



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Stella Cândida Ferreira

**RISCOS, INCERTEZAS E CENÁRIOS FUTUROS: POR UMA EDUCAÇÃO
SOCIOCIENTÍFICA EM UMA SOCIEDADE DE RISCO**

Brasília
2024

Stella Cândida Ferreira

**RISCOS, INCERTEZAS E CENÁRIOS FUTUROS: POR UMA EDUCAÇÃO
SOCIOCIENTÍFICA EM UMA SOCIEDADE DE RISCO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação
em Educação em Ciências da Universidade de Brasília
como requisito parcial para a obtenção do título de
Mestra em Educação em Ciências

Orientador(a): Prof. Dr. Samuel Molina Schnorr

Brasília

2025

CR595r Cândia Ferreira, Stella
RISCOS, INCERTEZAS E CENÁRIOS FUTUROS: POR UMA EDUCAÇÃO
SOCIOCIENTÍFICA EM UMA SOCIEDADE DE RISCO / Stella Cândia
Ferreira; orientador Samuel Molina Schnorr. Brasília, 2025.
108 p.

Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências)
Universidade de Brasília, 2025.

1. Educação Científica. 2. Educação. 3. Riscos. 4.
Questões Sociocientíficas. 5. Cenários Futuros. I. Molina
Schnorr, Samuel, orient. II. Título.

Stella Cândida Ferreira

**RISCOS, INCERTEZAS E CENÁRIOS FUTUROS: POR UMA EDUCAÇÃO
SOCIOCIENTÍFICA EM UMA SOCIEDADE DE RISCO**

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 04 de dezembro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Samuel Molina Schnorr
Universidade de Brasília

Profa. Dra. Giselle Watanabe
Universidade Federal do ABC

Prof. Dr. Paulo Gabriel Franco dos Santos
Universidade de Brasília

Esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Educação em Ciências conforme processo SEI 23106.116094/2025-11.

Brasília, 2025.

Dedico essa pesquisa à minha mãe Sandra, que me dedica, desde sempre, o seu bem mais precioso: o tempo. Tempo de cuidado, de amor e de presença. Cada passo que dou é também dela, porque é o tempo dela que me move.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Sandra e Edimar, por serem os meus referenciais de amor, cuidado e respeito, agradeço por me incentivaram a trilhar caminhos que nem eles mesmos puderam percorrer. Sou grata pelo suporte dos meus pais durante toda minha trajetória escolar e acadêmica, mesmo me aventurando em novos caminhos é em casa que encontro o meu refúgio. Agradeço a minha irmã Michelly, por sempre segurar minha mão quando eu tenho medo, sou grata pelo apoio na minha jornada, desde sempre, obrigada por ter sido minha primeira aluna enquanto a gente brincava no quintal da vovó e por ter me promovido a irmã mais velha, desde então eu aprendi muito sobre o amor. Agradeço as minhas avós, Isabel e Adélia, pelo cuidado que sempre tiveram comigo, e ao meu avô Benedito, *in memoriam*, por tanto se orgulhar de ter uma neta professora.

Obrigada aos meus amigos, os do Gama e os da faculdade (como se autodenominam), que tanto me incentivaram – Evelyn, Leleres, Bibi, Arthur, Amanda Evelyn, Sâmya, Amanda Wallyna, João Pedro, João Vitor, Gabi, Thom, Felipe, Clarinha, Larissa, Júlia e Bela. Sou grata por todas as risadas e por todo o alívio que trouxeram, em dias comuns e turbulentos, eu sou feliz em ter escolhido vocês como minha família.

Agradeço ao meu orientador, Samuel Molina Schnorr, pela parceria que funcionou desde o primeiro momento e me proporcionou muito, agradeço ele por me encorajar e me guiar durante o processo, e claro, por se arriscar e se aventurar comigo pelas incertezas da educação científica. Agradeço também ao grupo de pesquisa, que ainda não tem um nome, pelas reuniões, discussões e contribuições que enriqueceram o meu repertório e auxiliaram minha escrita. Não posso deixar de agradecer também aos meus queridos alunos, que foram e continuam sendo essenciais na minha trajetória pessoal, acadêmica e profissional, sobretudo aos que estiveram comigo no ano de 2024.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo fomento bolsa de mestrado que deu suporte para o desenvolvimento da presente pesquisa através do processo nº 88887.165475/2025-00 do programa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“O tempo nos faz esquecer
O que nos trouxe até aqui
Mas eu lembro muito bem
Como se fosse amanhã”

(Engenheiros do Hawaii)

RESUMO

Compreendemos que a ciência e seu ensino são historicamente sustentados por ideais de certeza, previsibilidade e segurança. No entanto, na modernidade tardia, a ciência enfrenta processos globais urgentes, como mudanças climáticas, pandemias e conflitos, marcados pela complexidade e pela incerteza. Na sociedade de risco, proposta por Ulrich Beck, os sujeitos convivem com medos e inseguranças decorrentes dos próprios avanços científicos e tecnológicos. A expertise tecnocrática torna-se, assim, insuficiente para lidar sozinha com tais problemáticas. O objetivo desta pesquisa foi analisar como estudantes do ensino médio percebem e abordam as incertezas e os cenários futuros, por meio do trabalho pedagógico com Questões Sociocientíficas (QSC) em uma disciplina eletiva de Biologia intitulada “Qual o Futuro da Terra?”. A investigação, de abordagem qualitativa, utilizou a Análise Textual Discursiva (ATD) para examinar as produções escritas e audiovisuais dos estudantes, elaboradas a partir da temática das mudanças climáticas. Os resultados evidenciam que os discentes manifestam uma ampla gama de percepções sobre o futuro, ora marcadas por otimismo, confiança no progresso científico e soluções tecnológicas, ora permeadas por desesperança e críticas aos impactos ambientais e sociais. Observamos também a tendência de atribuir responsabilidades pelos riscos e crises a fatores externos ou históricos, indicando certa distância da percepção de agência individual e coletiva. Tanto no Momento Inicial quanto no Momento Final da disciplina, prevaleceram visões negativas sobre o futuro do planeta, acompanhadas por sentimentos de medo, angústia e incerteza, mas também por desejos de transformação e esperança. As categorias emergentes revelam a complexidade do pensamento juvenil sobre os cenários futuros, destacando a coexistência de fatalismo e criticidade, e reforçam a necessidade de uma educação científica que articule conhecimento, emoção, imaginação e responsabilidade social. Concluimos que trabalhar riscos e futuros por meio das QSC contribui para uma formação sociocientífica capaz de preparar os estudantes para habitar o futuro como sujeitos conscientes, reflexivos e participativos diante dos desafios globais emergentes.

Palavras-chave: Sociedade de Risco; Educação Científica; Questões Sociocientíficas; Cenários Futuros; Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

Science and science education have historically been grounded in ideals of certainty, predictability, and security. However, in late modernity, science faces urgent global processes, such as climate change, pandemics, and conflicts, marked by complexity and uncertainty. Within the risk society, as proposed by Ulrich Beck, individuals live amidst fears and insecurities that stem from the very advances of science and technology. The technocratic expertise that once promised control over nature now proves insufficient to address these multifaceted challenges. This research aimed to analyze how high school students perceive and approach uncertainties and future scenarios through pedagogical work with Socioscientific Issues (SSI) in an elective Biology course titled “What Is the Future of the Earth?”. The study adopted a qualitative approach, employing Discursive Textual Analysis (DTA) to examine students’ written and audiovisual productions centered on the theme of climate change. The findings reveal that students express a wide range of perceptions about the future, sometimes marked by optimism, trust in scientific progress, and technological solutions, and at other times by hopelessness and criticism of environmental and social impacts. A recurring pattern was the attribution of responsibility for risks and crises to external or historical factors, suggesting a limited sense of individual and collective agency. In both the Initial and Final Moments of the course, pessimistic views about the planet’s future predominated, accompanied by feelings of fear, anxiety, and uncertainty, yet also by hope and a desire for change. The emergent categories highlight the complexity of young people’s thinking about the future, underscoring the coexistence of fatalism and critical reflection. They reinforce the need for science education that integrates knowledge, emotion, imagination, and social responsibility. The study concludes that addressing risks and futures through SSI contributes to a socio-scientific education capable of preparing students to inhabit the future as conscious, reflective, and participatory subjects in the face of emerging global challenges.

Keywords: Risk Society; Science Education; Socioscientific Issues; Future Scenarios; Climate Change.

SUMÁRIO

1	CARTA PARA O FUTURO	14
2	INTRODUÇÃO	17
3	OBJETIVOS.....	20
3.1	OBJETIVO GERAL.....	20
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
4.1	A MODERNIDADE TARDIA E A SOCIEDADE DE RISCO.....	21
4.2	QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS COMO ABORDAGEM AMPLIADA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA CONTEMPORÂNEA	28
4.3	RISCOS E CENÁRIOS FUTUROS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	35
5	REVISÃO DE LITERATURA	42
5.1	METODOLOGIA DA REVISÃO DE LITERATURA	44
5.2	ANÁLISE DAS PRODUÇÕES BRASILEIRAS QUE ABORDAM O RISCO E EDUCAÇÃO (2003 A 2023)	45
5.2.1	Risco e Complexidade (C1)	48
5.2.2	Risco e Precaução (C2)	51
5.2.3	Risco e Futuro (C3).....	54
5.3	CONCLUSÃO	57
6	METODOLOGIA.....	59
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	66
7.1	MOMENTO INICIAL.....	68
7.1.1	Percepção de Futuros (PF1)	68
7.1.2	Seres Humanos (SH2).....	71
7.1.3	Ciência e Tecnologia (CT3)	73
7.1.4	Impactos Futuros (IF4)	77
7.2	MOMENTO FINAL.....	80
7.2.1	Percepção de Mundo Natural (PMN)	80
7.2.2	Tecnologia e Ciência (TC)	83
7.2.3	O Agora e o Depois (AD).....	85
7.2.4	Os Agentes do Amanhã (AA)	88
7.2.5	O Indivíduo, a Sociedade e a Cidade (ISC)	91
7.3	MOMENTO INICIAL E MOMENTO FINAL	94

7.3.1	Grupo Sementes do Amanhã (GSA) – Futuro Preferível.....	97
7.3.2	Grupo Missão Júpiter (GMJ) – Futuro Absurdo	97
7.3.3	Grupo Caos e Entropia (GCE) – Futuro Absurdo	98
7.3.4	Grupo Planeta VIP (GVIP) – Futuro Absurdo	99
7.3.5	Grupo Nômades do Antropoceno (GNA) – Futuro Provável.....	100
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
	REFERÊNCIAS	104

1 CARTA PARA O FUTURO

Quando eu era criança achava que todos os adultos possuíam certezas e que quando eu crescesse, eu as teria também. Enquanto eu não sabia das coisas que os adultos sabiam, eu brincava: de ser professora, cientista, super heroína, em especial alguma que tivesse o poder de viajar no tempo. Porém, crescer me afastou dos cenários inventados, como se a realidade não coubesse nos sonhos – disfarçados de brincadeiras. Fui uma criança que frequentou a escola pública desde sempre e apesar do apoio que sempre tive da minha família sempre achei muito difícil imaginar que o futuro seria tão cheio de oportunidades. Era complicado falar do futuro porque desde muito nova tenho a sensação de não o visualizar nitidamente. Eu não era adulta, eu ainda não tinha a certeza que uma pessoa adulta carregava consigo. Para mim, o futuro era invisível, como se eu andasse de costas para ele, mesmo caminhando para frente. É mais fácil explicar o passado porque enxergo ele, consigo ver momentos em que errei e momentos em que acertei, acesso vividamente, ou quase, minhas memórias. No entanto, para mim é sempre uma descoberta quando o futuro chega, porque ele me segue, invisível, e quando me alcança vira presente e do nada já se foi... é passado de novo. É difícil sonhar com um cenário desejável quando aprendemos a avaliar a probabilidade de ele ocorrer, essa sempre foi minha dificuldade em olhar para o amanhã. De uma forma determinística, eu me dei abertura apenas para calcular a chance de os cenários acontecerem e não de fato para sonhar com algum que eu almejava. Sendo assim, todas as vezes que eu olhei para o futuro com uma concepção de destino pré-estabelecido foi muito difícil... ser uma pessoa racional pode doer nessas horas, pois nem sempre o que a gente deseja é plausível. É mais simples aceitar o futuro como algo singular e definido. Caso eu optasse por lidar com os riscos e incertezas, eu consequentemente assumiria uma das posições antagônicas: que o futuro dependia de mim ou que ele estava fora do meu controle. Ambas as circunstâncias me apavoravam e eu esperava crescer logo para alcançar as certezas que os adultos possuíam. Cresci. No entanto, atingir a tal maturidade não trouxe nenhuma das respostas que todos os outros adultos pareciam ter sobre o futuro.

O tempo passou e mesmo não me permitindo sonhar com a universidade pública, eu consegui, me graduei na federal, em um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. Não achei que conseguiria ingressar em uma federal, não havia contado com a probabilidade de algo inesperado acontecer, mas o acaso pareceu andar de mãos dadas comigo esse tempo todo. Assim, mesmo nessa incerteza, eu realizei meu primeiro sonho de criança: me tornei professora, e na primeira vez em que meus alunos me chamaram assim, ouvi a minha criança interior sorrir.

No entanto, ainda carregava comigo a ideia das certezas que eu deveria ter e isso me afligia. Acreditava que por ser adulta eu deveria saber de tudo, que por ser professora ainda mais, e que meus alunos não podiam enxergar em mim nenhuma insegurança. No meu segundo ano como professora do ensino básico, larguei a mão do acaso e calculei a probabilidade de realizar um novo sonho, ingressar no mestrado. O ponto de partida foram as dúvidas que me rodeavam, fui em busca da idealizada sensação de certeza. Ao invés disso, dei de cara com mais incertezas. Comecei a delinear minha dissertação, foi uma virada de chave descobrir a teoria sociológica da sociedade de risco, me interessei muito em me aventurar pela temática mesmo só lidando com o que eu podia ver e calcular. Já aluna do programa de pós-graduação, um dia fui assistir a palestra do Ralph Levinson, professor no Institute of Education da University College London, para falar sobre educação científica e justiça social. Ao final de sua exposição ele indicou uma leitura que ele estava aproveitando bastante. O livro “A ordem do tempo” do Carlo Rovelli, fui atrás do livro e já nas primeiras páginas uma citação me chamou atenção:

Não podemos mudar o passado: podemos ter arrependimentos, remorsos, lembranças de momentos felizes. O futuro, por sua vez, é incerteza, desejo, inquietude, espaço aberto, talvez destino. Podemos vivê-lo, escolhê-lo, porque ainda não existe; tudo nele é possível... O tempo não é uma linha com duas direções iguais: é uma flecha, com extremidades diferentes (Rovelli, 2018, p. 25).

Os assuntos relacionados ao tempo sempre me intrigaram. Passado, presente, futuro. Ao longo do processo da minha escrita e depois de várias leituras me deparei com a temática: educação científica e cone de futuros. Não sabia que essa temática poderia ser explorada na minha pesquisa. Me surpreendi com essa possibilidade. Pensar o amanhã da educação e da ciência e ter essas discussões com os alunos me mostrou uma nova maneira de ser professora. Estamos em uma sociedade permeada por riscos e incertezas, faz sentido que essas novas características sejam exploradas como caminhos para nos ajudar a pensar no mundo e na educação científica. A partir disso, vi as preocupações que eu tinha encontrarem uma interseção nas que meus estudantes também tinham e as nossas conversas vêm sendo uma ponte importante para eu alcançar cenários que considero preferíveis. Tem sido uma aventura desafiadora trabalhar pelo viés da pluralidade de futuros, no entanto, foi por causa das incertezas e dos riscos que eu descobri um novo horizonte dentro da educação em ciências. Considero as metodologias que envolvem o futuro multifacetado, os riscos, a complexidade e as questões sociocientíficas extremamente relevantes para uma nova maneira de trabalhar as distintas formas de saberes e também explorar dilemas e incertezas da sociedade de risco. Ao imergir no meu tema de pesquisa, comecei a enxergar cada vez mais as incertezas como possibilidades.

Esbarrar com a temática do futuro tem me norteado para um prisma de cenários que nem sempre são previsíveis.

Para a Stella que for reler essa carta, quero que lembre que tudo é uma possibilidade e todas as vezes que olhou para o futuro desejável como algo difícil de ser alcançado você só estava impedindo a sua criança interior de sonhar. Para a Stella de amanhã quero que lembre que hoje meu cenário preferível é me dedicar mais a essa nova forma de ensinar ciências, espero, em um futuro próximo, dar continuidade aos meus estudos sobre o pensamento futuro e a sociedade de risco com o doutorado e continuar construindo pontes com as incertezas para alcançar um futuro desejável. Como professora, espero incentivar os discentes a pensar em cenários e fazer dos seus medos e dúvidas combustível para explorar as incertezas e todas as possibilidades que existem no agora e no amanhã. Nós podemos calcular a probabilidade do que é mais viável, contudo, devemos dar abertura para sonhar com o que desejamos, o futuro está aberto! A Stella do passado tinha medo de sonhar com cenários plausíveis, era mais fácil imaginar algo inalcançável como ter um super poder do que sonhar com o ingresso numa universidade pública, quem dirá fazer uma pós-graduação. De qualquer maneira, agora consigo assumir o risco de desejar alcançar outros futuros ao invés de esperar que um único me alcance. É menos sombrio perceber que ninguém tem certeza sobre o futuro (disso eu tenho certeza) e que devemos discutir essas inseguranças com outros sujeitos. Nos futuros, tudo é uma possibilidade e defender uma educação científica que envolva os cenários de risco é uma das maneiras que eu tenho de mostrar que ser curioso pode nos ajudar a encontrar certezas, ou as incertezas, porque é melhor fazer nossas próprias perguntas do que apenas aceitar as certezas que achamos que os outros têm. Por isso, defendo uma educação científica que caminhe para trabalhar com imprevisibilidades e dúvidas para que tenhamos discussões sobre questões científicas, sociais, filosóficas, políticas já estabelecidas, em construção ou mesmo as futuras. A realidade é que eu não sabia que as incertezas que eu carreguei comigo por toda a vida me trariam até aqui, por isso almejo ser uma educadora científica – e uma adulta – que tenha coragem de mostrá-las como uma possibilidade de discutir ciência. Sigo à procura de futuros preferíveis e gostaria que as minhas versões futuras continuassem a minha busca. Outro desejo, é que meus estudantes enxerguem a beleza em buscar respostas e não apenas em possuí-las. O futuro é abstrato, incerto, indeterminado e tudo nele é ainda está em aberto. Este trabalho é a prova de que de certa forma realizei outro sonho de criança e viajei para o futuro, ou melhor, para vários deles.

2 INTRODUÇÃO

As produções científicas e os avanços tecnológicos têm papel crucial na história da humanidade. A ciência caminha “ao mesmo tempo sobre quatro patas independentes e interdependentes: a racionalidade, o empirismo, a imaginação, a verificação” (Morin, 2007, p. 106). Com esses avanços, os seres humanos visualizaram inovações no presente e possibilidades para o futuro. A ciência conquistou seu espaço e se instalou no coração da sociedade (Morin, 2007). Com o advento da modernidade, ela se consolidou como o lócus privilegiado do conhecimento, desenvolvida para solucionar problemas práticos e fornecer explicações racionais (Christensen, 2009). “O método científico e o conhecimento técnico esotérico dos especialistas sobrepuseram-se a todas as outras modalidades de conhecimento, inclusive a natureza” (Funtowicz; Ravetz, 1997, p. 220). A ciência, assim, alcança o patamar de extrema confiabilidade, um elo que deriva da fé, conforme declara Giddens (1991).

No entanto, os ganhos da modernidade vieram acompanhados de um lado sombrio, até então inédito na experiência humana (Giddens, 1991). A utopia do progresso científico e tecnológico é abalada, como simboliza a obra *Frankenstein*, de Mary Shelley. O romance “é capaz de apontar as tensões dolorosas entre o desejo de conhecer e as consequências desse conhecimento, o desejo de criar e as consequências dessa criação [...]” (Arbo; Marques, 2024, p. 151). Shelley revela a necessidade de que ciência e tecnologia caminhem junto aos interesses humanos e ecológicos, com vistas ao florescimento coletivo (Arbo; Marques, 2024). Apesar disso, o avanço acelerado da ciência e da tecnologia, a modernidade radicalizou-se, transformando-se em modernidade tardia, marcada pela centralidade do risco. Se antes o perigo era controlado pelo progresso científico, agora o risco torna-se onipresente, e a segurança é substituída pela confiança (Giddens, 1991). Essa confiança é depositada nos sistemas peritos, compostos por especialistas responsáveis por gerir conhecimentos e decisões inacessíveis ao entendimento comum. No campo educacional, essa lógica manifesta-se em pedagogias tecnocráticas nas quais professores e alunos assumem papel secundário (Saviani, 1982).

A modernidade tardia, porém, revela seu lado obscuro: as ameaças que enfrentamos são produzidas pelos próprios avanços científico-tecnológicos (Christensen, 2009). Para Beck (2013), o poder econômico e tecnológico é ofuscado pela geração contínua de riscos, tornando o mundo cada vez mais instável e imprevisível. O conhecimento científico, antes sinônimo de certeza, passa a conviver com o incalculável e o indefinido (Beck, 2013; Giddens, 1991; Delanty, 2024). Diferentemente das sociedades tradicionais, o futuro torna-se incerto, reflexivo e mutável. Segundo Beck (2013), vivemos em uma sociedade de risco, caracterizada pela

globalização, individualização e reflexividade. A incerteza se converte em elemento fundamental do risco (Develaki, 2024). As ameaças contemporâneas, ambientais, nucleares, econômicas, sanitárias ou climáticas, diferenciam a sociedade atual de todas as anteriores (Beck, 2013; Delanty, 2024). Produzimos riqueza e racionalização tecnológica ao mesmo tempo em que fabricamos riscos invisíveis e incalculáveis. Assim, a confiança antes depositada na ciência começa a ser permeada por dúvidas (Covitt; Anderson, 2022), pois os produtos do progresso “desafiam cada vez mais as pessoas com novas incertezas e riscos” (Christensen, 2009, p. 205, tradução nossa). Os riscos, embora muitas vezes latentes, tornaram-se mercadoria. “Riscos da modernização são *big business*. [...] interminável, infinito, autoproduzível” (Beck, 2013, p. 28). Nessa lógica, o risco passa a integrar o sistema capitalista, reforçando desigualdades: alguns se beneficiam de sua existência, enquanto outros sofrem seus efeitos (Beck, 2013; Santos, 2023). Países e grupos privilegiados podem comprar segurança, mas nem mesmo eles estão imunes ao “efeito bumerangue”: os riscos retornam, afetando inclusive aqueles que tentam se proteger (Beck, 2013).

A educação científica, centrada em conteúdos neutros e descontextualizados, já não responde às demandas da contemporaneidade. É necessário incluir abordagens que contemplem a complexidade das Questões Sociocientíficas (QSC) e os riscos nelas implicados. Schenk *et al.* (2021) demonstram que o ensino de ciências pode ser potencializado ao abordar riscos por meio das QSC, pois elas mobilizam múltiplos saberes e “provocam mudanças muito significativas na forma e no conteúdo educacionais” (Conrado; Nunes-Neto, 2018, p. 11). Essas abordagens, de natureza interdisciplinar, permitem aos estudantes desenvolver habilidades de argumentação, tomada de decisão e reflexão ética (Hodson, 2018; Mendonça; Vargas, 2022). Com isso, superar um ensino tecnicista (Conrado; Nunes-Neto, 2018) significa desenvolver uma simbiose entre ciências humanas e naturais, incorporando a noção de risco e a complexidade que ela impõe (Schenk *et al.*, 2019). A ciência, quando reduzida a uma tecnociência, perde sua dimensão crítica e humanista (Marcelino; Souza; Marques, 2020). Entretanto, mesmo em um mundo permeado por ameaças produzidas pela própria ciência o conhecimento científico continua sendo uma ferramenta essencial para compreender e intervir nesses problemas (Covitt; Anderson, 2022).

A incorporação da noção de risco, portanto, é uma exigência tanto científica quanto política. Watanabe e Kawamura (2014) enfatizam a importância de que os indivíduos compreendam a dinâmica social, as crises e as incertezas para exercer ação cidadã. Como lembra Morin (2007), é necessário aproximar a ciência das decisões sociais, reconhecendo a complexidade das situações e estimulando o pensamento crítico e reflexivo. A ciência pós-

normal, proposta por Funtowicz e Ravetz (1997), surge como uma alternativa para lidar com problemáticas urgentes, ambientais e éticas, diante das incertezas e dos riscos globais. Em um cenário global incerto, o futuro não é mera sequência temporal, mas parte integrante do presente (Delanty, 2024). “Vivemos no presente, mas estamos sempre orientados para o futuro, cuja sombra cai sobre o presente” (Delanty, 2024, p. 16, tradução nossa).

Tornar visíveis essas ameaças é fundamental para ampliar o debate sobre ciência e sociedade. Isso não significa desconfiar irracionalmente da ciência, nem a tratar como vilã, mas reconhecer que ela é permeada por valores, intencionalidades e interesses. Assim, a educação científica pode funcionar como bússola ética e reflexiva, ajudando os discentes a compreender incertezas, riscos e dilemas morais (Hodson, 2018; Covitt; Anderson, 2022). No entanto, o ritmo acelerado da modernidade contrasta com a lentidão das transformações educacionais (Rosa, 2019). Entre a urgência tecnológica e o tempo pedagógico, cria-se um descompasso que dificulta o aprendizado e a reflexão (Levrini et al., 2020). Diante disso, diversos autores defendem a incorporação de aspectos futuros à educação científica (Laherto; Rasa, 2022), uma vez que os riscos dizem respeito a danos potenciais, isto é, a futuros abertos e incertos (Beck, 2013; Rosa, 2019).

O negacionismo científico, por sua vez, revela a tensão entre confiança e desconfiança. Permanecer em extremos, a fé cega ou a rejeição absoluta, impede o debate crítico. É preciso, como propõe Libâneo (1985), oferecer ao aluno acesso ao conhecimento científico e, simultaneamente, elementos para analisá-lo criticamente. Ensinar sobre risco e incerteza, como sugerem Christensen (2009) e Covitt e Anderson (2022), pode tornar o conhecimento científico mais relevante e significativo. Nesse sentido, discutir riscos, incertezas e futuros no ensino de ciências é preparar os estudantes para a tomada de decisões em um mundo instável (Cazelli; Franco, 2001). O pensamento orientado para o futuro (*future think tool*) permite aos indivíduos analisar tendências, identificar problemas e projetar futuros preferíveis (Hodson, 2018; Voros, 2003). Como enfatiza Beck (2013, p. 40), “a bomba-relógio está armada”. Trabalhar o risco no ensino de ciências significa reconhecer essa condição e formar sujeitos capazes de agir eticamente diante de futuros incertos. Pensar o risco, portanto, é pensar o futuro; e pensar o futuro é uma tarefa urgente da educação científica contemporânea.

Nesse cenário, delineamos o nosso problema de pesquisa: de que modo o trabalho com questões sociocientíficas pode contribuir para o desenvolvimento da percepção e do enfrentamento das incertezas e cenários futuros pelos estudantes do ensino médio? Alguns estudos recentes como o de Laherto e Rasa (2022) demonstraram que atividades científicas orientadas para o futuro, envolvendo pensamento sistêmico podem possibilitar que os discentes

expandam suas percepções futuras, imaginem possibilidades e naveguem pela incerteza. Todavia, a pesquisa de Laherto e Rasa (2022) é aplicada em um contexto europeu, e há lacunas nesse tipo de estudo a partir de uma realidade brasileira. Diante desse panorama, torna-se essencial investigar como a educação científica pode preparar os estudantes para lidar com a incerteza e pensar o futuro em uma sociedade de risco, especialmente a partir de abordagens pedagógicas que valorizem as questões sociocientíficas. Sendo assim, a proposta dessa dissertação de mestrado é contribuir para os avanços nas pesquisas que incluem temáticas de risco e questões sociocientíficas, orientadas para a percepção de futuro e incertezas dos estudantes brasileiros.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

A presente investigação busca analisar como os estudantes do ensino médio percebem e abordam as incertezas e os cenários futuros, por meio do trabalho pedagógico com questões sociocientíficas, visando uma formação que os capacite a enfrentar os desafios de viver em uma sociedade de risco.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender as competências utilizadas pelos estudantes do ensino médio para gerenciar incertezas, sobretudo para desenvolver argumentação em dilemas e debates sociais por meio de uma abordagem fundamentada na educação científica.
- Analisar os obstáculos enfrentados pelos estudantes do ensino médio na compreensão e enfrentamento de incertezas e cenários futuros, identificando as principais dificuldades que limitam a aquisição de habilidades relevantes e propor soluções para mitigar esses desafios.
- Investigar como as habilidades para lidar com incertezas afetam as escolhas e tomada de decisões dos estudantes do ensino médio em questões sociocientíficas;
- Contribuir para o avanço dos estudos em educação científica, enfatizando a importância de abordagens que incorporem discussões sociais e contemporâneas, bem como a compreensão e enfrentamento aos dilemas da sociedade atual.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 A MODERNIDADE TARDIA E A SOCIEDADE DE RISCO

A modernidade “[...] refere-se a estilo, costume de vida ou organização social que emergiram na Europa a partir do século XVII e que ulteriormente se tornaram mais ou menos mundiais em sua influência” (Giddens, 1991, p. 8). A modernidade é marcada pela racionalidade científica como principal forma de entender o mundo, há uma valorização da Ciência e Tecnologia (CT) como solucionadoras. Historicamente, a ciência alcança o patamar de instituição resolutive, capaz de mediar e propor encaminhamentos para as problemáticas (Christensen, 2009; Morin, 2007). O progresso técnico-científico começa a calcular e prever perigos e solucionar problemáticas do mundo natural. Com isso, cada vez mais a “confiança na ciência e na pesquisa é professada. Sua racionalidade teria sido capaz até hoje de encontrar soluções para todos os problemas” (Beck, 2013, p. 55) e tudo que vai de desencontro a esse pensamento é considerado irracionalismo, a causa de todo o mal. A modernidade é discutida por distintos autores, desde os clássicos da sociologia até os contemporâneos. Para Giddens (1991), estudiosos como Marx, Durkheim e Weber já descreviam a era moderna como permeada de aspectos positivos (possibilidades) e negativos (o lado sombrio). O tempo da modernidade não está mais vinculado ao espaço, como era nas sociedades pré-modernas, neste momento todos os seres mensuram e organizam o tempo de forma uniforme (Giddens, 1991). O passado já não consegue guiar a modernidade, como na era pré-moderna, devido o surgimento de diferentes relações com o tempo-espaço e com as instituições científicas e tecnológicas (Beck, 2013; Delanty, 2024; Giddens, 1991). O ritmo de mudança, o escopo dessas modificações e a natureza intrínseca das instituições modernas como descontinuidades que diferenciam as instituições atuais das tradicionais (Giddens, 1991). A era moderna é marcada desencaixes que conseguem, de certa forma, burlar, fragmentar o tempo e espaço. Os desencaixes ocorrem por meio das fichas simbólicas ou dos sistemas peritos (Giddens, 1991) e isso a diferencia das sociedades precedentes. As fichas simbólicas podem ser representadas por meio do dinheiro, por exemplo, enquanto isso, os sistemas peritos – ou especialistas – podem ser definidos como sistemas de excelência técnica ou competência profissional que organiza grandes áreas do ambiente material e social que vivemos hoje, é um elemento com o qual o indivíduo terceiriza funções, conhecimentos, confiança para terceiros, pessoas ou mesmo tecnologias, justificado pela sua imperícia (Giddens, 1991). A ciência e a tecnologia se aprimoram de forma grandiosa a ponto de os indivíduos da modernidade tardia depositarem sua

confiança e decisões nos sistemas especialistas (Giddens, 1991). As descobertas e os avanços acelerados nos distanciam da compreensão, não conseguimos acompanhar a ascensão exponencial das produções científicas e tecnológicas, estamos rodeados por cenários projetados e produzidos por especialistas, temos em nossas casas, trabalhos e locais de lazer estruturas e equipamentos que foram produzidos e desenvolvidos sem sequer sabermos como.

