teve como preocupação principal analisar as contribuições do desenvolvimento e inserção de um MABI teórico-prático, em discussões de questões sociocientíficas-tecnológicas, para promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado dos acadêmicos na formação inicial de professores em Ciências Biológicas.

Para atingir a esse objetivo, no primeiro momento da pesquisa, realizaram-se a identificação e a análise das concepções iniciais dos acadêmicos sobre os elementos da tríade CTS e suas inter-relações, ensino por investigação, ACT, dentre outras. Dessa análise, verificou-se que a maioria dos acadêmicos apresentaram visões mais limitadas e reducionistas de CT<sup>68</sup>, as quais podem contribuir para reforçar e/ou limitar as compreensões sobre as construções históricas relacionadas ao desenvolvimento da CT, que sustentam a concepção da suposta neutralidade e do modelo linear de progresso científico-tecnológico.

Nas respostas dos acadêmicos, por exemplo, comprovou-se o entendimento de tecnologia como limitada, reducionista e salvacionista. Nas visões como limitada, a tecnologia foi associada aos aspectos técnicos, como: ferramentas, facilitadora, habilidades e técnicas. Isso significa que não houve uma compreensão envolvendo contextos sociais,

---

<sup>68</sup> Ver Tabelas 1 e 2 desta pesquisa.



políticos, econômicos, bem como aspectos históricos, organizacionais e culturais da tecnologia.

Na visão reducionista, a tecnologia apareceu ligada à aplicação prática do conhecimento científico, atribuindo, dessa maneira, um *status* superior à ciência em relação à tecnologia (tecnologia como subproduto da ciência). O entendimento da tecnologia como salvacionista foi identificada em uma das respostas, quando aponta que a tecnologia é uma maneira de descobrir a cura de doenças e amenizar os impactos ambientais.

Tais visões de CT favorecem a construção de uma imagem não real da atividade científico-tecnológica, conseqüentemente, enfraquecendo os processos de participação e ação social, na tomada de decisão. Nesse contexto, nos entendimentos sobre as inter-relações CTS, a maioria dos acadêmicos expressaram visões mais ingênuas sobre essas relações, uma vez que não explicaram, nas respostas, os efeitos (inter-relações) entre cada elemento da tríade CTS (ver Tabela 4 da pesquisa).

Entende-se que essas constatações iniciais são preocupantes, uma vez que essas visões distorcidas sobre CT influenciam nas práticas educativas em construção dos futuros professores em Ciências Biológicas. Todavia, com o uso do MABI teórico-prático, essas visões foram problematizadas e, aos poucos os acadêmicos (na sua maioria) foram ampliando seus entendimentos sobre elas.

Ainda na identificação das concepções iniciais, quando questionados se na graduação houve a abordagem do ensino por investigação, os resultados revelaram que essas discussões ainda não ocorreram, conforme as respostas de 14 acadêmicos. No entanto, os demais (8 acadêmicos) afirmaram que essa abordagem foi realizada por meio de perguntas feitas pelos professores em sala de aula, na busca de informações e respostas em trabalhos.

Isso mostra a necessidade de se atentar para a inserção de propostas investigativas na formação inicial de professores, uma vez que o ensino por investigação é considerado um elemento central na formação do estudante na educação básica, segundo a BNCC (BRASIL, 2018) e políticas educacionais em vários países (ABD-EL-KHALICK, *et al.*, 2004), sendo defendido por vários pesquisadores (MUNFORD; LIMA, 2007; CARVALHO, 2018).

Nesse contexto, outro dado que chamou a atenção, o fato de que alguns (9 acadêmicos) associaram essa abordagem a aulas experimentais de laboratório ou limitadas a

elas<sup>69</sup>. Essa é uma visão mais limitada, pois as aulas teóricas podem ser até mais investigativas e, entende-se, que não deveria existir uma separação entre teoria-prática em propostas investigativas de ensino. Isso tudo expressa a necessidade de reflexões mais alargadas sobre a natureza do ensino por investigação, isso é, em suas dimensões epistemológica e didático-pedagógica.

Nos entendimentos dos acadêmicos sobre ACT, as respostas apresentaram, predominantemente, visões mais reducionistas<sup>70</sup>, isso é, fizeram relação com o ensino de conceitos científicos, sem conexão com as inter-relações CTS e a dimensão social e cultural na produção de CT. Essa alfabetização, na perspectiva mais reducionista, não estimula uma visão mais real da construção de CT e reforça estereótipos sobre cientistas/pesquisadores como loucos, antissociais, exclusivamente do gênero masculino e com uma inteligência acima do normal.

As visões ingênuas das inter-relações CTS, limitadas, reducionistas e salvacionistas de CT, bem como reducionistas de ACT, são problemas claros e antigos apontados na área de Ensino de Ciências. Assim, por que esses problemas ainda são encontrados de maneira recorrente na formação de professores?

Em relação ao processo de inserção do MABI teórico-prático, pode-se dizer que o modelo contribuiu para o desenvolvimento de uma tomada de decisão mais fundamentada e uma maior autonomia intelectual dos futuros professores em Ciências Biológicas, na construção de projetos interdisciplinares e de propostas didáticas investigativas sobre QSCT. Isso pode ser evidenciado na contemplação das quatro categorias na promoção de uma ACT no referido modelo, as quais foram adaptadas e ampliadas dos eixos estruturantes de Sasseron e Carvalho (2011)<sup>71</sup>.

Quanto à análise da categoria compreensão da natureza da ciência-tecnologia e dos fatores que influenciam sua prática, observaram-se reflexões mais ampliadas, envolvendo, dessa maneira: o que são ciência e tecnologia; como elas constroem o conhecimento; como funcionam internamente; como se relacionam com as dinâmicas sociais e culturais; bem como os valores utilizados por cientistas, pesquisadores, tecnólogos e engenheiros.

---

<sup>69</sup> Ver Tabela 6.

<sup>70</sup> Ver Gráfico 2.

<sup>71</sup> Ver subseção 5.2 “Inserção do MABI teórico-prático: promovendo uma ACT ampliada e o ativismo fundamentado”.

Nesse sentido, destaca-se a importância da criação de um ambiente investigativo para formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza, no qual se desenvolvam atividades, como: a elaboração de uma questão problema de pesquisa, o levantamento e teste de hipóteses, o planejamento, a investigação, a análise dos dados, a conclusão e a comunicação no grupo de coparticipantes. Tais atividades permitiram ir além da dimensão conceitual, explorando os domínios procedimentais, sociais, epistêmicos e atitudinais na construção dos conhecimentos.

Os futuros professores vivenciaram o processo simplificado do fazer científico-tecnológico, envolvendo as dimensões sociais, culturais, políticas, econômicas, ambientais e preocupações ético-morais e de valores sobre QSCT. As controvérsias presentes nas referidas questões proporcionaram a contextualização dos conhecimentos e da natureza da CT. Além disso, houve uma melhora na compreensão dos acadêmicos sobre as QSCT, o que ficou claro nas discussões em sala de aula e na construção dos projetos interdisciplinares e das propostas didáticas investigativas.

Assim, esse processo possibilitou desconstruir algumas visões mais limitadas e reducionistas da natureza da CT, presentes nas concepções iniciais dos acadêmicos. O trabalho, na perspectiva dessa categoria, oferece ainda a oportunidade de entendimento que o corpo de conhecimento da ciência é transitório e que as atividades de CT são construções humanas, históricas e sociais, portanto, mutáveis e falíveis.

O uso do referido modelo e a formação de um grupo de coparticipantes permitiram ampliar as discussões sobre a produção de CT como um processo coletivo (uma prática social), em que pesquisadores/cientistas trabalham juntos para seu desenvolvimento. Isso significa o desenvolvimento de uma maior autonomia/liberdade intelectual, estimulando a discussão, a tomada de decisão mais fundamentada e o posicionamento dos acadêmicos sobre as questões controversas abordadas.

Esse grupo de coparticipantes formado em sala de aula consistiu em uma comunidade, formando um espaço para propor, comunicar, avaliar e legitimar ideias, buscando uma conscientização crítica e coletiva sobre as QSCT. Ademais, favoreceu a problematização das questões sociais, envolvendo as comunidades científicas-tecnológicas e das construções históricas sobre a atividade científico-tecnológica, que limitam e/ou reforçam a suposta concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso da CT.

Os resultados mostram, ainda, que os acadêmicos compreenderam que o desenvolvimento científico-tecnológico não é neutro e que sofre influência de fatores pessoais

dos cientistas/pesquisadores, bem como de interesses econômicos e políticos de empresas, grupos hegemônicos e governos, que financiam esse desenvolvimento.

No que diz respeito à categoria compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos e tecnológicos fundamentais, verificou-se que os grupos, em cada projeto interdisciplinar, aprofundaram as reflexões sobre os conteúdos conceituais e as relações de cooperação entre as áreas do conhecimento e especialistas ligados as QSCT. Dessa forma, pode-se aferir que os acadêmicos entenderam os principais conceitos, pois utilizaram esses conhecimentos para análise crítica e compreensão dessas questões, o que ficou claro no passo retomada e discussão da QSCT inicial e na mostra científica-tecnológica dialógica realizada na comunidade.

Esses conteúdos conceituais englobaram conhecimentos de diferentes disciplinas, para além da dimensão da CT, isso é, envolvendo as dimensões ambientais, sociais, políticas, econômicas, psicológicas e preocupações ético-morais, de valores e de solidariedade. Isso contribuiu para ampliar a compreensão sobre os dilemas sociais relacionados ao âmbito científico-tecnológico, tais como ligados aos desmatamentos e queimadas na floresta Amazônica, efeitos biológicos e ambientais da radiação e rompimento de barragens de rejeitos em mineradoras.

As relações de cooperação estimularam reflexões, no sentido de uma negociação e tomada de decisão mais fundamentada para construção de uma ACT ampliada. Na vivência dessa proposta investigativa, os acadêmicos identificaram diversos conteúdos e relações de cooperação, por exemplo, consultaram especialistas da área de Física e Ciências da Computação para construção de um detector de radiação, a partir de uma placa de arduino.

Assim, os conteúdos conceituais foram utilizados, em situações novas e variadas, pelos acadêmicos em cada projeto interdisciplinar, visando a uma compreensão mais ampla das questões problemas de pesquisa e das QSCT abordadas, isso é, os conteúdos possuíram um papel central na busca de uma transformação educacional e social.

Já na categoria entendimento das inter-relações entre CTS, verificou-se que houve um avanço das compreensões das implicações sociais do desenvolvimento da CT e da suposta concepção de neutralidade e do modelo linear de progresso da CT, sobre as QSCT, em detrimento das concepções iniciais dos acadêmicos.

As respostas foram classificadas em ampliada, plausível e ingênua nos cinco projetos interdisciplinares, em relação aos nove aspectos das inter-relações CTS, propostas por Santos e Schnetzler (2010). As classificações que predominaram consistiram em plausíveis (26

respostas) e ampliadas (12 respostas), mostrando respostas mais elaboradas; as ingênuas (5 respostas), respostas menos elaboradas; e, não responderam (2 respostas).

A partir dessa análise, é possível verificar ainda, como pano de fundo a presença de concepções ligadas à neutralidade e ao modelo linear de progresso da CT, necessitando, assim, de uma maior atenção e ênfase nas discussões dessas inter-relações na formação inicial. Entende-se que é um processo e, em razão disso, essas discussões devem continuar na formação continuada de professores, buscando a superação por completo dessas visões distorcidas de CT.

As contribuições das discussões CTS foram além dos nove aspectos, estabelecendo ligações com o conteúdo CTS (AIKENHEAD, 1994), como, por exemplo, os aspectos sociais das comunidades científicas-tecnológicas. Por outro lado, os resultados sinalizaram a necessidade de se levar em consideração as implicações sociais da ciência e da tecnologia, almejando desmitificar a linearidade, fruto de uma visão essencialista, triunfalista e tradicional de CT, que considera a tecnologia como uma aplicação prática da ciência e que, dessa maneira, não há necessidade de se pensar sobre a dimensão tecnológica que, muitas vezes, segue os mesmos pressupostos da ciência.

Quanto à análise da categoria ativismo sociocientífico fundamentado a partir de um projeto de extensão, observou-se a concretização do ativismo por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, que envolveu um teatro de fantoche, comunicação e divulgação de vídeos, blog e sites, panfletos, maquetes e experimentação. Nesse processo, houve interação dos participantes com materiais e estratégias, para iniciar as discussões sobre as QSCT.

Assim, a vivência de iniciativas de ativismo sociocientífico pelos futuros professores com base em investigação (planejamento, execução e avaliação), contribuiu para formar profissionais com pensamento mais crítico e construtores de conhecimento, visando ao desenvolvimento de uma cidadania mais ativa e responsável. Ademais, notou-se que o ativismo sociocientífico favorece a discussão crítico-reflexivo das QSCT, o desenvolvimento de atitudes, das relações de solidariedade, respeito e cooperação consigo e com os outros, da criatividade e curiosidade e da autonomia.

Nesse sentido, no último momento da pesquisa, fez-se a construção de propostas didáticas investigativas com uso do MABI teórico-prático para o contexto da educação básica (reaplicação pelos acadêmicos). A partir da análise, com a matriz de análise utilizada, verificou-se que a maioria dos indicadores foram totalmente atendidos, por exemplo, o grupo 4 foi classificado como o que atendeu totalmente (63%), atendeu parcialmente (30%) e não

atendeu (7%). Isso pode significar que o MABI teórico-prático contribuiu para reinvenção e promoção de práticas educativas mais investigativas, democráticas e interdisciplinares dos professores em Ciências Biológicas em formação.

Em outras palavras, o referido modelo oportunizou, pelo menos em partes, a superação de uma educação acrítica e descontextualizada no Ensino de Ciências, permitindo a constante ação-reflexão das práticas educativas em formação, desenvolvendo a conscientização coletiva crítica e iniciativas de ativismos fundamentado.

Nesse contexto, esses resultados possibilitaram aferir que o MABI teórico-prático contribuiu para promoção de uma ACT ampliada (conscientização) e a necessária passagem para o ativismo fundamentado na formação inicial dos professores em Ciências Biológicas. Nesse processo, houve um maior envolvimento e participação ativa dos acadêmicos na investigação, análise e resolução de uma questão problema de pesquisa envolvendo as QSCT.

O uso do referido modelo, em uma abordagem interdisciplinar, possibilitou, ainda, aproximações em direção a uma ACT cívica e cultural, proposta por Shen (1975) e uma ACT multidimensional, elencada por Bybee (1997). Ademais, permitiu refletir sobre uma formação dos estudantes com uma maior capacidade e compromisso de tomada de decisão responsáveis e efetivas, em questões de ordem social, com ramificações científicas e tecnológicas, favorecendo uma alfabetização científica-tecnológica crítica muito mais politizada, baseada em QSCT, defendido por Hodson (1998).

Tal processo favoreceu a análise crítica, o desvelamento e superação dos discursos, processos e projetos hegemônicos envolvendo as questões controversas abordadas. As contribuições, ainda, mostraram a articulação das abordagens de ensino por investigação, CTS e de ativismo sociocientífico, como eixos centrais em uma espiral de autorreflexão, com base nos pressupostos da pesquisa-ação participativa crítica.

Esses pressupostos se mostraram fundamentais na formação de um professor problematizador, comprometido, crítico-reflexivo de suas práticas educativas em formação pela ação-reflexão em sala de aula. Isso possibilitou a construção de uma práxis mais autêntica, bem como ajudou a construir uma percepção de necessidade do trabalho coletivo, visando ao debate e ao aprofundamento em todo processo de ensino e de aprendizagem, como defendido por Carvalho e Gil-Pérez (2011). Entende-se, todavia, que esse trabalho coletivo de ação-reflexão é possível apenas quando a formação inicial e continuada de professores se aproximar do modelo de racionalidade crítica.

