



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE  
CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**FRANCISCA DAS CHAGAS DA SILVA FERREIRA**

**A ENERGIA NUCLEAR EM UMA ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E  
SOCIEDADE COMO POSSIBILIDADE DE ENGAJAMENTO  
CIENTÍFICO-SOCIAL**

**SÃO LUÍS – MA**

**2023**

**FRANCISCA DAS CHAGAS DA SILVA FERREIRA**

**A ENERGIA NUCLEAR EM UMA ABORDAGEM CIÊNCIA,  
TECNOLOGIA E SOCIEDADE COMO POSSIBILIDADE DE ENGAJAMENTO  
CIENTÍFICO-SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Consuelo Alves Lima (UFMA)

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques (UFSC)

**SÃO LUÍS – MA  
2023**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Ferreira, Francisca das Chagas da Silva.

A Energia Nuclear em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade como possibilidade de engajamento científico-social / Francisca das Chagas da Silva Ferreira. - 2023.  
99 f.

Coorientador(a) 1: Carlos Alberto Marques.

Orientador(a): Maria Consuelo Alves Lima.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática/ccet, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023.

1. Análise de Discurso. 2. CTS. 3. Radioatividade.  
4. Unidade de ensino. I. Lima, Maria Consuelo Alves. II. Marques, Carlos Alberto. III. Título.

**FRANCISCA DAS CHAGAS DA SILVA FERREIRA**

**A ENERGIA NUCLEAR EM UMA ABORDAGEM CIÊNCIA,  
TECNOLOGIA E SOCIEDADE COMO POSSIBILIDADE DE ENGAJAMENTO  
CIENTÍFICO-SOCIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação  
em Ensino de Ciências e Matemática, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: 22/11/2023

Banca examinadora:

**Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Consuelo Alves Lima** (Orientadora)

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

**Prof. Dr. Ettore Paredes Antunes**

Universidade Federal do Amazonas (UFMA)

**Prof. Dr. Hawbertt Rocha Costa**

Universidade Federal do Maranhão (UFMA)

Aos gêmeos de minha vida, Pedro Emílio e  
Heitor Emílio.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por ter me dado força e sabedoria para a realização e concretização deste trabalho.

À Universidade Federal do Maranhão pela oportunidade formativa e, em especial, ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática e seu corpo docente pelos ensinamentos valiosos nesta jornada formativa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica na Amazônia (Procad/Amazônia), projeto n.º 88887.199847/2018-00, pelo apoio na realização de estudos e pesquisas na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) no Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT).

A minha orientadora, em especial, a Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Consuelo Alves Lima, por sua orientação comprometida, coerente, responsável, que não mediu esforços em me apoiar na pesquisa e nos momentos de desânimo.

A meu coorientador e supervisor local na UFSC, o Prof. Dr. Carlos Alberto Marques, por sua orientação e pelos ensinamentos valiosos no período em que estive na UFSC.

A minha família, em especial a meus filhos, os gêmeos Pedro Emílio e Heitor Emílio, pela compreensão quando precisei me dedicar ao mestrado e durante minha ausência para realizar estudos na UFSC, em Florianópolis, que, sem dúvida, foi o momento mais desafiador de minha vida até hoje. Gratidão por entenderem minha oportunidade formativa e por, mesmo tão pequenos, serem meus maiores incentivadores.

À turma do PPECEM por cada convivência e pela oportunidade de construir laços sólidos. A parceria de todos foi fundamental para a permanência no mestrado.

*Toda crença na neutralidade moral da ciência deveria ter evaporado no calor da explosão de Hiroshima. (Joan Solomon)*

## RESUMO

O estudo teve como objetivo analisar percepções do uso da Ciência e da Tecnologia nos discursos produzidos por alunos no contexto escolar do Ensino Médio, em discussões sobre a energia nuclear. Parte-se da ideia de que a energia nuclear é um assunto pouco discutido em sala de aula, embora preconizada como importante nos documentos oficiais da Educação Básica na área das Ciências da Natureza. Aspectos inerentes às decisões sobre a produção de energia nuclear quase sempre envolvem polêmicas e contradições que, em discursos no contexto escolar, podem promover um conhecimento que favorece as condições para a tomada de decisões. Esta pesquisa foi norteada pelos questionamentos: que discussões podem emergir do contexto escolar sobre implicações do uso da ciência e da tecnologia na sociedade ao se estudar a energia nuclear? Como contribuir para ações de abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com a temática *energia nuclear*, e promover o engajamento de alunos da Educação Básica em questões científicas e sociais? Nessa perspectiva, elaborou-se uma unidade de ensino com a temática *energia nuclear*, fundamentada nos propósitos educacionais da perspectiva CTS, de forma a evidenciar mecanismos ampliados de participação e possibilitar o engajamento dos estudantes em processos decisórios sobre a Ciência e a Tecnologia. As atividades da unidade de ensino foram aplicadas em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, de uma escola pública no estado do Maranhão, mediadas pela pesquisadora-professora deste estudo. Os instrumentos de coleta de dados foram um questionário e a proposição de uma redação em forma de um resumo simples, ambos desenvolvidos em sala de aula. O percurso metodológico do estudo seguiu os preceitos da abordagem qualitativa, do tipo exploratório e descritivo. Os discursos dos estudantes foram analisados com o apoio teórico e metodológico da Análise de Discurso de origem francesa, proposta por Eni Orlandi no Brasil. Os resultados revelam que as percepções iniciais dos alunos sobre energia nuclear se direcionaram ao contexto histórico dos acidentes nucleares, com uma visão voltada a questões de neutralidade da Ciência, pautada na racionalidade científica. No entanto, nas atividades finais, observou-se discursos de estudantes que buscavam a participação social, com questionamentos sobre os impactos desencadeados pela Ciência e pela Tecnologia na sociedade. A participação dos estudantes no trabalho com essas questões na Educação Básica pode contribuir para a formação no processo emancipatório dos sujeitos.