Nesse sentido, negamos situações de perigo e confiamos nos sistemas da modernidade devido à segurança ontológica, definição proposta por Anthony Giddens. Podemos até conhecer os riscos, mas os ignoramos pois “[...] é mais conveniente manter o status *quo* e esperar que os problemas desapareçam ou que sejam resolvidos por novas produções científicas ou inovações tecnológicas” (Hodson, 2018, p. 36). A segurança ontológica não é cognitiva já não podemos responder racional e irrefutavelmente a alguns questionamentos existenciais e aspectos da vida humana (Giddens, 1991). Todavia, os sujeitos da modernidade são vacinados contra ansiedades ontológicas desde sua exposição a “uma ‘dose’ básica de confiança na primeira infância que elimina ou neutraliza estas suscetibilidades existenciais” (Giddens, 1991, p. 85). A confiança ontológica “significa pôr entre parênteses (fenomenologicamente falando) as possibilidades de caos potenciais aos quais os indivíduos podem estar sujeitos no decorrer das atividades cotidianas” (Rosa, 2007). Dessa forma, o entendimento dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos se distancia dos sujeitos que aceitam as produções e seus riscos por não entenderem o funcionamento, ou mesmo não poder “em geral, conferir exaustivamente por mim mesmo” (Giddens, 1991, p. 30). A confiança do indivíduo social nos sistemas especialistas pode ser visualizada quando ele tende a trilhar um caminho de aceitação de sua própria ignorância e confiança nos sistemas peritos (Giddens, 1991). Em decorrência, “essa heteronomia oculta na pesquisa sobre o risco acaba por revelar-se como um problema justamente por conta da contínua pretensão dos cientistas ao monopólio da racionalidade” (Beck, 2013, p. 35). Assim, podemos notar que no período moderno o elemento confiança demonstra-se essencial e a CT modifica a sociedade a todo momento, com alterações tão velozes e incessantes que acabam por distanciar os sujeitos do entendimento e participação em questões tecnocientíficas.

Na modernidade tardia, a velocidade do progresso ultrapassa a percepção humana dos problemas atrelados à ciência e à tecnologia (Beck, 2013) também da nossa “compreensão das questões éticas associadas e dos desenvolvimentos de restrições legais” (Hodson, 2018, p. 35). A corrida de produções científicas e tecnológicas avançam tão freneticamente que os indivíduos só percebem e refletem sobre seus possíveis e prováveis impactos depois que eles já foram distribuídos. Ou seja, os avanços técnico-científicos acompanham uma produção desenfreada

de riscos (Beck, 2013). O “risco consiste na utilização de artefatos construídos a partir de processos e resultados científicos” (Cazelli; Franco, 2001). Antes, as inovações científicas tinham como objetivo enfrentar e resolver ameaças oriundas da natureza, hoje, são concebidas para prevenir riscos previsíveis e mitigar aqueles imprevisíveis, gerados pelas próprias criações técnicas. Uma vez que, na modernidade, os sistemas especialistas produzem riscos imprevisíveis e desconhecem soluções para diversas ameaças, a fragilidade na confiança ontológica é justificada. Todavia, os indivíduos reconhecem a expertise dos sistemas peritos como um pilar e, muitas vezes, tendem a ignorar as incertezas associadas aos processos técnico-científicos e se distanciam da ciência (Giddens, 1991; Morin, 2007).

A ciência clássica havia expulsado a complexidade do seu escopo, se aproximando de um determinismo absoluto, fonte de leis únicas e irrefutáveis (Morin, 2007). As discussões envolvendo o risco se limitavam, muitas vezes, a probabilidades, mas esse reducionismo, centrado em cálculos e previsibilidade, pode trazer ao risco um aspecto superficial, insuficiente para discussões na sociedade de risco. A complexidade se faz necessária para discutir os saberes científicos e envolver imprevisibilidades e ameaças globais nos debates. É inviável manter o direcionamento da produção de conhecimentos para aspectos meramente simplistas devido a diversas contradições, riscos, incertezas, fenômenos indissociáveis perpetuados e produzidos pela própria ciência (Morin, 2007). Do final do século XIX até a primeira metade do século XX, observa-se um avanço acelerado no desenvolvimento tecnológico, impulsionado pela incorporação e aplicação de novas teorias científicas (Cazelli; Franco, 2001). Nas palavras de Giddens (1991, p. 50) não superamos por completo a modernidade e sim “estamos vivendo precisamente através de uma fase de [...] radicalização” da era moderna, que passa a ser definida como modernidade tardia. Esse período foi marcado pelo domínio de novas fontes de energia, pela criação dos primeiros materiais plásticos e pela introdução de novos meios de transporte (Cazelli; Franco, 2001). Além das produções estarem bem mais sofisticadas, em termos tecnológicos, a rapidez e o alcance planetário dessas produções, pode distribuir riscos e afetar os indivíduos de maneiras imprevisíveis e, por vezes, irreversíveis.

A teoria sociológica da sociedade de risco, proposta por Beck, se mantém atual diante das polícrises, que envolve situações de risco em diversos escopos, econômico, climático, tecnológico, governamental, seguridade, tais crises são visualizadas como uma permacrise (Delanty, 2024). A sociedade de risco é definida como aquela em que as ameaças são convertidas em normalidade, o risco é ubíquo e está intimamente ligado à extinção da humanidade, como guerras nucleares, catástrofes ambientais, aumento populacional (Beck, 2013; Giddens, 1991). Podemos afirmar, que a sociedade de risco é marcada pela globalização,

pela individualização e também pela reflexividade (Beck, 2013). O termo globalização pode ser definido de formas distintas, uma das explicações volta-se para destacar características da modernidade que corresponde a correlação das ações de um indivíduo afetando diretamente os demais (Beck; Giddens; Lash, 1997).

A globalização pode assim ser definida como a intensificação das relações sociais em escala mundial, que ligam localidades distantes de tal maneira que acontecimentos locais são modelados por eventos ocorrendo a muitas milhas de distância e vice-versa. Este é um processo dialético porque tais acontecimentos locais podem se deslocar numa direção inversa às relações muito distanciadas que os modelam (Giddens, 1991, p. 60).

Na globalização há uma unicidade do tempo, que converge além dos ponteiros do relógio, as vivências dos sujeitos (Santos, 2023), ao mesmo tempo que os sujeitos se encontram sozinhos em suas casas, estão conectados a alguma realidade em outra parte do mundo (Beck, 2013), a *internet* e todo o seu alcance também pode ser visualizado como um aparelho que contribui para esse processo. A coexistência entre ausência e presença, também é evidenciada na globalização, devido a possibilidade de fluxo de pessoas, produtos, informações, o que uma sociedade produz em seu território pode ser enviado e desfrutado por indivíduos residentes em outra extensão territorial (Beck, 2013). A estrutura globalizada da sociedade ultrapassa fronteiras nacionais e internacionais, ainda que tais fronteiras permaneçam fisicamente. Assim, a articulação dos indivíduos, nesse modelo de sociedade, perpassa amplas fronteiras, assim como a movimentação e a distribuição de riscos também são característica de um processo de globalização, visto que eles não se limitam exclusivamente ao lugar em que foram produzidos e de acordo “com seu feitio, eles ameaçam a vida no planeta, sob todas as suas formas” (Beck, 2013, p. 26).

Ainda nesse sentido, a mais-valia é considerada a nível global, sua ascensão e alteração é constante, e são efeitos da competitividade das empresas globais que demandam freneticamente por progressos tecnológicos e científicos para continuar no pódio da corrida do capitalismo (Santos, 2023). A modernização e o progresso da ciência e da tecnologia, articulado ao aspecto de globalização, aumenta potencialmente o alcance dos riscos que atingem distintos organismos (Beck, 2013; Giddens, 1991). Na perspectiva de Milton Santos (2023) a globalização é estabelecida como o ápice da internacionalização do mundo capitalista. Sob esta ótica, é possível afirmar também a globalização dos riscos, visto que eles não respeitam ricos ou pobres, não se mantêm em uma única parte do globo. Para Beck (2013), os riscos alcançam todos, uma hora ou outra, nem sequer quem possui maior quantidade de capital está protegido

de seu alcance e efeitos, não podemos ignorar, é claro, “muitos riscos são diferentemente distribuídos entre os privilegiados e os despossuídos” (Giddens, 1991, p. 113). Apesar disso, as ameaças provenientes deles não respeitam limites ou fronteiras, e em algum momento encontrará todos os destinatários. O processo de globalização é um elo entre relações e eventos sociais, que não estão presos ao contexto original e se desenvolve paralelamente ao processo de individualização (Beck, 2013), ambos os processos se entrelaçam e se influenciam mutuamente (Westphal, 2010).

Na perspectiva da individualização, outra marca da sociedade de risco, Beck defende como definição o “início de um novo modo de socialização, como um tipo de ‘transformação formal’ ou ‘categorial’ no relacionamento entre indivíduo e sociedade” (Beck, 2013, p. 189). Ele afirma que este processo não é novo para a sociedade e existe há muitos anos em distintas culturas, inclusive já havia sido pesquisada por estudiosos como Marx, Simmel, Durkheim e Weber (Beck, 2013; Westphal, 2010). A individualização é a libertação dos contextos tradicionais da vida, e acompanha aspectos de unificação e padronização das formas existenciais (Beck, 2013).

Podemos apontar como características da sociedade contemporânea que se aproximam de um consenso: a supervalorização do indivíduo (individualização); as relações pautadas em uma lógica de consumo; o despertar de uma sensação de insegurança e medo; a desvalorização às tradições e ao passado, acrescida de uma preocupação exacerbada com o presente, colocando em xeque a possibilidade de pensar o futuro (Zupelar; Wick, 2015, p. 449).

Além do mais, para Beck (2013), o comportamento individual em diversas áreas, como educação, escolhas profissionais, relacionamentos, consumo e lazer, não pode mais ser diretamente deduzido da classe social de origem. Segundo o autor, a individualização refere-se a um processo em que cada indivíduo se torna a unidade fundamental na reprodução social (Beck, 2013). De um lado, alguns dos defensores da individualização afirmam que a origem de classe já não determina a ação social das pessoas, de outro lado, os teóricos da desigualdade estruturada discordam dessa asserção (Dutra, 2022). Para Beck, a orientação da conduta individual deixa de ser baseada na origem conhecida (a classe social, a família) e passa a se voltar para um futuro desconhecido. Isso ocorre porque, mesmo nas classes mais baixas, as preocupações com a pobreza e as necessidades econômicas imediatas deixaram de ser o foco principal da vida, abrindo espaço para temas mais plurais e diversificados, a sociedade moderna exige que você tome suas próprias decisões e construa sua biografia (Dutra, 2022). Isso pode ser libertador, mas também é uma pressão e uma fonte de insegurança, pois você é o único

responsável pelo seu sucesso ou fracasso. A perspectiva de Beck sobre a individualização foi fortemente criticada pela forma que o autor posicionou a desigualdade de classes no cenário da modernidade tardia. No entanto, autores como Dutra (2022) buscam um meio termo entre as duas visões e defende que a classe social não desapareceu, mas que hoje, ela não determina tudo. A relação entre a origem de classe de um indivíduo e as outras áreas da sua vida, como suas escolhas políticas, seus hobbies ou seu sucesso escolar, ficou menos determinística e consequentemente esses sujeitos foram submetidos a mais cenários incertos. “Isso significa que os indivíduos, enquanto agentes de ação, estabelecem suas formas de vida individual e coletiva e são a expressão de suas escolhas” (Westphal, 2010, p. 420).

É preciso admitir não apenas que as estruturas de desigualdade podem ser relativizadas pelos sistemas sociais, mas também que a autonomia do indivíduo, enquanto sistema de tipo próprio irredutível ao mundo social, faz diferença nas práticas sociais, sem que com isso precisemos aderir a qualquer tipo de ideologia meritocrática (Dutra, 2022, p. 224).

A individualização é entendida, no processo de formação e constituição social, no qual o indivíduo é a referência central das ações no mundo social (Westphal, 2010). Dessa forma, a classe social não é mais um destino determinante para os sujeitos, apesar disso, continua sendo um fator relevante, que aumenta ou diminui as chances dos indivíduos de alcançar um futuro desejável. A individualização “enquanto processo, é caracterizado por ambivalências e contradições: amplia e limita as possibilidades de ação dos indivíduos, sendo compreendido e experimentado como fardo e como chance concomitantemente” (Westphal, 2010, p. 420). Apesar do exposto, é interessante destacar também que a individualização pode, paradoxalmente, gerar uma falsa consciência de libertação (Pais, 2007).

O excesso de informação e o individualismo configuram fatores que moldam a outra marca da sociedade de risco: a reflexividade dos indivíduos (Beck, 2013). Ulrich Beck (2013) define o processo reflexivo como a característica da sociedade ser tanto o tema quanto o problema de si. As produções técnicas são benéficas, até certo ponto, como com a “utilização econômica da natureza para liberar as pessoas de sujeições tradicionais”, no entanto, é essencial que haja reflexão quanto seus efeitos, uma vez que a ciência também é responsável por solucionar “problemas decorrentes do próprio desenvolvimento técnico-econômico” (Beck, 2013, p. 24). A definição de reflexividade implica uma consciência de que o progresso e a modernização podem produzir consequências negativas que precisam ser continuamente gerenciadas. Beck (2013, p. 15) assume que na “reflexividade de processos de modernização, as forças produtivas perderam sua inocência” pois este processo não é isento de contradições,

gerando novos riscos, dilemas face aos perigos que a própria modernidade cria. Como exemplo, as “guerras, os medicamentos, a indústria da beleza, os meios de transporte, os equipamentos de casa, trabalho e lazer, e todos os demais produtos que estão à venda, não são originados a partir de pesquisas neutras e desinteressadas” (Genovese; Genovese; Carvalho, 2019, p. 6). A ciência e a tecnologia passam a ser, direta ou indiretamente, associadas aos aspectos sombrios que afetam a sociedade (Beck, 2013; Giddens, 1991). Os riscos estão diretamente associados à reflexividade, de maneira que o tema central dessa discussão é a reflexividade envolvida no processo de modernização (Miranda; Zaneti, 2020). Assim, a reflexão é a capacidade crescente dos indivíduos de questionar e transformar as suas próprias condições de existência. Nesse sentido, em uma sociedade reflexiva, somos compelidos a adotar um posicionamento crítico e a nos confrontarmos com os resultados da tecnociência, sejam eles positivos ou negativos (Jacobi, 2005).

Com a transição para a modernidade tardia, riscos antes latentes tornam-se ameaças palpáveis. Esse contexto é marcado por uma dualidade. De um lado, vigora um otimismo que projeta o futuro, a partir da modernidade tardia, como um território aberto à exploração, domínio e progresso (Giddens, 2007). De outro, é nessa mesma sociedade que a produção de riquezas e os avanços tecnocientíficos são inseparáveis da produção de riscos. Sob o prisma do futuro, percebe-se que os riscos não se esgotam, manifestando-se tanto em cenários previsíveis quanto imprevisíveis. Neles, conforme Beck (2013, p. 39), “[...] exprime-se sobretudo um componente futuro. Este baseia-se em parte na extensão futura dos danos atualmente previsíveis e em parte numa perda geral de confiança ou num suposto ‘amplificador de risco’”. Desse modo, as ameaças associadas aos riscos coexistem de forma simultânea como reais (imagináveis) e irrealis (inimagináveis). Ou seja, os riscos “têm, portanto, fundamentalmente que ver com antecipação, com destruições que ainda não ocorreram, mas que são iminentes, e que, justamente nesse sentido, já são reais hoje” (Beck, 2013, p. 39). Para Beck (2013):

Na discussão com o futuro, temos, portanto, de lidar com uma ‘variável projetada’, com uma ‘causa projetada’ da atuação (pessoal e política) presente, cuja a relevância e significado crescem em proporção direta à sua incalculabilidade e ao seu teor de ameaça e ao seu teor de ameaça, e que concebemos (temos de conceber) para definir e organizar nossa atuação presente (Beck, 2013, p. 40).

De maneira análoga, Giddens (1991) observa que os indivíduos na modernidade se deparam com a ausência de horizontes que orientem perspectivas futuras, o que, por sua vez, fragmenta até mesmo a experiência do presente. Sob condições modernas, a mudança ocorre com uma rapidez extrema (Giddens, 1991), caracterizando um desenvolvimento social

acelerado, significativo e intrinsecamente perturbador. Nesse contexto, as certezas são substituídas por um engajamento com cenários potenciais, distanciando-se do mero determinismo científico e exigindo uma ação fundamentada na própria incerteza (Cazelli; Franco, 2001; Giddens, 1991). Nesse sentido, autores como Zwikael (2019, p. 104, tradução nossa) definem risco como “a incerteza sobre o eventual alcance de valores para parâmetros específicos que são definidos, estimados, derivados ou esperados”, os quais podem incluir desde resultados-alvo até prazos, custos e consequências indesejáveis. Trata-se, portanto, de fenômenos orientados para o futuro, cuja significação não se esgota em danos já concretizados neles exprime-se o componente futuro (Beck, 2013). Dessa forma, torna-se improvável uma previsão integral das incertezas, dado os limites intrínsecos do conhecimento e da capacidade de antecipação humana (Sardar, 2010; Delanty, 2024). Além disso, embora o risco seja objeto de explicação, previsão e cálculo pela ciência, sua natureza não pode ser reduzida ao domínio da expertise técnica (Beck, 2013). A partir dessas concepções, compreende-se que, apesar da multiplicidade de definições de risco em diversas áreas do conhecimento, é imperativo assumir a existência de situações que permanecem imprevisíveis, incalculáveis e invisíveis, como as incertezas dos cenários futuros.

4.2 QUESTÕES SOCIOCIENTÍFICAS COMO ABORDAGEM AMPLIADA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA CONTEMPORÂNEA

O conhecimento técnico-científico se aprimorou e, desde sua ascensão, ganhou espaços na resolução de grandes questões (Christensen, 2009; Morin, 2007). Contudo, sentimentos como angústia, medo e insegurança tornaram-se frequentes, devido ao avanço da sociedade tecnocientífica (Zupelari; Wick, 2015). As situações de ameaças iminentes escapam “à faculdade de juízo do indivíduo, continua abandonado às suposições, métodos e controvérsias de terceiros produtores de conhecimentos” (Beck, 2013, p. 64). Sob esta perspectiva, Beck afirma que os afetados pelas ameaças são desqualificados, tornando-se dependentes do conhecimento alheio. A expertise científica assume o papel de sistema especialista capaz de fornecer segurança para os indivíduos que confiam nos outros como uma necessidade psicológica. Dessa maneira, a ciência natural foi instaurada como único conhecimento possível para responder todas as demandas modernas (Funtowicz; Ravetz, 1997) aproximando-se de um cientificismo que reduz outras formas de saber.

A discussão em torno do teor de poluentes e toxinas no ar, na água e nos alimentos, assim como em torno da destruição da natureza e do meio ambiente em geral, ainda é exclusiva ou predominantemente conduzida de acordo com categorias e fórmulas das ciências naturais (Beck, 2013, p. 29).

Historicamente, a pedagogia liberal se transformou diversas vezes objetivando a recomposição da hegemonia da burguesia, já que ela compõe uma manifestação própria da sociedade de classes e defende o sistema capitalista e interesses individuais (Libâneo, 1985). As doutrinas liberais, como a tradicional e a tecnicista, ocuparam o lócus de desenvolvimento de uma educação dotada de racionalidade de modo a reduzir as interferências subjetivas que poderiam atrapalhar sua eficiência (Saviani, 1982). Por essas razões, muitas vezes, nas aulas de ciências o indivíduo reafirma sua confiança na ciência e no próprio docente. Podemos notar o reflexo de pedagogias liberais e também dos sistemas peritos quando o professor assume papel de especialista, detentor das respostas. Nesse cenário, a confiança pode ser interpretada como uma unidade de fé, não diretamente aos outros indivíduos, mas, em sua competência (Giddens, 1991) e isso pode acarretar em uma educação com viés acrítico, e os estudantes podem assumir o papel de meros reprodutores dos conceitos científicos.

Há uma relação de causa e efeito: a racionalidade científica é restrita e confiada exclusivamente aos peritos e por consequência os demais indivíduos se distanciam dela. Se a ciência é ensinada como salvadora, irrefutável, detentora de todas respostas ela torna-se inalcançável para os leigos (Morin, 2007). Em oposição, a negação de uma ciência benfeitora e produtora de desfechos estritamente positivos ou uma ciência instável e desconhecadora de algumas situações pode ser interpretada como irracionalismo (Beck, 2013) ou mesmo negacionismo científico. A sociedade é permeada por ameaças iminentes os riscos, que produtos do progresso científico e tecnológico. Como alternativa para manter instituições tecnocráticas como solucionadoras confiáveis, muitas das descrições de risco são associadas apenas à probabilidade (Schenk et al., 2019). Uma vez que não há espaço para cenários inseguros na educação científica clássica, ela volta-se para um ensino simplista limitando-se a cálculos probabilísticos, compreensão de conceitos pré-estabelecidos e certezas. Assim, induz-se a visão de ciência como instituição neutra, segura e confiável (Auler, 2002) e os discentes voltam-se por apenas reproduzir o modelo de ensino sem de fato considerar modificações ou incertezas ao longo do processo

Todavia, uma das problemáticas é que a produção de ciência depende dos interesses econômicos, políticos e sociais do poder dominante (Libâneo, 1985; Strieder; Kawamura, 2017; Vaccarezza, 1998). A escola exerce as funções que lhe são atribuídas pela sociedade concreta, a qual, por sua vez, é formada por classes sociais com interesses opostos (Libâneo, 1985). Sendo

assim, frequentemente, a ciência e a tecnologia atendem aos interesses dos ricos de formas que prejudicam o bem-estar e os direitos dos pobres e marginalizados, contribuindo, em muitos casos, para o aumento das desigualdades e injustiças sociais (Hodson, 2018). A abordagem dos riscos e incertezas no ensino de ciências possibilita uma conscientização importante: o conhecimento científico, por si só, pode ser insuficiente para embasar decisões. O processo decisório frequentemente envolve a consideração de valores, que, por sua natureza subjetiva, podem gerar desentendimentos. Como observa Develaki (2024, p. 16, tradução nossa), tais desacordos surgem porque “os valores refletem perspectivas distintas, como a priorização da precaução frente a riscos ou a defesa de interesses políticos e econômicos”. O Novo Ensino Médio (NEM) surge com a proposta de relacionar as aprendizagens com o mundo contemporâneo, para isso é necessário que a escola se reinvente e reconheça “as rápidas transformações na dinâmica social contemporânea nacional e internacional, em grande parte decorrentes do desenvolvimento tecnológico, atingem diretamente as populações jovens e, portanto, suas demandas de formação” (Brasil, 2018, p. 462).

Para formar esses jovens como sujeitos críticos, criativos, autônomos e responsáveis, cabe às escolas de Ensino Médio proporcionar experiências e processos que lhes garantam as aprendizagens necessárias para a leitura da realidade, o enfrentamento dos novos desafios da contemporaneidade (sociais, econômicos e ambientais) e a tomada de decisões éticas e fundamentadas. O mundo deve lhes ser apresentado como campo aberto para investigação e intervenção quanto a seus aspectos políticos, sociais, produtivos, ambientais e culturais, de modo que se sintam estimulados a equacionar e resolver questões legadas pelas gerações anteriores – e que se refletem nos contextos atuais –, abrindo-se criativamente para o novo (Brasil, 2018, p. 463).

No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais do país. A BNCC define os conhecimentos provenientes da CT como capazes de solucionar problemáticas individuais e coletivas, entretanto, no documento “propõe-se também discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente” (Brasil, 2018 p. 549). Apesar da dificuldade de pedagogias progressistas se institucionalizarem em sociedades capitalistas elas constituem-se de doutrinas relevantes para analisar criticamente as realidades sociais implicadas a finalidades sociopolíticas da educação (Libâneo, 1985). É indispensável partir de pedagogias contra hegemônicas para se aproximar do interesse dos dominados em esferas que incluem a ciência e a tecnologia, visto que estão presentes em inúmeros aspectos da vida cotidiana, exercendo uma influência significativa sobre a maneira como vivemos, pensamos e agimos.

É natural que o fascínio pelas novas tecnologias nos impeça de perceber possíveis consequências adversas inesperadas e nos distraia da consideração dos valores associados a elas (Hodson, 2018). Porém, por vivermos em um período repleto de cenários incertos, pelo avanço significativo da ciência e tecnologia (CT), temos consciência das limitações da perícia (Giddens, 1991), já que não existe nenhum sistema especialista capaz de prever integralmente suas consequências. Há incerteza dentro da comunidade científica porque a ciência não está desintegrada das outras instituições sociais. A ciência clássica afastou a integração de realidades existentes como o acaso, as imprevisibilidades, caminho que foi perpetuado pela educação científica por muitos anos, afastando-se de aspectos complexos.

Ainda nesse sentido, a sociedade é cada vez mais acelerada e a educação científica deve considerar a complexidade envolvida nas problemáticas das ciências, tanto naturais quanto sociais, visando uma ciência que fuja dos reducionismos (Carvalho, 2022). Contudo, a educação é um dos sistemas institucionais que tende a ter alterações mais lentas, sendo assim, não acompanha o mesmo ritmo da transformação tecnológica da sociedade moderna (Rosa, 2019). O conhecimento científico atual se mantém, majoritariamente, caracterizado como solucionador de problemáticas, com abordagem simplista e reducionista. Contudo, abordagens científicas e educacionais que envolvem sistemas abertos, permeados por incerteza e complexidade, podem colaborar para uma ciência que se distancia de reducionismos (Carvalho, 2022). De maneira semelhante aos cientistas, os professores das ciências naturais são incapazes de conhecer, prever ou provar integralmente o conhecimento de sua área de especialização porque o avanço segue desenfreado e o futuro é coberto por incertezas. Por isso, entendemos a necessidade de os estudantes discutirem cenário incertos e navegarem pela incerteza, visando o bem-estar dos indivíduos, das comunidades e do planeta como um todo (Laherto; Rasa, 2022).

Em abordagens mais tradicionais à educação científica o conhecimento é geralmente descontextualizado, enquanto na tradição progressista, o tipo de discurso e conhecimento a formação é encontrada é o resultado de conversas deliberativas dos alunos sobre problemas autênticos que lhes permite tornaram-se participantes ativos na tomada de decisões democráticas (Zeidler; Herman; Sadler, 2019, p. 1, tradução nossa).

Há duas décadas, as Questões Sociocientíficas (QSC) configuram-se como uma abordagem promotora da alfabetização científica (Zeidler; Herman; Sadler, 2019). Por definição, as QSC consistem em “problemas controversos e mal estruturados, para os quais não há uma resposta correta unívoca e sim com soluções incertas e complexas” (Levrini et al., 2019, p. 5, tradução nossa). Tais questões, profundamente vinculadas a discussões de natureza

científica e tecnológica, demandam conhecimentos diversos para a construção de soluções alternativas moral, social e cientificamente viáveis (Conrado; Nunes-Neto, 2018; Zeidler; Herman; Sadler, 2019). Autores como Schenk *et al.* (2021) destacam o potencial de integrar o conhecimento sobre risco às QSC, afirmando: “acreditamos que tais esforços são de particular relevância em tempos de desafios globais urgentes para ecossistemas, saúde humana e sociedade em geral” (Schenk et al., 2021, p. 2216, tradução nossa). Nesse contexto, professores de ciências da natureza podem não apenas facilitar a compreensão técnica de temas como tecnologias genéticas, agrotóxicos, energia atômica e mudanças climáticas, mas também transcender aspectos puramente técnicos, dado que “[...] o tipo de enquadramento sociocultural que reside nas QSC é, de fato, ligada à qualidade das questões pessoais, comunitárias e globais” (Zeidler; Herman; Sadler, 2019, p. 1, tradução nossa).

Torna-se relevante, portanto, fomentar a compreensão do risco inerente aos avanços tecnocientíficos, uma vez que este é um elemento natural das QSC no ensino de ciências (Schenk et al., 2021). O mito da soberania tecnocrática, que atribui apenas a especialistas a capacidade de deliberar sobre tais questões, resulta na exclusão social dos processos decisórios (Almeida; Strieder, 2021; Morin, 2007). Contudo, questões relativas à confiabilidade e à incerteza não são exclusivas da ciência (Covitt; Anderson, 2022). Ao nos distanciarmos da tomada de decisão, ficamos sujeitos a escolhas alheias, científicas, políticas, econômicas, ecológicas, que podem não corresponder a nossos valores ou anseios. Os cidadãos manifestam diversas preocupações relativas a questões globais e regionais associadas à ciência e à tecnologia, como a degradação florestal, as alterações climáticas, a energia nuclear e o uso de organismos geneticamente modificados na agricultura (Brasil, 2018). A educação que incorpora as QSC visa a uma formação científica que desenvolva a capacidade de avaliar fontes de dados e um raciocínio ético e moralmente sensível, permitindo compreender a complexidade dessas questões (Hodson, 2018; Zeidler; Herman; Sadler, 2019).

Incluir as QSC no ensino de ciências pode, assim, contribuir para com um conhecimento científico articulado à participação ativa, além de desenvolver habilidades de raciocínio e tomada de decisão em contextos de incerteza. Conforme destaca Develaki (2024, p. 3, tradução nossa):

A educação científica tem um papel a desempenhar e uma contribuição a fazer no cultivo de tais habilidades, e o assunto do risco deve, portanto, ocupar um lugar importante no conteúdo e nos objetivos da alfabetização científica, de modo a promover a preparação de futuros cidadãos e pesquisadores capazes de lidar com questões e dilemas em condições de incerteza, como é o caso da maioria das questões sociocientíficas (QSC) de hoje.

A ciência e os cientistas não são isentos de intencionalidades e valores e suas “[...] decisões são baseadas em diferentes prioridades ou interesses. Quando as decisões precisam ser tomadas tão rapidamente, o risco de os efeitos assimétricos que favorecem algumas categorias em detrimento de outras são muito elevados” (Levrini et al., 2020, p. 5, tradução nossa). Os riscos, reais ou não, são produzidos pelo progresso tecnológico e científico. A “análise de risco é valiosa para o ensino de QSC, pois geralmente visa ensinar aos alunos sobre raciocínio argumentativo e tomada de decisão; habilidades para as quais a análise de risco pode contribuir” (Schenk et al., 2021, p. 2216, tradução nossa). Os indivíduos que vivem constantemente expostos a ameaças civilizacionais da sociedade de risco precisam discutir sistemas complexos, sistêmicos da sua realidade. Nesse sentido, “apontar contextos problemáticos a partir de riscos fabricados, como clima, meio ambiente, saúde e dilema moral, pode promover um conjunto de problemas complexos (perversos)” (Pietrocola et al., 2021, p. 228). Os autores Pietrocola et al. (2021, p. 228) afirmam que “desenvolver habilidades específicas para lidar adequadamente com esse tipo de problema é desenvolver a própria cidadania dos alunos”. Os estudos de casos bem selecionados podem ser aliados no processo de aprendizagem demonstrando aos alunos que a inovação tecnológica é complexa, ampla e não totalmente previsível, frequentemente resultando em benefícios ou custos inesperados e riscos não antecipados (Hodson, 2018).

Os benefícios das inovações científicas e tecnológicas são, por vezes, acompanhados de problemas: a necessidade urgente para muitas pessoas desenvolverem habilidades, mudanças sociais difíceis e, às vezes, desconcertantes, mudanças radicais no estilo de vida, risco para a saúde humana, a degradação ambiental, os principais dilemas ético-morais e, às vezes, restrição, ao invés de ampliação, da liberdade e da escolha individual (Hodson, 2018, p 35).

Ademais, as questões sociocientíficas contribuem para uma abordagem contextualizada de conteúdos (Conrado; Nunes-Neto, 2018) visto que necessitam de dados técnico-científicos, tanto quanto necessitam de habilidades, valores, atitudes e aspectos éticos, políticos, econômicos, ambientais (Hodson, 2018; Zeidler; Herman; Sadler, 2019). Sendo assim, a educação contemporânea pode lidar com cenários de incertezas, pois nem todas as problemáticas sociais, que surgem a partir do seu progresso desenfreado, podem ser previstas ou solucionadas. Estudos, como o de Schenk *et al.* (2021), obtiveram resultados que demonstraram que incorporar conteúdos mais formais sobre risco aliado à abordagem de questões sociocientíficas foi eficaz. A CT engessada como salvadora não deixa abertura para dúvidas ou necessidade de aperfeiçoamento. Dessa maneira, a rigidez científica não abrange as incertezas presentes na sociedade de risco, que incluem inclusive a comunidade científica

(Covitt; Anderson, 2022). Desse modo, surgem rachaduras no ensino de ciências, os discentes se distanciam da ciência escolar por não se sentirem necessários no processo de construção do conhecimento. Uma educação em ciências com conteúdos dissociados das implicações do mundo real e do cotidiano dos estudantes pode reduzir o interesse e a percepção desses sujeitos acerca da relevância da temática científica. Os estudantes precisam desenvolver uma perspectiva ampliada do contexto científico e tecnológico que afeta a sociedade e também se entender como pertencentes a essa realidade. Dessa maneira, há necessidade de incentivos para uma educação questionadora, inclusive da própria Ciência e Tecnologia, não como forma de negacionismo e sim com intuito de desassociar as temáticas CT do salvacionismo (Almeida; Strieder, 2021). Diante dessa nova configuração, o ensino de ciências no contexto da modernidade tardia vai além de guiar o aluno a responder uma pergunta que o professor já sabe a resposta. Entendemos que o caminho deveria ultrapassar essa estrutura escolar constantemente reproduzida. Visto que a educação científica necessita induzir o processo de tomada de decisão, avaliação e percepção do risco ampliado, ademais deve incitar a produção de conhecimento para situações incertas (Pietrocola et al., 2021).