Por fim, o MABI teórico-prático favoreceu a abordagem (articulados ou não) dos domínios epistêmicos, sociais, procedimentais, conceituais e atitudinais na construção dos

conhecimentos envolvendo QSCT. Entendem-se as relações entre os domínios e os objetivos educacionais das QSCT, a amplificação das discussões sobre a dimensão tecnológica, bem como a necessidade de avançar para o ativismo fundamentado como contribuições importantes do trabalho.

Em relação às dificuldades e limitações da inserção do referido modelo na formação inicial de professores em Ciências Biológicas, apontam-se as dificuldades de se abordar três QSCT e os seis projetos interdisciplinares ao mesmo tempo. Entende-se que essa diversidade de questões e perspectivas dos projetos enriqueceu o processo, porém, essa quantidade dificultou um maior aprofundamento das discussões, o acompanhamento e a orientação mais efetiva com os grupos e, de maneira individual, com os acadêmicos. Uma maneira de resolver isso é discutir uma QSCT por vez, em cada ciclo espiralado de autorreflexão, abordando, nesse processo, as múltiplas perspectivas da questão controversa.

Sobre o grau 3 de autonomia/liberdade intelectual e de ação utilizados na pesquisa, a partir das reflexões e amadurecimento da prática educativa, constatou-se a necessidade de fazer uma transição de graus de autonomia menores para mais elevados (Apêndice C). Isso é importante para uma familiarização dos acadêmicos de maneira gradativa, pois, conforme suas concepções iniciais, a abordagem de ensino baseado em investigação não havia sido trabalhada até aquele momento na graduação.

Nesse sentido, outro desafio enfrentado consistiu na autogestão do tempo pelos acadêmicos e da não realização das leituras de alguns textos indicados (artigos científicos e capítulos de livros). Esses desafios foram enfrentados pelo grupo de coparticipantes, com base no diálogo e estabelecimento de consensos, por isso, essas fragilidades foram sendo, aos poucos, superadas.

A pandemia pelo novo coronavírus da Sars-CoV-2, que causa a doença COVID-19, atrapalhou o alargamento de realização de algumas ações. A ideia consistia em estabelecer um diálogo com professores que atuam na educação básica, por meio de um projeto de extensão associado à pesquisa, para realização de um processo de formação, com utilização do aplicativo *inquiry* (produto educacional da pesquisa). Todavia, esse processo não se encerra aqui, pois se pretende proporcionar novos processos e diálogos na formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza.

Compreende-se, também, que uma das limitações do estudo foi a não discussão coletiva das propostas didáticas investigativas no encerramento da disciplina. Isso ocorreu devido à falta de tempo e à quantidade de ações realizadas. Dessa maneira, verificou-se a necessidade de oportunizar um espaço para sanar possíveis lacunas e reestruturar as propostas

no processo formativo. Isso significa refletir coletivamente sobre cada indicador na matriz de análise, identificando suas potencialidades e fragilidades com os acadêmicos.

No entanto, destaca-se que a construção das propostas ocorreu paralelamente com o desenvolvimento dos projetos interdisciplinares, portanto, cada passo do MABI teórico-prático foi problematizado no processo.

Além disso, é importante avançar no uso do modelo, como, por exemplo, dando maior atenção aos indicadores 26, 29 e 36 na matriz de análise, os quais, na construção das propostas didáticas, não foram contemplados. Esses indicadores referem-se ao detalhamento, por escrito, dos procedimentos (plano de trabalho), na oportunidade de reflexão sobre as estratégias utilizadas na investigação e na sistematização individual dos conhecimentos construídos sobre as QSCT.

Entende-se que a não participação do grupo 2, que desenvolveu o projeto interdisciplinar “Queimadas na floresta Amazônia e as abelhas nativas”, na realização do passo 3 “análise das inter-relações CTS e de ativismo”, bem como na construção da proposta didática investigativa final, foram limitações desse estudo.

Essa não participação deve ter ligação, em grande parte, com o volume de atividades realizadas e a gestão do tempo pelo grupo, pois os acadêmicos vivenciaram o processo com uso do referido modelo e, posteriormente, desenvolveram propostas didáticas para o contexto da educação básica.

Em estudos futuros, apontam-se as possibilidades de explorar o MABI teórico-prático, em discussões de diferentes QSCT na formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza, como: saúde humana (pandemia pelo novo coronavírus Sars-Cov-2); guerras (energia nuclear e armas de destruição em massa); inteligência artificial, dentre outros.

Esse processo pode ser realizado com utilização do aplicativo *inquiry*, produto educacional associado à tese, que permite o contato com abordagens articuladas no modelo e, no final, possibilita gerar uma proposta didática investigativa. Ademais, sugere-se a aplicação desse modelo em diferentes contextos na educação básica, bem como o uso da matriz de análise para avaliação das propostas construídas. Em desdobramento futuro, aponta-se a necessidade de validação do aplicativo em contexto educativo.

O aplicativo *inquiry* pode ser utilizado para planejamento e execução de aulas em diferentes graus de autonomia/liberdade intelectual e de ação oferecidos aos estudantes. O uso do MABI teórico-prático estimula a construção de práticas educativas e projetos



investigativos e interdisciplinares, visando à promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado.

Nesse sentido, as aproximações entre o ativismo sociocientífico e o ensino por investigação é outra possibilidade, bem como o aprofundamento das relações e conexões (ou não) entre os domínios dos conhecimentos (epistêmicos, sociais, atitudinais, procedimentais e conceitual) e os objetivos educacionais sobre as QSCT no Ensino de Ciências.

Além disso, é possível apontar como possibilidade para estudos futuros a ampliação das discussões sobre o processo de ensino e de aprendizagem baseado em investigação, com o uso de tecnologias móveis no contexto brasileiro.

O aprofundamento das discussões sobre a dimensão tecnológica (conteúdos, processos, sistemas, produtos e natureza) e suas relações sistêmicas é uma necessidade urgente no Ensino de Ciências, pois, frequentemente, a alfabetização tecnológica é assumida como uma consequência natural da alfabetização científica. Assim, essa preocupação vai ao encontro das reflexões de Prsybyciem, Silveira e Miquelin (2021), quando apontam que a dimensão tecnológica deve ser incluída de maneira explícita nas discussões no Ensino de Ciências e na própria área CTS.

É possível avançar para a articulação entre o movimento CTS e o pensamento educacional de Paulo Freire, em uma abordagem interdisciplinar, como uma práxis que contribui para uma educação científica-tecnológica mais crítica, uma compreensão mais ampla da suposta concepção de neutralidade da CT e para construção de processos contra-hegemônicos na educação, estimulando ações sociais fundamentadas para compreender, analisar e superar discursos, projetos e processos hegemônicos ligados as QSCT.

Portanto, a promoção de uma ACT ampliada e do ativismo fundamentado podem possibilitar a construção de uma imagem mais real da atividade científica-tecnológica e a construção de uma cidadania mais ativa e responsável, formando, assim, um professor problematizador, comprometido e crítico-reflexivo de suas próprias práticas educativas em formação, bem como para compreensão do seu papel de agente de transformação social e educacional.

Assim, incentiva-se o uso do MABI teórico-prático e do aplicativo *inquiry* em outros trabalhos que busquem essa promoção, em diferentes contextos na formação inicial e continuada de professores da área de Ciências da Natureza, bem como em sala de aula na educação básica. Ademais, as propostas geradas podem ser avaliadas pela utilização da matriz de análise elaborada na pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ABD-EL-KHALICK, F.; *et al.* Inquiry in science education: International perspectives. **Science Education**, v. 88, n. 3, p. 397-419, abr. 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/sce.10118>. Acesso em: 02 mar. 2020.

ACEVEDO, J. A. Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de Educación Secundaria en formación inicial. **Bordón**, v. 1, n. 52, p. 5-16, 2000.

ACEVEDO, J. A. Modelos de relaciones entre ciencia y tecnología: un análisis social e histórico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 2, n. 3, p. 198-219, 2006.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; ALONSO, Á. V.; MAS, M. A. M.; ROMERO, P. A. Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 1, n. 1, p. 1-27, 2002.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MAS, M. A. M. ACEVEDO-ROMERO, P. Consensos sobre la Naturaleza de la Ciencia: Fundamentos de una Investigación Empírica. **Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien**, v. 4, n. 1, p. 42-66, jan. 2007. Disponível em: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3833/3410> . Acesso em: 07 fev. 2022.

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MAS, M. A. M. Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 2, p. 89-111, 2003.

AIKENHEAD, G. Consequences to learning science through STS: a research perspective. *In*: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. (Ed). **Science—Technology—Society Education: International Perspectives on Refonn**. New York: Teachers College Press, 1994.

ALBANO, N. J. A. Ensino de multimedia e ativismo social. **Interacções**, v. 11, n. 36, p. 47-67, 2015. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/interaccoes/article/view/7248>. Acesso em: 08 jun. 2020.

ALSOP, S.; BENCZE, L. Activism! Toward a More Radical Science and Technology Education. *In*: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds). **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer Press, 2014. p. 1-18.

ALVES, R. O.; MUNIZ, C. A. Inéditos-viáveis na formação continuada de educadoras matemáticas. **Ciência & Educação**, v. 25, n. 1, p. 75-92, jan-mar. 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/gVKRNXXtVjKZPxy469hsjJv/?lang=pt>. Acesso em 02 fev. 2020.

AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (AAAS).

**Project 2061 Science for All Americans:** Education for a changing future. Washington: AAAS, 2001. Disponível em: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/>. Acesso em: 29 nov. 2019.

ANDERSON, R. D. Reforming science teaching: What research says about inquiry. **Journal of science teaching education**, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2002. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1015171124982> . Acesso em: 07 fev. 2022.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 15-27, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/cpQBQWf3L6SQWqnff9M4NrF/?lang=pt> . Acesso em: 07 fev. 2022.

ARAGÃO, S. B. C. **Alfabetização científica:** concepções dos professores de química. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2014.

ARAGÃO, S. B. C. **Alfabetização científica na formação inicial de professores de Ciências:** análise de uma unidade curricular planejada nessa perspectiva. 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

ARAGÃO, S. B. C.; MARCONDES, M. E. R. Fundamentals of Scientific Literacy: A Proposal for Science Teacher Education Program. **Literacy Information and Computer Education Journal**, v. 9, n. 4, p. 3037-3045, 2018. Disponível em: <https://infonomics-society.org/wp-content/uploads/Fundamentals-of-Scientific-Literacy.pdf> Acesso em: 28 abr. 2020.

ARAÚJO, A. O. **O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de química.** 2008. Dissertação (Mestrado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2008.

ATANAZIO, A. M. C.; LEITE, A. M. Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a formação de professores: tendências de pesquisa. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 88-103, 2018. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/947> . Acesso em: 07 fev. 2022.

AULER, D. Alfabetização Científico-Tecnológica: um novo “paradigma”? **Ensaio -Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte (BH), v. 5, n. 1, p. 1-16, mar. 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s1983-21172003000100068&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s1983-21172003000100068&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso em 02 mar. 2020.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: Pressupostos para o Contexto Brasileiro. **Revista Ciência e Ensino**, v. 1, n. esp., p. 1-20, nov. 2007. Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/download/147/10>. Acesso em: 24 nov. 2019.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82610> . Acesso em: 02 mar. 2020.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico-Tecnológica Para Quê?. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte (BH), v. 3, n. 1, p. 122-134, jul-dez, 2001. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172001000200122&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172001000200122&script=sci_arttext) . Acesso em: 02 mar. 2020.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337-355, 2006.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Investigação de temas CTS no contexto do pensamento latino-americano. **Linhas críticas**, v. 21, n. 45, p. 275-296, 2015. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/4525>. Acesso em: 04 maio. 2020.

AZINHAGA, P. F.; MARQUES, A. R.; REIS, P. Investigação e Inovação Responsáveis em contexto educativo: percepções de alunos e professores quanto às potencialidades e limitações das atividades propostas no âmbito do Projeto IRRESISTIBLE. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 2034-2046, jul. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/24509> . Acesso em: 07 fev. 2022.

BACCIN, B. A.; COUTINHO, R. X. O que é Ciência? Concepções de Licenciandos em Ciências Biológicas. **Revista Ciências & Ideias**, v. 9, n. 2, p. 60-80, 2018. Disponível em: <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/reci/article/view/820/581>. Acesso em: 17 set. 2021.

BAPTISTA, M.; REIS, P.; ANDRADE, V. Let's save the bees! An environmental activism initiative in elementary school. **Visions for Sustainability**, v. 9, p. 41-48, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/34103>. Acesso em: 28 abr. 2020.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016. 279 p.

BARROW, L. H. A brief history of inquiry: From Dewey to standards. **Journal of Science Teacher Education**, v. 17, n. 3, p. 265-278, 2006.

BARTON, A. C.; TAN, E. "It Changed Our Lives": Activism, Science, and Greening the Community. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 10, n. 3, p. 207-222, 2010. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14926156.2010.504480> . Acesso em: 07 fev. 2022.

BASSOLI, F.; LOPES, J. G. S.; CÉSAR, E. T. Reflexões sobre experiências de formação continuada de professores em um centro de ciências: trajetória, concepções e práticas formativas. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 4, p. 817-834, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/5pfQLg6FWgQ7SXc5rhNJv4y/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em 07 fev. 2022.

BASTOS, A. P. S. **Potenciais problemas significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural**. 2017. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017.

BAZZO, W. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**. 4 ed. Florianópolis: UFSC, 2014.

BAZZO, W. A.; VON LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. (Eds.) **Introdução aos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)**. Madrid: OEI, 2003.

BENCZE, L.; CARTER, L. Globalizing Students Acting for the Common Good. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 48, n. 6, p. 648-669, maio. 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tea.20419> . Acesso em: 07 fev. 2022.

BENCZE, L.; SPERLING, E. R. Student-teachers as advocates for student-led research-informed socioscientific activism. **Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education**, v. 12, n. 1, p. 62-85, mar. 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14926156.2012.649054> . Acesso em: 07 fev. 2022.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, jan. 2002. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6607/6099>. Acesso em 20 de fev. 2020.

BOZATSKI, M. F. **Por que a tecnologia importa?** as possibilidades e as consequências das tecnologias nos contextos científico e social. 2018. Tese (Doutorado em Filosofia) - Programa de Pós-Graduação em Filosofia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em 15 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+): Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf> Acesso em 15 abr. 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf> . Acesso em 15 abr. 2020.

BRASIL. **Resolução CNE/CP número 2**, de 1º de julho de 2015. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior e para a formação continuada, 2015.

BYBEE, R. W. **Reforming Science Education**: social perspectives e personal reflections. New York and London: Teachers College, Columbia University, 1993.

BYBEE, R. W. **The Teaching of Science: 21st Century Perspectives**. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association, 2010.

BYBEE, R. W. Towards an understanding of scientific literacy. *In*: GRÄBER, W.; BOLTE, C. (Eds). **Scientific literacy**. Kiel: IPN, 1997.

BYBEE, R. W.; TAYLOR, J.; GARDNER, A.; SCOTTER, P.; POWELL, J.; WESTBROOK, A.; LANDES, N. **The BSCS 5E instructional model**: Origins, effectiveness and applications. Colorado Springs: BSCS, 2006. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BSCS\\_5E\\_Instructional\\_Model-Full\\_Report.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BSCS_5E_Instructional_Model-Full_Report.pdf). Acesso em: 14 jul. 2020.

CACHAPUZ, A.; *et al.* (Orgs.). **A necessária renovação do ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CAMPOS, N. F.; SCARPA, D. L. Que desafios e Possibilidades Expressam os Licenciandos que Começam a Aprender sobre Ensino de Ciências por Investigação? Tensões entre Visões de Ensino Centradas no Professor e no Estudante. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 2, p. 727-759, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4811> . Acesso em: 07 fev. 2022.

CARR, W.; KEMMIS, S. **Becoming Critical**: Education, Knowledge and Action Research. London and Philadelphia: The Palmer Press, 1986.

CARVALHO, A. M. P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2016, p. 1-152.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**: tendências e inovações. 10. Ed. São Paulo: Cortez, 2011, p. 127.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 43-55, set-dez. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/KMMfk3s86fdK6pTrKmcnFBD/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

CARVALHO, G. S. Literacia científica: conceitos e dimensões. *In:* AZEVEDO, F.; SARDINHA, M. G. (Orgs.). **Modelos e práticas de Literacia**. Lisboa: Lidel, 2009, p. 179-194.