Palavras-chave: Radioatividade. CTS. Análise de Discurso. Unidade de ensino.



## ABSTRACT

Nuclear energy is a subject little discussed in the classroom, although it is recommended as an important subject in official documents for basic education in the area of natural sciences. Aspects inherent to decisions about the production of nuclear energy almost always involve controversies and contradictions, which, in speeches in the school context, can promote knowledge that favors the conditions for decision-making. This research was guided by the questions: What discussions can emerge from the school context, about the implications of the use of science and technology in society, when studying nuclear energy? How to contribute to Science Technology and Society (CTS) approach actions, with the theme of nuclear energy, and promote the engagement of Basic Education students in scientific and social issues? The study aimed to analyze the perceptions of the use of science and technology in the speeches produced by students in the high school context. From this perspective, a teaching unit was created with the theme Nuclear Energy, based on the educational purposes of the STS approach, in order to highlight expanded participation mechanisms and enable students to engage in decision-making processes about science and technology. The activities of the teaching unit were applied in two classes in the 3rd year of high school, at a public school in the State of Maranhão, mediated by the researcher/teacher. The data collection instruments were a questionnaire and the proposal of an essay in the form of a simple summary, both developed in the classroom. The methodological path of the study followed the precepts of a qualitative, exploratory and descriptive approach. The students' speeches were analyzed with the theoretical and methodological support of Discourse Analysis of French origin, proposed by Eni Orlandi in Brazil. The results reveal that the students' initial perceptions about nuclear energy were directed to the historical context of nuclear accidents, with a vision focused on issues of science neutrality, based on scientific rationality. However, in the final activities, speeches from students who sought social participation were observed, with questions about the impacts triggered by science and technology on society. The participation of students in science and technology issues in Basic Education can contribute to the formation of the subjects' emancipatory process.

Key words: Radioactivity. STS. Discourse Analysis. Teaching unit.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AD	Análise de Discurso
AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
BEN	Balanco Energético Nacional
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
DCTMA	Documento Curricular do Território Maranhense
Dr.	Doutor
Dra.	Doutora
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
GW	Gigawatt
H	Horas
Hz	Hertz
Ipea	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
m	Metro
MA	Maranhão
Nm	Nanometro
OIE	Oferta Interna de Energia
Placts	Pensamento Latino-Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade
PNE	Plano Nacional de Energia
Prof.	Professor
Prof. <sup>a</sup>	Professora
R	Resumo
SI	Sistema Internacional de Unidades
W	Watt
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
Unesp	Universidade Estadual Paulista

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>14</b>
2.1 Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de Ciências .....	14
2.2 A abordagem CTS e a formação cidadã no ensino de Ciências.....	18
2.3 A energia nuclear em discursos atuais .....	21
<b>3 CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA .....</b>	<b>28</b>
3.1 O contexto e a metodologia da pesquisa .....	28
3.2 Aspectos teóricos e metodológicos das análises .....	30
3.3 Condições de produção da pesquisa e constituição do <i>corpus</i> de análise.....	35
<b>4 UNIDADE DE ENSINO.....</b>	<b>39</b>
4.1 Desenvolvimento e aplicação da unidade de ensino.....	39
4.2 Olhares sobre as proposições a partir dos seminários temáticos.....	45
4.3 Olhares sobre as discussões produzidas pelos atores sociais na audiência pública.....	46
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
5.1 Percepções iniciais dos estudantes .....	50
5.2 Possibilidade de engajamento científico e social dos estudantes .....	60
5.3 A matriz energética brasileira e a representação da energia nuclear .....	68
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>73</b>
REFERÊNCIAS .....	76
APÊNDICES.....	84
ANEXO .....	94

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho surgiu de uma inquietação que me acompanha desde o início da jornada pedagógica desta pesquisadora no ensino da Química, disciplina que, por vezes, parecia desconexa do contexto social, por não se discutir, em sala de aula, as implicações da Ciência e da Tecnologia no ambiente onde os estudantes estão inseridos. Essa falta de reflexão sobre esses impactos na sociedade necessita ser repensada para que, na escola, o(a) professor(a) oriente discussões nesse sentido. Entende-se que, em sala de aula, o(a) estudante precisa ir além de debates sobre conceitos teóricos, deve refletir sobre implicações e ações de engajamento em pautas científicas e sociais, possibilitando a construção de sua cidadania.