Desse modo, compreendemos que o currículo de ciências focado no ensino técnico e científico, guia os discentes a confiarem estritamente nos sistemas peritos. Assim como Cazelli e Franco (2001, p. 173) “entendemos que a insistência em abordagens dogmáticas tem sua funcionalidade por meio da valoração da confiança em sistemas especialistas, apesar da ineficácia em termos de ensino e de aprendizagem de ciência”. Buscamos uma educação científica que tenha como pressuposto discutir as limitações da ciência e as fragilidades dela da sociedade de risco. Assumimos que os especialistas, ou peritos (Giddens, 1991), não têm as respostas para todas as circunstâncias que permeiam a sociedade desse novo modelo de modernidade (Cazelli; Franco, 2001), visto que as mudanças causadas pelos desenvolvimentos industriais e tecnocientíficos são muito rápidas e em grandes escalas. A abordagem de raciocínio sociocientífico pode ser uma alternativa para que os discentes observem problemáticas por diversas perspectivas, discutam possibilidades e limitações científicas e analisem soluções potenciais (Zeidler; Herman; Sadler, 2019). Os sujeitos realizam majoritariamente processos de reprodução das práticas sociais, no entanto, devem desenvolver suas habilidades de produção, ou agência (Giddens, 2003), de entendimentos e questionamentos inéditos para alcançarem uma consciência discursiva e capacidade de contribuir para agir discursivamente na sociedade permeada de imprevisibilidades.

De tal maneira, devemos contornar a educação científica que visa a mera “introjeção da confiança em sistemas especialistas” (Cazelli; Franco, 2001, p.180) e partir para uma

compreensão mais efetiva da ciência e seus processos, que não se restringem a problemas fechados e imutáveis e que a educação deve “ser promovida ao longo da vida das pessoas” (Cazelli; Franco, 2001, p.181). Concordamos com Zeidler; Herman; Sadler (2019) quando afirmam que para o pensamento e raciocínio de QSC os estudantes devem compreender diversas dimensões, incluindo a de complexidade, que envolve a capacidade dos discentes de perceberem as situações e raciocinarem através de modelos complexos inerentes às questões sociocientíficas (Zeidler; Herman; Sadler, 2019). As QSC é uma das estratégias para promover o conhecimento futuro (Suhendar et al., 2025). Sendo assim, trabalhar a partir das incertezas pode ser uma forma de levar novamente o protagonismo para os estudantes. A educação científica deve ser um caminho para discussões relacionadas aos desafios sociais e ambientais complexos para promover o conhecimento futuro (Suhendar et al., 2025). De tal maneira, Cazelli e Franco (2001) em seu estudo já defendiam a ideia de que os indivíduos da sociedade de risco contribuirão ativamente em processos de tomada de decisão em que os especialistas não possuem a resposta. Sobretudo, para que os estudantes se engajem na educação científica atual, é necessário que compreendam que produções tecnocientíficas não são neutras ou desinteressadas (Genovese; Genovese; Carvalho, 2019, p. 6):

Não basta que os estudantes apenas entendam essa dinâmica relação, mas também sejam capazes de fazer escolhas responsáveis, se posicionando e defendendo seus argumentos. Para isso, também é necessário que o professor aborde em sala de aula a importância de valorizar a vida humana, as diferentes culturas e os demais seres vivos do planeta. A ética e o respeito devem prevalecer em uma educação científica em que os conteúdos estejam articulados aos aspectos sociais e ambientais (Genovese; Genovese; Carvalho, 2019, p. 6).

Dessa forma, podemos afirmar que a educação em ciências deve contribuir para a formação desses indivíduos para que possam realizar decisões interessadas e baseadas em seus conhecimentos científicos. Uma educação científica que se apoie nos valores, como reflexão, colaboração, pensamento crítico e sistêmico, que seja orientada para o futuro pode auxiliar os estudantes a avaliar os impactos (positivos e negativos) da CT na sociedade e no ambiente e a expandir seu entendimento sobre a complexidade dessas interações (Laherto; Rasa, 2022).

4.3 RISCOS E CENÁRIOS FUTUROS NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

O Iluminismo marcou um novo imaginário sobre o entendimento humano do futuro. Sob a influência da ciência, as ideias de utopia e progresso ganharam força, substituindo a antiga concepção apocalíptica do futuro (Delanty, 2024). Por conseguinte, o advento da

modernidade “implicou uma forte crença de que o futuro poderia ser dominado pela vontade e pelo desígnio humanos” (Delanty, 2024, p. 21, tradução nossa). A modernidade tardia chega como um marco de desordem múltipla (Delanty, 2024), propiciada especialmente pelo progresso tecnológico e científico veloz e desenfreado (Beck, 2013; Giddens, 1991). Já não conseguimos prever o que será produzido amanhã, o quanto será inovador ou mesmo qual será o nível de risco. O risco reflete o modo como uma sociedade percebe e processa cognitivamente os desafios que surgem diante de um futuro incerto e moldado por suas próprias ações. Nesse contexto, a sociedade deixa de ser guiada pela religião, pela tradição ou por uma força superior da natureza, passando a perder a confiança em qualquer poder redentor ou utópico (Beck, 2013).

O saber-fazer (*know-how*) técnico-químico-biológico-médico é uma forma de aproximação ao conhecimento dos riscos civilizacionais que, *a priori*, são intangíveis e limitados ao conhecimento científicizado (Beck, 2013). Apesar disso, podemos considerar assim como Develaki (2024) que também há incertezas no meio de especialistas, e a partir disso, a educação em ciências é um caminho que pode ser percorrido para proporcionar discursos reflexivos que envolvam a incerteza científica e ampliar a percepção de ubiquidade dos riscos em sociedade de ameaças iminentes. Ademais,

[...] os alunos devem ter a oportunidade de aprender que, embora o conhecimento científico seja indispensável para lidar com a incerteza e os riscos, eles devem, ao mesmo tempo, estar cientes de que nem sempre é suficiente para a tomada de decisões, uma vez que em muitos casos pode conter incertezas e insuficiências, e o discurso participativo é necessário para lidar com os desacordos resultantes e para chegar a decisões duráveis e equilibradas (Develaki, 2024, p. 16, tradução nossa).

Os significativos “avanços sociais, científicos e tecnológicos testemunhados na última década em nível global evidenciaram a necessidade premente de preparar os jovens para os desafios do futuro” (Ioannidou; Guilfoyle; Erduran, 2025, p. 1, tradução nossa). Considerando isso, o que é mais arriscado e incerto do que o amanhã? “Podemos ter conhecimento de previsões e visões, cenários e opiniões de especialistas, conceitos e metodologias de estudos de futuros, mas isso, é claro, não é a mesma coisa que conhecer o futuro” (Sardar, 2010, p. 178, tradução nossa). Não tem como afirmar como será o futuro, principalmente se somos indivíduos de uma sociedade de risco, pois a incerteza, a complexidade e a mudança acelerada são componentes fundamentais do amanhã (Sardar, 2010). O futuro é plural, existem diversos cenários possíveis, “é um erro tecnocrático presumir que o conhecimento do futuro – em um sentido singular, monolítico e científico – seja possível” (Sardar, 2010, p. 178, tradução nossa). Há uma variedade infinita de futuros alternativos potenciais (Voros, 2003). Apesar disso, é

comum que tenhamos a ideia de que existe um futuro como se fosse algo pré-determinado porque historicamente os seres humanos tinham a sensação de controle do presente. O pensamento futuro é interesse da sociologia atual (Delanty, 2024) justamente porque ele é multifacetado e conta com diversas e distintas potencialidades e possibilidades – ou não – de acontecer, como assume Beck (2013, p. 40):

Na sociedade de risco, o passado deixa de ter força determinante em relação ao presente. Em seu lugar, entra o futuro, algo, todavia inexistente, construído e fictício como ‘causa’ da vivência e da atuação presente. Tornamo-nos ativos hoje para evitar e mitigar problemas ou crises do amanhã ou do depois de amanhã, para tomar precauções em relação a eles – ou então justamente não.

O sociólogo Gerard Delanty (2024) se utiliza da teoria social crítica para falar que a noção de futuro é plural, parte dele está determinado, no entanto, a maior parte prevalece aberta sendo influenciada pelo indeterminismo, pela incerteza e pelo desconhecido e não temos mais controle nem podemos facilmente prever ou governar. A partir do estudo de Delanty (2024, p.13, tradução nossa) podemos afirmar que “vivemos no presente, mas estamos sempre orientados para o futuro, cuja sombra se projeta sobre o presente”. É na projeção do futuro que se torna possível observar o desdobramento das crises contemporâneas, ao mesmo tempo, é nesse horizonte temporal que se depositam as expectativas e estratégias voltadas à superação dos desafios do presente (Delanty, 2024).

Entretanto, a concepção otimista que tradicionalmente orientava nossa visão acerca dos cenários futuros tem sido progressivamente tensionada por um conjunto de incertezas cada vez mais complexas, entre as quais se destacam conflitos armados, mudanças climáticas, pandemias como elementos que fragilizam e reconfiguram nossas certezas (Beck, 2013; Delanty, 2024; Giddens, 1991). Contudo, resultados do trabalho de Rasa, Palmgren e Laherto (2022) demonstram que discutir os cenários futuros em equipe, além de auxiliar a compreensão de ferramentas sobre pensamentos sobre o futuro – imaginando trajetórias preferenciais – ainda parecem ter criado esperanças no contexto futuro. Além de minimizar as ameaças, a educação científica visa qualificar os discentes a navegar e gerenciar riscos complexos fabricados. (Pietrocola; Schnorr; Rodrigues, 2025). Nesse viés, a aproximação da compreensão científica pode evidenciar as problemáticas das ameaças civilizacionais que envolvem os indivíduos no presente e, principalmente no futuro. Considerando isso, a educação em ciências deve possuir como pressuposto apresentar aos discentes uma bússola (antecipação, ação e reflexão) para navegar neste novo modelo de dinamismo social (Levrini et al., 2020). Os resultados de Pietrocola, Schnorr e Rodrigues (2025) mostram que instigar os futuros incertos em sala de aula

foi crucial para ajudar os estudantes a avaliar e refinar avaliações de risco. “A emergência da sociedade de risco renova e ressignifica as exigências acerca da educação em ciências” (Cazelli; Franco, 2001, p.174).

A educação científica desse novo momento pode assumir dois papéis: ignorar as incertezas ou trabalhar com elas. Neste último, a falta de respostas, dúvidas e imprevisibilidades podem direcionar o entendimento para desenvolver conceitos de riscos. As incertezas em relação à ciência e tecnologia não devem atuar como um obstáculo para o ensino de ciências nas escolas, ao contrário, devem servir como um estímulo para refletir sobre as questões relacionadas à CT na sociedade de risco. A “[...] dúvida nos estudos futuros é um instrumento de mudança positiva: ela expressa a questão: o que mais é possível? Que outras perspectivas existem? Que impacto este ou aquele futuro terá sobre os outros?” (Sardar, 2010, p. 183, tradução nossa). Ainda sob essa perspectiva, uma educação científica orientada para o futuro parece ser uma alternativa eficiente e necessária para discussões contemporâneas (Laherto; Rasa, 2022). Os conhecimentos e consensos científicos devem direcionar as discussões, no entanto, não devem ser as únicas ferramentas para a construção da educação científica. Os sistemas peritos não podem ser a única alternativa para realizar processos decisórios (Cazelli; Franco, 2001; Develaki, 2024) se apoiar unicamente nesses sistemas pode distanciar os discentes da produção de conhecimento. Além disso, adotar uma abordagem aberta e orientada para o futuro plural pode ajudar os estudantes a se reconhecerem como parte integrante do processo de construção do conhecimento e que suas reflexões e discussões desempenham um papel crucial para essa sociedade permeada por imprevisibilidades. Levrini *et al.* (2020, p. 7, tradução nossa) afirmam que:

A educação científica pode ser uma oportunidade extraordinária para educar sobre o futuro, visto que é uma fonte impressionante de conhecimento para pensar e discutir sobre o futuro. De fato, a prática epistêmica de construir modelos preditivos e estruturas causais para explicar e prever fenômenos naturais ou sociais é constitutiva da ciência.

O tópico futuro envolve discussões em diversos escopos, como ciências, educação científica, epistemologia, sociologia, política e mercado de trabalho. “O futuro oferece uma oportunidade para transformar a educação STEM em uma educação mais global dos jovens: permite que o ensino toque as dimensões emocional (pessoal), social e vocacional” (Levrini *et al.*, 2019, p. 23, tradução nossa). Nos inspiramos no trabalho de Levrini *et al.* (2019) para ensinar os futuros e incertezas utilizando a educação científica como metodologia. A utilização de cenários futuros no ambiente educacional oportuniza debates que frequentemente não

acontecem ao trabalhar com conteúdos e conceitos da ciência, assim como conclui Levrini *et al.* (2019, p. 2669, tradução nossa):

Além disso, vimos que o tópico do futuro pode auxiliar no desenvolvimento da criatividade e encorajar os alunos a aprimorar sua imaginação. Acima de tudo, vimos que os adolescentes transformaram seu aprendizado de ciências em uma oportunidade de lidar com sua ansiedade em relação às incertezas globais e futuras.

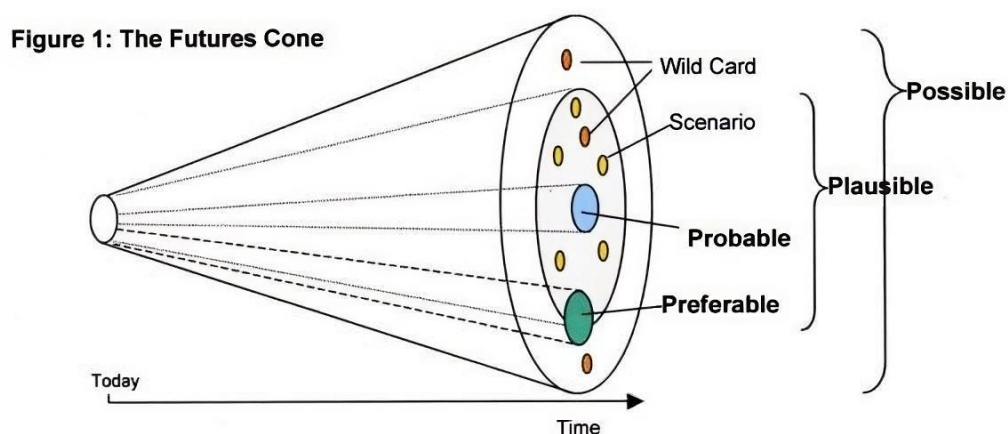
O ensino de ciências deve ser um dos caminhos de reflexão e percepção dos cenários de riscos – que são futuros e se antecipam no presente (Beck, 2013). Assim, uma possibilidade de esquiva de um futuro singular – e colonizado por uma única cultura – é o ceticismo (Sardar, 2010). “Os estudos do futuro precisam ser céticos em relação a soluções simples e unidimensionais para problemas complexos, bem como em relação a ideias, projeções, previsões, prognósticos e noções de verdade dominantes” (Sardar, 2010, p. 183, tradução nossa). Portanto, os riscos estão essencialmente ligados à antecipação – referem-se a destruições que ainda não aconteceram, mas que são iminentes e, por isso mesmo, já se fazem reais no presente (Beck, 2013). Para isso, é necessário discutir as possibilidades de cenários futuros plurais visto que “[...] fornece evidências úteis que apoiam o uso de cenários como ferramenta de ensino para cultivar um senso desejado de ‘esperança realista’” (Ioannidou; Guilfoyle; Erduran, 2025, p. 15, tradução nossa). Conceituamos de acordo com Voros (2003) os futuros: preferíveis (o que gostaríamos que acontecesse), plausíveis (pode acontecer, baseado no entendimento que temos na atualidade), prováveis (o que é mais provável que aconteça), possíveis (o maior intervalo, engloba o que pode acontecer, incluindo cenários improváveis). Ademais, discutimos a ideia dos curingas (baixa probabilidade e alto impacto) e podem ser visualizados em futuros potenciais, possíveis ou plausíveis, no entanto, estão fora do reino do provável. Exemplo de cenários curingas incluem

[...] um impacto de asteroide ou cometa com a Terra (plausível), ou uma viagem espacial interestelar de altíssima velocidade (possível). Os curingas potenciais, por outro lado, estão esperando por nós naquele reino (fora do imaginável possível) onde nossos poderes de imaginação são atualmente inúteis. Os curingas são, em certo sentido, uma ferramenta de abrangência, cruzamento ou destruição de limites; eles são úteis para romper o pensamento "limitado" em reinos de notícias "fora" do limite (Voros, 2003, p. 14, tradução nossa).

O futuro potencial é um campo interessante de ser trabalhado devido sua infinita variedade de futuros alternativos (Voros, 2003). No futuro potencial – visualizado como um curinga – estão incluídos dois cenários abrangentes: conhecido improvável ou desconhecido. As possibilidades desse futuro são absurdas e por mais improváveis que sejam, ainda são

cenários potenciais. Por outro lado, cenários que não temos capacidade de imaginar, pois se existem possibilidades desconhecidas, aceitamos que o futuro não é pré-determinado (Voros, 2003).

Figura 1 – cone de futuros adaptado por Voros (2003)



Fonte: Voros, 2003.

Como a criação de visões de futuro depende tão intimamente da consciência que as cria, e dos limites considerados relevantes para a definição dessas visões de futuro - sem mencionar as amarras inconscientes além das quais não pensamos - o uso de curingas para forçar uma expansão do pensamento em novos territórios da imaginação pode ser extremamente útil. Por exemplo, brincar com a ponta do que as pessoas consideram "impossível" é uma boa maneira de cutucar o limite do possível (Voros, 2003, p. 14, tradução nossa).

A estrutura do cone (Fig. 1) foi projetada para auxiliar na compreensão de algumas das principais etapas envolvidas no trabalho de prospecção; diagnosticar os processos existentes e projetar novos processos (Voros, 2003). Ademais, consideramos o cone de futuros um terreno fértil capaz de distanciar a percepção de futuro unidimensional e também de discutir cenários de risco e incertezas nas prospecções realizadas. O questionamento relacionado ao futuro plural, “serve como uma ferramenta para evitar que os próprios estudos do futuro se tornem um instrumento de opressão” (Sardar, 2010, p. 183, tradução nossa). Por isso, a compreensão dos riscos e futuro é uma questão a ser considerada nos currículos de educação científica já que as incertezas estão cada vez mais presentes nos discursos sociais (Christensen, 2009; Levrini et al., 2019). Assim como escreve Christensen a produção de conhecimentos no ensino de ciências deve acompanhar as discussões sociais sobre os riscos, para que em vez de minar a ciência aos olhos dos alunos (Christensen, 2009) destaque “o que a ciência tem para oferecer à resolução de problemas em termos de conhecimento baseado em evidências” (Christensen, 2009, p. 212, tradução nossa) sem desconsiderar as limitações, as ameaças e as incertezas que são intrínsecas

aos conhecimentos, inclusive os científicos. Assim como as autoras Almeida e Strieder (2021) concluem, a ciência não é neutra e também não existe sempre uma única resposta correta para as problemáticas contemporâneas. Dito isso, entender ciência e tecnologia é mais pertinente quando se considera o contexto sociocultural e político, e quando há um incentivo educacional a formar um estudante politicamente entendido e ativo democraticamente. Além disso, trabalhar com cenários futuros, riscos, probabilidades e incertezas pode preparar os estudantes para agir em uma sociedade de risco, permeada por imprevisibilidades que demandam ação em processos decisórios. “Ao reconhecer sua posição dentro de um sistema mais amplo de partes interessadas (por exemplo, governos, indústrias, cidadãos) e ao se conscientizar do impacto de suas ações individuais, os alunos desenvolvem sua competência de pensamento sistêmico” (Ioannidou; Guilfoyle; Erduran, 2025, p. 4, tradução nossa).

Nem sempre visualizamos os riscos, muitos são invisíveis, no entanto muitas vezes eles são previsíveis e apenas não temos o conhecimento para compreendê-los, assim “o feitiço da invisibilidade do risco também pode ser quebrado através de experiências pessoais” (Beck, 2013, p. 63). Considerando isso, o docente pode refletir, discutir e construir conhecimentos que dependam da troca de experiências, valores e habilidades dos sujeitos envolvidos com os alunos como forma dinâmica de ensinar ciências na sociedade de risco. Diversas habilidades são necessárias para a educação científica em uma sociedade de risco como gerenciamento de incertezas, competências de ação, pensamento de cenários pluralistas, complexos e sistêmicos (Levrini et al., 2020). Assim como o estudo de Rasa, Palmgren e Laherto (2022), este estudo visa explorar abordagens destinadas a promover o pensamento futuro e a agência dos alunos na educação científica. Dessa maneira, estimular o desenvolvimento e aprimoramento de ações que envolvem processos decisórios e reflexões sobre a sociedade de risco podem ser um benefício significativo para a educação científica. Os professores, estudantes que são capazes de explorar e discutir o novo, que ainda não tem resposta, têm potencial de desenvolver a agência – proposta por Giddens (2003) – e assim caminharem para uma aproximação para processos de tomadas de decisão com base em cenários desconhecidos e explorar um pouco mais sobre o futuro, também inédito.

Assim como Christensen (2009), pretendemos usar os desafios de gerir cenários incertos e com os riscos com um importante propósito para os futuros cidadãos. Promover discussões sobre riscos e cenários futuros pode estimular o pensamento crítico e o processo decisório, além disso, pode fortalecer o desenvolvimento ético e preparar os estudantes para uma prática responsável. Sobrepondo esses pontos, ao pensarmos em uma educação científica notamos que, em muitos casos, os currículos tradicionais e métodos de ensino focados na memorização de

informações e na execução de procedimentos padronizados podem levar a uma reprodução passiva do conhecimento fortalecendo a ideia de que a ciência e a tecnologia são unicamente salvadoras. Entretanto, há esforços crescentes para promover um aprendizado mais ativo e envolvente, que estimula o pensamento crítico, a resolução de problemas e a aplicação prática do conhecimento científico tentando distanciar os discentes de meras reproduções do conhecimento científico. Sobretudo, para Giddens (2003), a produção segue em direção contrária à reprodução e refere-se às ações pelas quais os seres humanos moldam e modificam o mundo mediante ações individuais e coletivas. Em síntese, compreender o risco como elemento constitutivo da modernidade tardia implica repensar a educação científica para além da transmissão de conteúdos. A incorporação de QSC, aliada ao pensamento sobre futuros possíveis, oferece um caminho para desenvolver a reflexividade e a capacidade dos estudantes de agir em contextos permeados por incertezas.

5 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos, o conceito de sociedade de risco tem se tornado cada vez mais relevante devido ao aumento das incertezas associadas ao progresso da ciência e tecnologia. Os riscos não podem ser confundidos com perigo, eles referem-se a infortúnios avaliados em probabilidades futuras (Giddens, 2007). Os indivíduos da sociedade de risco vivenciam a modernidade tardia e enfrentam desafios complexos e interconectados, que intensificam os desafios enfrentados pela sociedade contemporânea e afetam a percepção e projeção de cenários futuros. Nesse contexto, a educação científica desempenha um papel importante na preparação dos estudantes para enfrentar esses desafios. Contudo, estudos prévios (Carvalho, 2022; Cazelli; Franco, 2001; Christensen, 2009; Conrado; Nunes-Neto, 2018; Hodson, 2018; Laherto; Rasa, 2022; Levrini et al., 2019; Levrini et al., 2020; Rasa, Palmgren; Laherto, 2022) indicam que o modo como ensinamos ciência pode não ser suficiente para preparar os estudantes para uma sociedade de risco.

A educação, muitas vezes, fica focada em conteúdos estáticos e descontextualizados, ignorando o cotidiano dos estudantes e as realidades sociais (Libâneo, 1985). A ciência normal utiliza problemas difíceis, mas que com o uso de ciência e tecnologia são resolvíveis “com as ferramentas que a ciência e a tecnologia oferecem a qualquer momento para produzir ‘certos’ conhecimentos” (Farioli; Funtowicz; Mayer, 2022, p. 62, tradução nossa). Nesse contexto, observamos que as instituições sociais frequentemente reproduzem dinâmicas tradicionais. Um

exemplo é o ambiente escolar, que comumente mantém a estrutura em que o professor figura como o detentor exclusivo do saber, e o aluno, como um receptor passivo de informações. Diante disso, torna-se premente a adoção de abordagens pedagógicas diferenciadas, como a pedagogia crítico-social dos conteúdos, que “acentua a primazia dos conteúdos no seu confronto com as realidades sociais” (Libâneo, 1985, p. 32). Essa perspectiva visa desenvolver competências críticas e reflexivas nos estudantes, preparando-os para um futuro cada vez mais incerto.

Conforme Libâneo (1985, p. 32-33), essa abordagem compreende a escola como uma mediação entre o individual e o social, articulando “a transmissão dos conteúdos e a assimilação ativa por parte de um aluno concreto (inserido num contexto de relações sociais); dessa articulação resulta o saber criticamente reelaborado”. Ao trabalhar temas complexos como futuro, controvérsias científicas e riscos, a educação científica estimula, portanto, não apenas o pensamento crítico, mas também a compreensão das implicações sociais, éticas e ambientais das inovações tecnocientíficas. Tais conteúdos são concretos e indissociáveis da contemporaneidade, devendo, por isso, integrar as discussões pedagógicas (Libâneo, 1985).

Nesse sentido, é fundamental incluir nas abordagens educativas os chamados problemas perversos (*wicked problems*): questões interdisciplinares, dependentes de saberes científicos e não científicos, e destituídas de soluções simples (Funtowicz; Ravetz, 1993). Não basta ensinar conteúdos, “ainda que bem ensinados; é preciso que se liguem, de forma indissociável, à sua significação humana e social” (Libâneo, 1985, p. 39). Essa articulação pode ampliar a consciência crítica e o engajamento dos estudantes em decisões societais, incentivando sua participação em debates e ações coletivas. Dessa forma, os discentes são estimulados a analisar evidências, questionar informações, considerar múltiplas perspectivas e desenvolver um pensamento sistêmico, habilidades fundamentais para avaliar consequências de ações individuais e coletivas em um cenário marcado pela imprevisibilidade.

Neste viés, realizamos uma revisão de literatura sobre a educação científica em uma sociedade de risco para identificar lacunas na literatura existente, destacar tendências emergentes e práticas bem-sucedidas que podem ser aplicadas em diferentes contextos educativos. Além disso, ao mapear o que já foi publicado sobre a educação científica em uma sociedade de risco, almejávamos consolidar uma base teórica para sustentar as escolhas teóricas e metodológicas que realizamos nesta pesquisa. A revisão de literatura forneceu, também, percepções sobre como os conceitos de risco e incerteza têm sido integrados na educação científica, permitindo uma compreensão mais profunda de como preparar os estudantes para os desafios contemporâneos. Por fim, a revisão contribuiu para o desenvolvimento das nossas

estratégias pedagógicas, fornecendo direcionamentos para a formulação de abordagens inovadoras que possam efetivamente capacitar os estudantes a gerir riscos, as incertezas e cenários futuros. Assim, o objetivo desta revisão de literatura é investigar como as relações entre educação científica e sociedade de risco têm sido abordadas na literatura acadêmica.

5.1 METODOLOGIA DA REVISÃO DE LITERATURA

O presente estudo adota uma abordagem qualitativa, com ênfase na pesquisa bibliográfica, que se apoia em materiais preexistentes, especialmente livros e artigos científicos (Gil, 2002, p. 44). A seleção do *locus* analítico recai sobre os artigos acadêmicos veiculados nas plataformas Scielo e Google Acadêmico durante o período compreendido entre os anos de 2003 e 2023. Esses artigos, fruto de análises criteriosas e revisões por pares, constituem uma base sólida e confiável para investigações adicionais e aprimoramento de abordagens. A escolha do recorte temporal abrange duas décadas de produção científica, visando abarcar um amplo espectro de trabalhos relevantes para o escopo deste estudo. A plataforma Scielo foi selecionada por seu vasto acervo digital, que engloba periódicos renomados com classificações reconhecidas pelo Qualis-Periódicos. Além disso, o Google Acadêmico oferece uma ampla gama de trabalhos sobre o tema de interesse, facilitando a busca por fontes diversificadas. Ressaltamos que o Qualis é um sistema brasileiro de avaliação de periódicos, mantido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que classifica os veículos de divulgação da produção intelectual conforme sua circulação e qualidade, sendo uma referência importante para a seleção de fontes confiáveis e relevantes para esta pesquisa.

Além disso, para localizar os artigos pertinentes, empregamos uma busca baseada em palavras-chave. Para refinar os resultados, utilizamos operadores *booleanos* e delimitamos as palavras-chave com aspas duplas. A revisão bibliográfica iniciou com os seguintes termos-chave: “sociedade de risco” And “risco” And “educação científica” Or “educação ambiental”. É relevante destacar que grande parte dos estudos sobre a sociedade de risco tem sido abordada no contexto da sustentabilidade e da ecologia, especialmente devido à influência dos trabalhos de Ulrich Beck na sociologia ambiental. Por essa razão, embora o foco principal desta pesquisa não esteja na compreensão dessa vertente específica, optamos por incluir “educação ambiental” como uma palavra-chave relevante para ampliar a abrangência da busca.

Os artigos foram coletados nas plataformas Scielo e Google Acadêmico, com base nas palavras-chave mencionadas anteriormente. Em seguida, realizamos uma primeira triagem, focando na leitura dos títulos para melhor compreensão dos trabalhos encontrados.

Posteriormente, aprofundamos a análise ao examinar as introduções, palavras-chave e resumos dos artigos selecionados, considerando a relevância dos artigos para a pesquisa, o idioma, a metodologia de pesquisa e a abordagem teórica. Os critérios de inclusão foram definidos com base na relação direta com os temas de interesse da pesquisa, enquanto os critérios de exclusão consideraram aspectos como duplicação de dados, falta de acesso ao texto completo e trabalhos não relacionados ao escopo do estudo.

Na análise dos dados coletados, aplicamos a Análise Textual Discursiva (ATD) como método analítico. Os textos selecionados foram categorizados com base em temas e padrões emergentes encontrados na literatura. Utilizamos uma abordagem sistemática e rigorosa na aplicação da ATD, seguindo os procedimentos recomendados pelos autores Moraes e Galiazzi (2006). Os critérios de categorização foram definidos *a priori*, e a análise foi conduzida de maneira iterativa, com revisões constantes para garantir a consistência e a validade dos resultados. Ao final do processo, as categorias emergentes foram identificadas e interpretadas à luz dos objetivos da pesquisa, contribuindo para uma compreensão mais aprofundada do fenômeno investigado. Nesse contexto, emergiram três categorias distintas da análise textual discursiva: Risco e Complexidade (C1), Risco e Precaução (C2) e Risco e Futuro (C3). A primeira categoria engloba textos que demonstram, discutem e/ou refletem a necessidade de uma educação que envolva aspectos complexos e reflexivos na sociedade de risco. Na segunda categoria, agrupam-se pesquisas que destacam a necessidade de trabalhar o ensino por meio de um viés de ciência precaucionária, ou seja, discutir os riscos por meio da identificação e redução de desastres pode aproximar os estudantes da educação em ciências. Por fim, no terceiro e último grupo categorizado, encontram-se trabalhos que adotam abordagens em que a educação em uma sociedade de risco é associada com questões sobre o futuro e a necessidade dessa prospecção para uma participação cidadã dos discentes. Essas categorias fornecem um arcabouço analítico robusto para a compreensão e interpretação dos resultados obtidos na revisão bibliográfica.

5.2 ANÁLISE DAS PRODUÇÕES BRASILEIRAS QUE ABORDAM O RISCO E EDUCAÇÃO (2003 A 2023)

Ao todo foram encontrados 831 trabalhos na plataforma Scielo e 170 no Google Acadêmico. Para pormenorizar a revisão, foram desconsiderados teses, dissertações, artigos publicados em encontros e congressos. Além disso, foram selecionados apenas trabalhos onde “Sociedade de Risco” ou “Risco” apareciam associados a alguma outra palavra-chave,

desconsiderando assim aqueles que falavam de sociedade de risco ou risco sem trabalhar aspectos da educação em ciências, por exemplo. Assim, o número reduziu para 56 e 61 artigos na Scielo e Google Acadêmico, respectivamente. Logo, os artigos encontrados foram classificados com a letra T de “Trabalho” e enumerados de acordo a ordem que nós os encontramos, logo T1 foi classificado dessa forma por ser o primeiro trabalho encontrado e assim sucessivamente. Os trabalhos T1 a T56 foram encontrados na plataforma Scielo e os artigos T57 até T117 no Google Acadêmico. Após uma leitura nos artigos, nós descartamos trabalhos em que “risco” era citado, mas não se relacionava ao risco proposto a partir da “Sociedade de Risco”, ou mesmo, trabalhos onde só citavam as palavras-chave apenas no título, resumo ou introdução, e as ideias não eram desenvolvidas durante o texto.