CEREZO, J. A. L. Ciencia, Tecnología y Sociedad: El estado de la cuestión em Europa y Estados Unidos. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 18, n. s/n, p. 41-68, 1998. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/article/view/1091>. Acesso em: 27 abr. 2020.

CHASSOT, A. **Alfabetização Científica: questões e desafios para a educação**. 7. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2017.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, v. s/n, n. 22, p. 89-100, abr. 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?form>. Acesso em: 26 abr. 2020.

CHAMBERS, D. W. Stereotypic images of the scientist: the drawascientist test. **Science Education**, v. 67, n. 2, p. 255-265, 1983. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.3730670213>. Acesso em: 08 nov. 2021.

CHRISPINO, A. **Introdução aos Enfoques CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade** - na educação e no ensino. Documentos de trabajo de iberciencia, 4. OEI - Iberciencia e Consejería de Economía, Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía, 2017. Disponível em: <https://aia-cts.web.ua.pt/?p=1502>. Acesso em: 08 maio 2020.

CHRISPINO, A.; HELEONORA, B. Análise preliminar do PIEARCTS no rio de janeiro: o exemplo do conceito de tecnologia. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, p. 2984- 2989, 2009.

CHRISTIDOU, V. Interest, attitudes and images related to science: combining students' voices with the voices of school Science, teachers, and popular science. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 6, n. 2, p. 141-159, 2011.

COLUCCI-GRAY, L.; CAMINO, E. From knowledge to action? Re-embedding science learning within the planet's web. In ALSOP, S.; BENCZE, L. (Eds.). **Activism in science and technology education**, London: Springer, pp. 149-164, 2014.

CONCEIÇÃO, T.; BAPTISTA, M.; REIS, P. La contaminación de los recursos hídricos como punto de partida para el activismo socio-científico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 1502-1-1502-13, 2019. Disponível em: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4194>. Acesso em: 02 mar. 2020.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Eds.). **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFA, 2018, p. 570.

CORTEZ, J.; DEL PINO, J. C. As Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Licenciatura em Ciências da Natureza e o Enfoque CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 1, p. 27-47, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4600>. Acesso em: 27 abr. 2020.

CUTCLIFFE, S. H. **Ideas, Máquinas y valores: los estudios de ciencia, tecnología y sociedad**. Barcelona: Anthropos; México: UNAM, 2003.

DAGNINO, R. Os Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade e a abordagem da Análise de Política: teoria e prática. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp., p. 1-12, 2007. Disponível em: <http://200.133.218.118:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/148/107> . Acesso em: 07 fev. 2022.

DAGNINO, R.; THOMAS, H.; DAVYT, A. El pensamiento en ciencia, tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. **Redes**, v. 3, n. 7, p. 13-51, set. 1996. Disponível em: <https://ridaa.unq.edu.ar/bitstream/handle/20.500.11807/504/03R1996v3n7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 30 abr. 2020.

DEBOER, G. E. **Historical Perspectives on Inquiry Teaching in Schools**. In: Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning and teacher education organizado por FLICK, L.B.; LIDERMAN, N.G. Springer, 2006.

DEBOER, G. E. Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 37, n. 6, p. 582-601, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1098-2736%28200008%2937%3A6%3C582%3A%3AAID-TEA5%3E3.0.CO%3B2-L> . Acesso em: 07 fev. 2022.

DECONTO, D. C. S.; CAVALCANTI, C. J. D.; OSTERMANN, F. A Perspectiva Ciência, Tecnologia e Sociedade na Formação Inicial de Professores de Física: Estudando Concepções a Partir de uma Análise Bakhtiniana. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 87-119, nov. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2016v9n2p87>. Acesso em: 27 out. 2021.

DINIZ-PEREIRA, J. E. Da racionalidade técnica à racionalidade crítica: formação docente e transformação social. **Revista de Educação e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 34-42, jun. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/persdia/article/view/15>. Acesso em: 07 fev. 2022.

DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. **Review of Research in Education**, v. 32, n. 1, p. 268-291, fev. 2008. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0091732X07309371?journalCode=rrea>. Acesso em: 07 fev. 2022.



DUTRA, G. E.; OLIVEIRA, E. C.; DEL PINO, J. C. Alfabetização Científica e Tecnológica na formação do cidadão. **Revista Signos**, v. 38, n. 2, p. 56-62, 2017. Disponível em: <http://www.univates.br/revistas/index.php/signos/article/view/1375>. Acesso em: 16 de mar. 2020.

EVAGOROU, M.; ALBE, V.; ANGELIDES, P.; COUSO, D.; CHIRLESAN, G., EVANS, R.; DILLON, J.; GARRIDO, A.; GUVEN, D.; MUGALOGLU, E.; NIELSEN, J. A. Preparing pre-service science teachers to teach socio-scientific (SSI) argumentation. **Journal of Science Teacher Education**, v. 69, p. 39-48, 2014.

EVAGOROU, M.; MAURIZ, P. B. Engaging elementary school pre-service teachers in modeling a socioscientific issue as a way to help them appreciate the social aspects of science. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, v. 5, n. 2, p. 113-123, 2017.

FIRME, R. N.; AMARAL, E. M. R. Concepções de professores de química sobre ciência, tecnologia, sociedade e suas inter-relações: um estudo preliminar para o desenvolvimento de abordagens CTS na sala de aula. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 14, n. 2, p. 251-269, set. 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/vR6KfkVFNqT6kFx4kZGhFPJ/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

FOUREZ, G. **Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires, Argentina: Ediciones Colihue, 1997.

FOUREZ, G. **Crise no ensino de ciências?** Revista Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/542>. Acesso em: 28 out. 2021.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O Ensino de Ciências por Investigação em Construção: Possibilidades de Articulações entre os Domínios Conceitual, Epistêmico e Social do Conhecimento Científico em Sala de Aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 20, p. 687-719, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/19262>. Acesso em: 15 nov. 2021.

FRANCO, M. L. P. B. **Análise de Conteúdo**. 5 ed. Campinas: Editora Autores Associados, 2018.

FREIRE, A. M. A. Notas explicativas. In: FREIRE, Paulo (Org.). **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 21. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2014. p. 273-333.

FREIRE, P. **A educação na cidade**. São Paulo: Cortez, 1991.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 1989.

FREIRE, P. **Ação cultural para liberdade**. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2010.

FREIRE, P. **Conscientização: teoria e prática da libertação: uma introdução ao pensamento de Paulo Freire**. 3. ed. São Paulo: Moraes, 1980.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 1 ed. São Paulo: Paz e Terra, 1967.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Ega, 1996.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 62. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2016.

FREIRE, P. **Política e educação: ensaios**. 5 ed. São Paulo: Cortez, 2001.

FREITAS, R. A. M. M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 2. p. 403-418, 2012. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-97022012000200009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1517-97022012000200009&script=sci_arttext&tlng=pt). Acesso em: 12 ago. 2020.

FURTAK, E. M.; SEIDEL, T.; IVERSON, H.; BRIGGS, D. C. Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. **Review of Educational Research**, v. 82, n. 3, p. 300-329, set. 2012. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3102/0034654312457206>. Acesso em: 17 nov. 2020.

GARCÍA, M. I. G.; CERESO, J. A.L; LÓPEZ, L, J. L. **Ciência, tecnologia y sociedad: Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología**. Madrid: Editorial Tecnos, 1996, p. 324. Disponível em: [www.oei.es/historico/ctsipanam/cp4elec.pdf](http://www.oei.es/historico/ctsipanam/cp4elec.pdf). Acesso em: 27 abr. 2020.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, N. G. Indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão: um princípio necessário. **Perspectiva**, v. 33, n. 3, p. 1229-1256, abr. 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2015v33n3p1229>. Acesso em: 27 fev. 2020.

GRAY, D.; COLUCCI-GRAY, L.; CAMINO, E. (Eds.). **Science, Society and Sustainability: Education and Empowerment for an Uncertain World**. London: Routledge Research, 2009, p. 224.

HODSON, D. Becoming Part of the Solution: Learning about Activism, Learning through Activism, Learning from Activism. *In*: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds.). **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer Press, 2014. p. 67-98.

HODSON, D. **Looking to the future. Building a curriculum for social activism.** The Netherlands: Sense Publishers, 2011.

HODSON, D. Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. *In:* CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. N (Eds.). **Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas.** Salvador: EDUFA, 2018, p. 27-57.

HODSON, D. **Teaching and learning science:** towards a personalized approach. Buckingham: Open University, 1998, 200 p.

HODSON, D. Time for action: Science education for an alternative future. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 6, p. 645-670, 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690305021> . Acesso em: 07 fev. 2022.

HURD, D. P. Science literacy: its meaning for American schools. **Journal of the Association for Super Vision and Curriculum Development**, p. 13-52, set. 1958. Disponível em: <https://www.ascd.org/el/articles/science-literacy-its-meaning-for-american-schools> . Acesso em: 07 fev. 2022.

HURD, D. P. Scientific literacy: new minds for a changing world. **Journal of Science Education**, [s. l.], v. 82, n. 3, p. 407-416, 1998.

IHDE, D. **Tecnologia e o Mundo da Vida - Do Jardim a Terra.** Tradução de Maurício Fernando Bozatski, Chapecó: Editora da UFFS, 2017.

IRWIN, A. **Ciência cidadã:** Um estudo das pessoas, especialização e desenvolvimento sustentável. Trad. Aubyn, M. S. Lisboa: Piaget, 1998.

JACOBUCCI, D. F. C. **Formação continuada de professores em centros e museus de Ciências no Brasil.** 2006. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2006.

JACOBUCCI, D. F. C.; JACOBUCCI, G. B.; MEGID-NETO, J. Experiências de formação de professores em centros e museus de ciências no Brasil. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 118-136, 2009.

JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 7, p. 703-710, 1999. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095006999290363>. Acesso em: 07 fev. 2022.

JENSEN, B. B. Knowledge, action and pro-environmental behaviour. **Environmental Education Research**, v. 8, n. 3, p. 325-334, 2002. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13504620220145474>. Acesso em: 07 fev. 2022.

KELLY, G. J.; LICONA, P. Epistemic Practices and Science Education. *In*: MATTHEWS M. R. (Ed). **History, Philosophy and Science Teaching: New Perspectives**. Cham, Switzerland: Springer Press, 2018. p. 139-165.

KEMMIS, S.; MCTAGGART, R.; NIXON, R. **The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research**. Singapore: Springer, 2014.

KEMP, A. C. Science Educator's Views on the Goal of Scientific Literacy for All: An Interpretive Review of the Literature. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. New Orleans, 2000. Disponível em: <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED454099.pdf>. Acesso em: 1 abr. 2020.

KNIPPELS, M.C.P. J.; VAN HARSKAMP, M. An Educational Sequence for Implementing Socio-Scientific Inquiry-Based Learning (SSIBL). **Science and society**, v. 100, n. 371, p. 46-52, dez. 2018.

KOEPSEL, R. **CTS no Ensino Médio - Aproximando a escola da sociedade**. 2003. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003.

KOLSTOE, S. Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. **Science Education**, v. 85, n. 3, p. 291-310, abr. 2001. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.1011>. Acesso em: 07 fev. 2022.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 5. Ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 1997.

LEVINSON, R. Introducing socio-scientific inquiry-based learning (SSIBL). **Science and society**, v. 100, n. 371, p. 31-35, dez. 2018.

LEVY, B. L. M.; THOMAS, E. E.; DRAGO, K.; REX, L. A. Examining Studies of Inquiry-Based Learning in Three Fields of Education: Sparking Generative Conversation. **Journal of Teacher Education**, v. 64, n. 5, p. 387-408, jul. 2013. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0022487113496430>. Acesso em: 07 fev. 2022.

LINHARES, E. F.; REIS, P. Capacitação de Futuros Professores para a Ação Sociopolítica através de Exposições Interativas. **Linhas Críticas**, v. 25, 11 fev. 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/19700>. Acesso em: 12 nov. 2020.

LINHARES, E. F.; REIS, P. Formar futuros professores para a ação sociopolítica no contexto da educação em ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, 2018. Disponível em: <https://periodicos.utfrpr.edu.br/rbect/article/view/5243>. Acesso em: 12 nov. 2020.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. EPU: São Paulo, 1986.

MAGNUSSON, S.; PALINCSAR, A.; TEMPLIN, M. Community, culture, and conversation in inquiry-based instruction. *In*: FLICK, L.; LEDERMAN, N. (Eds). **Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching for teaching, learning, and teacher education**. Dordrecht: Springer, 2006, pp. 131-155.

MANSOUR, N. Science-Technology- Society (STS): A new paradigm in Science Education. **Bulletin of science, technology and society**, v. 29, n. 4, p. 287-297, 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/STSanewparadigm.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2020.

MARQUES, A. R.; REIS, P. Producción y difusión de vídeos digitales sobre contaminación ambiental. Estudio de caso: Activismo colectivo basado en la investigación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 14, n. 1, p. pp. 215-226, nov. 2016. Disponível em: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/3011>. Acesso em: 4 jun. 2020.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. **Questões sociocientíficas na prática docente: Ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo: Editora Unesp, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/113713>. Acesso em: 27 abr. 2020.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F.; CARVALHO, W. L. P. Contribuições e dificuldades da abordagem de questões sociocientíficas na prática de professores de ciências. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 3, p. 727-741, 2012. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/ep/article/view/47905/51642>. Acesso em: 17 maio 2020.

MORAES, R. **Análise de conteúdo**. Revista Educação, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

MORAIS, M. M. **Net-Ativismo e Ações Colaborativas nas Redes Sociais Digitais**. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) - Faculdade de Ciências Sociais e Humana, Universidade Nova de Lisboa. Portugal, 2018.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. **Caderno catarinense de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7275/14939> . Acesso em: 12 fev. 2022.

MORETT, L. O.; VILLAMAR, A. A.; ANYUL, M. P. Interdisciplina y transdisciplinas frente a los conocimientos tradicionales. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad-CTS**, v. 13, n. 38, p. 135-153, 2018. Disponível em: <http://ojs.revistacts.net/index.php/CTS/article/view/71>. Acesso em: 07 fev. 2022.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172007000100089](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089). Acesso 18 dez. 2020.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **National science education standards**. Washington, DC: National Academy of Sciences, 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Inquiry and the National Science Education Standards**. Washington, DC: National Academy of Sciences, 2000.

NETTO, R. S.; AZEVEDO, M. A. R. Concepções e modelos de formação de professores: reflexões e potencialidades. **Boletim Técnico do Senac**, v. 42, n. 2, p. 1-17, 2018. Disponível em: <https://www.bts.senac.br/bts/article/view/530> . Acesso em: 07 fev. 2022.

PACEY, A. **La cultura de la tecnología**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

PEDASTE, M.; *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47, 61, fev. 2015. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X15000068>. Acesso 18 dez. 2020.

PEDRETTI, E.; NAZIR, J. Currents in STSE Education: mapping a complex field, 40 years on. **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 601-626, 2011.

PELLA, M. O.; O'HEARN, G. T.; GALE, C. W. Referents to scientific literacy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 4, p. 199-208, 1966.

PEREIRA, L. L. **O desenvolvimento de competências científicas nas perspectivas do ensino de ciências por investigação e do programa internacional de avaliação de estudantes: a procura de possíveis pontos de convergência e de tensão**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2016.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71-84, abr. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S97k6qQ6QxbyfyGZ5KysNqs/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

PINHEIRO, T. F.; PIETROCOA, M.; ALVES FILHO, J. P.; RODRIGUES, C. D. O. Um exemplo de uma ilha de racionalidade em torno da noção de energia. VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - VII EPEF. **Ata eletrônica (CD-ROM)**. Florianópolis, 2000.

PIO, M. C. S.; SOUZA, K. S.; SANTANA, G. P. Capacidade da *Lemna aequinoctialis* para acumular metais pesados de água contaminada. **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 203-210, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/W8XG9Xyxjf8Qf9kfMQQsTbQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 27 nov. 2021.