Sendo assim, o total de artigos que se enquadram nos critérios de inclusão e exclusão propostos foram de 18 textos, em que correspondem 5 da plataforma Scielo e 13 do Google Acadêmico. É interessante destacar que 15 trabalhos envolveram aspectos, diretos ou indiretos, relacionados a Educação Ambiental (EA), dois não citaram EA (T57; T79) mas discutiram crises e implicações ambientais demonstrando que as preocupações relacionadas aos riscos envolvem além de conceitos técnico-científicos ao tratar da sociedade permeadas por incertezas políticas, tecnológicas, sociais diversas. O artigo T41 é o único que não discute questões ambientais e volta-se para aspectos de alfabetização científica em uma sociedade permeada por conhecimentos de especialistas, os autores objetivam esboçar uma visão histórica e conceitual sobre a globalização.

Quadro 1 – Metadados dos artigos encontrados nas plataformas Google Acadêmico e Scielo

ID	Revista	Avaliação Qualis (2017-2020)	Autores	Ano	Título
T14	Educar em Revista	A1	MATSUO, Patricia Mie; SILVA, Rosana Louro Ferreira.	2021	Desastres no Brasil Práticas e abordagens em educação em redução de riscos e desastres
T19	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)	-	MIRANDA, Deine Bispo; ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar	2020	A abordagem socioambiental na educação em ciências como caminho para a construção da cidadania na sociedade de risco
T26	Texto & Contexto Enfermagem	A3	SARI, Vanúzia; CAMPONOGARA, Silviamar	2017	Discutindo as consequências das ações de educação ambiental em um contexto de modernidade reflexiva
T41	Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)	-	CAZELLI, Sibeles; FRANCO, Creso	2001	Alfabetismo científico: novos desafios no contexto da globalização
T45	Educação e Pesquisa	A1	JACOBI, Pedro Roberto	2005	Educação ambiental o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo

T57	Currículo sem Fronteiras	A1	SCHNORR, Samuel Molina; RANNIERY, Thiago. EDUCAÇÃO PARA O RISCO: regulando a docência em ciências na era da insegurança.	2021	EDUCAÇÃO PARA O RISCO: regulando a docência em ciências na era da insegurança
T58	Ciência & Educação (Bauru)	A1	WATANABE, Giselle; RODRÍGUEZ-MARÍN, Fátima	2018	Aspectos da complexidade nas questões socioambientais: as abordagens no Brasil e na Espanha
T76	Revista Subjetividades	A3	ZUPELARI, Maria Fernanda Zanatta; WICK, Maíra Arantes Leite	2015	A incerteza do futuro e a questão ambiental na contemporaneidade
T77	Educar em Revista	A1	JACOBI, Pedro Roberto. Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação	2014	Mudanças climáticas e ensino superior: a combinação entre pesquisa e educação
T79	Revista Debates em Ensino de Química	A3	MARCELINO, Leonardo Victor; SOUZA, Leila Cristina Aoyama Barbosa; MARQUES, Carlos Alberto	2020	Das certezas às incertezas: contribuições do princípio da precaução para a educação científica
T86	Revista Brasileira de Ensino de Física	A1	WATANABE, Giselle	2021	As contribuições dos aspectos da complexidade para um ensino de física mais crítico
T93	Revista FAROL	B1	HENRIQUE, Vitor Hugo de Oliveira	2019	Mapeamento do campo socioambiental a partir dos periódicos de educação ambiental no período de 2010 a 2014
T94	Educação em Revista	A1	CARVALHO, Fernanda da Rocha; WATANABE, Giselle	2019	A construção do conhecimento científico escolar: hipóteses de transição identificadas a partir das ideias dos (as) alunos (as)
T101	Revista Katálisis	A1	ALMEIDA, Ricardo; HAYASHI, Carlos Roberto Massao	2020	Capacidade de organização social em enfrentamentos socioambientais
T102	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A1	WATANABE-CARAMELLO, Giselle; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux	2014	Uma educação na perspectiva ambiental crítica, complexa e reflexiva
T105	Pesquisa em Educação Ambiental	A3	CARAMELLO, Giselle Watanabe; STRIEDER, Roseline Beatriz	2011	Elementos para inserir as questões ambientais em aulas de física: da prática baseada em temas à complexificação do conhecimento
T111	Pesquisa em Educação Ambiental	A3	MATSUO, Patricia Mie et al.	2019	Redução de riscos de desastres na produção sobre educação ambiental: um panorama das pesquisas no Brasil
T113	Revista Científica ANAP Brasil	B3	DE OLIVEIRA, Kleber Andolfato; CORONA, Hieda Maria Pagliosa	2008	A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais

Fonte: dados da pesquisa.

5.2.1 Risco e Complexidade (C1)

Nesta categoria, estão reunidos onze trabalhos (T19; T26; T41; T45; T58; T86; T93; T94; T101; T102; T105). Nessas produções há ênfase e preocupação com a complexidade e os desafios contemporâneos relacionados ao meio ambiente, cenários incertos e educação. Por isso essa categoria envolve trabalhos que discorrem sobre a importância de se promover aspectos da complexidade na educação ambiental e científica. Os artigos foram englobados, na presente categoria, porque relacionam os riscos, de maneira explícita ou implícita, aos aspectos da complexidade, que envolvem uma ideia de uma educação científica que compreenda aspectos sistêmicos, se afastando de uma educação fragmentada. Na obra de Morin (2007), o autor exprime que “a complexidade apresenta traços inquietantes do emaranhado, do inextricável, da desordem, da ambiguidade, da incerteza” (p. 13). A ideia de uma educação científica que considere uma integração entre disciplinas, conhecimentos e vivências se torna evidente nos trabalhos da categoria. “Em geral, um sistema complexo consiste em um conjunto de elementos individuais (agentes) que, interagindo entre si de acordo com relações não lineares, fornecem ao sistema complexo resultante algumas propriedades que os sistemas clássicos não têm” (Levrini et al., 2019, p. 3, tradução nossa).

A EA ganha espaço nas preocupações, os trabalhos defendem visões mais complexas e consequentemente menos simplificadoras e deterministas das temáticas relacionadas a aspectos socioambientais. O trabalho T19 discute o trabalho de Beck, em que o sociólogo defende a necessidade de contribuições das ciências sociais para as ciências naturais, e que esta se torna cada vez menos suficiente sozinha (T19). Já o artigo T26 aborda a sociedade de risco como uma justificativa para a necessidade de discussões a partir do viés de uma educação ambiental complexa e reflexiva. Ademais assumem que “ante um contexto de reflexividade, em que apenas me autoconfronto com o risco, mas sem refletir sobre ele, é difícil romper com esse casulo de indiferença que me protege” (T26). O artigo protagoniza uma coleta de dados que ocorre com trabalhadores de um espaço hospitalar e as autoras afirmam a necessidade de uma educação contínua, complexa e coletiva relacionada à EA.

A ideia do pensamento complexo é dinâmica, necessita dessa articulação visto que há transição do “pensamento simples para outro mais complexo” (94). Apesar disso, um dos desafios de trabalhar com a complexidade reside na necessidade de clareza sobre a dinâmica social dos riscos para que a partir da educação complexa se discuta a percepção dos espaços de ação dos sujeitos em uma sociedade de risco (102). O conhecimento é produzido a partir da

interseção dos conhecimentos científicos e cotidiano e a complexificação desse conhecimento é uma prática educacional promissora (T105). O artigo T41 compõe essa categoria pois o mesmo assume que o conhecimento é adquirido “não somente na escola (educação formal), mas também por meio da interação com pares, colegas, amplas comunidades e com os diversos espaços de caráter cultural disponíveis no contexto social (educação não formal)” (T41). Apesar do trabalho T41 não citar explicitamente a complexidade no seu texto, os autores defendem conexões entre distintos conhecimentos. Ademais, não simplificam esses saberes aos sistemas especialistas, oposto a isso, defendem o protagonismo dos indivíduos “passa a ser crescente mãos relevante cidadãos preparados para a incerteza, decidir de modo fundamentado” (T41) assim como “necessária uma ‘humanização’ das pesquisas” (T93) como forma das ciências sociais se aproximarem de discussões socioambientais complexas.

Refletir sobre a complexidade ambiental abre um estimulante espaço para compreender a gestação de novos atores sociais que se mobilizam para a apropriação da natureza, para um processo educativo articulado e compromissado com a sustentabilidade e a participação, apoiado numa lógica que privilegia o diálogo e a interdependência de diferentes áreas de saber (T45).

Outro exemplo, o trabalho T101 que teve uma abordagem participante e pode fornecer análises que os ajudaram a chegar em conclusões sobre a necessidade de “liderança para mediar demandas” relacionadas aos “processos de enfrentamento socioambiental”. Ademais, o artigo assume a necessidade de um “sistema educacional que seja capaz de produzir conhecimento científico e tecnológico em parceria com a sociedade” (101). Corroborando, destacamos o estudo T26, em que os autores recomendam que esse processo explore “momentos decisivos, pelo uso de experiências educativas estéticas, baseadas na exploração da sensibilidade, do vivido e da arte, acompanhados de uma verdadeira reflexão”. Citando outro caso, a investigação T94, tem como objetivo “investigar o processo de construção das ideias dos(as) alunos(as) (percursos de aprendizagem) ao participarem de uma proposta de aulas complexificadas sobre o tema aquecimento global”. Assim como exposto no T41, concordamos com a afirmativa de que há diversas possibilidades abertas, riscos e problemáticas. É um desafio trabalhar com o ensino das relações do ambiente, há necessidade de saberes além dos científicos para entender a complexidade do ambiente com os processos sociais e os riscos (T45). Considerando isso, o trabalho T19 defende a integração dos riscos na educação científica como maneira de fortalecer a compreensão dos estudantes sobre suas comunidades e até mesmo estimular sua autopercepção sobre a necessidade de engajamento em questões científicas ao problematizar

ações decorrentes de atividades econômicas que produzem riscos e ampliar assim sua atuação como cidadãos.

Ao incluir os desafios da sociedade de risco na educação em ciências podemos alcançar um debate eficiente no ensino de ciências, construindo conhecimentos científicos e também sociais a partir da subjetividade dos indivíduos. A educação em ciências necessita de várias abordagens, incluindo o movimento do professor assumir o papel de participante do momento educacional, deixando o seu lugar de detentor de certezas (Watanabe; Kawamura, 2014). O caráter investigativo das pesquisas que envolvem riscos e educação científica deve começar pelo professor em formação ou mesmo o professor atuante, para ser possível levar para o contexto da sala de aula tais abordagens de ensino de ciências. No entanto, “as escolhas dependem dos interesses e conhecimentos dos docentes” (T86), logo, o que podemos afirmar é a necessidade de que “ações escolares futuras incorporem mais elementos da complexidade de forma sustentável e efetiva, promovendo uma formação mais crítica, complexa e reflexiva” (T58). Nesse caso, o trabalho T105 comenta sobre “a importância de inserir discussões sobre a complexidade nos cursos de formação de professores” e o artigo T86 complementa essa ideia ao discutir que “parece essencial promover cursos e incluir reflexões nas matrizes curriculares das licenciaturas que incorporem a perspectiva da complexidade”, o que já tinha sido tratado por Christensen (2009). Perante o exposto, podemos tratar a educação científica como ferramenta capaz de analisar tanto oportunidades quanto riscos (Christensen, 2009). Sendo assim, notamos diversas contribuições de incluir a complexidade nos estudos da educação científica visto que “quase todos os problemas que enfrentamos hoje em dia são complexos, interconectados, contraditórios, localizados em um ambiente incerto e inseridos em paisagens que estão mudando rapidamente” (Sardar, 2010, p. 183, tradução nossa).

Como resultados secundários podemos destacar que dos onze trabalhos da categoria, dez deles, com exceção do T41, abordaram aspectos direta ou indiretamente relacionados à Educação Ambiental (EA). Ademais, os anos de publicação dos artigos variam entre 2001 a 2021. Alguns trabalhos da categoria pertencem ao estrato A1 da qualis-capes (T45; T58; T86; T94; T101; T102;). Os artigos T26 e T105 pertencem ao estrato A3. O artigo T93 foi encontrado em uma revista estrato B1. Os artigos T19 e T41 não tinham suas revistas avaliadas pela Qualis Ensino para o período de 2017 a 2020. Alguns trabalhos afirmam a necessidade de uma educação ambiental crítica, complexa e reflexiva – T19; T45; T58; T86; T94; 102; 105 – “a inserção de uma educação ambiental crítica ocorre na medida em que o professor assume uma postura reflexiva” (T45). Os artigos T14, T77, T76, T79, T111, T113 destacam a importância

da complexidade na educação científica e ambiental, no entanto, foram agrupados em outras categorias devido sua associação do risco com o futuro ou com princípios de precaução.

5.2.2 Risco e Precaução (C2)

Esta categoria engloba quatro pesquisas (T14, T77, T79, T111). Nessas, o cenário da educação em ciências contempla conhecimentos sobre a sociedade de riscos e os desastres socioambientais, ademais são diversas as reflexões que tem por objetivo fortalecer o ensino de ciências diante dessa sociedade. Os trabalhos foram enquadrados nessa categoria devido sua referência a aspectos de prevenção, precaução e redução de riscos em contextos de educação científica e/ou ambiental. A previsão de cenários evitáveis pode ser associada a previsões científicas que protegem as sociedades das ameaças. Nesse viés, considerar uma educação em ciências que trabalha com cenários precaucionários é uma alternativa para que os jovens entrem em contato com situações de risco e utilizem a educação científica como uma maneira de solucionar problemáticas contemporâneas, que podem se relacionar diretamente com suas realidades.

Dos quatro artigos nesta categoria, três abordam a Educação Ambiental, enquanto apenas um trata da educação científica (T79). Podemos justificar isso ao reconhecer que o diálogo articulado entre a Educação em Redução de Riscos e Desastres (ERRD) e a Educação Ambiental (EA) é uma característica existente na América Latina (Matsuo; Silva, 2021). Por um lado, destacamos T14, que salienta os aspectos “convergentes da perspectiva da Educação Ambiental com a da Educação em Redução de Riscos e Desastres (ERRD)”. O trabalho também evidencia que os cenários catastróficos presentes na sociedade de risco, proposta por Ulrich Beck (2013), deixam de ser ficção científica e se tornam palpáveis, observáveis em nosso cotidiano (T14). Dessa maneira, podemos afirmar que desenvolver componentes de risco na educação científica e ambiental pode aprimorar processos decisórios e aproximar os estudantes de uma agência em relação a problemáticas atuais. Ademais, o trabalho T14 também visualiza a educação como “elemento essencial para a criação e fortalecimento de uma cultura de prevenção de riscos e desastres”. Complementarmente, o artigo T111 tem por objetivo analisar as temáticas de riscos e desastres na produção acadêmica e ambiental no Brasil. O trabalho T111 busca delimitar a natureza dos riscos e desastres – riscos geral, hidrológicos, geológicos, tecnológicos e de saneamento – tratada nos trabalhos encontrados na investigação. Ambos os trabalhos, T14 e T111, identificam o gerenciamento e redução de situações ambientais de risco e desastres como temática que os próprios estudantes podem se aproximar devido à realidade

cada vez mais comum de exposição a essas ameaças, o que é defendido por Beck (2013) ao definir a sociedade de risco. Os artigos (T14; T111) reconhecem a importância da incorporação da área de Redução de Riscos e Desastres (RRD) ser articulada ao campo da Educação Ambiental (EA). Enquanto o artigo T14 percorre o caminho metodológico de pesquisa exploratória documental com objetivo de analisar o perfil de escolas que participaram de uma campanha de prevenção e abordagens ERRD o artigo T111 é definido como metodologia estado da arte, de caráter bibliográfico e como resultado as autoras afirmam que:

[...] foram encontradas múltiplas abordagens nas investigações, desde estudo mais teóricos com reflexões sobre o consumo, individualismo crescente; passando por análises específicas dos riscos ambientais como fator de risco de crédito nas instituições bancárias e os estudos das ciências da saúde sobre aspectos psicológicos dos atores sociais; até processos avaliativos de programas e projetos de educação ambiental de governo, empresas, escolas (T111).

Ainda neste viés, a pesquisa T79 também defende ações precaucionárias em face das incertezas, inclusive as científicas, e afirma que “a precaução se destina a evitar situações potencialmente arriscadas, ainda que não haja prova científica” (T79). A ciência se apropria de incertezas justamente porque as ameaças naturais são socializadas em ameaças sociais, econômicas e políticas sistêmicas (Beck, 2013). Dessa maneira, como forma de debater cenários incertos, a discussão do artigo T79 é voltada para uma atividade formativa de professores, envolvendo agrotóxicos e seus riscos, o foco do artigo é potencializar a ciência precaucionária como uma vertente capaz de alcançar temáticas em que existem incertezas. O artigo T79 traz a reflexão de um dos professores durante a atividade acerca do uso de agrotóxicos nas atividades agrícolas:

E por mais que, hoje, meio ambiente seja um tema muito discutido, muito anunciado..., mas a gente, às vezes, vê como se o meio ambiente estivesse lá e eu estivesse aqui... Muitas vezes a gente não pensa. Poxa, eu nunca pensei se isso poderia causar algum dano a quem está trabalhando.... Então, porque às vezes, pensa muito..., pensamento muito focado ali na produção.... Assim, traz um novo olhar pra gente pensar, pensar com os alunos também... Mudar? Não sei se é realmente possível assim. Mas já traz novos olhares, de fazer a gente pensar um pouco além (T79).

Considerando essa situação, um dos pontos iniciais para uma educação sociocientífica que compreenda a complexidade e a reflexividade inicia com a formação docente. É necessário que essa formação seja objeto de pesquisa com diferentes espaços, sujeitos e metodologias para assim fundamentar práticas educativas na educação científica. Tanto o artigo T14 quanto o T79 e o T111 identificam a precaução como uma forma eficiente de gerir riscos presentes em

questões sociocientíficas, como mudanças climáticas, agrotóxicos, dentre outros. Por outro lado, o trabalho T77, um ensaio teórico, destaca justamente a importância de “superação do princípio clássico da prevenção, o qual se constitui com base em causalidades conhecidas e comprovadas” dessa forma, o ensino de ciências é requerido como um componente essencial para discussões que envolvam cenários de incertezas e imprevisibilidades. Além disso, destacam a importância de uma abordagem interdisciplinar que envolva ciência, sociedade e gestão para promover uma educação que forme cidadãos capazes de atuar em esferas locais e globais, contribuindo para a sustentabilidade e a compreensão das complexidades socioambientais (T77).

O risco pode, e também deve, ser visualizado através da ciência precaucionária. No entanto, não podemos simplificar a educação científica por um viés de precaução porque isso assume certezas e ficaremos ancorados em situações que dependam exclusivamente de especialistas. Pelo contrário, a educação científica deve incorporar demandas que envolvam uma gama diferenciada de conhecimentos para compor um ensino ampliado. O trabalho T77 não ignora os conhecimentos científicos relacionados a aspectos de prevenção e precaução, no entanto, desenvolvem ideias que centralizam os riscos – e seu aspecto complexo – no debate. Além de se opor a ideia de uma educação científica que utilize apenas aspectos preditivos e precaucionais, o trabalho T77 envolve discussões sobre os riscos centralizando as Mudanças Climáticas como uma temática que implica a necessidade de uma:

[...] ampla revisão das práticas de governança dos riscos como estratégia de enfrentamento dos problemas, fortalecendo-se os processos de governança adaptativa, o que requer que os processos decisórios sejam abertos e participativos. Isto demanda novas estratégias, que pautadas pelo diálogo, impliquem em políticas para enfrentar problemas e riscos com a ampliação dos atores envolvidos de forma a contribuir com seu conhecimento para complementar o conhecimento técnico (T77).

Sob essa perspectiva, o viés da ciência precaucionária muitas vezes limita-se a existência de riscos que a ciência consegue prever e calcular a probabilidade e no “processo de modernização, cada vez mais forças destrutivas também acabam sendo desencadeadas, em tal medida que a imaginação humana fica desconcertada diante delas” (Beck, 2013, p. 25). Não podemos imaginar todos os riscos possíveis em uma sociedade de risco, as ameaças de antes eram “[...] sensorialmente perceptíveis, enquanto os riscos civilizatórios atuais tipicamente escapam à percepção, fincando o pé sobretudo na esfera das fórmulas físico-químicas (por exemplo, toxina nos alimentos ou a ameaça nuclear” (Beck, 2013, p. 26). Assim como o trabalho T14 destaca, os discentes devem reconhecer a escola como uma forma de produzir

conhecimento, no entanto, devem também se perceber como construtores de saberes para que assim sejam capazes de lidar com as incertezas. Portanto, destacamos que é essencial avançar nas pesquisas sobre educação que foque também na percepção de incertezas como instrumentos que fortalecem o campo de atuação da educação em ciências e fomentam uma forma de produção de conhecimentos científicos que não se restrinjam apenas ao campo das ciências naturais, mas perpassa por uma construção de conhecimentos sociológicos e políticos.

Quanto à classificação no Qualis Ensino para o período de 2017 a 2020, os artigos T14 e T77 estão no estrato A1, enquanto T79 e T111 estão classificados nos estratos A3. Dos estudos agrupados nessa categoria apenas um (T79) definem metodologicamente dois momentos distintos: um de defesa teórica dos objetos de estudo e outro prático, em que situações são construídas e discutidas com base no primeiro momento. Os demais são de caráter exclusivamente teórico. Outros dados secundários referem-se aos anos de publicação dos artigos mencionados, com exceção de T77 (2014) todos os demais T111, T79 e T14 são recentes, 2019, 2020 e 2021 respectivamente.

5.2.3 Risco e Futuro (C3)

Nesta categoria estão três trabalhos (T57, T76, T113) em que foram citados – e/ou discutidos – aspectos do futuro e enfatizaram sua importância e necessidade de discussões na educação ambiental e científica em momentos decisivos. Ainda que os trabalhos não discorram específica e exclusivamente aspectos da educação para o futuro, notamos a existência de um potencial para a temática visto que “o futuro é intrínseco à ciência, devido à previsão estar no centro da modelagem científica” (Levrini et al., 2019, p. 3, tradução nossa). A modernidade é inerentemente orientada para o futuro, de modo que o futuro tem o status de modelador contrafactual (Giddens, 1991). O risco está intrinsecamente relacionado a possibilidades futuras, ademais ele “só passa a ser amplamente utilizado em sociedades orientadas para o futuro – que veem o futuro precisamente como um território a ser conquistado ou colonizado” (Giddens, 2007, p. 33). Podemos destacar diversas habilidades que se relacionam com o futuro como: “pensamento e planejamento estratégico, tomada de riscos, pensamento sobre possibilidades, gestão de incertezas, pensamento criativo, modelagem e argumentação, e planejamento de projetos” (Levrini et al., 2019, p. 5, tradução nossa). A abordagem do pensamento futuro pode ser uma oportunidade para superar o reducionismo frequentemente associado ao ensino de ciências.

O primeiro trabalho da categoria, T57, objetiva analisar distintos documentos curriculares do mundo em busca de formas de agenciamento do risco nos documentos e nas práticas pedagógicas. Dentre os resultados dos autores, há a existência de aspectos futuros nos documentos pesquisados. Como exemplo, a Base Nacional Comum Curricular, documento brasileiro, identifica diversos aspectos, incluindo aqueles em que afirma que a escola deve acolher os estudantes além de promover visão de futuro e assunção de riscos (T57). A BNCC discorre (Brasil, 2018) a necessidade de o ensino médio atuar por meio finalidades específicas na contemporaneidade, incluindo a percepção juvenil frente mundo em rápidas transformações, e uma das características da escola que acolhe as juventudes deve, dentre outros objetivos:

proporcionar uma cultura favorável ao desenvolvimento de atitudes, capacidades e valores que promovam o empreendedorismo (criatividade, inovação, organização, planejamento, responsabilidade, liderança, colaboração, visão de futuro, assunção de riscos, resiliência e curiosidade científica, entre outros), entendido como competência essencial ao desenvolvimento pessoal, à cidadania ativa, à inclusão social e à empregabilidade (Brasil, 2018, p. 466).

Além do mais, no resultado do artigo T57, os autores observam no documento da Comissão Europeia, que os discentes têm o gerenciamento de riscos, incertezas além de previsão e planejamento do futuro como objetivo da alfabetização científica. Assim, outro aspecto de futuro identificado na análise documental do T57 é a presentificação de catástrofes futuras e a necessidade dos futuros cidadãos estarem preparados para esse novo modelo social. Parece promissor incluir os cenários futuros como alternativa metodológica já que envolver o futuro na discussão “[...] implica que as pessoas – e os jovens, em particular – enfrentem e confrontem seus valores, desejos, medos irracionais e imagens de mundos possíveis” (Levrini et al., 2019, p. 7, tradução nossa). Ademais, o futuro pode ser avaliado a partir do que Beck (2013) define em sua obra de que o futuro é anunciado no presente (T57).

O segundo trabalho da categoria é um ensaio teórico, classificado como T76. Dentre os três trabalhos dessa categoria ele é o que mais se aprofunda na temática de incertezas relacionadas ao futuro. O T76 destaca sempre existiu sensações de medo das incertezas do futuro, mas que “esta é uma época de medo permanente e generalizado” (T76) e isso associado quase exclusivamente aos avanços científicos e tecnológicos que ocorrem desenfreadamente. O estudo realiza uma revisão bibliográfica prévia e evidencia aspectos relacionados a questões ambientais relacionadas a inseguranças dos cenários futuros a partir de discussões sociológicas de risco, como exemplo da sociedade de risco de Ulrich Beck (2013). Ademais, o artigo T76 destaca a importância da EA que através de suas pautas – e por meio de uma atuação

interdisciplinar e complexa – pode auxiliar na reflexão e resolução de problemáticas socioambientais e prover construções de futuro. Entretanto, apesar das incertezas serem uma temática por tantas vezes ignorada na educação científica, podemos atribuir relevância na discussão de cenários incertos e a sociedade permeada por imprevisibilidades, como exemplo T76 ao reconhecer que há uma ligação entre a urgência das questões ambientais e o medo associado à insegurança do presente e do futuro. A ciência pós-normal pode ser o caminho para discutir situações incertas e urgentes, no viés em que a ciência normal é insuficiente (Funtowicz; Ravetz 1993). É necessário reforçar as ideias desenvolvidas em trabalhos sobre o futuro como em Levrini et al. (2019) em que os autores destacam que a ciência também engloba uma ciência de sistemas complexos que envolvem uma nova epistemologia, a incerteza é central. Nesse novo modelo, a ciência não pode ser reduzida a fórmulas matemáticas e epistemologias engessadas porque envolve uma ciência que envolve diversas variáveis (não linear), retroalimentação (se A causa B, B causa A), questões abertas com alta sensibilidade às condições iniciais (efeito borboleta). É necessário levar a ciência complexa para o ensino de ciências porque eles podem “oferecer conhecimento e recursos epistêmicos para imaginar futuros possíveis” (Levrini et al., 2019, p. 3, tradução nossa).

O artigo T113 discorre sobre a importância da Educação Ambiental para resolução de problemáticas sociais e ambientais. Ademais, o trabalho T113 destaca a utilização dos recursos naturais como um risco existente desde a sociedade industrial. É interessante retratar que os autores também compreendem o momento atual como permeado por riscos que ameaçam não somente o presente, mas alcança as futuras gerações. Ainda sob essa ótica, o artigo destaca principalmente a educação e a percepção ambiental como ferramenta para os indivíduos promoverem propostas que contribuam para mudanças sustentáveis a partir de valores e ações dos indivíduos (T113). Apesar de não discutirem com profundidade o conceito de futuro, os autores discorrem brevemente sobre a ideia de reflexividade de Beck e Giddens e a destaca como característica da sociedade do futuro: “O aparecimento da sociedade de risco estimula uma nova percepção da sociedade moderna, que se sente obrigada a refletir sua situação e de seu desenvolvimento, tendo agora uma missão de formular questões do presente e do futuro” (T113). Dessa forma, os trabalhos da presente categoria abordam a necessidade de desenvolvimento de novos conhecimentos e valores para lidar com as mudanças climáticas, riscos ambientais e a crise socioambiental. O futuro e os riscos atrelados ao desenvolvimento da sociedade são temáticas repletas por complexidades muitas vezes não discutidas no âmbito da educação em ciências. Ademais, é necessário que haja pensamento sistêmico para trabalhar a partir dessa nova perspectiva e envolver discussões de cenários pluralistas pois concordamos

com Sardar (2010, p. 182, tradução nossa) com a afirmação de que “qualquer termo singular para a exploração do futuro apenas perpetuará o eurocentrismo. É por isso que a pluralidade deve ser enfatizada de forma consciente, constante e contínua”.

Dos três artigos neste grupo, dois discutem a Educação Ambiental (T76; T113) e um a educação científica (T57). Quanto à classificação no Qualis Ensino para o período de 2017 a 2020, o artigo T57 está classificado com estrato A1 enquanto o T76 está no estrato A3. O último artigo da categoria, T113, está no estrato B3. Os artigos desta categoria foram publicados em diferentes anos: T113 em 2008, posteriormente T76 em 2015 e por último T57 em 2021.

5.3 CONCLUSÃO

Os trabalhos analisados relacionam educação científica e sociedade de risco de forma integrada. As produções foram organizadas em três categorias distintas: (C1) discussões de risco associadas à complexidade; (C2) abordagens voltadas à gestão de riscos, como caminho para introduzir aspectos da sociedade de risco na educação científica; e (C3) estudos que evidenciam potencialidades e debates sobre riscos em cenários incertos, especialmente em contextos futuros. A análise revelou algumas lacunas. A maioria das pesquisas categorizadas está relacionada à Educação Ambiental (EA), resultado, em parte, da inclusão prévia desse descritor na busca. O trabalho T111, por exemplo, reconhece a gestão de riscos como uma aplicação específica da EA, o que ajuda a explicar o predomínio dessa temática. Há, portanto, escassez de investigações que explorem outros aspectos da educação científica, além da necessidade de ampliar o debate sobre risco como meio de desenvolver competências da alfabetização científica.

Entre as questões sociocientíficas mais recorrentes, destacam-se as mudanças climáticas, o que demonstra a relevância do tema, mas também aponta para a necessidade de novas metodologias que ampliem o olhar para outras perspectivas e contextos. A maior parte dos trabalhos enfatiza a importância de complexificar o ensino de ciências, superando abordagens reducionistas. Conforme afirma Morin (2007, p. 35), “a complexidade não compreende apenas quantidades de unidade e interações que desafiam nossas possibilidades de cálculo: ela compreende também incertezas, indeterminações, fenômenos aleatórios. A complexidade num certo sentido sempre tem relação com o acaso”. Ainda que muitos estudos não tratem da complexidade de forma explícita, reconhecem os benefícios de abandonar visões simplificadoras da ciência e da educação.

A ciência que se dedica a sistemas complexos “pode ser uma fonte muito rica de conceitos como cenários, feedback, caos determinístico e agente, que poderiam desempenhar papéis cruciais para abrir novas maneiras de conceber o empreendimento científico e sua relação com temas socialmente relevantes” (Levrini et al., 2020, p. 26, tradução nossa). Nessa direção, os trabalhos analisados também destacam a necessidade do diálogo entre diferentes saberes e da participação democrática dos sujeitos, alinhando-se à perspectiva de Libâneo (1985, p. 30): “Assim, a condição para que a escola sirva aos interesses populares é garantir a todos um bom ensino, isto é, a apropriação dos conteúdos escolares básicos que tenham ressonância com a vida dos alunos”. A educação científica, portanto, deve contribuir para os processos de tomada de decisão e para a compreensão de uma ciência em construção e humanizada, aproximando os estudantes do universo científico.

A construção dessa perspectiva requer uma revisão das relações pedagógicas, em que o professor deixa de ser apenas o condutor e passa a atuar como participante do processo, reconhecendo-se também sujeito das incertezas (Watanabe; Kawamura, 2014). A educação deve ser compreendida como atividade mediadora, construída por meio da participação ativa dos discentes e da intervenção dialógica do professor (Libâneo, 1985). Nesse contexto, surgem oportunidades de explorar os cenários futuros no ensino de ciências. As questões sociocientíficas constituem abordagens importantes para projetar futuros possíveis, uma vez que “existe uma estreita relação entre a urgência da temática ambiental e o medo atribuído ao presente inseguro e ao futuro incerto” (Zupelari; Wick, 2015, p. 454).

Como resultado geral, observamos que muitos estudos sobre educação científica e risco são predominantemente teóricos ou ensaísticos. Dos dezoito trabalhos analisados, doze apresentam natureza teórica. Especificamente, cinco (T41, T45, T77, T102, T113) foram classificados como ensaios, mesmo sem explicitar esse gênero no corpo do texto; dois (T57, T58) caracterizam-se como revisões bibliográficas ou documentais; e três (T14, T19, T93) como pesquisas exploratórias com análise documental e/ou bibliográfica. O artigo T76 é uma pesquisa qualitativa de base teórica e revisão bibliográfica, e o T111 define-se como estado da arte. Dois trabalhos (T79 e T86) combinam abordagem teórica e empírica, enquanto quatro apresentam natureza aplicada: T26 (pesquisa qualitativa, estudo de caso), T105 (práticas efetivas em sala de aula), T101 (pesquisa quanti-qualitativa com abordagem participante) e T94, que utiliza grupo focal como técnica, embora não explicita sua metodologia. No conjunto, doze dos dezoito estudos tratam de Educação Ambiental, dois de Educação Científica, um de Alfabetização Científica, um de Mudanças Climáticas, e dois relacionam o Ensino de Física a questões socioambientais. Esses resultados reforçam a necessidade de expandir o foco das

pesquisas sobre risco, incerteza e futuro na educação científica brasileira, explorando novas temáticas, contextos e metodologias.

6 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos propostos realizamos uma investigação qualitativa que, conforme Appolinário (2006, p. 61) “prevê a coleta dos dados a partir de interações sociais do pesquisador com o fenômeno estudado”. Optamos por uma abordagem qualitativa e exploratória por permitir compreender significados atribuídos pelos estudantes às incertezas e riscos, mais do que quantificar tendências. Com o intuito de contribuir para pesquisas em que os estudantes sejam protagonistas de mudanças responsáveis (Hodson, 2018) utilizamos as mudanças climáticas como QSC para ampliar os estudos da educação científica voltada para cenários futuros, com o interesse de incentivar os estudantes a considerarem diferentes situações e identificarem possíveis e prováveis futuros (Hodson, 2018). Há lacunas nos estudos sobre risco no ensino de ciências, e como Schenk *et al.* (2021) citam, pode haver contribuição direta se os pesquisadores utilizarem QSC para contribuir com o conhecimento científico na sala de aula “potencialmente ampliando a gama de questões usadas como QSC na educação científica” (Schenk *et al.*, 2021, p. 2216, tradução nossa). Considerando que a pesquisadora da presente pesquisa também foi a professora dos discentes, avaliamos como importante realizar a pesquisa nesse contexto. Reconhecendo o duplo papel da pesquisadora como professora da turma, buscamos minimizar vieses de interpretação por meio de registros escritos dos estudantes e triangulação com observações de campo.

A partir do Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola pudemos observar a forte ênfase da instituição em preparar os estudantes para os desafios contemporâneos. A unidade escolar é conhecida por seu compromisso com a educação integral que valoriza tanto o desenvolvimento acadêmico quanto o social e emocional dos estudantes. O ambiente escolar é inclusivo e diversificado, com uma comunidade de estudantes e professores que colaboram ativamente para criar um espaço de aprendizado dinâmico e envolvente. As eletivas orientadas são obrigatórias no Novo Ensino Médio (NEM), e a escola oferece uma variedade dessas disciplinas, permitindo que os estudantes explorem áreas de interesse além do currículo básico, e incentiva a participação em projetos que promovem a cidadania e a responsabilidade social. Além das disciplinas tradicionais, a escola promove atividades interdisciplinares e projetos que visam desenvolver habilidades críticas e analíticas nos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios de uma sociedade em constante mudança.

A eletiva ‘Qual o futuro da Terra?’, foi escolhida pela professora-pesquisadora a partir do catálogo de Itinerários Formativos (IF) previsto pelo Novo Ensino Médio (NEM). A pesquisa foi realizada durante um semestre e foram discutidos os seguintes objetos do conhecimento: Poluição e Meio Ambiente, Efeito Estufa, Mudanças Climáticas e Impactos Ambientais. Os encontros ocorreram durante dois bimestres letivos e tinha como previsão inicial uma duração média de um encontro por semana durante vinte semanas, contudo, devido a contratempos e outras demandas pedagógicas da escola, o total de encontros foi suprimido, totalizando dez semanas, um encontro semanal de 2 horas, somando 20 horas de atividade. Vinte e seis estudantes do primeiro ano se inscreveram na disciplina, distribuídos de forma balanceada, com 14 identificados com o gênero masculino e 12 com o gênero feminino, com faixa etária entre quinze e dezesseis anos. A coleta dos dados foi condicionada à presença dos discentes na eletiva.

A amostragem foi composta por estudantes que pertenciam a quatro turmas de primeiro ano diferentes, a coleta foi realizada por conveniência, uma vez que a inscrição na disciplina eletiva foi voluntária. A coleta de dados foi realizada no primeiro e no último encontro, com atividades intermediárias que sustentaram a construção conceitual ao longo do processo. O Momento Inicial (individual) e o Momento Final (em grupo), ambos analisados por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), conforme proposta por Moraes e Galiazzi (2006). A ATD é uma abordagem “que transita entre duas formas consagradas de análise na pesquisa qualitativa que são a análise de conteúdo e a análise de discurso” (Moraes; Galiazzi, 2006, p. 118). Essa metodologia oferece uma abordagem que rompe com o paradigma tradicional da ciência, como destacam Moraes e Galiazzi (2006, p. 122), “[...] o envolvimento com a análise textual discursiva implica ruptura com o paradigma dominante de ciência, fundamentado em suposta verdade, objetividade e neutralidade”. Por meio dessa metodologia, buscamos identificar categorias emergentes capazes de revelar as principais percepções e compreensões dos estudantes. Os resultados do Momento Inicial subsidiaram as discussões das etapas intermediárias e orientaram a elaboração do Momento Final, garantindo coerência entre coleta e intervenção.

No Momento Inicial, os discentes foram convidados a elaborar um texto individual com o tema *Como será a vida em 2040?* A atividade permitiu ampla liberdade de expressão, possibilitando que os estudantes compartilhassem ideias, experiências, opiniões e preocupações relacionadas ao tema, sem restrições quanto à forma ou estilo do texto. Essa proposta foi inspirada no trabalho de Rasa, Palmgren e Laherto (2022) foi desenvolvida com o propósito de identificar conhecimentos prévios, percepções e eventuais lacunas conceituais dos estudantes,

bem como mapear expectativas e inquietações diante dos riscos e incertezas que envolvem o futuro pessoal, social e ambiental. A escolha da temática foi inspirada, também, nos projetos “I SEE” e “FEDORA” (www.fedora-project.eu), realizado por pesquisadores da União Europeia.

Os alunos participantes do ‘I SEE’ examinaram questões sociais que envolvem aspectos da ciência, humanidades e tecnologia como facetas em sistemas holísticos e complexos, enfatizando a importância de valores, escolhas e participação ativa para promover mudanças em direção a um futuro mais sustentável. A abordagem orientada para soluções e técnicas de pensamento futuro aplicadas no curso pareceram apoiar a agência dos alunos e as formas de lidar com a incerteza, bem como sua curiosidade e pensamento crítico em torno dos desafios contemporâneos e da ciência e tecnologia emergentes, refletindo o que consideramos objetivos centrais da educação científica no presente e para o futuro (Laherto, Rasa, 2022, p. 101, tradução nossa).

O projeto I SEE foi aplicado na Itália, Finlândia e Islândia, dividido em quatro módulos – mudanças climáticas, inteligência artificial, sequestro de carbono e computação quântica (Levrini et al., 2020). No presente estudo direcionamos nosso esforço na temática das Mudanças Climáticas. A análise foi direcionada para analisar como os estudantes do ensino médio percebem e abordam as incertezas e os cenários futuros considerando a questão das Mudanças Climáticas, enquanto uma QSC, com o intuito de alcançar o objetivo geral da pesquisa. Apesar da pesquisa ter sido realizada em países muito distintos da realidade brasileira, entendemos como um ponto de partida para iniciar a discussão sobre ciência, tecnologia, riscos, incertezas e o futuro.

Embora muitas das ideias tenham sido inspiradas nos projetos desenvolvidos pelos pesquisadores mencionados, algumas adaptações metodológicas foram necessárias. As redações dos estudantes foram analisadas qualitativamente, com o objetivo de identificar categorias emergentes capazes de revelar suas principais percepções e compreensões. A partir dessas categorias, traçaram-se perfis de conhecimento prévio e foram identificadas as áreas que demandavam maior atenção pedagógica ao longo do curso. As produções textuais, nas quais os estudantes expressaram suas visões sobre como imaginam o futuro, foram analisadas à luz da Análise Textual Discursiva (ATD). Inicialmente, os textos foram transcritos integralmente, em seguida, realizou-se a unitarização, processo em que cada redação foi dividida em unidades de significado. Posteriormente, essas unidades foram agrupadas em categorias emergentes, culminando na produção de metatextos que sintetizam a compreensão global do processo analítico.

Após a primeira coleta de dados, os estudantes participaram de encontros da disciplina eletiva, nos quais foram promovidas discussões sobre questões sociocientíficas, como consumo e consumismo, poluição do ar e do solo e avanço da tecnologia, com ênfase em aspectos

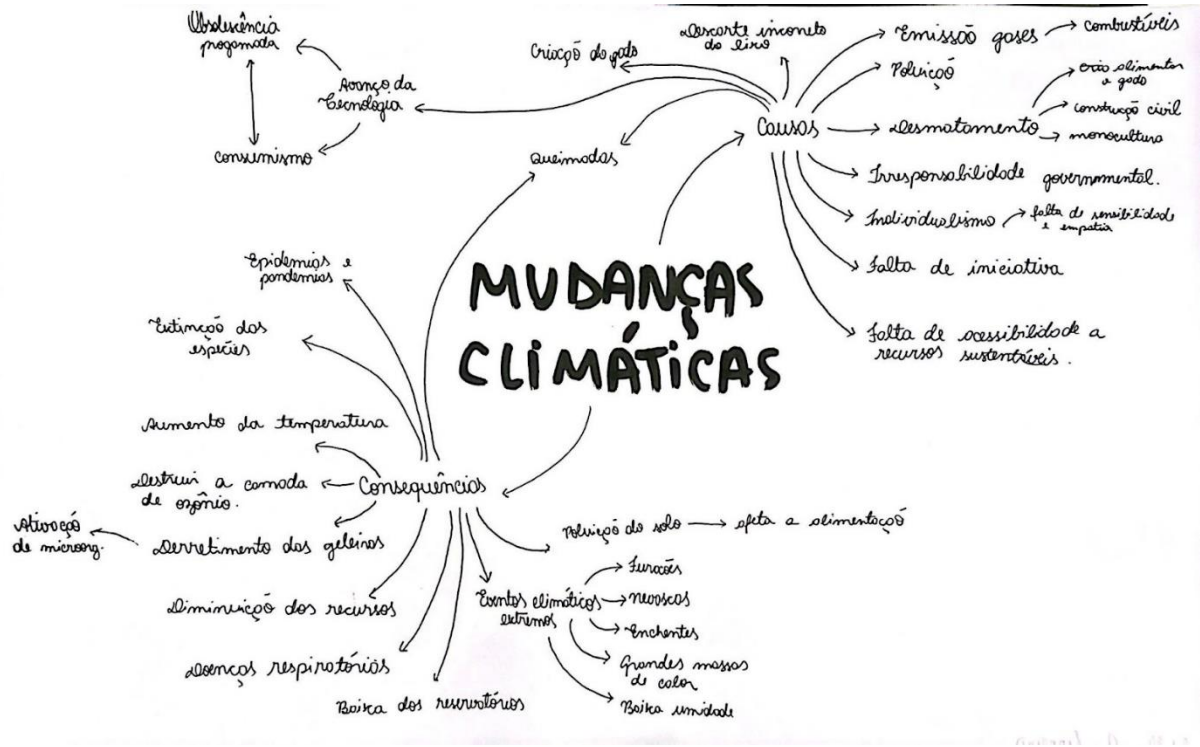
biológicos, dada a área de domínio da professora-pesquisadora. A temática central da disciplina foi Mudanças Climáticas, abordada juntamente com habilidades e discussões transversais a essa problemática. Entendemos que o debate sobre as alterações climáticas é essencial para o trabalho com questões científicas controversas. Como resultado do Momento Inicial, observamos a prevalência de preocupações relacionadas ao colapso climático. Diante disso, realizamos uma roda de conversa, em que os estudantes construíram coletivamente um mapa mental intitulado *Mudanças Climáticas*, dividido entre Causas e Consequências (Fig. 2). Apesar dessa distinção, destaca-se que “os efeitos retroagem sobre as causas, fortalecendo-as (feedback positivo) ou suavizando-as (feedback negativo)” (Levrini et al., 2019, p. 10, tradução nossa).

O colapso climático está permeado por controvérsias e questões, tanto científicas quanto sociocientíficas, envolvendo desdobramentos, causas e consequências. Durante a atividade, os alunos identificaram como principais causas das alterações climáticas as ações antropogênicas, como desmatamento, queimadas e poluição. De modo unânime, defenderam a visão ortodoxa de que as mudanças climáticas são comprovadas por evidências científicas e decorrentes da ação humana. Também emergiram percepções subjetivas e por vezes controversas, nas quais os discentes atribuíram a intensificação das mudanças no clima à falta de iniciativa individual, ao individualismo e à ausência de empatia coletiva para transformar o cenário. Os estudantes também se posicionaram em relação a irresponsabilidade governamental na formulação de políticas públicas, destacando decisões que dificultam o planejamento do uso do solo e favorecem investimentos que ampliam a emissão de gases de efeito estufa. Aspectos controversos relacionados ao avanço tecnológico demonstraram-se intimamente ligados ao aumento da temperatura global, discutindo aspectos como a produção em larga escala de plásticos e a obsolescência programada. O modelo econômico vigente, centrado no consumo, foi apontado como fator determinante: o incentivo a compras excessivas aparece como uma estratégia intencional para estimular o lucro empresarial, ainda que em detrimento do meio ambiente.

Embora as causas e consequências das mudanças climáticas não possam ser dissociadas, os estudantes mencionaram diversos efeitos perceptíveis, como enchentes, furacões, ondas de calor, epidemias, pandemias e extinção de espécies e recursos naturais. Ao longo da atividade, foram orientados a observar as interconexões entre os tópicos do mapa mental e a refletir sobre a interdependência entre causas e efeitos. É relevante destacar que os discentes demonstraram noções sobre a epistemologia das mudanças climáticas, reconhecendo a natureza científica, social e política do tema. Essa primeira discussão serviu como ponto de partida para o

desenvolvimento da disciplina, permitindo à professora-pesquisadora identificar os conhecimentos prévios dos estudantes e planejar o Momento Final, articulando-o à construção coletiva do saber sobre a temática.

Figura 2. Mapa Mental produzido ao longo da discussão sobre Mudanças Climáticas



Fonte: produção nossa.

Também durante a disciplina, os estudantes foram introduzidos aos conceitos do *Cone de Futuros*, presente no trabalho de Voros (2003). Os discentes foram guiados para interpretar o cone e definir cada um dos futuros apresentados (possível, plausível, provável, preferível e potencial). Após pensar e discutir sobre os futuros, os grupos iniciaram uma discussão aberta com a professora-pesquisadora sobre o que pensam quando ouvem a palavra futuro, suas interpretações sobre a imagem do *Cone de Futuros* e também sobre as definições que eles entraram em consenso sobre cada um dos futuros apresentados. A discussão entre os grupos é uma tentativa de aproximar os estudantes da infinitude de futuros alternativos possíveis (Voros, 2003) tentando afastar os discentes de da ideia de que desconhecer 'o futuro' se restrinja à falta de conhecimento e informação sobre esse futuro singular e não de fato por causa da pluralidade de futuros assim como cita Voros (2003):

Se não aceitarmos esta premissa, todo o cone de futuros "colapsa" em uma única linha de tempo futura, todas as potencialidades desaparecem e todo o nosso trabalho de futuros se torna simplesmente uma tentativa de encontrar mais informações sobre este futuro pré-determinado, mas desconhecido (Voros, 2003, p. 16, tradução nossa).

Após a discussão dos grupos, a professora-pesquisadora explicou o conceito do *Cone de Futuros* (Voros, 2003), que ilustra a ampliação das possibilidades à medida que o tempo avança. O conceito de cenários foi discutido, os alunos abordaram sua compreensão de que todos os futuros são potenciais e que o futuro provável é aquele que o cone ilumina melhor, os discentes tiveram dificuldade em compreender as cartas curingas e os futuros potenciais. O autor Voros (2003) utiliza a denominação de futuro potencial para nomear aqueles futuros alternativos quando a possibilidade não se encaixa em nenhuma das outras classes representadas pelo cone de futuros (Fig. 1). No presente estudo, renomeamos as *Wild Cards* (ou cartas-curinga) propostas por Voros (2003) como “futuro absurdo”, buscando simplificar o conceito e torná-lo mais acessível à compreensão dos discentes. Essa adaptação teve como objetivo facilitar o entendimento das probabilidades alternativas presentes nos cenários-curinga, que envolvem diferentes graus de plausibilidade, possibilidade e potencialidade. Os chamados cenários absurdos referem-se a situações possíveis, abrangendo tanto aquelas plausíveis, das quais já se tem certo conhecimento sobre sua dinâmica, quanto as potenciais, ainda desconhecidas ou imprevisíveis. Assim, nossa proposta de simplificação conceitual reduz essas dimensões à noção unificadora de “futuro absurdo”, entendida como ferramenta didática para explorar, em sala de aula, futuros alternativos e incertos.

No Momento Final, último encontro com os estudantes, eles foram orientados a trabalhar em grupos, partindo do entendimento de que o ensino colaborativo é um recurso eficaz para envolver adolescentes (Christensen, 2009). Cada grupo ficou responsável por produzir um mocumentário, definido por De Zuani Cassina et al. (2023, tradução nossa, p. 6) como “histórias ficcionais que se apropriam da estética do gênero documentário, utilizando seus mesmos códigos e convenções”, como entrevistas com personagens, narrações, imagens de arquivo e filmagens com câmera na mão. Esse formato cria uma sensação de autenticidade, mesmo quando o conteúdo é abertamente ficcional ou absurdo (De Zuani Cassina et al., 2023).

O termo mocumentário deriva do inglês *mockumentary*, em que *mock* significa “fingir” ou “zombar”. Contudo, o conceito vai além da paródia: trata-se de um formato de documentário que testa, imita e simula, permitindo incluir contextos relevantes que ultrapassam o limite da simples ironia (Fahle, 2020, p. 83, tradução nossa). Esses falsos documentários podem, assim, transpor as fronteiras entre o real e o ficcional, promovendo reflexões sobre ambos (Fahle,

2020). O uso dessa linguagem audiovisual teve como propósito captar as opiniões e percepções dos estudantes, além de estimular a criatividade e o imaginário sobre o futuro, especialmente diante das incertezas e riscos associados às mudanças climáticas. “É um recurso comum do gênero cinematográfico para paródia e sátira e, portanto, muitas vezes funciona para criar uma consciência crítica da mídia mais forte entre o público” (Fahle, 2020, p. 83, tradução nossa). Assim, neste estudo, o documentário foi utilizado como uma linguagem artística e educativa, capaz de fomentar a imaginação de cenários futuros realistas induzidos pelas alterações climáticas.

Embora compartilhe a estética do documentário, o documentário produzido pelos grupos concentrou-se nos futuros preferíveis, prováveis e possíveis, apresentando um cenário ficcional com base em elementos reais. Essa proposta buscou provocar os estudantes a lidar com a complexidade e a incerteza inerentes ao futuro. Inspirados em De Zuani Cassina et al. (2023), compreendemos a imprevisibilidade como princípio pedagógico, em que o estudante é convidado a:

Abraçar e incorporar a complexidade e a incerteza: ajudar os alunos a lidar com a incerteza investigando ‘probabilidades’ e ‘possibilidades’. Ao criarem juntos ficções do futuro, os alunos começam a experimentar quanto poder têm para contar as suas próprias histórias. Educar a imaginação, ajudando-a a orientar-se de forma flexível para o futuro, significa que abordamos o futuro não com uma crença sobre o que será, mas com um conjunto de possibilidades (De Zuani Cassina et al., 2023, p. 7, tradução nossa).

Os grupos puderam selecionar temáticas de interesse dentro do eixo das mudanças climáticas, considerando suas preocupações individuais e visões sobre os diferentes tipos de futuro (possível, plausível, provável, preferível e potencial). Os dados produzidos foram analisados posteriormente por meio da Análise Textual Discursiva (ATD), categorizando-se os elementos emergentes das coletas. Os documentários foram transcritos integralmente e submetidos ao mesmo processo de ATD, considerando aspectos narrativos, argumentativos e simbólicos presentes nas produções. Buscamos, com isso, trabalhar a incerteza a partir de interpretações individuais e coletivas, integrando perspectivas pessoais e socioculturais (Christensen, 2009). Conforme Hodson (2013), existem diversos critérios para a escolha das Questões Sociocientíficas (QSC) a serem exploradas em sala de aula. Nesse sentido, Voros (2003) argumenta que os futuros preferenciais estão fortemente ligados a aspectos emocionais, expressando o que os estudantes desejam que aconteça, o que envolve julgamentos de valor e abre espaço para discussões controversas por meio das QSC.

Nesse contexto, a avaliação dos futuros e dos riscos mostra-se especialmente relevante em situações que demandam tomada de decisão, conforme defende Christensen (2009). Assim,

os dados foram examinados com base na análise das interações discursivas entre os estudantes e a professora-pesquisadora, buscando compreender as convergências, divergências e argumentações emergentes nas discussões das QSC. Outras coletas foram realizadas ao longo da disciplina, embora suas análises não tenham sido incluídas neste estudo. De modo semelhante ao trabalho de Ioannidou, Guilfoyle e Erduran (2025), exploramos os pensamentos sobre o futuro como ferramenta didática para discutir cenários possíveis, prováveis e preferíveis em relação às mudanças climáticas.

Por fim, para assegurar a transparência e o cumprimento dos princípios éticos, o diretor da escola foi informado sobre os objetivos e procedimentos da pesquisa por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que detalhou os benefícios, a privacidade e a ausência de riscos morais, físicos ou mentais para a instituição e os participantes. Os discentes também manifestaram sua concordância mediante termo de assentimento. Todos os aspectos éticos e de confidencialidade foram rigorosamente observados durante todo o processo investigativo.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho se concentra em análises que emergiram de dois momentos distintos, definidos como Momento Inicial e Momento Final. No Momento Inicial temos como resultado produções textuais de vinte e quatro discentes, examinadas à luz da ATD, conforme a metodologia de Moraes e Galiuzzi (2016). Para fins de organização e anonimato, os participantes foram identificados pela pesquisadora com as siglas A1, A2, A3 e assim sucessivamente, respeitando a ordem de análise, até o último estudante (A24). A partir do processo analítico emergiram dez unidades de significado – Mudanças nos Cenários Futuros; Percepção de Futuros (Plausível, Preferível, Possível, Provável e Potencial); Desejos Pessoais, Condição da Saúde Humana; Subjetividade dos Sujeitos no Futuro; Aumento da Tecnologia; Aspectos da Ciência e Tecnologia; Aspectos Econômicos, Sociais e Ambientais; Impactos das Mudanças Climáticas; Consequências dos Impactos – que foram posteriormente agrupada em quatro categorias: Percepção de Futuros (PF1), Seres Humanos (SH2), Ciência e Tecnologia (CT3) e Impactos Futuros (IF4) (Tabela 1). Os excertos das redações apresentadas foram selecionados com o intuito de ilustrar as temáticas identificadas nas respostas dos discentes.

Tabela 1. Categorias, Unidades de Significado e Redações Incluídas na Categoria do Momento Inicial

Categoria		Unidades de Significado	Redações Incluídas na Categoria
Percepção de Futuros (PF1)		Mudanças nos Cenários Futuros, Percepção de Futuros (Plausível, Preferível, Possível, Provável e Potencial)	16/24
Seres Humanos (SH2)		Condição da Saúde Humana e Subjetividade dos Sujeitos no Futuro	11/24
Ciência e Tecnologia (CT3)		Aumento da Tecnologia e Aspectos da Ciência e Tecnologia	21/24
Impactos Futuros (IF4)		Aspectos Econômicos, Sociais e Ambientais, Impactos das Mudanças Climáticas e Consequências dos Impactos	22/24
Total de Alunos		-	24/24

Fonte: produção nossa.

No Momento Final, os estudantes foram convidados a escolher um dos futuros do “Cone de Futuros” para desenvolver a última atividade da disciplina. A partir das orientações fornecidas, dividiram-se em grupos, e a professora os incentivou a produzir um mocumentário sobre o futuro selecionado, tendo como eixo central as mudanças climáticas. A escolha dessa temática fundamenta-se na preocupação recorrente dos discentes ao longo da eletiva: em diferentes momentos, as discussões concentraram-se em torno do colapso climático e de suas consequências. Assim, compreendemos que a produção de um material audiovisual que expressasse seus medos, ansiedades e percepções sobre o futuro poderia favorecer uma aproximação mais profunda com os objetivos da pesquisa. Os grupos foram formados por afinidade entre os participantes, e a maioria manteve as mesmas parcerias estabelecidas nas atividades coletivas dos momentos anteriores, o que contribuiu para a continuidade e a coesão do trabalho em equipe.

Ao final 18 estudantes estavam distribuídos entre cinco grupos. Com o objetivo de manter o anonimato dos estudantes os grupos foram nomeados como: Grupo Sementes do Amanhã (GSA), Grupo Missão Júpiter (GMJ), Grupo Caos e Entropia (GCE), Grupo Planeta VIP (GVIP) e Grupo Nômades do Antropoceno (GNA). O Grupo Sementes do Amanhã (GSA), foi o único grupo em que os estudantes escolheram trabalhar com o futuro preferível. O Grupo Missão Júpiter (GMJ), Grupo Caos e Entropia (GCE), Grupo Planeta VIP (GVIP) trabalharam a partir do futuro absurdo – as cartas curingas propostas por Voros (2003) que renomeamos neste trabalho. O último Grupo Nômades do Antropoceno (GNA) optou pelo futuro provável.

A partir das produções, analisamos o conteúdo presente nos mocumentários dos cinco grupos de estudantes. Os resultados desse momento também foram analisados com o auxílio da ATD. Identificamos 18 unidades de significado – Vida não humana no futuro; Natureza como utilidade; Ameaças climáticas; Produções e inovações científicas no futuro; Ameaças

provenientes da ciência e tecnologia; Soluções provenientes da ciência e tecnologia; Problemas do futuro; Percepção de problemáticas atuais e relação com o futuro; Imutabilidade do futuro; Futuro como uma escolha; Responsáveis por mudanças positivas; Responsáveis por mudanças negativas; Causadores do colapso climático; Vida, Saúde e proteção humana; Morte humana; Cidades no futuro; Classe social; Aspectos econômicos – organizadas em cinco categorias Percepção do Mundo Natural (PMN), Tecnologia e Ciência (TC), O Indivíduo, a Cidade e a Sociedade (ICS), Os Agentes do Amanhã (AA) e O Agora e O Depois (AD) (Tabela 2).

Tabela 2. Categorias, Unidades de Significado e Redações Incluídas na Categoria do Momento Final

Categoria	Unidades de Significado	Grupos Incluídos na Categoria
Percepção do Mundo Natural (PMN)	Vida não humana no futuro. Natureza como utilidade. Ameaças climáticas	4/5
Tecnologia e Ciência (TC)	Produções e inovações científicas no futuro. Ameaças provenientes da ciência e tecnologia. Soluções provenientes da ciência e tecnologia	4/5
O Agora e O Depois (AD)	Problemas do futuro. Percepção de problemáticas atuais e relação com o futuro. Imutabilidade do futuro. Futuro como uma escolha.	5/5
Os Agentes do Amanhã (AA)	Responsáveis por mudanças positivas. Responsáveis por mudanças negativas. Causadores do colapso climático.	4/5
O Indivíduo, a Cidade e a Sociedade (ICS)	Vida, Saúde e proteção humana. Morte humana. Cidades no futuro. Classe social. Aspectos econômicos.	5/5
Total de Grupos	-	5/5

Fonte: produção nossa.

7.1 MOMENTO INICIAL

O primeiro contato entre a professora-pesquisadora com os discentes da eletiva concomitante a primeira coleta de dados por meio de uma produção textual intitulada Como será a Vida em 2040?

7.1.1 Percepção de Futuros (PF1)

A primeira categoria (PF1) engloba compreensões presentes em 16 redações e examinamos quais imagens do futuro emergiram — preferível, provável, plausível, possível e potencial. O presente estudo está em consonância com a argumentação proposta no trabalho de Rasa, Palmegren e Laherto (2022) em que os autores afirmam “que diferentes tipos de

percepções do futuro e formas de pensar o futuro influenciam profundamente a agência de alguém” (p. 426). Podemos enquadrar algumas percepções como futuros plausíveis e prováveis propostos por Voros (2003). Para exemplificar: “O futuro no seu significado livre é um tempo que não chegou, mas podemos adivinhar coisas visíveis” (A6). A estudante demonstra que o cenário futuro é permeado por situações que são vistas como consideravelmente razoáveis pelo nosso entendimento atual de como o mundo opera hoje, o que se aproxima com o que Voros (2003) definiu como futuro plausível.

Neste viés, como exemplo de pensamentos que se aproximam da concepção de futuros prováveis, notamos que alguns estudantes defendem a ideia de que a vida da terra não terá grandes modificações até o ano de 2040: “Terra [vai] continuar do jeito que está” (A5). Ainda sob essa perspectiva, o discente A16 afirma que o presente é um bom marcador de como o futuro pode ser visualizado: “Para basear o futuro em 2040 basta refletir 2024 e raciocinar se os problemas irão permanecer na sociedade mundial e se o progresso geral continuará em crescente” (A16). As assertivas dos discentes que visualizam cenário plausíveis e prováveis, são carregados de pessimismo: “Levando em conta o momento atual e os caminhos que a sociedade humana vem seguindo como um todo, o futuro não aparenta ser muito otimista” (A2). Os estudantes visualizam aspectos presentes para prever o futuro. O sentimento relacionado a futuros prováveis e plausíveis vem acompanhado de negatividades e ansiedades. Podemos compreender a desesperança dos discentes, pois a grandiosidade das crises que visualizamos no presente nos atrai para o futuro “[...] mas isso pode resultar em uma sensação de estar preso, como sugere a noção de ‘permacrise’, de que não há saída, e perdemos a fé no futuro” (Delanty, 2024, p. 16, tradução nossa). Os estudantes rotulam o futuro como algo predestinado, o que demonstra o reflexo dos próprios preconceitos e limitações, individuais e sociais (Sardar, 2010) inclusive da educação científica. Dessa maneira, acreditamos “que o rótulo que atribuímos ao estudo do futuro deve ser conscientemente aberto, pluralista e enfatizar a diversidade de perspectivas” (Sardar, 2010, p. 182, tradução nossa).

Em contraposição, por meio das respostas dos estudantes A3 e A12, percebemos a presença de ideias de um futuro diferente do que nós conhecemos. Podemos nos aproximar de concepções de futuros possíveis, mais amplos, quando os discentes afirmam que a vida no planeta será diferente, mas não discorrem sobre os elementos que serão alterados. Ainda nesse contexto, podemos afirmar que para eles é possível existir um cenário totalmente distinto da realidade, mesmo sem saber o que pode mudar eles consideram a possibilidade de ser possível que a vida no planeta seja “inquestionavelmente diferente daqui alguns anos” (A3); “Daqui 40 anos vai mudar bastante coisa [...]” (A12). Podemos identificar que os estudantes enxergam o

cenário futuro como nebuloso, com alterações que por ora eles não conseguem identificar. A definição de Voros (2003) é que futuros possíveis também englobam futuros que somos incapazes de imaginar com o conhecimento atual, possibilidades de futuro também podem envolver transgressões a leis físicas do presente e outras situações inimagináveis agora, por isso é difícil visualizar sua concretude.