POCINHO, R. F. S.; GASPAR, J. P. M. O uso das TIC e as alterações no espaço educativo. **Revista EXEDRA**, v. s/v, n. 6, p. 143-154, 2012.

POLIGNANO, M. V.; LEMOS, R. S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba. **Ciência e Cultura**, v. 72, n. 2, p. 37-43, abr-jun. 2020. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252020000200011](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252020000200011). Acesso em: 07 fev. 2022.

PRETTO, N. L. **Reflexões: ativismo, redes sociais e educação**. Salvador: EDUFBA, 2013.

PRSYBYCIEM, M. M. **A experimentação investigativa em um enfoque CTS no ensino das funções químicas inorgânicas ácidos e óxidos na temática ambiental**. 2015. 212 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/2351>. Acesso em: 11 mar. 2020.

PRSYBYCIEM, M. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; MIQUELIN, A. F. Ativismo sociocientífico e Questões sociocientíficas no ensino de Ciências: e a dimensão tecnológica? **Ciência & Educação**, v. 27, p. 1-21, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/JWLHDqC9YjPwwwQj3SZFWyH/?format=pdf&lang=pthttp://www.scielo.br/j/ciedu/a/JWLHDqC9YjPwwwQj3SZFWyH/>. Acesso em: 03 fev. 2022.

RAMSEY, J. The science education reform movement: implications for social responsibility. **Science Education**, v. 77, n. 2, p. 235-258, 1993.

RATCLIFFE, M. Discussing socio-scientific issues in science lessons: pupils' actions and the teacher's role. **School Science Review**, v. 79, n. 288, p. 55-59, 1997.

RAUCH, F.; RADMANN, D. How Socio-Scientific Inquiry Based Learning (SSIBL) promotes inquiry in climate issues - An example for enacting socio-scientific issues in science education. **Action Research and Innovation in Science Education**, v. 3, n. 2, p. 43-45, jun. 2020. Disponível em: <https://www.arisejournal.com/index.php/arise/article/view/35>. Acesso em: 07 fev. 2022.

REIS, P. A discussão de assuntos controversos no ensino de ciências. **Inovação**, v. 12, p. 107-112, 1999.

REIS, P. Acción socio-política sobre cuestiones socio-científicas: reconstruyendo la formación docente y el currículo. **Uni-Pluri/versidad**, v. 14, n. 2, p. 16-26, 2014. Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/unip/article/view/20051>. Acesso em: 04 un. 2020.

REIS, P. Da discussão à ação sócio-política sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/1028/498>. Acesso em 27 fev. 2020.

REIS, P. O “**admirável mundo novo**” em discussão. Lisboa: Ministério da Educação, 2003. 70 p.

REIS, P.; MARQUES, A. R. (Coords.). **A investigação e inovação responsáveis em sala de aula**. Módulos de ensino IRRESISTIBLE. Lisboa: Instituto de Educação da Universidade de Lisboa, 2016. Disponível em: <http://www.ie.ulisboa.pt/investigacao/publicacoes/ebooks/a-investigacao-e-inovacao-responsaveis-em-sala-de-aulamodulos-de-ensino-irresistible/> . Acesso em: 14 jul. 2020.

RICARDO, E. C. Concepções de tecnologia na formação inicial de professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 3, p. 190-208, 2020. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/1876> . Acesso em: 29 out. 2021.

ROBERTS, D. A. Scientific literacy/science literacy. *In*: ABEL, S. K.; LEDERMAN, N. G. (Ed.). **Handbook of research on science education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2007, p. 729-780.

ROSA, S. E. DA; STRIEDER, R. B. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: verbalizações necessárias para potencializar a constituição de uma cultura de participação. **Linhas Críticas**, v. 25, 11 fev. 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/19701>. Acesso em: 02 fev. 2020.

ROSA, S. E.; AULER, R. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: Problematizando Silenciamentos em Práticas Educativas CTS. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 203-231, nov. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2016v9n2p203>. Acesso em: 07 fev. 2022.

ROTH, W-M.; LEE, S. Science education as/for participation in the community. **Science Education**, v. 88, n. 2, p. 263-291, 2004. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1002/sce.10113>. Acesso em: 08 fev. 2022.

SÁ, E. F. **Discursos de professores sobre ensino de ciências por investigação**. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2009.

SÁ, L. P. **Estudo de casos na promoção da argumentação sobre questões sócio-científicas no Ensino Superior de Química**. 2010. Tese (doutorado em Ciências) Universidade Federal de São Carlos - Centro de Ciências Exatas e da Terra. São Carlos, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/6158/3018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 maio 2020.

SADLER, T. D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, abr. 2004. Disponível em: <http://qsv.ensfea.fr/wp-content/uploads/sites/15/2017/10/5-Sadler-2004-Informal-reasoning-regarding-ss-issues-a-critical-review-of-research.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2021.



SADLER, T. D. Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. **Studies in Science Education**, v. 45, n. 1, p. 1-45, 2009.

SANTANA, U. S.; SEDANO, L. Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, p. 378-403, 2021. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/2391>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, M. E. V. M. **Desafios pedagógicos para o século XXI**. Suas raízes em fontes de mudança de natureza científica, tecnológica e social. Lisboa: Livros Horizonte, 1999.

SANTOS, M. E. V. M. **Que educação? Que Cidadania? Que escola?** (tomoII: Que Cidadania?). Lisboa: Santos-Edu, 2005.

SANTOS, P. G. F.; CARVALHO, W. L. P. A constituição de uma questão sociocientífica em um grupo de professores: um processo polifônico de desvelamento da realidade concreta. - **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 17, p. 1-26, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/1644/2075>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, R. A., AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência-Tecnologia na Sociedade. **Ciência & Educação**, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/HnMjwkVyzZHyZ3jGLcr5HLz/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 02 fev. 2020.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 36, p. 474-550, set-dez. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/C58ZMt5JwnNGr5dMkrDDPTN/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira, **Revista Ensaio**, v. 2, n. 2, p. 110-132, dez. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epcc/a/QtH9SrxpZwXMwbpfpp5jqRL/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4. ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SARAIVA, R. F. S. **Novissimo Dicionario Latino-Portuguez**: etymologico, prosodico, histórico, geographico, mytologico, biographico. Rio de Janeiro: Livraria Garnier, 1924. Disponível em: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/45000036346\\_Output.o.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/45000036346_Output.o.pdf). Acesso em: 13 maio 2020.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. esp., p. 49-67, nov. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/K556Lc5V7Lnh8QcckBTTMcq/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 03 out. 2021.

SASSERON, L. H. Ensino de Ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, dez. 2018b. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SASSERON, L. H. Práticas constituintes de investigação planejada por estudantes em uma aula de ciências: análise de uma situação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 23, p. 1-18, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/5yZCkh6yRxGgHwDFgy4dLbw/abstract/?lang=pt>. Acesso em 7 nov. 2021.

SASSERON, L. H. **Práticas em aulas de ciências**: o estabelecimento de interações discursivas no ensino por investigação. 2018. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018a.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SCHEID, N. M. J.; REIS, P. G. R. As tecnologias da informação e da comunicação e a promoção da discussão e ação sociopolítica em aulas de ciências naturais em contexto português. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 1, p. 129-144, jan-mar. 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/HYJmjs9LZ3xtnFPT3Kk3S9q/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Tradução Daniel Moreira Miranda. São Paulo: Edipro, 2019.

SEDANO, L.; CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências por investigação: Oportunidades de interação social e sua importância para a construção da autonomia moral. **Alexandria: Revista e Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 199-220, maio. 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n1p199>. Acesso em: 07 fev. 2022.

SHEN, B. S. P. Science Literacy: Public understanding of science is becoming vitally needed in developing and industrialized countries alike. **American Scientist**, [S.I.], v. 63, n. 3, p. 265-268, 1975.

SILVA, K. M. A. **Questões sociocientíficas e o pensamento complexo: tecituras para o ensino de ciências**. 2016. Tese (doutorado em Educação) Universidade de Brasília - Faculdade de Educação. Brasília, 2016.

SILVA, M. A. F. B.; *et al.* A contribuição da construção social da tecnologia para a abordagem CTS: desafios a partir dos resultados PIEARCTS. **Interacções**, v. 34. p. 201-221, 2015.

SILVA, P. B. C. DA. **Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina nas décadas de 60 e 70: Análise de obras do período**. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2015.

SPERLING; E.; WILKINSON, T.; BENCZE, L. We got involved and we got to fix it!: action-oriented school science. *In*: BENCZE, L.; ALSOP, S. (Eds). **Activist science and technology education**. Dordrecht: Springer Press, 2014. p. 365-380.

STRIEDER, R. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. Tese - Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SUÁREZ, A.; SPECHT, M.; PRINSEN, F.; KALZ, M.; TERNIER, S. A review of the types of mobile activities in mobile inquiry-based learning. **Computers & Education**, 118, p. 38-55, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131517302397>. Acesso em: 17 maio de 2020.

TAMIR, P. **Practical work at school: An analysis of current practice**. *In*: WOOLNOUGH, B. (Ed.), **Practical Science**. Milton Keynes: Open University Press, 1991.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. - 13. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

TOTI, F. U. **Educação científica e cidadania: as diferentes concepções e funções do conceito de cidadania nas pesquisas em Educação em Ciências**. 2011. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VACCAREZZA, L. S. Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Revista Iberoamericana de Educación**, n. 18, 1998.

VAN UUM, M. S. J.; VERHOEFF, R. P.; PEETERS, M. Inquiry based science education: Towards a pedagogical framework for primary school teachers, **International Journal of Science Education**, v. 38, n. 3, p. 450-469, mar. 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09500693.2016.1147660?needAccess=true> . Acesso em: 17 ago. 2020.

VASCONCELOS, E. R.; FREITAS, N. M. S. Amazônia, entre um olhar científico e um olhar amazônida: pistas para um processo educativo que inicia com as preocupações locais. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 29, n. s/n, p. 1-16, jul-dez. 2012.

VÁZQUEZ-ALONSO, A. Importância da alfabetização científica e do conhecimento acerca da natureza da ciência e da tecnologia para a formação de um cidadão. *In*: MACIEL, M. D.; AMARAL, C. L. C.; GUAZZELLI, I. R. B. (Org). **Ciência, tecnologia e sociedade: pesquisa e ensino**. São Paulo: Terracota, 2010, pp. 43-70.

VON LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. esp., p. 1-19, nov. 2007. Disponível em: <http://200.133.218.118:3535/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/150/108>. Acesso em 29 abr. 2020.

WAHID, A.; SUGIHARTO, D. Y. P.; SAMSUDI, S.; HARYONO, H. Tolerance in inquiry-based learning: building harmony and solidarity in students. **Jurnal Penelitian Sosial Keagamaan**, v. 26, n. 1, p. 147-170, 2018.

WAKS, L. J. A technological Literacy credo. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 7, n. 1-2, p. 357-366, 1987.

ZEIDLER, D. L.; HERMAN, B. C.; SADLER, T. D. New directions in socioscientific issues research. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 1, n. 11, p. 1-9, nov. 2019. Disponível em: <https://diser.springeropen.com/articles/10.1186/s43031-019-0008-7>. Acesso em: 07 fev. 2022.

ZION, M.; COHEN, S.; AMIR, R. The Spectrum of Dynamic Inquiry Teaching Practices. **Research in Science Education**, v. 37, n. 4, p. 423-447, jan. 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11165-006-9034-5>. Acesso em: 07 fev. 2022.

ZOLLER, U.; WATSON, F. G. Technology Education for nonscience students in the secondary school. **Science Education**, v. 58, n. 1, p. 105-116, 1974.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. **Rev. Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, dez. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 07 fev. 2022.

**APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de  
Consentimento para Uso de Imagem e Som de Voz (TCUISV)**

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)  
TERMO DE CONSENTIMENTO PARA USO DE IMAGEM E SOM DE VOZ  
(TCUISV)**

**ACADÊMICOS**

**Título da pesquisa:** Inserção de Atividades Investigativas no Enfoque CTS Apoiadas por Tecnologias Digitais: uma Proposta na Formação Inicial de Professores de Ciências

**Pesquisadores:**

Prof. Ms. Moises Marques Prsybyciem

E-mail: [moises.prsybyciem@uffs.edu.br](mailto:moises.prsybyciem@uffs.edu.br)

Endereço: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa. Av. Monteiro Lobato, s/n - km 04 CEP 84016-210 - Ponta Grossa - PR - Brasil, (42) 3220-4800.

Prof.<sup>a</sup> Orientadora: Dr.<sup>a</sup>. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira

E-mail: [castilho@utfpr.edu.br](mailto:castilho@utfpr.edu.br)

Endereço: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa; Av. Monteiro Lobato, s/n - km 04 CEP 84016-210 - Ponta Grossa - PR - Brasil, (42) 3220-4800.

Prof. Coorientador: Dr. Awdry Feisser Miquelin

E-mail: [awdry@utfpr.edu.br](mailto:awdry@utfpr.edu.br)

Endereço: Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa; Av. Monteiro Lobato, s/n - km 04 CEP 84016-210 - Ponta Grossa - PR - Brasil, (42) 3220-4800.

## **INFORMAÇÕES AO PARTICIPANTE**

### **1 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA**

Prezado(a) participante, você está convidado(a) a participar de uma pesquisa da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campus Ponta Grossa. Os pesquisadores deverão responder todas as suas dúvidas antes que você decida participar. Para participar deste estudo você não terá nenhum custo. Você tem o direito de desistir de participar da pesquisa a qualquer momento, sem nenhuma penalidade e sem perder os benefícios aos quais tenha direito, não acarretando qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador. Antes de concordar em participar desta pesquisa, é muito importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento.

Este projeto de pesquisa situa-se no campo do ensino da área de Ciências da Natureza no âmbito de uma formação inicial de professores de Ciências Biológicas pela investigação/pesquisa no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade - CTS. A formação de professores é uma das temáticas com maior ênfase nos trabalhos de pesquisa em Educação em Ciência. Essa atenção dada se refere, principalmente, na formação inicial de professores, devido à complexidade, dificuldades e implicações vivenciadas nesse processo.

Assim, defende-se a tese de que o ensino baseado por investigação e/ou as atividades investigativas, teóricas e práticas, no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de Questões Sociocientíficas - QSC, precisam fazer parte do processo formativo de

professores, visando melhorar a qualidade em sua formação e a aprendizagem no Ensino de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), o que pode refletir na prática educativa e na metodologia do professor formado.

Por isso, as atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de QSC podem contribuir para formação de professores críticos, com maior participação na construção do conhecimento (maior autonomia intelectual) e no desenvolvimento do processo de tomada de decisão, fazendo com que a ciência e tecnologia e suas implicações sejam abordadas de maneira a contribuir para formação de uma cidadania mais ativa e responsável e para uma alfabetização científica- tecnológica ampliada dos acadêmicos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral:

- Inserir e analisar as potencialidades pedagógicas da inserção de atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas para uma alfabetização científica-tecnológica ampliada na formação inicial de professores de Ciências Biológicas, explorando-se uma situação do contexto nacional.

### 2.2 Objetivos Específicos:

- Investigar as concepções iniciais dos acadêmicos (sondagem para identificação) sobre ensino baseado em investigação, tecnologias digitais e as relações CTS de um curso de formação inicial de professores de Ciências Biológicas;
- Organizar uma formação pedagógica sobre atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de QSC e das inter-relações CTS;
- Aplicar e avaliar a formação pedagógica pela construção de mapas conceituais e de uma proposta didática e projetos interdisciplinares pelos acadêmicos a partir de uma QSC nessa perspectiva de ensino;
- Replanejar as propostas didáticas construídas pelos estudantes para realização de novas ações;
- Desenvolver um projeto de extensão com os estudantes, articulando a Universidade e escolas da educação básica (retomada do processo na prática/novas ações);
- Construir com os estudantes um canal no *YouTube* para socialização dos conhecimentos produzidos no processo de formação pedagógica;
- Desenvolver como produto educacional final, a partir das reflexões dos resultados, um aplicativo para trabalhar as atividades investigativas no enfoque CTS na formação inicial de professores de ciências.

## 3. PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

A pesquisa será realizada com estudantes de graduação, na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UTFPR, Campus Ponta Grossa e a partir de um projeto de extensão possibilitar a articulação com algumas escolas da rede estadual de ensino do município de Ponta Grossa, PR. Sua participação consistirá em responder um mesmo questionário, o que levará cerca de quarenta minutos, também participará de uma formação na referida disciplina, a partir das atividades de investigação no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas, fazendo uma articulação com algumas escolas da educação básica. Os possíveis colégios serão o Colégio estadual Professor Colares, Regente Feijó e Júlio Teodorico. Todavia, a escolha dos colégios dependerá do calendário, planejamento e disponibilidade da

Universidade e escolas. Também, será construído pelos acadêmicos um canal no *YouTube* para socialização e reflexão das atividades realizada durante o processo. Esse contato com as escolas será realizado a partir de uma reunião, agendada, previamente, nas dependências das escolas, pelo pesquisador, orientadora e professor da disciplina (coorientador). Os acadêmicos que não aceitarem participar da pesquisa desenvolveram suas atividades na disciplina Projetos Interdisciplinares 5, com o professor regente, sem nenhum prejuízo.

Endereço Colégios NRE Ponta Grossa/PR - possíveis participantes da pesquisa:

- Colégio Estadual Professor Colares. Endereço: Av. Visc. de Mauá, 650 - Oficinas, Ponta Grossa - PR, 84040-290.
- Colégio Estadual Regente Feijó. Endereço: Rua do Rosário, 194 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84010-150.
- Colégio Estadual Professor Julio Teodorico. Endereço: Rua Balduino Taques, 1168 - Centro, Ponta Grossa - PR, 84043-560.

#### **4 CONFIDENCIALIDADE**

As informações coletadas serão utilizadas exclusivamente para fins desta pesquisa, ficando de domínio restrito o pós-graduando Moises Marques Prsybyciem, sua orientadora Dr<sup>a</sup>. Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira e Coorientador Dr. Awdry Feisser Miquelin. Os dados somente serão utilizados pelo autor da pesquisa mediante a sua autorização, não correrá riscos de exposição, pois seus dados serão mantidos em sigilo e no anonimato.

#### **5. RISCOS E BENEFÍCIOS**

##### **5.1 Riscos:**

Com relação aos riscos oferecidos pelo desenvolvimento da presente pesquisa pode ser esperado o constrangimento e/ou desconforto. Para minimizar a ocorrência dos riscos o pesquisador, durante o estudo, apresentará de forma clara e explicativa os objetivos e os termos da participação, enfatizando o caráter facultativo da adesão, bem como se os participantes desejarem podem escolher um local reservado para responder as questões. O pesquisador percebendo o desconforto do participante imediatamente suspenderá a pesquisa e avaliará a possibilidade junto ao participante de retomá-la.

Os participantes não serão identificados, sendo garantido o sigilo, a privacidade e a sua identidade. Os dados provenientes da pesquisa, ficarão sob os cuidados do pesquisador responsável pelo período de 5 (cinco) anos. Posteriormente, os questionários físicos serão destruídos. Caso os riscos identificados venham a se concretizar o pesquisador responsável coloca-se à disposição para o esclarecimento de qualquer dúvida ou dificuldade. Além disso, caso ocorra algum desconforto, ou mal estar, o participante será encaminhado ao serviço de atendimento médico mais próximo do local da realização da pesquisa, pelos responsáveis do estudo.

##### **5.2 Benefícios:**

Os participantes da pesquisa não terão nenhum benefício financeiro. Todavia, espera-se que os resultados servirão de base para discussões do processo de formação inicial dos acadêmicos no curso. Essas reflexões podem melhorar o processo de ensino e aprendizagem, visando uma alfabetização científica, tecnológica e humana, bem como refletir na prática pedagógica do professor em formação na escola e comunidade. Os resultados deste trabalho serão devolvidos diretamente aos participantes da pesquisa por e-mail.



## 6 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

### 6.1 Inclusão:

A pesquisa será desenvolvida com acadêmicos, regularmente matriculados, na disciplina Projeto Interdisciplinar 5, no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, na UTFPR, Campus Ponta Grossa, no segundo semestre de 2019.

### 6.2 Exclusão:

Não ter cursado a disciplina Projeto Interdisciplinar 4.

## 7 DIREITO DE SAIR DA PESQUISA E A ESCLARECIMENTOS DURANTE O PROCESSO

Informamos, que lhe são assegurados:

- O direito de não participar desta pesquisa, se assim o desejar, sem que isso acarrete qualquer prejuízo.
- O acesso a qualquer momento às informações de procedimentos e benefícios relacionados à pesquisa, inclusive para resolver dúvidas que possam ocorrer.
- A garantia de anonimato e sigilo quanto ao seu nome e quanto às informações prestadas no instrumento. Não serão divulgados nomes, nem qualquer informação que possam identificá-lo (a) ou que estejam relacionados com sua intimidade.
- A liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento, durante o andamento da pesquisa, sem que isto lhe traga prejuízo na instituição.
- Além disso:
- O estudo não acarretará em malefícios e seus resultados trarão benefícios para o desenvolvimento a prática pedagógica, tecnológico e científico. Portanto, sua colaboração e participação poderão trazer benefícios para os futuros profissionais que atuam nesta área e também para o desenvolvimento tecnológico científico.
- Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone da pesquisadora do projeto (54)99977-9038 e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa (41) 3310-4494.

A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios. Você pode assinalar o campo a seguir, para receber o resultado desta pesquisa, caso seja de seu interesse: (  ) quero receber os resultados da pesquisa (email para envio: \_\_\_\_\_) (  ) não quero receber os resultados da pesquisa.

## 8 RESSARCIMENTO E INDENIZAÇÃO

8.1 Ressarcimento: Você não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa para participar desta pesquisa, portanto, sua participação é voluntária.

8.2 Indenização: O participante terá direito a indenização se sofrer por danos morais ao participar desta pesquisa, dependendo da análise judicial de cada caso.

## 9 ESCLARECIMENTOS SOBRE O COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

O Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos (CEP) é constituído por uma equipe de profissionais com formação multidisciplinar que está trabalhando para assegurar o respeito aos seus direitos como participante de pesquisa. Ele tem por objetivo avaliar se a pesquisa foi planejada e se será executada de forma ética. Se você considerar que a pesquisa não está sendo realizada da forma como você foi informado ou que você está sendo

prejudicado de alguma forma, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR).  
**Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Bairro Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, **Telefone:** (41) 3310-4494, **e-mail:** [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br).

### CONSENTIMENTO

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo. Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, livre e voluntariamente, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento obtenham *fotografia, filmagem ou gravação de voz*, para fins de pesquisa científica / educacional. Concordo que o material e as informações obtidas relacionadas possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma. As fotografias, vídeos e gravações ficarão sob a propriedade do grupo de pesquisadores pertinentes ao estudo e sob sua guarda.

Nome Completo: \_\_\_\_\_ RG: \_\_\_\_\_  
 Data de Nascimento: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_  
 Endereço: \_\_\_\_\_  
 CEP: \_\_\_\_\_ Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_  
 Assinatura: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Eu declaro ter apresentado o estudo, explicado seus objetivos, natureza, riscos e benefícios e ter respondido da melhor forma possível às questões formuladas.

Nome Completo: Moises Marques Prsybyciem  
 Assinatura do Pesquisador (a): \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
 (ou seu representante)

Para todas as questões relativas ao estudo ou para se retirar do mesmo, poderão se comunicar com Moises Marques Prsybyciem, via e-mail: [moises.prsybyciem@uffs.edu.br](mailto:moises.prsybyciem@uffs.edu.br).

#### **Contato do Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos para denúncia, recurso ou reclamações do participante pesquisado:**

Comitê de Ética em Pesquisa que envolve seres humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (CEP/UTFPR)

**Endereço:** Av. Sete de Setembro, 3165, Bloco N, Térreo, Rebouças, CEP 80230-901, Curitiba-PR, **Telefone:** 3310-4494, **e-mail:** [coep@utfpr.edu.br](mailto:coep@utfpr.edu.br).

**APÊNDICE B - Questionário de Pesquisa (identificação das concepções iniciais)**

## QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES INICIAIS DOS ACADÊMICOS

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_ Período: \_\_\_\_\_

### **Seção 1 - Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)**

1. O que você entende por Ciência?
2. O que você entende por Tecnologia?
3. O que você entende por Sociedade?
4. Você já teve contato com a perspectiva CTS de educação, leu ou já foi abordado em suas aulas na graduação? ( ) Sim ( ) Não. Se sim, como ocorreu essa abordagem?
5. Em sua opinião, existe inter-relações (relação entre dois ou mais elementos) entre Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS? Explique.

### **Subseção 1.1 - Ativismo Sociocientífico (ASC)**

1. O que você entende por ativismo sociocientífico?
2. Para você, como podemos alcançar, no Ensino de Ciências, um processo inclusivo e democrático para tomada de decisão e ação social na construção da ciência e tecnologia?
3. Na sua opinião, é possível, por meio das tecnologias de informação e comunicação, construir redes colaborativas e participativas para discussão de um problema social comum? Se sim, de que forma?

### **Subseção 1.2 - Questões Sociocientíficas (QSC)**

1. Questões Sociocientíficas (QSC) são questões que surgem das complexas inter-relações CTS. Você já teve contato com a abordagem QSC, leu ou já foi abordado em suas aulas na graduação? Se sim, de que forma ocorreu essa abordagem?
2. Quais questões sociocientíficas, no Ensino de Ciências, você teria interesse em estudar? (cite três exemplos).

### **Seção 2 - Ensino baseado em investigação (EBI)**

1. Para você, o que é um ensino baseado em investigação?
2. Em suas aulas na graduação, foi abordado o ensino baseado em investigação? Se sim, como foi?

3. Em sua opinião, qual o grau de liberdade (autonomia) que o professor deve possibilitar ao estudante na construção de seu conhecimento? Explique.

4. No ensino baseado em investigação, geralmente, o primeiro passo é a problematização e a elaboração de uma questão problema. Nesse sentido, como essa problematização pode ser realizada com os estudantes?

#### **Seção 4 - Alfabetização Científica-Tecnológica (ACT)**

1. Para você, o que significa uma alfabetização científica-tecnológica do cidadão?

2. Em sua opinião, as práticas didático-pedagógicas no Ensino de Ciências na escola possuem características inclusivas? Explique sua resposta.

## **APÊNDICE C - Graus de Autonomia/Liberdade Intelectual e de Ação**

<b>GRAUS DE AUTONOMIA/LIBERDADE INTELECTUAL E AÇÃO</b>					
<b>Atividades de investigação</b>		<b>Grau 0</b>	<b>Grau 1</b>	<b>Grau 2</b>	<b>Grau 3</b>
Problematização	1- Problematização: - identificação e introdução de uma QSCT. - discussão da susposta concepção de neutralidade da CT. - elaboração de problema(s) para investigação.	P/quando existe	P/A	A/P	A/P/ Comunidade
Conceituação	2 - Levantamento de hipóteses.	P	P/A	A/P	A
	3 - Análise das inter-relações CTS e de ativismo.	P/quando existe	P/A	A/P	A
	4 - Identificação dos conteúdos científicos-tecnológicos relacionados a QSCT.	P	P/A	A/P	A
	5 - Cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas (interdisciplinidade).	P/quando existe	P/A	A/P	A
Investigação	6 - Planeamento dos procedimentos.	P	P/A	A/P	A
	7 - Realização da investigação (teórica e/ou prática) e coleta/construção de dados.	P	P/A	A/P	A
	8 - Análise e interpretação dos dados.	P/ quando existe	P/A	A/P	A
Conclusões	9 - Retomada e discussão da QSCT inicial (sistematização e reflexão da evolução no processo).	P/quando existe	P/A	A/P	A/P/ Comunidade
Ativismo fundamentado	10 - Ativismo sociocientífico (aplicação em situações novas no contexto educacional e/ou comunitário).	P/quando existe	P/A	A/P	A/P/ Comunidade
	11 - Comunicação dialógica.	P/quando existe	P/A	A/P	A/P/ Comunidade
	12 - Construção de redes colaborativas com uso das TIC (possibilidade de estimular o net-ativismo).	P/quando existe	P/A	A/P	A/P/ Comunidade

**APÊNDICE D - Atividades/ações desenvolvidas nos encontros realizados na disciplina  
Projeto Interdisciplinar 5**



Encontros (Data)	Objetivos dos encontros	Ações e atividades desenvolvidas	Objetivo da pesquisa	Instrumento coleta/construção dos dados
1º 18/08/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar as propostas da disciplina PI5 e da pesquisa.</li> <li>- Convidar os acadêmicos para participar da pesquisa no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica.</li> <li>- Identificar as concepções iniciais dos acadêmicos com aplicação de um questionário com questões abertas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diálogo entre professor pesquisador, professor da disciplina e acadêmicos para formação de um grupo de coparticipantes no curso de LCB.</li> <li>- Convite para participação na pesquisa e preenchimento do TCLE e TCUISV.</li> <li>- Preenchimento do questionário para identificação das concepções iniciais.</li> <li>- Identificação de uma preocupação compartilhada pelo grupo (uma problemática).</li> <li>- Planejamento - a disciplina PI5 foi estruturada, basicamente, em três ações: a) desenvolvimento de um projeto interdisciplinar, a partir do MABI teórico-prático; b) realização de ativismo sociocientífico fundamentado (projeto de extensão) no contexto comunitário sobre as QSCT; e, c) planejamento de uma proposta didática investigativa com base no referido modelo (12 passos) para o contexto da educação básica.</li> <li>- Previsão de projetos interdisciplinares para realização de iniciativas de ASC fundamentado por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar as concepções iniciais dos acadêmicos sobre as abordagens de EBI, QSC, CTS, ASC e em relação a ACT.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionário.</li> <li>- Diário.</li> <li>- Produção dos acadêmicos (registro em slides).</li> </ul>
2º 25/08/2019	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apresentar e reestruturar o MABI teórico-prático elaborado previamente.</li> <li>- Inserir o MABI teórico-prático para desenvolvimento de projetos interdisciplinares e propostas didáticas.</li> <li>- Identificar QSCT e elaborar um ou mais problema(s) de investigação em grupo.</li> <li>- Problematizar a concepção da</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento coletivo e reestruturação das atividades/ações do MABI teórico-prático.</li> <li>- Problematização das concepções sobre a suposta neutralidade da CT, por meio dos documentários: “Power - o poder por trás da energia<sup>72</sup>” e “Brumadinho: quando o lucro vale mais<sup>73</sup>”.</li> <li>- Atividade 1 - Respostas a um questionário para direcionar as discussões e reflexões de ideias sobre a suposta neutralidade da CT e relações com os documentários apresentados.</li> <li>- Formação de seis grupos na turma para realização da</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gravação em áudio.</li> <li>- Produção dos acadêmicos (resposta questionário reflexivo e registro em slides).</li> <li>- Fotos.</li> <li>- Diário.</li> </ul>

<sup>72</sup> Vídeo **Power - o poder por trás da energia**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=M3Eo0PiqgHY> Acesso em 11 de jun. 2019.

<sup>73</sup> Vídeo **Brumadinho: quando o lucro vale mais**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ack1QctLv8> . Acesso em 14 de jun. 2019.