Além disso, em alguns textos há percepção de que o futuro é caótico, que denominamos como absurdo — um cenário tanto possível, quanto plausível ou mesmo potencial — e que apresenta elementos de desordem que muitas vezes estão associados aos impactos no mundo natural e a relação do ser humano com ele, um exemplo é a estudante A24 quando afirma: “Não vejo a Terra com um futuro próximo” (A24). Neste viés, a resposta da aluna 20 corrobora o pensamento de que o futuro reserva um desfecho negativo para o planeta, e a discente associa tal situação aos impactos dos seres humanos: “O mundo tinha suas chances, mas a humanidade acabou com todas” (A20). A discente A20 identifica as ações antropogênicas como causadoras dos colapsos que encontraremos no futuro, além disso, os estudantes visualizam as destruições como um risco incessante e irremediável, as percepções se entrelaçam com a afirmativa de Beck (2013, p. 40) de que os riscos “representam destruições de tal proporção que qualquer ação em resposta a elas se torna impossível e que, já como suposição, como ameaça futura, como prognóstico sincreticamente preventivo, possuem e desenvolvem relevância ativa”. Ademais, é possível que as projeções dos estudantes sejam cenários de risco devido suas vivências em uma sociedade de risco – com pandemias, alterações climáticas, dentre outros – como afirma Beck (2013, p. 33) “riscos vividos pressupõem um horizonte normativo de certeza perdida, confiança violada”. Os discentes não se sentem confiantes em projetar cenários positivos porque vivenciam constantemente cenários de risco em uma sociedade de ameaças iminentes.

Contudo, apesar de muitas respostas se voltarem para situações de estagnação ou piora, algumas das perspectivas também se aproximam do que Voros (2003) define como futuro preferível como demonstra a estudante A6: “Em 2040 talvez não esteja tão ruim como muitos pensam, mas a principal ferramenta de combate para essa destruição do planeta é o conhecimento e a consciência” (A6). A aluna torna a ideia da educação como central para mitigar problemáticas ambientais. No discurso do estudante A17, a projeção de um futuro preferível manifesta-se como um desejo pessoal, porém inseparável de uma consciência ecológica. Apesar de antever um agravamento dos problemas ambientais “o desmatamento, queimadas e garimpo vão ter aumentado bastante”, sua fala revela uma dupla estratégia: a crença em uma intervenção externa (“ONGs ou até mesmo o governo”) e uma postura de otimismo como mecanismo de defesa (“é melhor pensar positivo do que no fim da natureza”).

Diante dessa percepção, é interessante destacar que a modernidade tardia nos impede de negar a existência de riscos, nesse contexto, eles são possibilidades que não podem mais ser dizimadas (Giddens, 1991). Embora a proposta da carta para o futuro tenha garantido liberdade de expressão aos estudantes para manifestarem seus desejos e projeções acerca da vida futura, notamos que suas escritas revelam um posicionamento com cunhos realistas, ancorados em possibilidades consideradas prováveis no contexto que vivenciam. Os discentes expressam seus futuros preferíveis como desejos, contudo, sempre citam aspectos negativos que existirão juntamente com o desejável “[...] teremos mais poluição, mais mudanças climáticas [...] o Brasil vai ter o Hexa” (A9).

7.1.2 Seres Humanos (SH2)

Essa categoria é denominada Seres Humanos (SH2) e integra 11 respostas que envolvem abordagens relacionadas à saúde humana e também a subjetividade dos sujeitos do futuro. Os participantes identificam modificações nos seres humanos que viverão em 2040, algumas dessas modificações dizem respeito a condições físicas como: “As pessoas serão muito mais sedentárias, com sobrepeso, depressão e etc.” (A13). Os alunos demonstraram preocupação com a saúde física dos seres humanos do futuro. Para eles, o cenário futuro afetará a saúde dos indivíduos que se tornarão menos ativos e terão uma “rotina péssima para a saúde” (A4). Ademais, a aluna A20, que desenvolveu a redação em formato de história, descreve cenas onde sua personagem morre devido às condições na terra do futuro: “[...] seus pulmões não puxavam ar” (A20), complementarmente a percepção de futuro da discente A7 que diz que as pessoas morrerão sem ar. São os riscos de primeira linha que as estudantes (A7; A20) identificam como aqueles que afetarão os sujeitos do futuro. Os riscos de primeira linha, são àqueles invisíveis que escapam à percepção imediata, como as toxinas no ar (Beck, 2013). Ainda, a aluna A20 discorre: “Se prejudicasse só os culpados, não importaria. No entanto, inocentes sofrem com tudo isso” demonstrando que “[...] os riscos da modernização cedo ou tarde acabam alcançando aqueles que os produziram ou que lucram com eles. Eles contêm um efeito bumerangue, que implode o esquema de classes. Tampouco os ricos e poderosos estão seguros diante deles” (Beck, 2013, p. 27).

Além dos já citados, os estudantes descrevem em seus cenários futuros outros riscos mais palpáveis e diretamente impactantes para a humanidade, como a fome e a sede. Eles visualizam a escassez de recursos como uma ameaça inerente à sociedade futura, sem, contudo, reconhecer que tal problemática já é visível na atualidade (Beck, 2013). A projeção desses

cenários pode estar relacionada à intensificação dessas mazelas no amanhã, reflexo do que já se observa na sociedade de classes. Porém, essa visão também se aproxima da realidade distópica proposta por Beck (2013), na qual os riscos passam a atingir inclusive os estratos sociais outrora imunes: os abastados. O que hoje é um risco delimitado pela distribuição desigual de riquezas pode ser concebido como um risco democrático e invisível, na medida em que se prospecta um futuro em que nem mesmo a riqueza poderá proteger os ricos da fome (Beck, 2013).

Além disso, sentimentos, como a redução da racionalidade, além de agressividade, sofrimento, falta de empatia e desesperança, também são encontrados em algumas passagens dos textos: “o egoísmo e falta de empatia serão presentes nas ruas. A ignorância e a intolerância serão inabaláveis e aqueles que queiram reverter isso serão vistos como antiquados” (A4). Os discentes projetam cenários futuros marcados por condições caóticas, nas quais as dimensões emocionais e psicológicas dos indivíduos se apresentam comprometidas, indicando um contexto em que a saúde mental, os sentimentos e as emoções não se encontram devidamente equilibrados ou regulados. Outro aspecto que envolve a saúde humana no futuro é a ideia de que os indivíduos serão viciados em aparatos tecnológicos, como cita A4: “Ninguém conseguirá viver sem a tecnologia, os humanos estarão tão apegados a ela que viverão uma rotina péssima para a saúde”. Podemos declarar que o estudante percebe emoções que são reais hoje e conecta essa afirmativa com uma noção de futuro interpretativa, guiada por referências e estruturas inerentes à condição humana e ao mundo natural do presente (Delanty, 2024). Ainda, a aluna A24 demonstra uma perspectiva pessimista ao descrever que “[...] a Terra vai explodir, aqueles que sobraram irão ficar vagando sem rumo, sem esperança, sem oportunidade, até o fim de suas miseráveis vidas e terminar morrendo lentamente de fome, sede e qualquer coisa que os levariam à morte”. As ideias de sofrimento e morte humana, em massa, são desenvolvidas pelos estudantes como forma de descrever um futuro apocalíptico. A partir do trabalho de Delanty (2024, p. 14, tradução nossa) podemos destacar que a “ideia de que pode nem mesmo haver um futuro, pelo menos não um futuro desejável, está se tornando uma forma de ver e vivenciar o mundo e a própria condição humana”.

Por outro lado, existem discentes que incluem contextos positivos relacionados ao futuro. A aluna A23 demonstra um desejo para uma melhora das inter-relações humanas, no entanto, a discente parece não se reconhecer como um sujeito capaz de realizar tal mudança positiva no cenário em que ela mesma imaginou: “espero que a vida política tenha mais ensino, sensibilidades pelas pessoas”. Outro aspecto discutido foi a diminuição de problemáticas sociais e preconceitos, como machismo, racismo, homofobia e xenofobia. Cabe ressaltar o

trecho: “Ao mesmo tempo em que eu penso que o mundo vai acabar, eu acredito que vou ter uma boa condição financeira e conseguir ajudar minha família e contribuir para uma vida fácil e feliz, viver em paz e aproveitar os momentos!” (A23). A estudante A10 também descreve um desejo pessoal “em 2040 eu espero estar trabalhando em uma profissão que eu gostei e poder viajar pelo mundo visitando muitos lugares, se ainda existir”. Estes achados estão em consonância com Cook (2016), que observa que, apesar das baixas expectativas para o futuro do planeta, muitos indivíduos mantêm uma postura otimista em relação aos seus futuros pessoais “mesmo quando este coincidia com os prazos que previam para potenciais convulsões em larga escala, como escassez de alimentos e grave degradação ambiental” (Cook, 2016, p. 526, tradução nossa) e nesse caso, o fim do mundo. O próprio futuro é frequentemente considerado separado do futuro do planeta, como se o que os discentes consideram como controlável, o futuro pessoal fosse dissociado do incontrolável e cheio de riscos e ameaças: futuro da Terra. O futuro desejável é uma das formas que os estudantes têm de se projetar no futuro (Rasa; Palmgren; Laherto, 2022), apesar disso apenas A23 e A10 explicitam a si mesmas nas suas projeções.

Os estudantes percebem as situações associadas à crise climática como um eixo central de transformação na vida futura, com impactos diretos sobre a humanidade. Cabe destacar que parte dos alunos também identifica outros riscos, presentes e futuros, ligados à saúde humana. Essa percepção evidencia a necessidade de abordar tais temáticas no ensino de Biologia, reforçando questões de saúde, mental e física, nas aulas. Para isso, sugerimos que os conhecimentos prévios, os riscos identificados e as preocupações dos discentes sejam utilizados como ponto de partida para o desenvolvimento de tópicos na educação científica.

7.1.3 Ciência e Tecnologia (CT3)

Das 24 produções textuais, 21 delas possuem trechos que se encaixam na presente categoria: Ciência e Tecnologia (CT3). Nesse contexto, muitos estudantes percebem a tecnologia como um elemento em acelerado crescimento e evolução, assim como proposto por Beck (2013) e Giddens (1991) ao discutir a sociedade de risco e a modernidade tardia. Essa aceleração juntamente com as crises ambientais globais pode ser uma forma de compreender a forma como os jovens se relacionam com o futuro: ausência de horizontes estáveis, desesperança, desorientação e dificuldade de planejar o próprio futuro (Cook, 2016). A maioria das respostas categorizadas nessa seção reflete a visão de que, no futuro, haverá um aumento significativo e aprimoramento dos dispositivos tecnológicos “robôs, carros voadores, celulares

e computadores com mais variedades e invenções inovadoras” (A17). Ademais, aparecem também percepções negativas relacionadas ao desenvolvimento tecnológico, o A4 “o avanço da tecnologia será visto como algo bom no início”, deixando implícito que posteriormente ao ápice tecnológico trará consequências negativas que serão observáveis.

Pode ser que tenha cada vez mais pessoas menos inteligentes, pois muitos dependem da tecnologia, inteligência artificial, etc., para responder uma simples pergunta, ou fazer um trabalho, para praticamente tudo. E com isso acabam não forçando o cérebro a aprender. Ou seja, o avanço muito rápido da tecnologia pode ser que acabe com a sociedade aos poucos (A15)

A estudante A15 aborda os riscos decorrentes da crescente dependência humana em relação aos aparatos eletrônicos e tecnológicos. Segundo sua perspectiva, a automatização e a robotização das atividades cotidianas configuram-se como potenciais geradoras de uma problemática de ordem cognitiva, uma vez que tendem a limitar a capacidade humana de elaborar pensamentos críticos e reflexivos, reduzindo os indivíduos à condição de meros reprodutores de respostas previamente programadas por sistemas de Inteligência Artificial (IA). Os demais educandos que deram ênfase aos aspectos negativos citaram a dependência humana, o uso exacerbado das IA e um dos estudantes abordou a temática de mortes associadas ao aprimoramento de armas. “Em certo sentido, estamos vivendo em uma era em que lidamos diariamente com as consequências do uso extensivo e intensivo da ciência e da tecnologia na vida cotidiana, o que mudou a natureza das ameaças” (Pietrocola; Schnorr; Rodrigues, p. 2, 2025). Os estudantes identificam os riscos que envolvem o avanço exponencial das tecnologias, eles destacam desafios e riscos que envolvem tecnologias das suas realidades (IA e objetos eletrônicos).

Os impactos negativos estão geralmente relacionados a: perda de habilidades de socialização/desumanização, preocupação com segurança de dados, desemprego/perdas de empregos devido à automação do trabalho, perda de privacidade/liberdade, exclusão social, pressão para acompanhar as mudanças, preguiça e “desqualificação”, pois a pessoa esquece como realizar certas tarefas (Levrini et al., 2019, p. 16, tradução nossa).

Ainda, dois estudantes (A11 e A7) associaram malefícios da tecnologia ao meio ambiente. Ressaltamos o trecho: “Mas quando estivermos com os ‘carros voadores’ não poderemos mais recuperar todos os problemas que causamos a Terra” (A7), em que a estudante demonstra insatisfação com os progressos que frequentemente degradam o meio ambiente

atribuindo assim uma crítica relacionados a estes avanços. Ainda, o estudante A11 diz que no futuro teremos

[...] água limitada, uma fauna pobre, alguns países se tornarão inabitáveis, a camada de ozônio será destruída. A inteligência artificial terá avançado muito a ponto de virar a maior fonte de conhecimento. A tecnologia será avançada, mas trará a poluição junto de si [...] (A11).

Diante do exposto, observamos que a percepção do estudante revela a compreensão de que o avanço tecnológico ocorre de forma inversamente proporcional à preservação do ambiente natural. Essa visão evidencia a crença de que, embora os humanos do futuro continuem a perseguir o ideal de progresso, tal movimento implicará consequências significativamente negativas para todos os seres e ecossistemas do planeta. O futuro da sociedade de inovações aceleradas e repleta de riscos também deve ser abordado na educação científica justamente porque a maioria dos medos pré-determinados e distópicos dos discentes estão relacionados com a ciência e a tecnologia (Laherto; Rasa, 2022). É importante discutir sobre o progresso científico e tecnológico, porque os riscos são potenciais e presentes nesses processos e podem auxiliar no entendimento e debate acerca de dados científicos e subjetivos (Develaki, 2024). É importante envolver leigos e especialistas para discutir situações controversas nas ciências e também levar esses debates críticos para a educação em ciências (Develaki, 2024) estendendo aos afetados comprometidos em discutir, definido por Funtowicz e Ravetz (1997) como comunidade ampliada dos pares.

Um benefício educacional final da introdução de situações discursivas no ensino de ciências é que os alunos percebem que esse discurso crítico e reflexivo sobre questões controversas é mais benéfico e eficiente do que posições egocêntricas e debates polarizadores; em outras palavras, ele promove uma cidadania mais sofisticada (Develaki, 2024, p. 16, tradução nossa).

Paradoxalmente, apesar dos estudantes identificarem os avanços tecnológicos como capazes de causar efeitos negativos e colapsos, eles também identificam benefícios provenientes dos avanços. Por exemplo, diversas respostas mencionam produções inovadoras relacionadas à tecnologia, como construções avançadas: prédios, pontes e bases lunares. Contudo, a maior parte das menções está relacionada a dispositivos eletrônicos.

[...] em 2040 a tecnologia vai estar muito mais avançada do que nos dias atuais, com robôs, carros voadores, celulares e computadores com mais variedades e invenções inovadoras. Todos esses objetos vão estar espalhados no mundo inteiro [...] pode haver um transporte mais rápido que o avião. Também acho que será criado carros com opção de ficar debaixo da água [...] existir prédios com estéticas diferentes e arranha céus, sem casas ou coisas ‘simples’, eu acho que tudo vai ser inovador e revolucionário (A17).

A tecnologia aparece no “[...] monitoramento de pacientes” (A23) e com “[...] robôs realizando cirurgias” (A10). Nesse viés, abordagens para o futuro adotam uma visão de tecno-otimismo, uma percepção mais otimista da capacidade humana de moldar os aparatos tecnológicos para suprir necessidades e melhorar a qualidade de vida (Delanty, 2024). Aliás, as inovações científicas são citadas quase que exclusivamente através de aspectos benéficos, como descobertas científicas fora do ambiente terrestre, exploração do universo, vida ou água fora da Terra, outro ambiente habitável. Essas visões demonstram aspectos positivos em relação à capacidade científica e tecnológica de criar um futuro (Delanty, 2024). Na perspectiva do planeta Terra, descobertas de novos locais na terra e no oceano, novas espécies, inovações científicas envolvendo genética e cura de doenças são citadas como evidências futuras: “a ciência vai ter evoluído bastante descobrindo até a cura do câncer e outros tratamentos de doenças mais mortais” (A5). Assim como no trabalho de Cook (2016, p. 526) acreditamos que tais “[...] descobertas indicam que o senso de fê depositado no avanço tecnológico foi usado para reforçar um senso de esperança para a humanidade”. “Nesse contexto, os impactos positivos estão geralmente relacionados a: eficiência, facilidade, liberdade, conforto, rapidez, simplicidade, modernização, conveniência, melhoria na qualidade de vida e uma existência mais ecologicamente correta” (Levrini et al., 2019, p. 16, tradução nossa). Os estudantes ainda têm uma percepção pré-definida de que a ciência e a tecnologia são progressivamente inovadoras e revolucionárias, e que de forma gradual estamos nos aproximando de um mundo cada vez melhor.

A ciência pós-normal, conforme concebida por Funtowicz e Ravetz (1997), postula que, embora seja comum reconhecer a necessidade de a tecnologia se transformar para não afetar a natureza, são raras as perspectivas que admitam que a própria ciência também precisa mudar. Historicamente, o ensino de ciências foi moldado para prever o futuro mediante padrões temporais, modelos matemáticos e estruturas epistemológicas determinísticas (Levrini et al., 2019). Nesse modelo, os estudantes dedicam mais tempo à memorização de fórmulas e conceitos predefinidos do que à reflexão sobre o mundo natural e os fatores que o impactam. Essa abordagem contrasta com o potencial de um ensino orientado para o futuro, que, segundo Laherto e Rasa (2022, p. 97, tradução nossa), “pode ajudar os alunos a avaliar os impactos positivos e negativos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente e a aprofundar a sua compreensão da complexidade destas interações”.

7.1.4 Impactos Futuros (IF4)

Essa categoria IF4 é citada por 22 estudantes, sendo uma categoria quase unânime. As propostas desta seção englobam diversos impactos que o planeta e os seres de 2040 serão submetidos de acordo a percepção dos estudantes, ideias majoritariamente pessimistas. Os alunos citam muitas questões sociais: desigualdades, diminuição da taxa de natalidade e guerras. Ademais, é interessante ressaltar que uma preocupação que foi localizada em alguns textos foi o receio em relação ao progresso das tecnologias e o impacto econômico da robotização das tarefas humanas. Para exemplificar, temos o recorte do trecho: “[...] robôs que roubam nossos trabalhos” (A7). Podemos afirmar, assim como Levrini *et al.* (2019), que a nossa análise demonstra que os jovens “[...] sentem, por um lado, o fascínio por um mundo em constante evolução e, por outro, veem a tecnologia como causadora de diversas ameaças, como a substituição do ser humano em contextos de interação social e do mercado de trabalho” (p. 15). Os jovens se sentem ameaçados pelos dispositivos tecnológicos, como robôs, ou mesmo, as inteligências artificiais. Apesar dos riscos iminentes na economia e na dinâmica social, apenas o estudante A4 descreve uma indignação coletiva com as máquinas: “quando as tecnologias entrarem no mercado de trabalho e tirarem muitos humanos de suas posições de capitalismo certamente todos se revoltarão”. Ainda assim, o estudante A4 não desenvolve mais aspectos sobre o que seria essa revolta, no entanto, sublinhamos que a percepção do discente demonstra a necessidade de ação dos indivíduos para mudar a dinâmica da sociedade.

Em consonância ao pensamento de Beck (2013) e Delanty (2024), destacamos a noção de futuro como cenário interpretativo, guiado por referências e estruturas inerentes à condição humana e ao mundo natural, ou seja, os estudantes utilizam de seus valores e também de seus conhecimentos para imaginar o amanhã. No contexto da teoria de Giddens (2003), essa “reprodução” se relaciona à contínua repetição das práticas sociais. No entanto, apesar dos indivíduos serem capazes de interagir com as instituições sociais, no geral, os elementos são mantidos como normas e perpetuados de geração em geração ao longo do tempo. Como exemplo dessa reprodução do presente, os estudantes destacam os malefícios da tecnologia em distintos escopos da vida como aumento do desemprego por conta da robotização das tarefas e consequente o aumento da pobreza, da fome e da miséria. É interessante destacar que essas percepções convergem com a ideia de que “riscos, assim como riquezas, são objeto de distribuição, constituindo igualmente posições – posições de ameaça ou posições de classe.” (Beck, 2013, p. 31).

Os estudantes identificam o risco do aumento e disseminação de aparatos e conhecimentos tecnológicos como afetando indivíduos e aumentando a desigualdade econômica. Apesar disso, as percepções mais difundidas nessa categoria estão relacionadas aos impactos ambientais, como afirma Beck (2013, p. 40): “De um lado, muitas ameaças e destruições já são reais: rios poluídos ou mortos, destruição florestal, novas doenças etc. De outro lado, a verdadeira força social do argumento do risco reside nas ameaças projetadas no futuro. Muitas são as citações que abordam a destruição do planeta, poluição, crises hídricas e alterações climáticas intensas. À título de exemplo: “O desmatamento, queimadas e garimpo vão ter aumentado” (A17). As alterações induzidas pelos humanos podem ser consideradas um dos maiores momentos de ruptura histórica que determinarão o futuro da sociedade (Delanty, 2024).

É verdade que as distopias de hoje são mais ameaçadoras e perturbadoras do que as do passado, talvez porque sejam mais reais e o potencial para catástrofes seja muito grande, incluindo ameaças existenciais à humanidade. No entanto, o futuro está em aberto e deve ser entendido em termos de possibilidades que são muito reais, bem como de potenciais não realizados (Delanty, 2024, p. 10, tradução nossa).

Dito isso, alguns discentes descrevem aspectos esperançosos para o futuro, no entanto são minoria, podemos observar com a citação da aluna A10 “Eu espero ainda existir mata, animais vivendo livre e floresta o que pode ser muito difícil vendo o desmatamento sendo comum para a humanidade”. O desejo pela preservação da natureza é acompanhado pela preocupação do futuro provável/plausível “[...] áreas verdes vão continuar sendo preservadas, porém poucas plantas e flores” (A12). Podemos destacar que o futuro preferível não aparece como uma realidade alcançável, apenas como um desejo de que algo fuja do padrão presente. “A perspectiva de um futuro desconhecido inspira ansiedade, até mesmo pavor, mas também é fonte de esperança, na medida em que sinaliza possibilidade” (Delanty, 2024, p. 16, tradução nossa). De certa forma, os discentes não relacionam um futuro preferível em suas cartas porque se atém ao reino das plausibilidades e probabilidades, e de fato, se considerarmos o cone de futuros (Voros, 2003) o futuro preferível não se sobrepõe ao provável.

Por outro lado, as percepções negativas também estão presentes e são quase em sua totalidade antrópicas. “Um exemplo desses desafios, frequentemente caracterizados por um alto nível de incerteza, são as mudanças climáticas” (Ioannidou; Guilfoyle; Erduran, 2025, p. 2, tradução nossa). Os estudantes citam diversos impactos causados pela atividade humana que influenciam as alterações climáticas, notamos em diversas passagens trechos como “as grandes indústrias afetarão ainda mais os ares e com isso o sol estará parecendo mais ‘forte’ pela falta de proteção na atmosfera” (A6) ou mesmo a citação de que no futuro “a temperatura [estará]

prejudicando a vida em geral na Terra” (A14). Ainda, alguns estudantes comentam sobre a perda de biodiversidade, extinção de espécies, em especial impactos aos demais animais causados por fatores relacionados a alterações antropogênicas, em especial, as ligadas ao colapso climático.

Uma consideração interessante foi trazida por A4 que comenta aspectos do presente que serão reflexos dos impactos futuros: “[...] o ser humano na sua ânsia cada vez maior trouxe malefícios irreparáveis ao planeta e ao meio ambiente” (A4). Todavia, os discentes não compreendem seu papel como agentes capazes de solucionar tais problemáticas no futuro, além de ser difícil observar resoluções propostas por eles. Opostamente, a percepção encontrada na escrita pela aluna A20: “[...] o nível do mar aumentando e cidades se afogando. Os culpados? Nós mesmos, que descongelamos as geleiras mesmo que indiretamente” (A20). A “criação de visões de futuro depende tão intimamente da consciência que as cria, e dos limites considerados relevantes para a definição dessas visões de futuro – sem mencionar os limites inconscientes além das quais não pensamos” (Voros, 2003, p. 14, tradução nossa).

Mas acredito mais em soluções, pois, já estamos vendo uma preocupação maior da população e com isso os líderes mundiais começam a pensar em formas de amenizar o impacto, um exemplo, é replantar as árvores, com isso, em 2040 talvez não esteja tão ruim como muitos pensam [...] (A6)

Embora a maioria dos estudantes reconheçam a interconexão entre as ações presentes e as consequências futuras e demonstrem familiaridade com riscos ambientais diretos, eles tendem a ver as soluções de forma individualizada ou dependente de grandes agentes (governos, indústrias), com uma limitada percepção de sua própria agência para causar mudanças significativas. Considerando isso, reconhecemos que viver no presente requer maior consciência crítica e responsabilidade sobre avanços e impactos científicos e tecnológicos da contemporaneidade, tanto no meio ambiente quanto na sociedade, além de refletir sobre suas consequências para as gerações futuras (Pietrocola; Schnorr; Rodrigues, 2025). “Na verdade, o ensino orientado para o futuro pode ajudar os alunos a avaliar os impactos positivos e negativos da ciência e da tecnologia na sociedade e no ambiente e a aprofundar a sua compreensão da complexidade destas interações.” (Laherto; Rasa, 2022, p. 97, tradução nossa).

7.2 MOMENTO FINAL

A última coleta de dados por meio da produção audiovisual de documentários abordando as mudanças climáticas, temática de interesse dos discentes, os grupos utilizaram o cone de futuros para auxiliar na representação do futuro escolhido.

7.2.1 Percepção de Mundo Natural (PMN)

Na presente categoria é interessante ressaltar a visão dos discentes em relação ao meio natural e a relação dos seres humanos com a natureza no futuro escolhido por cada grupo. Entre as unidades de significado englobadas na categoria estão: Vida não humana no futuro; Natureza como utilidade e Ameaças climáticas. Como resultados, reunimos as percepções de quatro grupos de estudantes, de um total de cinco. Observamos, de forma análoga ao estudo de Levrini *et al.* (2020), que a estruturação de módulos de ensino a partir de questões científicas orientadas para o futuro tinha a expectativa de despertar um interesse genuíno dos estudantes por debates sociais e científicos contemporâneos. Contudo, os nossos resultados indicam que os alunos tenderam a abordar futuros nos quais os riscos apresentavam um certo grau de familiaridade. Essa tendência encontra eco na pesquisa de Pietrocola, Schnorr e Rodrigues (2025, p. 16, tradução nossa), na qual se constatou que “os alunos demonstraram maior familiaridade e preocupação com riscos ambientais diretos, como poluição do ar e da água, e eventos como rompimentos de barragens, provavelmente devido à proximidade e visibilidade dessas questões em suas vidas diárias”.

No presente estudo, observamos que os estudantes priorizam questões pertinentes às suas preocupações e relacionam com aspectos do colapso climático global e suas consequências. O grupo GSA evidenciou preocupações relacionadas às alterações climáticas e a poluição (em especial por plástico) como problemáticas em seu documentário. Para os discentes do GMJ, a problemática central é a poluição do ar e radioatividade que tornarão a terra praticamente inabitável no futuro. Para o GCE, a problemática principal se concentra nas mudanças climáticas e eventos extremos, em especial o aumento do nível do mar. O grupo GVIP destaca as mudanças climáticas e consequências associadas com as inundações, o aumento expressivo da temperatura da terra como fatores preocupantes na Terra do futuro. O grupo GNA identifica nas suas percepções futuras, a poluição como grande preocupação, além de alterações severas no clima, a destruição da camada de ozônio.

Todos os grupos reconheceram as problemáticas das mudanças climáticas no futuro, além de especificarem consequências do colapso que pode acontecer no mundo, os estudantes

visualizam as mudanças climáticas como um dos principais desafios do futuro, assim como propõe Ioannidou, Guilfoyle e Erduran (2025). Convém ressaltar que o grupo GSA foi o único que escolheu o futuro preferível para desenvolver o mocumentário, apesar disso não desenvolvem integralmente suas ideias de um futuro que desejam, pelo contrário, os estudantes se limitam a falar sobre probabilidades e previsões, se mantendo presos nos cenários de um futuro plausível e provável. É difícil construir uma visão que se desassocia do que visualizamos no cenário atual, permeado por crises permanentes que Delanty (2024) define como permacrise, o que pode ser um fator que demonstra a dificuldade dos estudantes em ignorar a existência dos riscos e das ameaças existentes na atualidade:

Nosso mocumentário tem como objetivo principal discutir o futuro preferível, aquele que desejamos construir. Contudo, ele também cumpre um papel essencial ao evidenciar o futuro que inevitavelmente ocorrerá caso o presente não seja transformado (GSA).

Ademais, “o futuro também é revelado no domínio da atualidade, incluindo os potenciais latentes e não realizados no presente. O futuro não é inteiramente uma ruptura com o presente, mas é em parte imanente aos arranjos sociais atuais” (Delanty, p. 47, 2024, tradução nossa). Os estudantes compreendem o colapso climático como um aspecto existente na atualidade e que tem forte influência com o caos que inevitavelmente acontecerá no futuro. “As mudanças climáticas prejudicam o equilíbrio da terra. O aquecimento global provoca grandes ondas de calor e enquanto as florestas queimam liberando CO₂ e piorando a situação” (GSA).

Ainda nessa categoria podemos destacar que os grupos GSA, GCE e GVIP reconhecem os efeitos atuais e futuros das mudanças climáticas no meio natural “Animais e ecossistemas estão em risco de extinção” (GSA), “[...] quase nenhuma biodiversidade” (GCE) e “destruição de ecossistemas e colocando em risco a sobrevivência de diversas espécies [...]” (GVIP). Os discentes do grupo GVIP inclusive imaginam um cenário em que precisaremos de tecnologias para que grande parte das plantas sobrevivam: “42% a plantação de plantas em estufa”. Assumimos, então, a presença de percepções de riscos “produzidos no estágio mais avançado do desenvolvimento das forças produtivas” e “efeitos de curto e longo prazo deles decorrentes sobre plantas, animais e seres humanos” (Beck, 2013, p. 27). A ideia central é que os animais, as plantas e os ecossistemas terrestres serão comprometidos no futuro, serão gravemente afetados caso o ser humano não interfira positivamente para frear essa destruição. Importa observar que os estudantes do Grupo GVIP pontuam preocupação para o caso dessa destruição

em massa os seres que restarem terão mutações genéticas e se reproduziram desenfreadamente diminuindo a biodiversidade do planeta.

Notamos, portanto, que os discentes aplicam conceitos biológicos para discutir aspectos relacionados a problemáticas como as mudanças climáticas, demonstrando a complexidade envolvida com o pensamento futuro. Em complemento, os estudantes demonstram uma aplicação prática de percepção de riscos em cenários futuros, ademais, utilizam seus conhecimentos biológicos acerca de espécies invasoras e mutações. Assim como afirma Genovese, Genovese e Carvalho (2019), os professores devem incentivar a abordagem de conteúdos em que alunos sejam capazes de escolher com responsabilidade, se posicionem, ademais os jovens devem “valorizar a vida humana, as diferentes culturas e os demais seres vivos do planeta. A ética e o respeito devem prevalecer em uma educação científica em que os conteúdos estejam articulados aos aspectos sociais e ambientais” (Genovese; Genovese; Carvalho, 2019, p. 6)

Podemos compreender o ambiente natural sob diversas perspectivas, uma delas corresponde ao utilitarismo que enxerga a exploração prática e material da natureza de maneira antropocênica. Nesse caso, a natureza é valorizada pelo seu uso, ou seja, pelo quanto ela é benéfica para os seres humanos, é avaliada pelo quanto ela serve para a sustentação física e segurança dos sujeitos. Se faz relevante reconhecer que os estudantes do Grupo Sementes do Amanhã têm uma visão de utilidade da natureza para ajudar a solucionar a problemática que eles colocaram em evidência no futuro: a poluição por plásticos. Os estudantes desenvolvem um documentário em que uma cientista está dando uma entrevista sobre suas pesquisas e ela afirma “[...] então eu pensei: como a natureza pode ajudar nessa causa? Com isso, eu desenvolvi bactérias que são capazes de transformar plásticos em materiais úteis” (GSA).