	<p>suposta neutralidade da CT envolvendo QSCT escolhida.</p> <p>- Compreender e refletir sobre a neutralidade da CT e relações com as práticas educativas do futuro professor.</p>	<p>investigação e estimular a interação social.</p> <p>- Desenvolvimento do primeiro passo do referido modelo: escolha pelos acadêmicos de QSCT, elaboração de problema na forma de pergunta(s) sobre a QSCT e apresentação das proposições, visando a comunicação, avaliação, reflexão coletiva e legitimação das ideias no grupo de coparticipantes.</p>		
<p>3º 30/08/2019</p>	<p>- Compreender a abordagem CTS e discutir sobre QSCT.</p> <p>- Determinar os projetos interdisciplinares.</p> <p>- Levantar hipóteses para resolução do problema sobre QSCT em cada grupo;</p> <p>- Analisar as relações inter-relações CTS sobre a QSCT e possibilidades de ação social (ativismo).</p> <p>- Identificar os conteúdos científicos-tecnológicos e a possibilidade de cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas sobre as QSCT.</p>	<p>- Atividade 2 (realizada em casa) - Leitura e discussão do capítulo três (Ensino de Ciências com Enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade - CTS" (SANTOS; SCHNETZLER, 2010)<sup>74</sup> e escolha de duas notícias controversas sobre as QSCT.</p> <p>Em seguida, os acadêmicos relacionaram essas notícias com o texto lido e os nove aspectos das inter-relações CTS.</p> <p>- Foram abordados os conteúdos relacionados as abordagens CTS, estratégias de ensino, QSCT e os pontos centrais no EBI.</p> <p>- Construção em grupo do segundo, terceiro, quarto e quinto passos do MABI teórico-prático, de maneira coletiva e participativa em sala de aula no espaço universitário:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamento de hipóteses sobre a questão problema central de pesquisa.</li> <li>• Análise das inter-relações CTS com base em Santos e Schnetzler (2010) e de possibilidades de ativismo.</li> <li>• Identificação de conteúdo científicos relacionado a QSCT.</li> <li>• Identificação de possibilidades de cooperação de diferentes áreas do conhecimento e especialistas.</li> </ul> <p>- Apresentação em <i>PowerPoint</i> para discussão e</p>	<p>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (registro em slides).</p> <p>- Gravação em áudio.</p> <p>- Fotos.</p> <p>- Diário.</p>

<sup>74</sup> SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química: compromisso com a cidadania.** Ijuí: Editora Unijuí, 2010.

		<p>reflexão coletiva das ideias dos grupos em cada passo. Foram repensados os cinco passos, visando a possibilidade de reestruturação constante no desenvolvimento dos projetos interdisciplinares.</p> <p>- Ademais, ocorreu a organização dos grupos para leitura e reflexão de artigos científicos sobre as abordagens EBI e ASC para apresentação em seminário pelos acadêmicos no 6º encontro.</p>		
<p>4º 06/09/2019</p>	<p>- Planejar os procedimentos para investigação, buscando resolver a problemática sobre a QSCT. É a construção do plano de trabalho/ação.</p>	<p>- Desenvolvimento do sexto passo do MABI teórico-prático - planejamento dos procedimentos para investigação em forma de um “plano de trabalho” (CARVALHO, 2006). Os acadêmicos possuíam autonomia/liberdade para construção do plano. Foram elaborados coletivamente alguns elementos básicos do plano, tais como: contextualização, objetivos, hipóteses, procedimentos, responsáveis pelas ações, gestão do tempo, recursos, cronograma, dentre outras.</p> <p>- Apresentação em <i>PowerPoint</i> e discussão coletiva para reflexão de cada passo no ciclo (constante vaivém entre eles), visando a possibilidade de reestruturação. A ideia principal é a constante unidade entre ação-reflexão e teoria-prática, visando estimular os acadêmicos a proporem, comunicarem, avaliarem e legitimarem as ideias no grupo de coparticipantes.</p>	<p>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (registro em slides). - Gravação em áudio. - Fotos. - Diário.</p>
<p>5º (13/09/2019) e 7º (04/10/2019)</p>	<p>- Proporcionar espaços em sala de aula para realização de uma investigação planejada. - Proporcionar espaços para orientação em cada equipe para construção dos projetos interdisciplinares e das propostas didáticas.</p>	<p>- Desenvolvimento do sétimo passo do MABI teórico-prático - realização da investigação de maneira teórica e/ou prática, visando responder o problema inicial. Os professores disponibilizaram espaço, tempos e condições no processo para pesquisa, coleta/construção dos dados sobre a problemática e orientação em cada grupo na construção dos projetos interdisciplinares. No EBI a criação e disponibilidades dessas condições são fundamentais para o desenvolvimento do raciocínio, pensamento e autonomia dos acadêmicos.</p>	<p>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado</p>	<p>- Diário. - Produção dos acadêmicos (registro em slides).</p>

			pelo MABI teórico-prático.	
6º 27/09/2019	- Compreender, discutir e refletir os fundamentos do EBI e de ASC.	- Atividade 3 - Leitura e discussão de artigos <sup>75,76,77,78,79</sup> . - Apresentação de seminário e discussão coletiva, articulando as abordagens CTS, EBI e ASC.  - Ocorreu a problematização das ideias dos textos apresentados com o MABI teórico-prático, as práticas educativas, os projetos interdisciplinares e a BNCC (BRASIL, 2018).	- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.	- Gravação em áudio. - Produção dos acadêmicos (registro em slides). - Fotos. - Diário.
8º 18/10/2019	- Analisar os dados coletados/construídos na investigação. - Proporcionar espaços de orientação para elaboração de um vídeo debate.	- Desenvolvimento do sétimo do MABI teórico-prático - investigação teórica e/ou prática. Os professores disponibilizaram espaço, tempos e condições no processo para pesquisa, coleta/construção dos dados sobre a problemática e orientação em cada grupo na construção dos projetos interdisciplinares.  - Desenvolvimento do oitavo passo do MABI teórico-prático - realização da análise dos dados coletados/construídos na investigação. Orientação final para construção do vídeo debate com os procedimentos, resultados, resultados e conclusões da investigação.	- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;  - Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.	- Diário.  - Produção dos acadêmicos (registro em slides).
		- Confirmação da data e local da realização da feira de Ciências no instituto João XXIII (08/11/2019) e apresentação prévia dos projetos interdisciplinares	- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos	

<sup>75</sup> CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

<sup>76</sup> ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens. **Rev. Ensaio**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

<sup>77</sup> CONCEIÇÃO, T.; BAPTISTA, M.; REIS, P. La contaminación de los recursos hídricos como punto de partida para el activismo socio-científico. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 16, n. 1, p. 1502-1-1502-13, 2019.

<sup>78</sup> LINHARES, E. F.; REIS, P. Formar futuros professores para a ação sociopolítica no contexto da educação em Ciências. **R. bras. Ens. Ci. Tecnol**, v. 11, n. 2, p. 86-104, 2018.

<sup>79</sup> REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.

<p>9º 25/10/2019</p>	<p>- Apresentar um vídeo debate para retomada do problema inicial sobre QSCT, refletindo as inter-relações CTS</p>	<p>desenvolvidos pelos grupos na universidade para avaliação e reestruturação (01/11/2019).</p> <p>- Realização do nono passo do MABI teórico-prático - retomada da QSCT inicial. Essa retomada ocorreu com apresentação de um vídeo debate para iniciar as discussões no grupo de coparticipantes. O vídeo deveria ter em torno de 5-8 minutos de duração em que os grupos lembravam o processo e retomavam a problemática e a QSCT inicial, apresentando como fizeram para resolver o problema, os procedimentos, os principais dados encontrados na investigação e as possíveis respostas a questão (es) problema (s) com base em evidências científicas e tecnológicas. O grupo deveria avaliar se houve uma ampliação do entendimento do fenômeno.</p>	<p>futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p> <p>- Desenvolver um projeto de extensão, articulando a universidade-escola-comunidade a partir de uma mostra científica-tecnológica dialógica como iniciativa de educação, buscando as relações de ativismo fundamentado com a comunidade local.</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (vídeo). - Diário. - Gravação em áudio.</p>
<p>10º 01/11/2019</p>	<p>- Avaliar, discutir e replanejar os projetos interdisciplinares na Universidade.</p>	<p>- Realização do décimo passo do MABI teórico-prático - aplicação em situações novas (ativismo sociocientífico fundamentado). Com base em todo o processo de investigação os acadêmicos construíram projetos interdisciplinares. Nesse passo, houve a realização de uma apresentação prévia na universidade para avaliação do grupo de coparticipantes e reestruturações necessárias para a concretização do ASC fundamentado no dia 08/11/2019, por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica organizada pelos acadêmicos.</p>	<p>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p> <p>- Desenvolver um projeto de extensão, articulando a universidade-escola-comunidade a partir de uma mostra científica-tecnológica dialógica como iniciativa de educação, buscando as relações de ativismo fundamentado com a comunidade local.</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (projetos interdisciplinares). - Diário.</p>
<p>11º 08/11/2019</p>	<p>- Desenvolver uma mostra científica-tecnológica dialógica. - Apresentar os projetos interdisciplinares (interação e reflexão das QSCT com os visitantes) na mostra científica-</p>	<p>- Realização do décimo passo do MABI teórico-prático - aplicação em situações novas (ativismo sociocientífico fundamentado). Assim, ocorreu a concretização do ASC fundamentado na realidade comunitária com apresentação dos projetos interdisciplinares.</p>	<p>- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (projetos interdisciplinares). - Diário. - Fotos.</p>

	tecnológica dialógica no Instituto João XXIII.	- É o momento de receber os feedbacks externos.	para educação básica;  - Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.  - Desenvolver um projeto de extensão, articulando a universidade-escola-comunidade a partir de uma mostra científica-tecnológica dialógica como iniciativa de educação, buscando as relações de ativismo fundamentado com a comunidade local.	
12º 20/11/2019	- Apresentar as experiências e resultados para reflexão coletiva com as demais fases do curso LCB.	- Reflexão coletiva das ações realizadas por meio de um relato de experiências e socialização dos resultados com as demais fases do curso de LCB (seminário); - É o momento de receber os feedbacks externos.	- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;  - Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.	- Diário.
13º (29/11/2019)	- Construção da proposta didática investigativa.	- Orientação para construção das propostas didáticas investigativas voltadas para educação básica.	- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;  - Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.	- Diário.
14º (06/12/2019)	- Construção da proposta didática investigativa.	- Orientação para construção das propostas didáticas investigativas voltadas para educação básica.	- Desenvolver e inserir um MABI teórico-prático no âmbito da pesquisa-ação participativa crítica que vise estimular uma tomada de decisão mais	- Diário.

			<p>fundamentada e a autonomia intelectual dos futuros professores, em discussões de QSCT, para construção de projetos interdisciplinares e elaboração de propostas didáticas direcionadas para educação básica;</p> <p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p>	
<p>15º (13/12/2019)</p>	<p>- Finalização da disciplina PI5.</p>	<p>- Entrega final das atividades (propostas didáticas).</p>	<p>- Analisar como os acadêmicos se apropriaram dos conceitos de ACT no processo de formação e na elaboração de uma proposta didática orientado pelo MABI teórico-prático.</p>	<p>- Produção dos acadêmicos (propostas didáticas)</p>

**APÊNDICE E - Questões utilizadas para iniciar as discussões sobre a suposta concepção da neutralidade da CT**



## QUESTÕES PARA DISCUSSÕES SOBRE A SUPOSTA CONCEPÇÃO DE NEUTRALIDADE DA CT

1 - Qual nossa dependência em relação à energia? Quem controla esse recurso?

---

---

2 - A produção de ciência-tecnologia é neutra?

---

---

3 - Por que muitas descobertas e invenções são vistas como ameaças para a comunidade científica-tecnológica?

---

---

4 - Quais projetos alternativos de geração de energia você conhece?

---

---

5 - O que podemos fazer, enquanto cidadãos, para possibilitar uma reestruturação nas relações de força/poder na produção da CT e controle social de produtos de interesse e bem estar coletivo?

---

---

**APÊNDICE F - Indicadores que Representam Práticas dos Domínios Epistêmicos, Sociais, Procedimentais, Atitudinais e Conceituais**

<b>Indicadores que representam práticas dos domínios epistêmicos, procedimentais, atitudinais, conceituais e sociais</b>		
<b>Domínios</b>	<b>Práticas</b>	<b>Indicadores (ações)</b>
Domínio Epistêmico (DE)	<b>Práticas Epistêmicas</b>	<b>Descrição</b>
	Propor ideias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborar questões científicas, envolvendo dimensões econômicas, ambientais, sociais, políticas, tecnológicas, culturais, éticas-morais e preocupações com relações de valores, religiosas, emocionais, afetivas e de solidariedade.</li> <li>- Projetar investigações para responder as perguntas, considerando diferentes informações sobre QSCT.</li> <li>- Reconhecer e utilizar as múltiplas linhas de raciocínios sobre QSCT.</li> <li>- Construir uma refutação (contestação das afirmações, evidências e explicações).</li> </ul>
	Comunicar ideias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir evidências baseadas em investigações.</li> <li>- Tomar posicionamento sobre QSCT.</li> <li>- Construir argumentos múltiplos baseados em evidências e/ou raciocínios.</li> <li>- Apresentar argumentos críticos envolvendo a QSCT.</li> <li>- Envolver-se em um debate ou dramatização.</li> </ul>
	Avaliar ideias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Avaliar méritos de uma afirmação, explicação ou evidência científica envolvendo a QSCT.</li> <li>- Avaliar evidências (o que conta como evidência - moral, ética, científica, tecnológica, econômica, etc.).</li> <li>- Avaliar linhas e tipos de raciocínios holísticos sobre QSCT.</li> <li>- Avaliar argumentos e/ou explicações holisticamente sobre QSCT.</li> </ul>
	Legitimar ideias	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir consenso ou aceitação do argumento mais convincente envolvendo a QSCT.</li> <li>- Reconhecer o valor de posições tomadas em debate.</li> <li>- Reconhecer conhecimentos da comunidade epistêmica (grupo de coparticipantes em sala de aula).</li> </ul>
Domínio Procedimental (DP)	<b>Práticas Científicas</b>	<b>Descrição</b>
	Trabalho com novas informações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coletar informações em diferentes fontes e por diferentes modos como, por exemplo, medição e observação.</li> <li>- Organizar informações em quadros, tabelas e gráficos.</li> <li>- Comparar informações.</li> <li>- Constatar, dentre as informações, variáveis relevantes ao problema.</li> </ul>
	Levantamento e teste de hipóteses	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levantar hipóteses para resolução de um problema.</li> <li>- Construir planos de ação pra testar hipóteses e consenso de grupo sobre procedimentos.</li> <li>- Construir testes de controle de variáveis.</li> <li>- Manejar equipamentos para observação de hipóteses.</li> </ul>
	Construções de explicações e a elaboração de justificativas, limites e previsões das explicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relacionar ações realizadas e reações obtidas.</li> <li>- Construir explicações com base em seus dados de pesquisa.</li> <li>- Considerar limites de validades para as explicações.</li> <li>- Prever resultados em situações assemelhadas.</li> <li>- Tirar conclusões para resolução de uma questão de pesquisa.</li> </ul>
	<b>Práticas Atitudinais</b>	<b>Descrição</b>
	Relações de solidariedade	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colaborar e assumir compromissos com si mesmo e com os outros na construção do bem comum.</li> </ul>
	Cooperação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Participar de voluntariado social na comunidade, sem pensar em benefício próprio.</li> <li>- Trabalhar em conjunto para construção de um coletivo e do bem comum (p. ex: trabalho em grupo em sala de aula).</li> </ul>

Domínio Atitudinal (DA)	Respeito e tolerância com si e com outros	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Respeitar os pensamentos e posicionamento dos colegas que divergem dos seus em sala de aula.</li> <li>- Desenvolver a harmonia e a solidariedade para o desenvolvimento de valores sociais de tolerância.</li> </ul>
	Ativismo fundamentado	- Agir individual e/ou coletivamente na resolução de problemas envolvendo QSCT que afetam a sociedade.
	Criatividade e curiosidade	- Desenvolver a capacidade de criar, inovar, investigar, explorar e descobrir.
	Autonomia	- Participar da tomada de decisão com argumentos e posicionamento.
Domínio Conceitual (DC)	<b>Dimensão Conceitual</b>	<b>Descrição</b>
	Construção e compreensão de conceitos científicos-tecnológicos, envolvendo múltiplas dimensões sobre às QSCT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar leis, fatos, informações, modelos explicativos, teorias e princípios da ciência-tecnologia, reconhecendo as dimensões sociais, políticas, econômicas, ambientais e preocupações com aspectos éticos-morais, de solidariedade e de valores.</li> </ul>
Domínio Social (DS)	<b>Práticas Sociais</b>	<b>Descrição</b>
	Trabalho coletivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desenvolver processos colaborativos e comunicativos, visando a construção da ideia de produção coletiva de CT (vários cientistas/pesquisadores e instituições trabalhando juntos).</li> <li>- Construir raciocínio múltiplos e a sua formulação de feedback construtivos.</li> <li>- Assumir diferentes papéis e responsabilidade no trabalho em grupo (p. ex: apresentar argumentos).</li> <li>- Desenvolver a interação social, a troca de ideias, as opiniões e a reflexão motivada por situações problemas.</li> <li>- Raciocinar e tomar decisões coletivamente.</li> </ul>
	Comunicação de descobertas para outras pessoas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Explicar as ações e decisões em relação à investigação para o público (p. ex: professores, pais, comunidade e demais estudantes).</li> <li>- Compartilhar suas descobertas por meio de argumentos, modelos e outras formas de representação (p. ex: escrever, falar).</li> </ul>
	Avaliação de trabalhos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisar criticamente seu próprio trabalho e dos outros estudantes.</li> <li>- Examinar e avaliar a sua própria compreensão crescente da ciência e da tecnologia.</li> </ul>

## **APÊNDICE G - Descrição Breve dos Projetos Interdisciplinares**

Projetos interdisciplinares		Descrição
1	Histórico do Desmatamento na floresta Amazônica (25 anos)	As informações sobre o desmatamento na floresta Amazônica que chegam à população (ou até mesmo a ausência delas), muitas vezes, são distorcidas e fragmentadas em relação as reais causas e consequências desse processo, limitando, dessa forma, a participação da sociedade na resolução do problema. A questão de pesquisa elaborada neste projeto interdisciplinar consistiu em: “Por que há a ausência de informações quanto aos desmatamentos ocorridos nos últimos 25 anos na floresta Amazônica?” Na investigação (p. ex: em artigos científicos e no site do INPE), o grupo construiu um banco de dados e informações. Após a investigação, os acadêmicos chegaram à conclusão que interesses econômicos e políticos (relações de poderes) de grupos hegemônicos, governos e empresas podem influenciar a divulgação de dados e informações, bem como o controle dos meios de comunicação. Ressalta-se nesse processo, a construção de argumentos holísticos para além da CT, isso é, envolvendo as dimensões sociais, econômicas, ética, ambiental, política. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com o uso de maquete, blog (#todospelaamazonia), vídeos e o programa <i>Google Earth Engine</i> para discussão da questão controversa.
2	Queimadas na floresta Amazônica e extinção de abelhas nativas	Os acadêmicos refletiram os possíveis impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas da região, abordando, assim, as espécies de abelhas nativas presentes na região Amazônica, o papel da polinização e o risco de extinção de algumas espécies de abelhas, bem como a importância para população local como fonte de renda (mel, cera, dentre outros) e as atitudes para resolução do problema pela discussão coletiva com a comunidade. A questão de pesquisa elaborada neste projeto interdisciplinar consistiu em: Quais os impactos das queimadas na floresta Amazônica para a comunidade de abelhas nativas? Na investigação (p. ex: em artigos científicos), o grupo construiu um banco de dados e informações. Após a investigação, observou-se que as queimadas na floresta Amazônica podem estar impactando a comunidade de abelhas nativas da região, inclusive com a possibilidade de extinção de algumas espécies. Assim, outra constatação refere-se ao papel importante para o ecossistema e população da região Amazônica que possuem as abelhas nativas. Destaca-se nesse processo, a construção de argumentos holísticos para além da CT, isso é, envolvendo as dimensões sociais, econômicas, ética, ambiental. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com o uso do site <i>Elas pelas Abelhas</i> ( <a href="https://elaspelasabelhas.wixsite.com/website">https://elaspelasabelhas.wixsite.com/website</a> ) e vídeos, que foi utilizado para divulgação e comunicação.
3	Amazônia em chamas: causas e impactos sociais e ambientais	A poluição das queimadas na floresta Amazônica afeta a saúde das pessoas e o meio ambiente. Assim, os acadêmicos discutiram os efeitos da fumaça no organismo, a extinção de animais, os efeitos da chuva ácida para vegetação e patrimônios históricos, os impactos para as comunidades indígenas, os interesses dos meios de informação e comunicação, as políticas públicas (ou a falta delas), a legislação e fiscalização, as atitudes para resolução do problema, bem como a visão internacional do Brasil em relação as queimadas na Amazônia. A questão de pesquisa elaborada neste projeto interdisciplinar consistiu em: Como a poluição das queimadas na floresta Amazônica afeta as pessoas e o meio ambiente? Na investigação (p. ex: em artigos científicos), o grupo construiu um banco de dados e informações. Após a investigação, os acadêmicos chegaram à conclusão que as queimadas são causadas pela atividade humana (avanço da agropecuária, mineração, agricultura). Destaca-se nesse processo, a construção de argumentos holísticos para além do conhecimento científico-tecnológico. As queimadas podem causar impactos ecológicos (morte e fuga de animais, problemas de saúde para as pessoas, chuva ácida, impactos na comunidade indígenas da região e a formação de nuvem de fumaça. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com um teatro de fantoche, maquete e vídeos.

4	Efeitos ambientais e biológicos da radiação	<p>Os acadêmicos discutiram os efeitos mutagênicos da radiação, os acidentes nucleares, os impactos ambientais, os conceitos de fissão e fusão, a rádiofofia, o funcionamento de um reator nuclear e a geração de energia, dentre outros. Nesse processo, construíram um detector de radiação ionizante por meio de uma plataforma arduino nano, utilizando como fonte radioativa uma camisa de lampião (Tório-232 e filhos, incluindo o Radônio-220). Para o desenvolvimento do projeto buscaram cooperação de profissionais (pesquisadores/cientistas) da área de Física, Ciências Biológicas e Ciências da Computação da universidade. O grupo formulou a seguinte questão problema de pesquisa: “A energia nuclear pode ser uma solução social e ambientalmente amigável?” Após a investigação, evidenciou-se os aspectos positivos (geração de energia, diagnóstico e tratamento de doenças - raios-x e radioterapia, agricultura e na indústria) e os negativos (construção de armas nucleares) da radioatividade para a sociedade. Ressalta-se na conclusão a utilização de argumentos holísticos para além dos conhecimentos científicos, por exemplo, incluindo as dimensões ambientais, econômicas, psicológicas, tecnológicas e éticos-morais. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com experimentação e vídeos para discussão da QSCT.</p>
5	Rompimento da barragem de rejeitos em Mariana/MG: efeitos para população de peixes	<p>O rompimento da barragem de rejeitos de minério em Mariana/MG pode ter afetado a população de peixes do Rio Doce. Assim, os acadêmicos discutiram no projeto as espécies de peixes presentes na região, o risco de extinção, a composição da lama, tabela periódica, os indicadores da qualidade das águas (p. ex: temperatura e turbidez), a fitorremediação, tecnologias na construção de barragens de rejeitos, meios de comunicação (relações de poderes), dentre outros. Para o desenvolvimento do projeto, buscaram cooperação de profissionais (pesquisadores/cientistas) da área de Física e Ciências da Computação da universidade, visando construção de um medidor de turbidez e temperatura da água a partir de uma plataforma arduino. A questão de pesquisa elaborada neste projeto interdisciplinar consistiu em: Como o efeito antrópico, devido à ruptura da barragem de rejeitos em Mariana/MG, afetou a população de peixes? Após a investigação, observou-se que metais pesados (chumbo, mercúrio, manganês e cádmio) e os sedimentos depositados ao longo do rio podem causar mudanças significativas no habitat dos peixes. Esses metais podem se incorporar à cadeia alimentar, em razão disso, produzir contaminação das espécies. Tal processo pode estar causando desequilíbrio ecológico, afetando, dessa maneira, a população local (questão econômica, ambiental) e os peixes do Rio Doce. Destaca-se a utilização de argumentos holísticos para além dos conhecimentos científicos-tecnológicos, por exemplo, incluindo as dimensões sociais, ambientais, econômicas, psicológicas, produtiva e éticos-morais. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com experimentação e vídeos para discussão da QSCT.</p>
6	Rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG : consequências para população local	<p>Os acadêmicos refletiram as consequências para a população local do rompimento da barragem de rejeitos de minério em Brumadinho/MG, abordando, assim, conteúdos como tabela periódica, composição da lama, impactos ambientais e sociais, contaminação dos peixes, metais pesados, propagação de doenças, fauna e flora da região, relações de poderes, influências econômicas e políticas, capitalismo, ecossistema, tecnologias na construção de barragens de rejeitos, dentre outros. O grupo formulou a seguinte questão problema de pesquisa: Quais foram as consequências do rompimento da barragem de rejeitos em Brumadinho/MG para a população local? Após a investigação, verificou-se que o rompimento alterou a biodiversidade aquática e terrestre, por exemplo, os impactos sociais (problemas de saúde, inclusive psicológicos), econômicos (perda de fonte de renda) e ambientais (contaminação das águas e dos peixes por metais pesados no Rio Paraopeba).</p> <p>Os argumentos foram para além dos conhecimentos científicos-tecnológicos, por exemplo, incluindo as dimensões sociais, ambientais, econômicas, psicológicas, produtiva e éticos-morais. As iniciativas de ativismo fundamentado foram concretizadas por meio de uma mostra científica-tecnológica dialógica, com interação dos visitantes com experimentação, imagens e vídeos para discussão da QSCT.</p>

## **APÊNDICE H - Roteiros de Análise para a Validação do Aplicativo Inquiry**



## ROTEIRO DE ANÁLISE PARA VALIDAÇÃO DO APLICATIVO *INQUIRY*- ESPECIALISTA DA ÁREA DE TECNOLOGIA

01) De maneira geral, sobre as funcionalidades do aplicativo *inquiry*:

- a) As funcionalidades cadastro de usuários e login estão apropriadas?
- b) O tempo de acesso e aparecimento das telas são adequadas?
- c) Os botões definem as atividades de maneira clara?
- d) O aplicativo possibilita a criação de uma proposta didática com base no Modelo de Atividades Baseado em Investigação (MABI) teórico-prático?
- e) O aplicativo oferece a possibilidade de compartilhamento das propostas didáticas com todos os usuários depois de geradas?
- f) O aplicativo possui funcionalidade de feedback (autoavaliação)?
- g) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

02) De maneira geral, sobre a usabilidade do aplicativo *inquiry*:

- a) O aplicativo *inquiry* é de fácil entendimento (atividades e ações) para utilização?
- b) O aplicativo faz uso de vários tipos de mídias (textos, imagens, vídeos, dentre outros) e recursos?
- c) As orientações para os usuários são adequadas?
- d) As atividades que não são autoexplicativas, o aplicativo informa por meio de botões com orientações de maneira apropriada?
- e) A facilidade de preenchimento de dados no aplicativo é satisfatória?
- f) A quantidade de elementos exibido na tela é adequado?
- g) As cores utilizadas são apropriadas?
- h) Os ícones indicam as atividades e ações de maneira clara para o usuário?
- i) As interações (clicar, selecionar e rolar) no aplicativo são adequadas?
- j) O número de cliques é adequado?
- k) O aplicativo pode facilitar a comunicação e interação entre professor e estudantes na construção de uma proposta didática?
- l) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

03) De maneira geral, sobre a eficiência do aplicativo *inquiry*:

- a) O tempo de resposta na abertura das telas é satisfatória?
- b) A velocidade de realização das funções é adequada?
- c) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---

---

---

04) De maneira geral, sobre a acessibilidade do aplicativo *inquiry*:

a) É fácil de acessar o aplicativo? (a conexão com a rede é necessária)

b) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---

---

---

Parecer:

---

---

---

---

---

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_.

---

Assinatura

**ROTEIRO DE ANÁLISE PARA VALIDAÇÃO DO APLICATIVO *INQUIRY* -  
ESPECIALISTAS DA ÁREA DE ENSINO DE CIÊNCIAS**

01) Em relação aos objetivos do aplicativo *inquiry*:

- a) O objetivo do aplicativo é adequado?
- b) O aplicativo *inquiry* gera uma proposta didática? Essa proposta pode ser compartilhada com todos os usuários?
- c) Em sua opinião, a utilização do aplicativo pode contribuir para formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza?
- d) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

02) Em relação aos conteúdos no aplicativo *inquiry*:

- a) Os conteúdos (abordagens de ensino por investigação, CTS e ativismo sociocientífico) articulados no MABI teórico-prático são relevantes para formação inicial de professores da área de Ciências da Natureza?
- b) Os conteúdos apresentam erros? Se sim, quais?
- c) As atividades, ações e recursos utilizados no aplicativo *inquiry* são adequados?
- d) Os artigos indicados em cada abordagem são relevantes e adequados?
- e) A organização dos conteúdos, fases e passos no MABI teórico-prático são adequados?
- f) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

03) Em relação a questão didático-pedagógica do aplicativo *inquiry*:

- a) Em sua opinião, o aplicativo *inquiry* pode auxiliar o professor formador em sala de aula a trabalhar em uma perspectiva de ensino investigativa e interdisciplinar?
- b) O aplicativo pode ser utilizado para o planejamento de aulas?
- c) O uso do aplicativo *inquiry* pode estimular o contato com a cultura científica e tecnológica de produção do conhecimento?
- d) A articulação entre as abordagens de ensino por investigação, CTS e ativismo sociocientífico no MABI teórico-prático podem favorecer o desenvolvimento de práticas educativas mais investigativas dos acadêmicos?
- e) A estrutura do aplicativo (com base no MABI) pode estimular o envolvimento ativo e a criatividade dos acadêmicos?
- f) O aplicativo possui funcionalidade de feedback (autoavaliação)?
- g) Em relação a autoavaliação, você concorda com as questões? Se não, quais as sugestões de questões?

h) O aplicativo *inquiry* pode aproximar o contexto educacional da realidade dos acadêmicos, que vivem num mundo cada vez mais tecnológico?

i) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

04) Em relação a aspectos gerais do aplicativo *inquiry*:

- a) A navegabilidade no aplicativo (facilidade de utilização) é adequada?
- b) O aplicativo *inquiry* é de fácil entendimento (atividades e ações) para utilização?
- c) As orientações para os usuários são adequadas?
- d) As atividades que não são autoexplicativas, o aplicativo informa por meio de botões com orientações de maneira adequada?
- e) A facilidade de preenchimento de dados no aplicativo é adequada?
- f) A quantidade de elementos exibido na tela é adequado?
- g) As cores utilizadas são adequadas?
- h) Os ícones indicam as atividades e ações de maneira clara para o usuário?
- i) As interações (clicar, selecionar e rolar) no aplicativo são adequadas?
- j) O número de cliques é adequado?
- k) O aplicativo pode facilitar a comunicação e interação entre professor e estudantes na construção da proposta?
- l) Quais os pontos negativos e positivos você observa no aplicativo *inquiry*?
- m) Quais alterações você sugere?
- n) De maneira geral, o aplicativo *inquiry* é relevante?
- o) outras: \_\_\_\_\_.

Sugestões/comentários:

---



---



---

Parecer geral:

---



---



---



---



---

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

Assinatura

**ANEXO A - Termo de Concordância do NRE para Unidade Cedente (projeto de pesquisa)**

## SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO – SEED



## ANEXO VI da RESOLUÇÃO N.º 406/2018 – GS/SEED

## TERMO DE CONCORDÂNCIA DO NRE PARA A UNIDADE CEDENTE

Senhor (a) Coordenador (a),


Declaramos que este Núcleo Regional de Educação de Ponta Grossa está de acordo com a condução do projeto de pesquisa **“Inserção de atividades investigativas no enfoque CTS apoiadas por tecnologias digitais: uma proposta na formação inicial de professores de Ciências”**, a ser realizado pelo(a) pesquisador(a) Moises Marques Prsybyciem nas escolas da rede estadual de educação de Ponta Grossa, Paraná, tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com Seres Humanos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Estamos cientes que os participantes da pesquisa serão alunos e professores, pertencentes à Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, bem como de que o presente trabalho deverá seguir a Resolução 466/2012 (CNS) e o Decreto nº 7037, de 2009.