Por outro ângulo, o Grupo Planeta VIP desenvolve um documentário que satiriza a relação do ser humano com a natureza, onde uma jornalista entrevista uma árvore e pergunta se ela pode evoluir para ser acompanhada de tecnologia e pede para que a planta evolua para superar as mudanças climáticas: “Então... bom dia dona árvore. O que a senhora acha que aconteceria se o mundo virasse um deserto? Daria pra você evoluir tipo um cacto só que com wi-fi embutido ou isso é pedir demais?” (GVIP). Esse posicionamento demonstra uma crítica implícita de que a natureza só é útil caso nos traga benefícios, e como a natureza não evolui tão rápido quanto a tecnologia, ela não se adapta ao mundo em que vivemos hoje.

7.2.2 Tecnologia e Ciência (TC)

A categoria envolve conteúdos que se relacionam com a ciência e a tecnologia, englobando as percepções positivas e ou negativas dos estudantes. A ciência se baseia em processos de empiria e o resultado se baseia em dados precisos e que podem ser replicados e refutados. O saber científico funciona e ganhou espaço nas sociedades desde a modernidade. A maior parte das ideias se relacionam com produções científicas no futuro, o teor salvacionista da ciência é colocado em evidência em diferentes contextos, a maior parte dos grupos não evocou as consequências negativas diretas ou indiretas acerca do desenvolvimento científico. Isso pode ser justificado à luz de Beck (2013), o autor assume a crítica dirigida à ciência e as inquietações quanto ao futuro são, por outro lado, frequentemente rotuladas como “estigmatizadas como ‘irracionalismo’. Elas seriam as verdadeiras causas de todo o mal” (Beck, 2013, p. 55). Nessa perspectiva, o risco é compreendido como um efeito colateral esperado e natural do progresso (Beck, 2013).

O GMJ também reconhece explicitamente a importância da ciência como solucionadora dos problemas do futuro em um mundo em colapso, no cenário do mocumentário os cientistas são os únicos responsáveis por desenvolver alternativas para a vida no planeta ser possível novamente: “Estamos aqui para desenvolver formas de voltarmos a viver [normalmente] em nosso planeta” (GMJ). Em trabalhos como Cook (2016), os jovens têm esperança e fé na tecnologia e a reconhecem com plena capacidade de salvar o ser humano das ameaças existentes no futuro.

Embora inicialmente não estivesse claro se esse sentimento de fé era investido exclusivamente em desenvolvimentos tecnológicos, alguns dos entrevistados pareciam reconhecê-lo como um meio pelo qual a fé na humanidade poderia ser cultivada, utilizando os avanços tecnológicos como um sinal de prosperidade humana (Cook, 2016, p. 528, tradução nossa).

Apenas o grupo que escolheu o futuro preferível, Grupo Sementes do Amanhã, reconhecem explicitamente os benefícios da tecnologia no futuro, onde as problemáticas seriam solucionadas a partir da ciência como exemplo com a descoberta de uma bactéria patenteada para degradar um dos grandes problemas atuais, a poluição: “Bem, [o impacto dessa tecnologia no futuro] diminuiria bastante a poluição no mundo, por exemplo, imagina transformar garrafas pets em nutrientes para o solo, e como essa bactéria isso é possível” (GSA) e também “Os carros se tornarão elétricos tornando assim o ar menos poluído” (GSA). As soluções tecnológicas e científicas propostas pelos estudantes para as problemáticas destacadas em seus mocumentários são, em grande parte, simplistas e individuais. As ideias determinísticas ainda

estão presentes no discurso dos estudantes, eles visualizam o futuro como um simples resultado de uma cadeia linear de eventos. Diferente de Pietrocola, Schnorr e Rodrigues (2025), que observaram que os alunos não levantaram ideias sobre consequências diretas ou indiretas de ações humanas e soluções tecnológicas que pudessem fomentar novos cenários de risco, alguns grupos neste estudo demonstraram essa percepção.

Podemos destacar também a análise de que apenas dois grupos abordam explicitamente a tecnologia afetando o mundo: o GNA, que escolheu o futuro provável, demonstra o entendimento de uma linearidade provenientes do avanço tecnológico, demonstram o entendimento desse avanço ser concomitante ao começo dos problemas climáticos que se alastraram pelo mundo, o grupo conecta a evolução tecnológica da Revolução Industrial como justificativa para os desafios atuais – mudanças climáticas, poluição e riscos climáticos – e possivelmente seguirá levando caos para o futuro: “1800, ano marcado pelo processo da Revolução Industrial que se alastrou pelo mundo trazendo início dos problemas climáticos [...]”. O grupo GNA desenvolveu um documentário destacando características de futuros prováveis, futuros esses que se misturam com previsões que fazemos do futuro nos baseando com informações do presente. O futuro provável pode ser definido como uma extensão linear do presente (Levrini et al., 2019).

Notamos que os discentes se utilizam do futuro provável, muitas vezes, como uma forma de se amarrarem a cenários previsíveis e visuais, apesar de reconhecerem que todos os cenários são possíveis eles se mantêm presos ao futuro que conseguem prever. Ainda que os estudantes tenham tido toda liberdade para se expressarem no documentário eles se limitam aos futuros plausíveis. Isso pode estar ancorada à noção de que a educação científica, quase nunca estimula os estudantes a explorarem os aspectos mais subjetivos das ciências. Os futuros prováveis e plausíveis são mais cognitivos e objetivos, é mais fácil seguir um roteiro do que o que a ciência clássica aprovaria do que pensar em cenários subjetivos que dependem de “alta sensibilidade, de contingências ou escolhas inesperadas” (Levrini et al., 2019, p. 7, tradução nossa) e envolvem seus valores e cultura. No entanto, a escolha também pode se relacionar com a forma que aprenderam a pensar no futuro, e é difícil se desvincular do presente para pensar em cenários futuros que se distanciam de padrões prováveis.

O grupo GVIP, que escolheu o futuro absurdo cita “[...] um futuro onde a natureza perdeu para a tecnologia”, os estudantes reconhecem que há uma dualidade entre natureza e avanço tecnológico, demonstrando que para um crescer o outro terá que diminuir. As sociedades de risco global minam a confiança nos sistemas especialistas” (Cazelli; Franco, 2001), mesmo a ideia de progresso sendo permeada por avanços positivos e significativos

(Beck, 2013) os estudantes não se atêm a cenários benéficos envolvendo os sistemas peritos. Os indivíduos passam a desconfiar dos efeitos da CT, de suas intenções e de suas promessas de controle total sobre o futuro (Beck, 2013). A investigação demonstrou que o pensamento otimista dos estudantes sobre o futuro e as possibilidades de influenciá-lo tendem a limitar-se ao futuro próximo e ao nível local, justificamos isso a partir das lentes de Beck (2013, p. 28) que define a sociedade de risco como permeada por catástrofes e “o estado de exceção ameaça converter-se em normalidade” (Beck, 2013, p. 28).

Por outro lado, pensamentos esperançosos como o do GMJ propõem soluções utópicas, porém individuais para resolver as ameaças que afetarão os indivíduos futuros como modificar geneticamente seres humanos para torná-los resistentes à radiação e calor extremo. A ciência é colocada como salvadora, capaz de tornar os seres humanos resilientes e resistentes aos impactos das mudanças climáticas. O GMJ cita as ameaças provenientes da tecnologia, as usinas como fonte de um risco que foi capaz de destruir a terra e comprometer o futuro: “Como as suas suspeitas, houve uma explosão radioativa no mundo devido a dificuldade das usinas de resfriarem seus reatores.” (GMJ). O trecho ‘como suas suspeitas’ se referem à desconfiança de uma cientista, o que podemos identificar uma visão exclusivamente positiva de ações científicas. O grupo GMJ identificou a radioatividade no futuro absurdo, os discentes elaboraram um cenário com a existência de um risco considerado de primeira linha, ou seja, invisível, de acordo Beck (2013). Nesse viés, o GVIP também reconhece “[...] um futuro onde a natureza perdeu para a tecnologia.” (GVIP) o que é justificado por Cazelli e Franco (2001) ao afirmar que: “As ‘sociedades de risco global’ minam, portanto, a própria confiança nos sistemas especialistas, o que limita a funcionalidade do ensino dogmático de ciências.” (Cazelli; Franco, 2001, p.174). Nesse processo, a elaboração de cenários assume papel central, juntamente com a análise de riscos e demais competências necessárias à alfabetização para o futuro:

Como previsões precisas não são necessárias nem possíveis (devido a restrições científicas), é social, econômica e pessoalmente importante desenvolver habilidades para pensar sobre possibilidades e maneiras de concretizar futuros possíveis, em vez de prever exatamente o que acontecerá (Levrini et al., 2019, p. 7, tradução nossa).

7.2.3 O Agora e o Depois (AD)

A ideia de um futuro singular pode ser limitante para o imaginário dos indivíduos e parece fatídica para alguém com pensamentos menos otimistas. Aqui, categorizamos as percepções dos discentes envolvendo os imaginários futuros e como eles se entrelaçam com o momento presente. A compreensão da pluralidade de futuros pode auxiliar os indivíduos a

visualizar alternativas e oportunidades para influenciar o futuro e deixar para trás a visão de destino pré-determinado. Dessa maneira, buscamos, assim como Giddens (1991), trabalhar com o pensamento futuro.

Antecipações do futuro tornam-se parte do presente, ricocheteando assim sobre como o futuro na realidade se desenvolve; o realismo utópico combina a “abertura de janelas” sobre o futuro com a análise das correntes institucionais em andamento pelas quais os futuros políticos estão imanentes no presente (Giddens, 1991, p. 156).

Os sujeitos da sociedade de risco têm seus olhares voltados para o futuro (Beck, 2013). Dessa maneira, assumimos que discutir os pensamentos futuros “pode auxiliar no desenvolvimento da criatividade e encorajar os alunos a aprimorar sua imaginação” (Levrini et al., 2019, p. 23, tradução nossa) e envolve-los nas discussões. As discussões de futuro na educação científica ainda são insuficientes o que pode se justificar pelo “[...] fato de os educadores terem o cuidado de não aumentar as preocupações e a ansiedade dos alunos, ignorando assim a incerteza e a abertura do futuro” (Laherto, Rasa, 2022, p. 97, tradução nossa). Os estudantes foram encorajados a pensar em uma diversidade de futuros ao longo da eletiva, no entanto, em alguns trechos do seus documentos podemos identificar a ideia de uma certeza de futuro catastrófico e irreversível característica de um olhar de futuro pré-determinado. Como exemplo, o grupo GCE afirma: “Tudo mudou de forma irreversível” e até mesmo o grupo GSA que desenvolveu o vídeo sobre um futuro preferível afirma que não há possibilidade otimista para o futuro caso não alteremos o presente. A ideia de irreversibilidade que os discentes descrevem pode ser visualizada no texto de Beck (2013) quando ele fala sobre os riscos serem invisíveis e muitas vezes são vistos como irreversíveis pelo conhecimento científico. Os discentes se apoiam em perspectivas presentes, e reconhecem situações de riscos e ameaças iminentes para defender a ideia de um amanhã predestinado. “A maioria das atitudes em relação ao futuro diz respeito ao futuro imediato – o que acontecerá nos próximos anos ou possivelmente no espaço de uma geração – o que implica uma concepção do futuro como não muito diferente do presente” (Delanty, 2024, p. 19, tradução nossa).

Em contrapartida, alguns grupos como GSA e GVIP demonstram a existência de futuros plurais com ações no presente sendo futuro considerado escolha dos humanos “Mais do que uma reflexão, é um alerta: as escolhas e ações de hoje moldam o mundo de amanhã” (GSA) e “O futuro não é uma tragédia, é uma escolha [...]” (GVIP). Os grupos, GSA e GVIP, escolheram o futuro preferível e o absurdo respectivamente, mas ao final do documento ambos discentes refletiram a ideia de que os riscos presentes nos cenários imaginários na realidade indicam a

possibilidade de um futuro que deve ser impedido (Beck, 2013). De fato, pensar em futuros pluralistas e abertos relaciona-se com pensamentos sobre a incerteza. Assim, discutir o prisma de futuros na educação pode proporcionar uma visualização mais complexa dos cenários porque “há grandes demandas e oportunidades para elaborar o pensamento sobre futuros especificamente em salas de aula de ciências” (Rasa; Palmegren; Laherto, 2022, p. 426-427 tradução nossa). Em situações de escalas espaço-temporais maiores, como nos modelos climáticos, com muitas variáveis,

[...] nos modelos que também incluem elementos antropogênicos, econômicos ou sociopolíticos, o caos determinístico força a noção clássica de previsão unívoca a dar lugar ao conceito de projeção e a uma gama de muitos futuros possíveis, tão ampla e variada quanto os cenários futuros” (Levrini et al., 2019, p. 4, tradução nossa).

A compreensão de que existem incertezas e complexidades pode auxiliar na educação em ciências, auxiliando no desenvolvimento de ficções de futuro levando os discentes a contar suas próprias histórias e visões de mundo. Conforme De Zuani Cassina *et al.* (2023) “educar a imaginação, ajudando-a a orientar-se de forma flexível para o futuro, significa que abordamos o futuro não com uma crença sobre o que será, mas sim com um conjunto de possibilidades” (p. 7). A escolha do documentário como material está intimamente ligado a desenvolvimentos em campos novos e promissores na ciência social “[...] que enfatizam a possibilidade, a imaginação, a antecipação e a expectativa como modalidades que têm um papel constitutivo na formação do futuro” (Delanty, p. 45, 2024, tradução nossa).

Todavia, temos como resultado visões em que os discentes se baseiam muito no presente para construir a ideia de futuro, limitando o futuro a um destino imutável. O grupo GNA trabalha principalmente com elementos históricos demonstrando que o futuro não será muito diferente da atualidade, os discentes apresentam uma visão negativa do cenário provável devido a realidade do presente: “[...] já em 2020 nos deparamos com decreto de uma crise climática que até o ano de 2024 vai batendo recordes de temperatura em períodos consecutivos” (GNA). O GCE também demonstra que a ciência atual também já tentava alertar sobre os caminhos que a sociedade persiste em trilhar: “Por décadas os cientistas avisaram e ninguém acreditou [...]” (GCE). É interessante ressaltar que os discentes relacionam o futuro ao presente: “Sabemos que ficamos com o futuro absurdo, mas será que ele é tão absurdo como estamos pensando? Tire suas próprias conclusões” (GMJ), o grupo utiliza vídeos de situações reais para mostrar diversas ameaças existentes como poluição, queimadas e agrotóxicos. O GSA também utiliza recursos visuais para representar o presente e citam: “Nosso documentário [...] cumpre um papel

essencial ao evidenciar o futuro que inevitavelmente ocorrerá caso o presente não seja transformado” (GSA). A aceleração constante da ciência e tecnologia juntamente com as crises ambientais globais pode ser uma forma de compreender a forma como os jovens se relacionam com o futuro: ausência de horizontes estáveis, desesperança, desorientação e dificuldade de planejar o próprio futuro (Cook, 2016).

A realidade do futuro carrega características que demonstram que os estudantes percebem certa linearidade nos impactos negativos relacionados, alguns grupos mencionam poluições “[...] mesmo que o século XXI seja coberto por pautas ambientais, a poluição ainda continua...” (GNA), identificando que os discentes reconhecem os problemas no presente e eles permanecerão no futuro, outros problemas do futuro serão “[...] calor, barulho e mutações ocasionais [...]”. O grupo GCE, que optou pelo futuro absurdo (potencial) ainda define mais duas problemáticas, porém, essas são um pouco mais abstratas “Combustão espontânea [...]” (GCE) e “Extraterrestres chegando” (GCE). Todavia, “riscos mais distantes ou abstratos, como falhas de satélite ou erros tecnológicos causados por erros humanos, embora reconhecidos, foram tratados com um grau de especulação indicando menos familiaridade e possivelmente uma menor percepção de urgência” (Pietrocola; Schnorr; Rodrigues, 2025, p. 16, tradução nossa). A ideia central dos documentos era dar abertura para que os discentes explorassem seu imaginário, no entanto, poucas foram as passagens dissociadas da realidade ou de modelos determinísticos.

7.2.4 Os Agentes do Amanhã (AA)

Nessa categoria, reunimos unidades de significado em que os grupos identificam os responsáveis por mudanças, positivas e negativas, ou causadores do colapso global no futuro, visto que as possibilidades “inerentes à resiliência, mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas requerem, primeiramente, o reconhecimento de toda a sociedade, tanto para o que diz respeito a ações pertinentes em nível individual quanto da comunidade, regional, nacional ou internacional” (Jacobi, 2014, p. 60). Identificamos que os discentes do grupo de futuro preferível GSA reconheceram as ações solucionadoras das problemáticas de poluição por plástico no futuro. Contudo, demonstraram uma ideia simplificada da resolução de problemas do planeta do futuro com:

Ações individuais foram impostas no cotidiano da população como por exemplo consumir de forma consciente evitando comprar produtos com muitas embalagens. Economizar energia desligando os aparelhos e lâmpadas que não estão sendo utilizadas e evitar o desperdício de alimento (GSA).

Apesar disso, os discentes do grupo GSA demonstram potencial para deixar sua ideia mais complexa, ao citar a necessidade de envolvimento da comunidade e grandes empresas no processo, mas não desenvolvem a ideia, apenas citam o uso de bactérias para biodegradar plástico no futuro e comentam que: “O próximo passo será ampliar essa tecnologia tanto para grandes empresas quanto para comunidades locais” (GSA). Reconhecemos assim que o “futuro da educação implica a responsabilidade de participar do mundo e influenciar pessoas, eventos e circunstâncias para melhor” (Levrini et al., 2020, p. 4, tradução nossa). A visão de atividades ampliadas para a comunidade em conjunto com o governo é reflexo de um cenário preferível, visto que os estudantes produziram o mocumentário a partir desse futuro. Ao destacar o envolvimento social o grupo se aproxima da ideia de Delanty (2024) quando afirma que os indivíduos se orientam para o futuro tanto com base no passado quanto “nos potenciais do presente e em futuros imaginados, bem como em sistemas de referência que transcendem a mera experiência e a autocompreensão” (Delanty, p. 45, 2024, tradução nossa).

O grupo do futuro preferível (GSA) não descreveu os agentes causadores das problemáticas que discutiram no seu mocumentário, ainda que as alterações climáticas sejam reconhecidas como além de um aspecto meramente ecológico e sim como um fator decisivo do “próprio cálculo dos mais importantes atores econômicos globais” (Jacobi, 2014, p. 60-61). Antagonicamente, os discentes do GNA reconhecem que a sociedade compreende os ricos como potencializadores de problemáticas “e chegamos até a refletir que os magnatas mundiais assumem papel de negacionistas para não assumirem o problema que causam” (GNA). Contudo, esse pensamento pode ser um indício relevante que demonstra que os estudantes não se sentem como atores capazes de evitar os futuros catastróficos, e assim como no trabalho de Cook (2016) os estudantes parecem acreditar que é necessária apenas a intervenção dos governos e das indústrias. Assim como no estudo de Pietrocola, Schnorr e Rodrigues (2025), nossos dados sugerem que a educação de ciências pode ser beneficiada se houver uma união dos conteúdos de ciências com riscos incertos e fabricados, com o intuito de encorajar os discentes a refletir sobre origens e prováveis soluções dos riscos.

Os jovens não se apresentam explicitamente como sujeitos capazes de influenciar as mudanças que almejam e se distanciam de responsabilidades que os envolvem diretamente. “O futuro não chega simplesmente, é preciso lutar por ele” (Delanty, 2024, p. 17, tradução nossa). Apesar disso, o grupo GVIP identifica os seres humanos, incluindo eles enquanto grupo, como responsáveis pela destruição do planeta para alcançar avanço econômico “[...] nós escolhemos o progresso. Mudamos o clima da terra ao nosso bel-prazer ou pelo menos, quase isso” (GVIP), o grupo reconhece “ações humanas, como a emissão de carbono e o próprio desmatamento”

como fatores responsáveis por nos aproximar do futuro absurdo que eles propõem. Assim como nos resultados de Cook (2016) os grupos, em sua maioria, não se sentiram diretamente responsáveis por evitar os futuros hostis, no entanto “eles também não se viam como totalmente isentos de responsabilidade” (Cook, 2016, p. 527, tradução nossa). Ainda nesse raciocínio, os discentes do grupo GNA culpabilizam as fábricas, que desde a Revolução Industrial, emitem poluentes de maneira exacerbada e trazem problemas climáticos causados pelo ser humano. Ainda, os jovens complementam o pensamento incluindo o modelo econômico como forte influência para a manutenção da degradação ambiental “[...] as emissões dos gases poluentes produzidos pelas fábricas. Desde a primeira Revolução Industrial a emissão desses gases só aumenta de maneira absurda” (GNA). As ideias de futuro, de uma era pré-industrial, compreendiam características de esperança de um mundo melhor e eram intimamente associados a aspectos de estabilidade e previsibilidade, contudo, a sensação de um novo começo de era – fim do século XX – é um marco de inúmeras crises (Delanty, 2024). Os estudantes do grupo GNA reconhecem e destacam o salto existente entre o início da industrialização e os riscos e ameaças existentes hoje. Consideramos estes resultados como um elemento que demonstra a possibilidade de trabalhar questões sociocientíficas na educação científica, abordando conteúdos que considerem o risco e, assim como Pietrocola, Schnorr e Rodrigues (2025), compreendemos que este é um desafio para a educação em ciências já que existe complexidade e dualidade (conhecimento técnico e envolvimento com valores) ao se trabalhar com o risco. Além disso:

[...] envolver os alunos em tais situações discursivas relacionadas a QSC reais e atuais relacionadas a riscos envolve e apoia três objetivos básicos de educação científica — adquirir conhecimento científico, entender a Natureza da Ciência e aprimorar as habilidades de raciocínio-argumentação dos alunos — e lhes dá significado além da sala de aula (Develaki, 2024, p. 16, tradução nossa).

Os jovens precisam habitar os cenários futuros e também se ver “como cidadãos reflexivos, que constantemente pensem, agem e interfiram no sistema, revejam e modifiquem suas posições sempre que julgarem conveniente; e que tenham clareza sobre o poder a eles concedido, levando-os às ações por meio de políticas” (Watanabe; Kawamura, 2014, p. 261). Entretanto, os resultados da presente categoria identificam o predomínio de percepções pessimistas e a ausência de posturas de protagonismo frente aos cenários incertos são desafios que dificultam a proposição de soluções pelos estudantes. Tal perspectiva se relaciona principalmente às mudanças climáticas que levantaram uma projeção da morte do futuro (Delanty, 2024). Podemos refletir sobre esse resultado pontuando que muitas vezes o futuro

também é visto como inexistente pelos alunos e que por eles não conseguirem se projetar em cenários preferíveis muitas vezes se voltam a imaginar um futuro caótico. As catástrofes têm potencial político, “sua prevenção e seu manejo podem acabar envolvendo uma reorganização do poder e da responsabilidade. A sociedade de risco é uma sociedade catastrófica. Nela o estado de exceção ameaça converter-se em normalidade” (Beck, 2013, p. 28). Dessa maneira, reconhecemos que a postura desesperançosa se relacione diretamente com a teoria de Beck de ameaças iminentes, no entanto, também admitimos que a adoção de uma postura pessimista, com um futuro estático pode ser um obstáculo para a construção de habilidades relacionadas a posicionamento estudantil frente aos riscos.

7.2.5 O Indivíduo, a Sociedade e a Cidade (ISC)

Na última categoria, os discentes demonstram diferentes níveis de percepções do indivíduo, da sociedade e das cidades do futuro. É possível visualizar como eles enxergam a dinâmica das cidades no futuro com excertos do grupo GCE: “Hoje eu vivo em uma das metrópoles flutuantes, é surreal olhar para o que um dia foi uma cidade que eu conhecia... agora está submersa e abandonada”. O GMJ também demonstra um olhar diferente para a cidade no futuro, no documentário o grupo afirma que a população que está na Terra vive em bases de estudos científicos e o restante está em Júpiter. Os cenários distópicos são destaque nos grupos que escolheram trabalhar a partir do viés do futuro absurdo, os estudantes assumem a perspectiva de que as cidades terão configurações bem distintas e demonstram cenários de ficção científica nas suas produções. Os estudantes expressam que as alterações causadas pelo colapso climático trarão consequências para os modelos das metrópoles do futuro, eles visualizam cenários bem diferentes da atualidade. Ainda nesse sentido, o grupo GVIP traz uma perspectiva de ironia e crítica no seu documentário, os alunos trazem diversos elementos de sátira e afirmam que os seres humanos do futuro irão tentar se beneficiar das catástrofes como forma de lucrar demonstrando o que Beck (2013, p.56) afirma que é “precisamente com o avanço da sociedade de risco que se desenvolvem como decorrências as oposições entre aqueles que são afetados pelos riscos e aqueles que lucram com eles”. Em um dos trechos o apresentador do documentário está fazendo uma propaganda e comenta:

Terra, ano 2084. Um futuro onde o planeta não apenas mudou, mas evoluiu com praias em locais inimagináveis. As capitais virando desertos, um futuro onde a natureza perdeu para a tecnologia. Prepare-se para encontrar o melhor que o clima tem a oferecer. Hoje em dia nós temos pontos turísticos como o Rio de Janeiro que virou uma grande atração submersa. Ou então cidades do sul como Florianópolis que virou

um paraíso cheio de dunas desérticas graças às mudanças climáticas. A melhor coisa que já aconteceu com a espécie humana (GVIP)

O grupo GVIP critica o crescimento econômico sobre a proteção ambiental em diversos fragmentos e debocha do olhar que nós, enquanto sociedade, temos da natureza trazendo a fala “E caso você queira alguma dessas estações ultrapassadas você pode simplesmente comprar para vocês um clima único e exclusivo!” (GVIP). O sociólogo Beck (2013) desenvolveu em sua teoria a ideia de que pessoas com status elevado de renda, poder e educação, comprem a segurança e se esquivam dos riscos. Ademais, encontramos elementos que demonstram que o grupo GMJ identifica fatores sociais de diferenciação dos riscos, em que os indivíduos com menos condições sofrerão mais com os impactos da destruição e radioatividade que terão na Terra enquanto os sujeitos com condições migraram para outro planeta “Nossa população mais desfavorecida foi dizimada” (GMJ). Os discentes reconhecem assim que os riscos podem alcançar diferentemente à população, pessoas com menos condição econômica sofrerão diretamente os efeitos negativos da modernidade tardia, enquanto pessoas de status mais elevado, terão mais chances de sobreviver em um futuro caótico e apocalíptico. Essa visão vai de encontro com o Beck (2013, p. 42) discorre sobre

“[...] possibilidades e capacidades de lidar com situações de risco, de controlá-las ou compensá-las, acabam sendo desigualmente distribuídas entre distintas camadas de renda e educação: quem dispõe do calço financeiro de longo prazo pode tentar contornar os riscos [...]”

A educação é um caminho de reflexão e percepção dos riscos, contudo, essa educação deve ampliar a percepção de que não adianta fugir dos riscos, devemos confrontá-los enquanto indivíduos que vivem em uma sociedade de ameaças iminentes. Beck (2013) pontua que “o feito peculiar, o padrão distributivo específico dos riscos da modernização: eles possuem uma tendência imanente à globalização” (Beck, 2013, p. 43), ou seja, a esquiva em relação às ameaças não poderá acontecer para sempre pois uma hora ou outra os riscos afetarão a todos, como um efeito bumerangue (Beck, 2013). O status social, a educação e “uma postura sensível à informação abrem novas possibilidades de relacionamento e de esquiva” (Beck, 2013, p. 42). Apesar disso, o autor afirma que não há como fugir dos riscos para sempre, em especial daqueles que são provenientes da modernidade tardia, acelerados e globalizados. Os estudantes desenvolvem seus documentos a partir de futuros absurdos, com situações menos prováveis de vivenciar o futuro, como morar em um planeta distante, no entanto, reconhecemos a importância de imaginar o alcance dos riscos em realidades potenciais. O grupo GNA também

aborda uma visão que reúne percepções sociais e econômicas no desenvolvimento e na distribuição de riscos:

[...] mesmo que o século XXI seja coberto por pautas ambientais, a poluição ainda continua... principalmente pelas fábricas que são a base de uma sociedade consumista, que pelo fato de engajar a economia de um país ou região se torna um problema maquiado pelo Estado e por quem é responsável [...] (GNA)

Os estudantes também comentam que os magnatas ao qual eles se referem “no fim eles preferem o bolso enchendo de dinheiro do que o pulmão enchendo de oxigênio” (GNA) desenvolvendo percepções de que o dinheiro desenvolve um papel relevante na produção de riscos e ameaças civilizacionais. Identificamos o que Zeidler, Herman e Sadler (2019) defendem em seu trabalho: o aprendizado de ciências no contexto de alterações climáticas deve envolver, além de conhecimentos científicos, posicionamento frente ao contexto de colapso climático. Os estudantes identificam grandes empresas e o Estado como diretamente relacionados a políticas relacionadas ao mantimento de intensificações relacionadas ao clima.

No contexto individual, os alunos trazem elementos da qualidade de vida dos sujeitos do futuro com as mudanças climáticas alterando a vida das pessoas “[...] enquanto secas intensas e inundações colocam em risco a segurança alimentar de várias pessoas” (GSA), inclusive trazendo malefícios como “anomalias radioativas” (GCE). O GMJ inclusive demonstra a inviabilidade de uma vida normal no planeta Terra, e os humanos destruíram o planeta e tiveram que migrar para um planeta bem distante “A qualidade de vida lá [Júpiter] é melhor, porém não tão boa como era aqui [antes]” (GMJ). Os grupos reconhecem, mesmo que implicitamente a interconexão entre temáticas sociais, saúde, economia e com os riscos relacionados as temáticas ambientais do futuro. As percepções reconhecem que as problemáticas ambientais da atualidade não abordam de fato problemas ecológicos “mas problemas completamente – na origem e nos resultados – sociais, problemas do ser humano, de sua história, de suas condições de vida, de sua relação com o mundo e com a realidade, de sua constituição econômica, cultura e política” (Beck, 2013, p. 99). Em face disto, há uma preocupação com a existência do ser humano em um mundo tão afetado pelas alterações climáticas e suas consequências, o grupo GVIP comenta que existe “[...] risco à sobrevivência de diversas espécies, inclusive a humanidade” e a preocupação com a dizimação dos seres humanos é marcada pelos trechos: “[...] grande número de mortos fruto do calor excessivo.” (GNA) e o GCE ao afirmar “[...] perdemos nossas casas e amigos.” (GCE). Assim, reconhecemos assim como Rasa, Palmegren e Laherto (2022) as QSC como abordagens

eficientes que se conectam com as complexidades que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente.

7.3 MOMENTO INICIAL E MOMENTO FINAL

Durante o Momento Inicial, todos os estudantes que desenvolveram a carta para o futuro – 24 discentes – descreveram cenários negativos e 21 descreveram cenários positivos, de perspectivas ou desejos pessoais. As perspectivas positivas estavam, quase em sua totalidade, voltadas para avanços científicos e em especial os tecnológicos, demonstrando que os estudantes iniciaram a disciplina com a ideia de uma ciência salvadora e tecnologia como aparato solucionador. Opostamente, os cenários negativos estavam associados questões ambientais, como poluição, crises hídricas, extinções de espécies animais e vegetais, desmatamento, garimpo ilegal, queimadas. Complementarmente, problemas como saúde humana e demais problemas sociais como desemprego, guerras e fome também foram citados. Ainda assim, a pauta das mudanças climáticas ganhou destaque, os estudantes demonstraram preocupação com suas consequências como aumento da temperatura, aumento do nível do mar, derretimento das geleiras e o fim do mundo causado por um colapso climático.

Em face disso, a eletiva foi delineada a fim de explorar as perspectivas dos discentes sobre a temática destacada, nos debruçamos em debates, rodas de conversa e aulas expositivas. Sequencialmente, no Momento Final estimulamos a produção de um mocumentário que abordasse visões de futuro relacionados a QSC de mudanças climáticas. Assim, pudemos comparar as particularidades, preocupações e desejos de cada estudante tanto no Momento Inicial quanto no Momento Final. Em suma, os grupos, ao explorarem diferentes tipos de futuros através dos mocumentários (Momento Final), revelaram uma gama de percepções sobre crises ecológicas, em especial do a de mudanças climáticas, o papel da tecnologia e ciência (tanto como solução quanto como risco), a responsabilidade humana nas crises, e as implicações sociais e individuais dos cenários futuros. As análises dos grupos, em especial os que escolheram o futuro absurdo, muitas vezes refletiram as preocupações e realidades do presente, mostrando que o futuro não é visto como uma ruptura total, mas como uma continuação ou intensificação do presente.