Da mesma forma, temos ciência que o (a) pesquisador (a) somente poderá iniciar a pesquisa pretendida após encaminhar, a esta Instituição, uma via do parecer de aprovação do estudo emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Ponta Grossa, 15 de março de 2019.

  
Coordenadora de Atividades de Extensão e Inovação  
Profa. Ms. Sandra Mara Dias Pedrosa  
Representante da CAA no NRE

  
Marcos Monteiro  
Chefia do NRE

**ANEXO B - Carta de Intenção do NRE para Unidade Cedente (projeto de extensão)**

**SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO – SEED****CARTA DE INTENÇÃO DO NRE PARA A UNIDADE CEDENTE**

Senhor (a) Coordenador (a),

Declaramos que este Núcleo Regional de Educação de Ponta Grossa apoia e está de acordo com a condução do projeto de extensão “ESCOLA E UNIVERSIDADE EM COOPERAÇÃO PARTICIPATIVA: FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA FAZENDO EXTENSÃO”, a ser realizado pelo(a) pesquisador(a) Rosemari Monteiro Castilho Foggiatto Silveira nas escolas da rede estadual de educação de Ponta Grossa, Paraná, tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, com Seres Humanos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Estamos cientes que os participantes da pesquisa serão alunos e professores, pertencentes à Rede Pública de Ensino do Estado do Paraná, bem como de que o presente trabalho deverá seguir a Resolução 466/2012 (CNS) e o Decreto nº 7037, de 2009.

Ponta Grossa, 11 de abril de 2019.

*Sandra Mara Dias Pedrosa*  
Coordenação de Apoio Técnico Pedagógico

Profa. Ms. Sandra Mara Dias Pedrosa.  
Representante da CAA no NRE

*Luciana Aquiles Sleutjes*  
Luciana Aquiles Sleutjes.  
Chefe do NRE



**ANEXO C - Roteiro de Observação das Aula em Forma de Diário**

**ROTEIRO DE OBSERVAÇÃO - DIÁRIO<sup>80</sup>**

Descrição de eventos:

Objetivo(s) da aula:

Notas e comentários:

Comentários interdependentes (notas sobre como você interpreta o que está acontecendo):

Reflexões:

---

<sup>80</sup> KEMMIS, S.; MCTAGGART, R.; NIXON, R. **The Action Research Planner: Doing Critical Participatory Action Research**. Singapore: Springer, 2014.

**ANEXO D - Parecer do Conselho de Ética em Pesquisa (CEP) da UTFPR**

UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** INSERÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENFOQUE CTS APOIADAS POR TECNOLOGIAS DIGITAIS: UMA PROPOSTA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

**Pesquisador:** MOISES MARQUES PRSYBYCIEM

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 12561119.1.0000.5547

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.392.061

#### **Apresentação do Projeto:**

A pesquisa com o título: INSERÇÃO DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS NO ENFOQUE CTS APOIADAS POR TECNOLOGIAS DIGITAIS: UMA PROPOSTA NA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS, tem por objetivo, inserir e analisar as potencialidades pedagógicas da inserção de atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas para uma alfabetização científica, tecnológica e humana na formação inicial de professores de Biologia e Ciência, explorando-se uma situação do contexto nacional. Este projeto de pesquisa situa-se no campo do ensino da área de Ciências da Natureza no âmbito de uma Formação Inicial (FI) de professores de Biologia pela investigação/pesquisa no enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade - CTS. A formação de professores é uma das temáticas com maior ênfase nos trabalhos de pesquisa em educação em Ciência. Assim, defende-se a tese de que o ensino baseado por investigação e/ou as atividades investigativas, teóricas e práticas, no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de Questões Sociocientíficas - QSCs, precisam fazer parte do processo formativo de professores, visando melhorar a qualidade em sua formação e a aprendizagem no ensino de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química), o que pode refletir na prática pedagógica e na metodologia do professor formado. O proponente da pesquisa pergunta: É possível que a inserção de atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas contribuam para

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**UF:** PR

**Telefone:** (41)3310-4494

**Município:** CURITIBA

**CEP:** 80.230-901

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 3.392.061

uma alfabetização científica, tecnológica e humana na formação inicial de professores de Biologia e Ciência? Assim, entende-se que esse problema de pesquisa pode se desdobrar nas seguintes questões de pesquisa associadas: 1. Em que medida os cursos de formação inicial de professores de Ciências Biológicas têm preparado esses profissionais para atuarem no processo de ensino e aprendizagem por investigação em sala de aula? 2. Como a discussão de questões sociocientíficas podem contribuir ao debate das relações ciência, tecnologia e suas implicações para sociedade? 3. Como e quais as atividades investigativas inserir na formação inicial de professores de Biologia e Ciência? 4. Quais níveis de investigação para as atividades investigativas?

A metodologia da pesquisa segundo o autor é a seguinte:

A pesquisa terá abordagem qualitativa, de natureza aplicada e do ponto de vista do objeto o estudo será de campo. Em relação ao ponto de vista dos objetivos será uma pesquisa exploratória. Quanto aos procedimentos a pesquisa será subsidiada pelos pressupostos da pesquisa-ação, sendo estruturada em seis etapas (MOREIRA; CALEFFE, 2008). Participantes da pesquisa participarão diretamente do estudo, aproximadamente, 40 acadêmicos, regularmente matriculados na disciplina de Projetos Interdisciplinares 5, no curso de Ciências Biológicas licenciatura, da UTFPR, Campus Ponta Grossa, no segundo semestre de 2019. Os participantes serão convidados e selecionados a participar da pesquisa por meio de uma conversa (reunião) na 5ª fase do curso, agendada, previamente, explicando o objetivo da pesquisa, os riscos, os benefícios e a importância da participação no estudo. Os estudantes que não aceitarem participar da pesquisa desenvolveram suas atividades na disciplina Projetos Interdisciplinares 5, com o professor regente, sem nenhum prejuízo. A pesquisa vai ser desenvolvida diretamente na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Ponta Grossa. Todavia, de maneira indireta em algumas escolas que aceitarem participar da pesquisa, por meio da extensão, onde os acadêmicos aplicarão suas propostas didáticas na rede estadual de ensino (Colégio estadual Professor Colares, Regente Feijó e Júlio Teodorico), Ponta Grossa, Paraná, Brasil. A escolha dos colégios dependerá do calendário, planejamento e disponibilidade da Universidade e escolas. Para a coleta/construção dos dados será utilizado como instrumento um mesmo questionário estruturado com questões abertas e fechadas para identificar as concepções iniciais dos acadêmicos (sondagem inicial) que será aplicado em sala de aula, na UTFPR, Campus Ponta Grossa, agendado, previamente com os acadêmicos. Os demais dados da pesquisa serão obtidos utilizando as seguintes técnicas: roteiro de análise das produções dos alunos (canal no You Tube,

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**UF:** PR

**Telefone:** (41)3310-4494

**Município:** CURITIBA

**CEP:** 80.230-901

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 3.392.061

mapa conceitual e proposta didática), anotações em diário de campo e gravações de áudio.

Para preservar a identidade dos participantes (não serão identificados), os acadêmicos serão nominados como: (A1, A2, A3... A40) e os professores pesquisadores como (PP). As etapas da pesquisa:

**Etapas 1.** Na primeira etapa será realizado um diagnóstico inicial para investigar as concepções iniciais dos estudantes participantes, pela aplicação de um mesmo questionário e apresentação do TCLE antes da aplicação do questionário.

**Etapas 2.** Organização das estratégias de ação na formação pedagógica sobre as atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologia digital, em discussões de QSCs.

**Etapas 3.** Inserção e avaliação da proposta na FI de professores de Biologia, bem como a construção de mapas conceituais (Cmptools - programa de acesso livre) e de uma proposta didática nessa perspectiva de ensino pelos participantes.

**Etapas 4.** Replanejamento das ações e ampliação das atividades em novas ações por meio da extensão em algumas escolas da educação básica, retomando todo processo na prática. Os participantes (acadêmicos) aplicarão suas propostas didáticas em algumas escolas estaduais do NRE de Ponta Grossa, em turmas do ensino fundamental ou médio que aceitarem participar do processo.

**Etapas 5.** Produção de material (canal no You Tube) pelos acadêmicos para reflexão e socialização dos conhecimentos produzidos no processo de formação.

**Etapas 6.** Desenvolvimento de um produto educacional, pelo pesquisador, de um aplicativo digital (App), baseado nas discussões e reflexões do processo. O desenvolvimento da pesquisa é relevante, pois com seus resultados podem se apresentar contribuições na formação inicial de professores na área do ensino. A hipótese da pesquisa é:

- A inserção de atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas, na formação inicial de professores de Biologia e Ciência, contribuem para uma alfabetização científica, tecnológica e humana dos estudantes. Em consequência desse processo, esses futuros profissionais em formação podem desenvolver suas práticas pedagógicas por investigação em sala de aula, visando promover a ACTH dos seus alunos.

Segundo o autor os critérios de inclusão são:

A pesquisa será desenvolvida com acadêmicos, regularmente matriculados, na disciplina Projetos Interdisciplinares 5, no curso de Ciências Biológicas licenciatura, na UTFPR, Campus Ponta Grossa, no segundo semestre de 2019. Em sondagem prévia com o professor da disciplina,

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

Continuação do Parecer: 3.392.061

constatou-se que todos os estudantes da quinta fase do curso já possuem 18 anos.

Critério de exclusão: Não ter cursado a disciplina Projeto Interdisciplinar 4.

#### **Objetivo da Pesquisa:**

Segundo o autor objetivo primário da pesquisa é:

Inserir e analisar as potencialidades pedagógicas da inserção de atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de questões sociocientíficas para uma alfabetização científica, tecnológica e humana na formação inicial de professores de Biologia e Ciência, explorando-se uma situação do contexto nacional.

Os objetivo secundários são:

- Investigar as concepções iniciais dos estudantes (sondagem para identificação) sobre as atividades investigativas, tecnologias digitais e as relações CTS de um curso de formação inicial de professores de Biologia;
- Planejar uma formação pedagógica sobre atividades investigativas no enfoque CTS, apoiadas por tecnologias digitais, em discussões de QSCs e as relações CTS;
- Desenvolver e avaliar a formação pedagógica pela construção de mapas conceituais e de uma proposta didática pelos estudantes a partir de uma QSC nessa perspectiva de ensino;
- Replanejar as propostas didáticas construídas pelos estudantes de maneira coletiva e colaborativa para realização de novas ações;
- Desenvolver um projeto de extensão com os estudantes, articulando a Universidade e escolas da educação básica (retomada do processo na prática/novas ações);
- Construir com os estudantes um canal no You Tube para reflexão e socialização dos conhecimentos produzidos no processo de formação pedagógica;
- Desenvolver como produto educacional final, a partir das reflexões dos resultados, um aplicativo digital (App), para trabalhar as atividades investigativas no enfoque CTS na FI de professores de Biologia.

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Segundo o autor os riscos da pesquisa são:

Com relação aos riscos oferecidos pelo desenvolvimento da presente pesquisa pode ser esperado o constrangimento e/ou desconforto. Para minimizar a ocorrência dos riscos o pesquisador, durante o estudo, apresentará de forma clara e explicativa os objetivos e os termos da

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 3.392.061

participação, enfatizando o caráter facultativo da adesão, bem como se os participantes desejarem podem escolher um local reservado para responder as questões. O pesquisador percebendo o desconforto do participante imediatamente suspenderá a pesquisa e avaliará a possibilidade junto ao participante de retomá-la. Os participantes não serão identificados, sendo garantido o sigilo, a privacidade e a sua identidade. Os dados provenientes da pesquisa, ficarão sob os cuidados do pesquisador responsável pelo período de 5 (cinco) anos. Posteriormente, os questionários físicos serão destruídos. Caso os riscos identificados venham a se concretizar o pesquisador responsável coloca-se à disposição para o esclarecimento de qualquer dúvida ou dificuldade. Além disso, caso ocorra algum desconforto, ou mal estar, o participante será encaminhado ao serviço de atendimento médico mais próximo do local da realização da pesquisa, pelos responsáveis do estudo.

Os benefícios da pesquisa são:

Os participantes da pesquisa não terão nenhum benefício financeiro. Todavia, espera-se que os resultados servirão de base para discussões do processo de formação inicial dos acadêmicos no curso. Essas reflexões podem melhorar o processo de ensino e aprendizagem, visando uma alfabetização científica, tecnológica e humana, bem como refletir na prática pedagógica do professor em formação na escola e comunidade. Os resultados deste trabalho serão devolvidos diretamente aos participantes da pesquisa por e-mail.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa é relevante, como o próprio autor informa, "... espera-se que os resultados servirão de base para discussões do processo de formação inicial dos acadêmicos no curso. Essas reflexões podem melhorar o processo de ensino aprendizagem, visando uma alfabetização científica, tecnológica e humana, bem como refletir na prática pedagógica do professor em formação na escola e comunidade". A aplicação de novas metodologias por meio do uso de tecnologias podem melhorar o ensino de ciências naturais e desenvolver habilidades acadêmicas e investigativas nos alunos.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Na segunda tramitação pelo CEP em 30/05/2019 o projeto atendeu parcialmente a resolução 466/12. Em virtude disso, o CEP fez as seguintes recomendações:

- Apresentar na Plataforma Brasil (PB) os critérios de exclusão. Na metodologia o autor informa que os alunos "serão convidados e selecionados" - qual será o critério de exclusão? Na primeira tramitação o autor não indicou critérios de exclusão. Nesta versão foram apresentados, porém, o

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**CEP:** 80.230-901

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 3.392.061

primeiro critério de exclusão é o oposto dos de inclusão, isto não é permitido pela Resolução 466/12. O segundo, " Recusa formal para participar da pesquisa" não é aceitável pois este é um direito do participante da pesquisa. Retirar estes dois critérios de exclusão da Plataforma Brasil e do TCLE. O terceiro critério de exclusão é aceitável. Atendeu a recomendação do CEP.

No TCLE:

- Indicar quais são os critérios de exclusão no TCLE. Devem ser os mesmos que serão apresentados na Plataforma Brasil. Retirar do TCLE os dois primeiros critérios de exclusão. Não atendeu a recomendação do CEP. Atendeu a recomendação do CEP.

**Recomendações:**

Como o projeto atende a Resolução 466/12, o CEP não faz nenhuma recomendação.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

O projeto atende a Resolução 466/12, em virtude disso, não há nenhuma pendência ou inadequação.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Lembramos aos senhores pesquisadores que, no cumprimento das atribuições definidas na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos, para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1289753.pdf	05/06/2019 14:09:13		Aceito
Outros	Carta_PendenciasCEP.pdf	05/06/2019 14:08:33	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLE_CEP.pdf	05/06/2019 13:50:51	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR **Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

UNIVERSIDADE  
TECNOLÓGICA FEDERAL DO



Continuação do Parecer: 3.392.061

Justificativa de Ausência	TCLE_CEP.pdf	05/06/2019 13:50:51	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Outros	Carta_Pendencias.pdf	16/05/2019 13:55:05	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoteseCompleto.pdf	16/05/2019 13:47:54	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Termodeconfidencialidade.pdf	22/04/2019 12:35:58	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Outros	questionario_inicial_academicos.pdf	22/04/2019 10:27:13	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Outros	TermodeconcordanciaNRE.pdf	22/04/2019 10:25:04	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Outros	Termo_concordancia_professor.pdf	22/04/2019 10:21:52	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	22/04/2019 10:16:22	MOISES MARQUES PRSYBYCIEM	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CURITIBA, 14 de Junho de 2019

---

**Assinado por:**  
**Frieda Saicla Barros**  
**(Coordenador(a))**

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR **Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br