Os discentes A2 e A25 compuseram o GVIP (a estudante A25 não estava presente no Momento Inicial), comparando os dois momentos podemos demonstrar que as questões de piora em questões relacionadas ao meio ambiente e social estavam presentes em ambas as coletas. O

estudante A2 demonstra o acesso mais comum à tecnologia e seu avanço como aspectos positivos no Momento Inicial, no entanto, no Momento Final não representa nenhum cenário positivo. Comparativamente, podemos assumir que no primeiro momento de coleta os discentes descreveram cenários majoritariamente prováveis, apenas duas estudantes discorreram futuros preferíveis relacionando ao futuro pessoal enquanto que o último momento de coleta explorou cenários absurdos, preferíveis e prováveis o que demonstrou maior envolvimento com a pluralidade de futuros. Ainda, o Momento Final visualizamos a assertiva de Delanty (2024, p. 20, tradução nossa):

O sujeito está sempre orientado para o futuro de muitas maneiras diferentes, por exemplo, através da esperança, do desespero, do medo, da fantasia e do deslumbramento. Uma vez que vamos além do futuro imediato, em direção ao futuro profundo, ele se torna cada vez mais aberto e, conseqüentemente, desconhecido.

O documentário é uma alternativa que compreende os imaginários, criam ficções, que são maneiras pelas quais a incerteza é gerenciada (Delanty, 2024). O grupo GNA tinha como integrantes os alunos A4; A9; A12; A16; A26 (sendo que este último não estava presente no Momento Inicial). Todos os participantes desse grupo que estavam no Momento Inicial indicaram os avanços tecnológicos como aspecto otimista do futuro, com exceção do A4 que focou apenas nos aspectos maléficos. O GNA não demonstrou aspectos desejáveis, pelo contrário, focou nas crises climáticas e suas consequências. Os demais estudantes também descreveram situações desfavoráveis em relação a questões sociais (A16), ambientais (A4; A9; A12) e tecnológicas (A4; A16). O GNA não demonstra aspectos positivos no Momento Final, apenas situações negativas, eles falam sobre causas e consequências do aquecimento global como as migrações climáticas.

O GMJ foi composto pelas estudantes (A7; A10; A22; A23) no Momento Inicial as discentes descreveram aspectos como avanço tecnológico e científico como observáveis no futuro. Tal perspectiva, também foi observada no Momento Final, no documentário as discentes discutem o progresso técnico-científico como solucionador de problemáticas dos indivíduos do futuro. Embora, todas as integrantes citam a piora em questões ambientais no primeiro momento (poluições, aumento da temperatura, desmatamento, problemas climáticos, dentre outros) apenas a estudante A7 incluiu problemáticas de cunho social como desemprego causado por IA, fome e guerras no futuro. Os aspectos desfavoráveis se mantêm no Momento Final, as discentes destacam as mudanças climáticas (causas, consequências), poluição, radioatividade e também discutem outros problemas como risco alimentar e infertilidade.

O grupo GCE foi composto pelos discentes A5; A8; A11; A14; A21 e como resultado do Momento Inicial podemos destacar que alguns deles demonstram otimismo relacionado aos avanços tecnológicos (A5; A11; A14; A21), outros deles abordam produções científicas (A5; A8; A14) como um marco do futuro de 2040. Contudo, no Momento Final nenhum aspecto favorável foi evidenciado pelo grupo. Em contrapartida, como análise a partir do Momento Inicial observamos que os alunos foram unânimes, todos eles destacaram a intensificação de cenários negativos relacionados a questões ambientais e também sociais. Os estudantes também evidenciaram cenários desfavoráveis no Momento Final, focaram em cenários apocalípticos envolvendo mudanças climáticas, metrópoles flutuantes, anomalias genéticas, extraterrestres.

O GSA integrou as alunas A6 e A17. A aluna A6 destacou, no Momento Inicial, como aspecto positivo o comprometimento governamental com as questões ambientais, enquanto a aluna A17 identifica os avanços tecnológicos e produções científicas como benéficos no cenário futuro. No Momento Final a percepção de positividade que engloba avanços tecnológicos e científicos é mantida, ademais, observamos também o destaque em ações de consumo consciente individual e coletivo como características existentes no mocumentário. Paradoxalmente, ambas as alunas também descrevem no Momento Inicial um declínio relacionado ao meio ambiente do futuro, principalmente envolvendo ações antrópicas: desmatamento, garimpo, queimadas (A17), poluição, aumento da temperatura, agricultura (A6). Já no Momento Final, as estudantes discutem um pouco sobre o risco alimentar como problemática. As alunas dão maior relevância para temáticas de cunho ambiental como poluição do ar e poluição por plástico, ademais, a temática central envolve mudanças climáticas, suas causas e consequências. Os discentes A1; A3; A13; A15; A18; A19; A20; A24 não entregaram as atividades relativas ao Momento Final, ou, não deram continuidade à eletiva.

Embora os estudantes tenham observado o mesmo horizonte distante e futurístico, usaram lentes diferentes para focar no futuro. Por um lado, as lentes focaram na esperança de um futuro melhor, em que a ciência e a tecnologia eram as provedoras de avanços. Por outro, as lentes escolhidas tornaram nítidos os perigos e a fatalidade de crises ecológicas. Os discentes compreenderam os perigos e usaram diversos artefatos como ficção, probabilidade, desejos ou mesmo ironia para desenvolver seus mocumentários. Ainda que utilizaram lentes distintas, todas elas desenvolveram processos imaginários e projetaram reflexos do presente – suas preocupações, cenários preferíveis, revoltas, tristezas, angústias – para o futuro.

7.3.1 Grupo Sementes do Amanhã (GSA) – Futuro Preferível

O grupo adotou o futuro preferível, discutiram um cenário desejável a partir das ações humanas no presente. Contudo, apesar dessa escolha, elementos de um futuro provável também foram incorporados ao mocumentário, o que evidencia a dificuldade de ignorar os riscos e ameaças que caracterizam o contexto atual. O mocumentário do grupo teve o propósito discutir o futuro almejado, mas, simultaneamente, alertar para o futuro inevitável caso não ocorram transformações significativas nas práticas e valores atuais. A produção abordou as mudanças climáticas e a poluição, com destaque para o excesso de plástico, como problemáticas centrais que ameaçam o equilíbrio da Terra. Os discentes reconhecem que seres vivos e ecossistemas se encontram ameaçados em decorrência dos impactos climáticos, revelando sensibilidade diante da crise ambiental. Ainda assim, a visão apresentada atribuiu um caráter de utilitarismo da natureza, entendendo o meio ambiente como parte da solução dos problemas gerados pela própria ação humana. Como exemplo, propôs-se o desenvolvimento de bactérias capazes de transformar plásticos em materiais úteis, sugerindo o uso da biotecnologia como instrumento de reparação ambiental.

As soluções propostas, em sua maioria, foram simplistas e de caráter individual, como o consumo consciente, a redução do desperdício de alimentos e a economia de energia. Entretanto, também se mencionou a possibilidade de expandir o uso de tecnologias de biodigestão de plástico para empresas e comunidades, o que demonstra uma tentativa de ampliar a escala das ações e integrar dimensões coletivas. Ao longo da narrativa, o grupo demonstrou compreender a existência de futuros plurais, reconhecendo que as escolhas e ações humanas determinam os rumos do amanhã. Essa percepção é sintetizada na frase: “Mais do que uma reflexão, é um alerta: as escolhas e ações de hoje moldam o mundo de amanhã” (GSA) Além disso, expressaram preocupação com a segurança alimentar, apontando que secas intensas e inundações podem comprometer o acesso a recursos essenciais, reforçando a interdependência entre o meio ambiente e a sobrevivência humana.

7.3.2 Grupo Missão Júpiter (GMJ) – Futuro Absurdo

O grupo escolheu trabalhar com o futuro absurdo, construindo uma narrativa que evidencia as consequências extremas da degradação ambiental. A problemática central abordada foi a poluição do ar e a radioatividade, elementos que, segundo o enredo do mocumentário, tornaram a Terra praticamente inabitável em um futuro não muito distante. A ciência foi apresentada como agente de solução de problemas, expressa na intenção de

“desenvolver formas de voltarmos a viver [normalmente] em nosso planeta” (GMJ). Contudo, o grupo demonstrou uma visão ambivalente em relação ao progresso, reconhecendo também a tecnologia como fonte de risco, exemplificada pela ocorrência de uma “explosão radioativa no mundo devido à dificuldade das usinas de resfriarem seus reatores” (GMJ). Essa dualidade revela uma compreensão crítica sobre a ciência contemporânea, vista simultaneamente como promotora de esperança e de ameaça. Entre as soluções propostas, destacou-se a modificação genética de seres humanos, de modo a torná-los resistentes à radiação e ao calor extremo, além de medidas voltadas à resolução da escassez de oxigênio. No entanto, não identificamos medidas para combater a raiz das ameaças, os discentes apenas descrevem remediações para as problemáticas. Essas alternativas, embora criativas, enfatizam uma dependência tecnológica e a adaptação biológica como respostas aos danos causados pela própria humanidade.

O grupo estabeleceu uma relação direta entre o futuro e o presente, questionando se o cenário representado seria, de fato, tão absurdo. Para isso, utilizou vídeos de situações reais que ilustram ameaças ambientais e tecnológicas atuais, sugerindo que o futuro distópico pode ser uma extrapolação plausível das tendências observadas hoje. Foram mencionados problemas como calor extremo, poluição sonora e mutações ocasionais, reforçando a sensação de vulnerabilidade humana diante de um ambiente degradado. Além dos aspectos ambientais, o grupo também evidenciou fatores sociais associados à desigualdade de riscos. Nesse contexto, os indivíduos menos favorecidos seriam dizimados pelos impactos da destruição e radioatividade, enquanto aqueles com melhores condições econômicas migraram para outro planeta em busca de sobrevivência. O desfecho do documentário apontou a inviabilidade de uma vida normal na Terra, resultando na migração, de quem tinha condição monetária, para Júpiter — contudo, mesmo essa solução revelou-se insatisfatória, marcada por uma qualidade de vida inferior à original, o que reforça a crítica à noção de progresso desvinculada de sustentabilidade.

7.3.3 Grupo Caos e Entropia (GCE) – Futuro Absurdo

O grupo desenvolveu seu trabalho a partir da proposta de um futuro absurdo, estruturando uma narrativa marcada pela catástrofe ambiental e pela irreversibilidade das transformações climáticas. A problemática central concentrou-se nas mudanças climáticas e nos eventos extremos, com destaque para o aumento do nível do mar, que levaria à submersão de cidades e também à perda de territórios habitáveis. Nesse contexto, o grupo previu um cenário de quase total desaparecimento da biodiversidade, refletindo uma percepção de colapso

ecológico global. A narrativa evidenciou a crença em um futuro catastrófico e inevitável, expressa na afirmação de que “tudo mudou de forma irreversível”. Essa concepção sugere uma visão fatalista do futuro, na qual não há mais espaço para a ação humana ou para a reversão dos danos causados. O grupo também destacou a negligência social diante dos alertas científicos, sintetizada na frase “por décadas os cientistas avisaram e ninguém acreditou” (GCE), que reforça a crítica à descrença e à falta de ação coletiva frente aos riscos climáticos.

Além dos problemas ambientais concretos, o grupo introduziu elementos mais abstratos como “combustão espontânea” e “extraterrestres chegando” (GCE), que ampliam o sentido de caos e imprevisibilidade do cenário futuro. Esses elementos, embora fantasiosos, funcionam como metáforas para o descontrole humano sobre as consequências de suas próprias ações e também a incapacidade de prever ou remediar situações tão absurdas. A representação do meio ambiente no futuro incluiu: metrópoles flutuantes e cidades submersas e abandonadas, compondo um imaginário em que a civilização busca formas tecnológicas de sobrevivência diante do colapso ambiental. O grupo também mencionou “anomalias radioativas” (GCE) e a perda de casas e amigos, evidenciando a dimensão emocional e social do desastre, em que o impacto vai além da destruição material, afetando a vida e os vínculos humanos.

7.3.4 Grupo Planeta VIP (GVIP) – Futuro Absurdo

O grupo desenvolveu sua narrativa a partir da proposta de um futuro absurdo, explorando as mudanças climáticas, as inundações e o aumento expressivo da temperatura da Terra como elementos centrais de preocupação. O cenário projetado evidenciou um mundo em que a tecnologia se torna indispensável à sobrevivência das espécies vegetais, representado pela ideia de que “42% da plantação ocorre em estufas” (GVIP), indicando um ambiente natural degradado e incapaz de sustentar a vida de forma autônoma. O grupo expressou inquietações quanto às mutações genéticas e também à reprodução descontrolada de organismos, fatores que conduziram à redução drástica da biodiversidade. A produção utilizou o recurso da sátira para questionar a relação entre humanos e natureza, ironizando a dependência tecnológica ao levantar a hipótese de que as próprias plantas poderiam evoluir tecnologicamente para se adaptar às mudanças climáticas. Essa provocação culmina na afirmação de que se trata de “um futuro onde a natureza perdeu para a tecnologia” (GVIP), sintetizando a percepção de desequilíbrio entre progresso e sustentabilidade. Apesar do tom de distopia, o grupo incluiu uma mensagem reflexiva ao afirmar que “o futuro não é uma tragédia, é uma escolha” (GVIP),

reconhecendo assim a existência de futuros plurais e o papel das decisões humanas na configuração do amanhã. Essa visão crítica estendeu-se à análise do crescimento econômico, entendido como responsável pela degradação ambiental.

O grupo identificou os seres humanos como os principais agentes da destruição planetária, relacionando o avanço econômico às emissões de carbono e ao desmatamento, o que demonstra compreensão das causas antrópicas das crises ecológicas. A narrativa também assumiu um tom irônico e crítico ao retratar as tentativas de lucrar com as catástrofes ambientais, descrevendo situações paradoxais, como o Rio de Janeiro submerso e Florianópolis transformada em um paraíso desértico, apresentadas como “a melhor coisa que já aconteceu com a espécie humana” (GVIP). Essa ironia funciona como denúncia do cinismo e da indiferença social diante da destruição ambiental e também aos riscos autofabricados que Beck (2013) menciona. Por fim, o grupo expressou preocupação com o risco à sobrevivência de diversas espécies, inclusive da humanidade, revelando consciência da gravidade das mudanças em curso e da necessidade de repensar a relação entre tecnologia, economia e natureza.

7.3.5 Grupo Nômades do Antropoceno (GNA) – Futuro Provável

O grupo optou por trabalhar com a concepção de futuro provável, construindo uma narrativa fortemente ancorada nas condições ambientais e sociais do presente. As principais preocupações manifestadas foram a poluição, as alterações severas no clima e a destruição da camada de ozônio, compreendidas como consequências diretas das ações humanas e do capitalismo como modelo de desenvolvimento. A produção incorporou elementos históricos, estabelecendo uma linha de continuidade entre a Revolução Industrial e o início dos problemas climáticos contemporâneos, de modo a justificar a situação atual e projetar suas implicações futuras. Essa relação histórica evidencia uma leitura causal e evolutiva do problema ambiental, na qual o avanço tecnológico aparece associado à origem e intensificação da crise climática. A visão construída sobre o futuro foi predominantemente negativa, resultado da percepção de que o presente já se encontra em colapso, conforme apontam referências à crise climática e aos recordes de temperatura vivenciados atualmente.

O grupo demonstrou uma compreensão linear dos impactos ambientais, sugerindo que os problemas atuais, como a poluição e as mudanças climáticas, permanecerão ou se agravarão nas próximas décadas. Os estudantes atribuíram a culpa pela degradação ambiental principalmente às fábricas e ao modelo econômico dominante, considerados os principais responsáveis pela continuidade dos danos ecológicos. Essa crítica foi acompanhada de uma

percepção de convivência estatal, expressa na ideia de que o problema é “maquiado pelo Estado” (GNA), o que reforça a noção de descrédito nas ações políticas e institucionais que apenas ignoram a natureza e suas ameaças. Além disso, o grupo revelou uma sensação de impotência diante dos riscos globais, reconhecendo que ações individuais são insuficientes para evitar futuros catastróficos. Nesse sentido, apontaram que a intervenção de governos e indústrias seria necessária para promover mudanças efetivas. Por fim, expressaram preocupação com os efeitos humanos diretos da crise climática, como o “grande número de mortos fruto do calor excessivo” (GNA), demonstrando sensibilidade diante das consequências sociais e humanitárias associadas ao agravamento das mudanças climáticas.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo investigar as percepções dos estudantes sobre riscos e incertezas relacionados às mudanças climáticas, a partir da construção de cenários futuros em uma disciplina eletiva de Biologia. O colapso climático levantou o espectro de morte do futuro (Delanty, 2024), assim como destaca Levrini *et al.* (2019, p. 2, tradução nossa) as causas “da crescente perda de esperança estão relacionadas a questões como as mudanças climáticas, nas quais a ciência e a educação científica desempenham um papel crucial”. Buscamos compreender como os jovens significam o futuro, como percebem as ameaças e possibilidades associadas à ciência e à tecnologia e de que modo essas percepções podem dialogar com uma proposta de educação sociocientífica em uma sociedade de risco.

Ainda que o tópico central da discussão tenha sido direcionado para os cenários futuros envolvendo o colapso climático, os estudantes demonstraram diversas competências e discussões transversais e desenvolvem pensamentos acerca de diversas vertentes de presente e futuros e envolveram escopo social, ambiental, econômico e pessoal. O trabalho revelou um conjunto de reflexões que ultrapassam o âmbito escolar. As vozes dos estudantes demonstraram preocupações transparentes com o colapso ambiental, a crise climática, a desigualdade social e o avanço descontrolado da tecnologia. A análise textual discursiva das produções evidenciou que o futuro, para muitos deles, é percebido como um território de incertezas, permeado por ansiedades, medos e responsabilidades. As categorias emergentes apontam que as mudanças climáticas são compreendidas como produto direto das ações humanas e que a esperança por um futuro mais sustentável é acompanhada pela consciência dos riscos e da vulnerabilidade coletiva.

No Momento Inicial, as redações permitiram identificar concepções espontâneas sobre o futuro, fortemente marcadas por percepções de risco, catástrofe e impotência frente aos problemas globais. Já no Momento Final, com a produção dos mocumentários, os estudantes foram convidados a transformar seus medos em narrativas ficcionais, expressando possíveis, prováveis e preferíveis futuros. Essa metodologia mostrou-se eficaz para mobilizar a imaginação, a criatividade e o pensamento ampliado, permitindo aos discentes refletirem sobre suas próprias posições diante das incertezas. O exercício de criar e representar futuros mostrou-se também um exercício de responsabilidade, no qual emergiram discussões sociais e científicas.

Os resultados alcançados indicam que os objetivos da pesquisa foram atingidos. Foi possível compreender as concepções dos estudantes sobre riscos e incertezas, analisadas nas redações e discussões. Proporcionar a construção de cenários futuros por meio das atividades baseadas em Questões Sociocientíficas (QSC) e analisar o potencial dessa abordagem no ensino de ciências como estratégia de formação sociocientífica. A combinação entre QSC, cenários futuros e linguagens artísticas (como o mocumentário) revelou-se uma ferramenta pedagógica para integrar emoção, reflexão e ciência, aproximando os estudantes dos dilemas contemporâneos e favorecendo uma aproximação à educação em ciências.

Do ponto de vista teórico, o estudo reafirma a pertinência das discussões de Beck (2013) e Giddens (1991) sobre a modernidade reflexiva e a sociedade de risco, ao evidenciar que a incerteza e a imprevisibilidade não são apenas temas acadêmicos, mas experiências vividas pelos jovens em seu cotidiano. Em diálogo com autores como Hodson (2018), Schenk et al. (2021) e Covitt e Anderson (2022), constatamos que o ensino de ciências precisa incorporar a incerteza como elemento pedagógico e não como falha da racionalidade científica. Educar para a incerteza significa preparar os estudantes para agir eticamente em contextos de risco, reconhecendo que a ciência, embora limitada, é também uma ferramenta de emancipação e participação cidadã.

A introdução do conceito de “futuro absurdo”, inspirado nas *Wild Cards* de Voros (2003), configurou-se como uma proposta didática para simplificar a compreensão dos cenários improváveis, mas possíveis, permitindo aos estudantes explorar futuros alternativos com maior liberdade imaginativa. Essa adaptação conceitual contribui para o ensino de ciências ao aproximar o pensamento futuro de uma linguagem acessível. Do ponto de vista metodológico, a Análise Textual Discursiva (ATD) mostrou-se adequada para captar nuances discursivas, permitindo que os sentidos atribuídos pelos estudantes emergissem com autenticidade. O processo de categorização e metatextualização revelou percepções individuais e coletivas sobre

o futuro, o que reforça a importância da escuta atenta e da valorização do discurso estudantil nas práticas educativas.

É importante reconhecer as limitações da pesquisa: o número restrito de participantes, o tempo reduzido da disciplina eletiva e a condição da pesquisadora também atuar como professora podem ter influenciado a profundidade das interações. Ainda assim, esses elementos não comprometeram os resultados, mas antes reforçam a necessidade de continuidade de investigações que abordem riscos, futuros e educação científica em contextos escolares diversos. Como contribuições teóricas, destacamos a articulação entre sociedade de risco, educação científica e pensamento futuro, com a proposta do conceito de “futuro absurdo” como instrumento didático; metodológica, com o uso do mocumentário como linguagem educativa inovadora, que promove o engajamento e a imaginação dos estudantes; e prática, com a demonstração de que trabalhar riscos e incertezas pode fortalecer a formação ampliada e reflexiva, aproximando o ensino de ciências dos desafios da sociedade contemporânea.

Nesse percurso, reafirmamos a necessidade de uma educação científica comprometida com a formação de sujeitos capazes de imaginar outros futuros, mas também de construí-los coletivamente. Concluimos que a educação científica deve incorporar o diálogo entre incerteza, risco e imaginação, possibilitando que os estudantes se reconheçam como sujeitos ativos diante das crises e das transformações do mundo. Em uma sociedade permeada por riscos e complexidades, educar para o futuro é também educar para o presente, um presente que exige participação e responsabilidade. O trabalho aqui apresentado não encerra a discussão, mas abre caminhos para novas pesquisas que explorem a formação docente, o uso de linguagens criativas e a integração entre ciência e sociedade. Assim, pensar futuros, inclusive os absurdos, torna-se uma forma de reexistir diante das incertezas e de reimaginar coletivamente o mundo que ainda pode vir a ser.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eliane Santos; STRIEDER, Roseline Beatriz. Releituras de Paulo Freire na Educação em Ciências: Pressupostos da Articulação Freire-CTS. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e33278-1–24, 2021.
- APPOLINÁRIO, Fábio. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. Thomson, 2006.
- ARBO, Jade Bueno; MARQUES, Eduardo Marks de. "Frankenstein" e Tecnologia: uma leitura do romance de Mary Shelley como crítica da ciência moderna. **Revista Linguagem em Foco**, v. 16, n. 1, p. 133-153, 2024.
- AULER, Décio. **Interações entre ciência-tecnologia-sociedade no contexto da formação de professores de ciências**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação.
- BECK, Ulrich. **Sociedade de risco: Rumo a uma outra modernidade**. São Paulo, BR: Editora 34, 2013.
- BECK, Ulrich; GIDDENS, Anthony; LASH, Scott. Modernização Reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna; tradução de Magda Lopes. **São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista**, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- CARVALHO, Fernanda et al. Educação para o Risco: contribuições da complexidade, da reflexividade e das produções socioambientais. **Pesquisa em Educação Ambiental**, v. 17, n. 1, p. 48-69, 2022.
- CAZELLI, Sibele; FRANCO, Creso. Alfabetismo científico: novos desafios no contexto da globalização. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 3, p. 167-184, 2001.
- CHRISTENSEN, Clare. Risk and school science education. **Studies in Science Education**, v. 45, n. 2, p. 205-223, 2009.
- CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Edufba, 2018.
- COOK, Julia. Young adults' hopes for the long-term future: From re-enchantment with technology to faith in humanity. **Journal of Youth Studies**, v. 19, n. 4, p. 517-532, 2016.
- COVITT, Beth A.; ANDERSON, Charles W. Untangling trustworthiness and uncertainty in science: Implications for science education. **Science & Education**, v. 31, n. 5, p. 1155-1180, 2022.
- DELANTY, Gerard. **Senses of the future: Conflicting ideas of the future in the world today**. De Gruyter, 2024.

DEVELAKI, Maria. Uncertainty, risk, and decision-making: Concepts, guidelines, and educational implications. **Science & Education**, p. 1-32, 2024.

DE ZUANI CASSINA, Francesco et al. Enhancing relevance and authenticity in school science: design of two prototypical activities within the FEDORA project. In: **Frontiers in Education**. Frontiers Media SA, 2023. p. 1085526.

DISTRITO FEDERAL. **Currículo em Movimento do Novo Ensino Médio**. Brasília: SEEDF, GDF. 2022.

DUTRA, Roberto. Diferenciação da sociedade, desigualdade social e individualização: uma reinterpretação da tese de Ulrich Beck. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, n. 116, p. 197-228, 2022.

FAHLE, Oliver. Mockumentary—Eine Theorie. **Durchbrochene Ordnungen. Das Dokumentarische der Gegenwart**, p. 83-101, 2020.

FARIOLI, Francesca; FUNTOWICZ, Silvio; MAYER, Michela. Post-Normal Science, transdisciplinarity, and uncertainty in relation to educators' competences: a conversation with Silvio Funtowicz. In: **Competences in education for sustainable development: critical perspectives**. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 61-67.

FUNTOWICZ, Silvio; RAVETZ, Jerry. Ciência pós-normal e comunidades ampliadas de pares face aos desafios ambientais. **História, ciências, saúde-Manguinhos**, v. 4, p. 219-230, 1997.

GENOVESE, Cinthia Leticia de Carvalho Roversi; GENOVESE, Luiz Gonzaga Roversi; DE CARVALHO, Washington Luiz Pacheco. Questões sociocientíficas: origem, características, perspectivas e possibilidades de implementação no ensino de ciências a partir dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 15, n. 34, p. 8-17, 2019.

GIDDENS, Anthony. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Unesp, 1991.

GIDDENS, Anthony; CABRAL, Álvaro; MORISSAWA, Mitsue. **A constituição da sociedade**. 2003.

GIDDENS, Anthony. **Mundo em descontrole**. Rio de Janeiro: Record, 2007.

GIL, Antonio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

HODSON, Derek. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre questões sociocientíficas. **Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, p. 27-57, 2018.

IOANNIDOU, Olga; GUILFOYLE, Liam; ERDURAN, Sibel. Fostering student climate agency and future literacy: a case study of scenario-based teaching. **Research in Science & Technological Education**, p. 1-20, 2025.

JACOBI, Pedro Roberto. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Educação e pesquisa**, v. 31, p. 233-250, 2005.

LAHERTO, Antti; RASA, Tapio. Facilitating transformative science education through futures thinking. **On the Horizon: The International Journal of Learning Futures**, v. 30, n. 2, p. 96-103, 2022.

LEVRINI, Olivia et al. Developing future-scaffolding skills through science education. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 18, p. 2647-2674, 2019.

LEVRINI, Olivia et al. The present shock and time re-appropriation: Rethinking science education in the pandemic era. 2020.

LIBÂNIO, José Carlos. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. Edições Loyola, 1985.

MARCELINO, Leonardo Victor; SOUZA, Leila Cristina Aoyama Barbosa; MARQUES, Carlos Alberto. Das certezas às incertezas: contribuições do princípio da precaução para a educação científica. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 2, p. 215-229, 2020.

MATSUO, Patricia Mie; SILVA, Rosana Louro Ferreira. Desastres no Brasil? Práticas e abordagens em educação em redução de riscos e desastres. **Educar em Revista**, v. 37, p. e78161, 2021.

MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso; VARGAS, Isabela Breder. Práticas epistêmicas e abordagem QSC com o foco no ensino explícito de ética e moral. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 27, n. 2, 2022.

MIRANDA, Deine Bispo; ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar. A abordagem socioambiental na educação em ciências como caminho para a construção da cidadania na sociedade de risco. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 22, p. e19811, 2020.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 12, p. 117-128, 2006.

MORIN, Edgar. **Introdução ao pensamento complexo**. Porto Alegre: Sulina, 2007.

PAIS, José Machado. Cotidiano e reflexividade. **Educação & Sociedade**, v. 28, p. 23-46, 2007.

PIETROCOLA, Maurício et al. Risk society and science education: Lessons from the Covid-19 Pandemic. **Science & Education**, v. 30, n. 2, p. 209-233, 2021.

PIETROCOLA, Maurício; SCHNORR, Samuel; RODRIGUES, Ernani. Science Education in a Risk Society: Addressing Challenges and Opportunities in an Uncertain Future. **Research in Science Education**, p. 1-20, 2025.

RASA, Tapio; PALMGREN, Elina; LAHERTO, Antti. Futurising science education: students' experiences from a course on futures thinking and quantum computing. **Instructional Science**, v. 50, n. 3, p. 425-447, 2022.

ROSA, Nina Gabriela Moreira Braga. Identidade: Anthony Giddens e Norbert Elias. **Humanidades em diálogo**, v. 1, n. 1, p. 135-148, 2007.

ROSA, Hartmut. **Aceleração: a transformação das estruturas temporais na modernidade**. Editora Unesp, 2019.

ROVELLI, Carlo. **A ordem do tempo**. Objetiva, 2018.

SANTOS, Milton. **Por uma outra globalização**. Record, 2023.

SARDAR, Ziauddin. The Namesake: Futures; futures studies; futurology; futuristic; foresight—What's in a name?. **Futures**, v. 42, n. 3, p. 177-184, 2010.

SAVIANI, Dermeval. As teorias da educação e o problema da marginalidade na América Latina. **Cadernos de pesquisa**, n. 42, p. 8-18, 1982.

SCHENK, Linda et al. Socioscientific issues in science education: An opportunity to incorporate education about risk and risk analysis?. **Risk Analysis**, v. 41, n. 12, p. 2209-2219, 2021.

SCHENK, Linda et al. Teaching and discussing about risk: Seven elements of potential significance for science education. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 9, p. 1271-1286, 2019.

SPINK, Mary Jane P. Trópicos do discurso sobre risco: risco-aventura como metáfora na modernidade tardia. **Cadernos de Saúde pública**, v. 17, p. 1277-1311, 2001.

STRIEDER, Roseline Beatriz; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. **Alexandria: R. Educ. Ci. Tec.**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 27-56, maio. 2017.

SUHENDAR, Suhendar et al., EP 2025. Teaching strategies for enhancing future thinking skills in secondary education: A systematic literature review. **JUPI (Jurnal IPA dan Pembelajaran IPA)**, v. 9, n. 1, p. 20-33, 2025.

VACCAREZZA, Leonardo Silvio. Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. **Ciência & Tecnologia Social**, v. 1, n. 1, 2011.

VERASZTO, Estéfano Vizconde et al. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma. com**, n. 8, p. 19-46, 2009.

VOROS, Joseph. A generic foresight process framework. **foresight**, v. 5, n. 3, p. 10-21, 2003.

WATANABE, Giselle, KAWAMURA, Maria Regina. Uma educação na perspectiva ambiental crítica, complexa e reflexiva. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em**

Ciências, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 255–264, 2014. Disponível em <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4366>>. Acesso em 16 set. 2025.

WESTPHAL, Vera Herweg. A individualização em Ulrich Beck: análise da sociedade contemporânea (Individualization in Ulrich Beck: an analysis of contemporary society. **Emancipação**, v. 10, n. 2, 2010.

ZEIDLER, Dana L.; HERMAN, Benjamin C.; SADLER, Troy D. New directions in socioscientific issues research. **Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2019.

ZUPELARI, Maria Fernanda Zanatta; WICK, Máira Arantes Leite. A incerteza do futuro e a questão ambiental na contemporaneidade. **Revista Subjetividades**, v. 15, n. 3, p. 447-456, 2015.

ZWIKAEI, Ofer et al. Risk and issues management. **Project Management: A Benefit Realisation Approach**, p. 103-124, 2019.

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO OU TESE DE DOUTORADO

Declaro que a presente dissertação/tese é original, elaborada especialmente para este fim, não tendo sido apresentada para obtenção de qualquer título e que identifico e cito devidamente todas as autoras e todos os autores que contribuíram para o trabalho, bem como as contribuições oriundas de outras publicações de minha autoria.

Declaro estar ciente de que a cópia ou o plágio podem gerar responsabilidade civil, criminal e disciplinar, consistindo em grave violação à ética acadêmica.

Brasília, 22 de janeiro de 2026.

Assinatura do/a discente:

Documento assinado digitalmente
gov.br STELLA CANDIDA FERREIRA
Data: 22/01/2026 15:15:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Programa: Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências (PPGEduC, UnB).

Nome completo: Stella Cândida Ferreira.

Título do Trabalho: RISCOS, INCERTEZAS E CENÁRIOS FUTUROS: POR UMA
EDUCAÇÃO SOCIOCIENTÍFICA EM UMA SOCIEDADE DE RISCO

Nível: (X) Mestrado () Doutorado.

Orientador/a: Samuel Molina Schnorr.

Documento assinado digitalmente
gov.br SAMUEL MOLINA SCHNORR
Data: 26/01/2026 14:54:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>