O encontro da pesquisadora com o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e seus propósitos e significados educacionais se estabeleceu, inicialmente, pelas leituras de Santos e Auler (2011), Auler (2007) e Aikenhead (2005). A identificação com essa abordagem se intensificou durante a participação em disciplinas feitas durante o mestrado, que tiveram por base pressupostos da CTS, nas quais consequências da ciência e da tecnologia na sociedade eram questões prioritárias.

Durante a disciplina *Alfabetização Científica*, mediante leituras de diversos textos, o termo “engajamento” despertou o interesse desta autora, que, a partir de então, ficou se perguntando: que tipo de ações de engajamento científico e social tem sido discutido no âmbito da abordagem CTS? Como promover esse engajamento em atividades na sala de aula? Vários outros questionamentos surgiram a partir de diferentes leituras, como as que retratam as origens do movimento CTS na América Latina e no Brasil (Auler, 2011; Linsingen, 2007) e as que contemplam uma visão ampliada de estudos CTS (Auler; Delizoicov, 2001; Santos; Auler, 2019). Essas leituras foram inspirações para o direcionamento da proposta educacional aqui apresentada, com o intuito de contribuir para a promoção do referido engajamento, baseada em uma abordagem CTS a partir do ensino formal em sala de aula.

Este estudo, que teve a participação de alunos da Educação Básica, buscou promover o envolvimento deles em processos decisórios sobre a Ciência e a Tecnologia. A temática do estudo, energia nuclear, suscita questões sociocientíficas sempre atuais. Um dos episódios mais recentes de extensão global, que envolve esse assunto, teve início com a invasão da Ucrânia pela Rússia, em 24 de fevereiro de 2022. Esse conflito — com implicações de impacto científico, tecnológico, social, econômico e ético — é carregado de

historicidade e de ideologia, e veio à tona como ameaças de guerra com armas atômicas e, consequentemente, um risco à sobrevivência da humanidade.

A produção de energia nuclear para o uso de armamento militar e as possibilidades de desastres em usinas nucleares são ameaças constantes para a humanidade. A Ucrânia, que já vivenciou um dos piores desastres nucleares da história, com a explosão da usina nuclear de Chernobyl, em 1986, corre o risco, novamente, de vivenciar um desastre nuclear no país, agora na usina nuclear de Zaporizhzhia, alvo dos ataques russos na invasão de fevereiro 2022, que, de imediato, resultou no controle da usina pelos russos (AIEA, 2023a, 2023b).

Os conteúdos relativos à energia nuclear e à radioatividade previstos em documentos oficiais da Educação Básica, a exemplo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), são pouco discutidos em sala de aula, especialmente, considerando possíveis implicações negativas, como o descontrole na segurança da produção de energia e no armazenamento de resíduos gerados em usinas nucleares. Apesar da produção de energia nuclear para fins pacíficos, que geram inúmeros e significativos benefícios para a sociedade, é fato que, muitas vezes, ela foi utilizada para destruir, para dizimar milhares de pessoas; e, por seu potencial de destruição, é plausível compreendê-la como ameaça de extinção da humanidade. Esses fatos revelam a importância de a população buscar compreender a produção de energia nuclear para opinar sobre sua produção, de modo que se leve em conta tanto os possíveis benefícios que ela poderá oferecer quanto os potenciais malefícios que ela poderá gerar para a sociedade. A proposta de debate sobre energia nuclear em sala de aula colabora com os documentos oficiais para a Educação Básica, na área das Ciências da Natureza, os quais ressaltam a necessidade de mobilizar estudos referentes à radioatividade, à fusão e à fissão nuclear, aos efeitos biológicos das radiações ionizantes bem como a suas implicações na sociedade (Brasil, 2018).

Tenório *et al.* (2015) consideram que as discussões no Brasil, em torno da energia nuclear, em sala de aula, apresentam a Ciência descontextualizada e socialmente imparcial, são restritas, sobretudo, ao que é abordado nos livros didáticos e não propiciam a postura crítica, a troca sobre aspectos tecnológicos, políticos, econômicos e sociais desse ponto. Elas não despertam o interesse da população por debates, não incentivam a participação da sociedade em debates sobre a Ciência, nem na tomada de decisões sobre questões sociais relacionadas à referida temática.

Para propiciar momentos de participação em processos decisórios que refletem

consequências da Ciência e da Tecnologia sobre a energia nuclear, no contexto escolar, Almeida e Lima (2018) chamam a atenção para a importância de utilizar aspectos inerentes às escolhas sobre a produção de energia nuclear, como a polêmica e as contradições, pela possibilidade que oferecem de emergir variados discursos, os quais podem promover maior conhecimento para a tomada de decisões. Esses discursos, sob o olhar da análise discursiva francesa, orientada pela versão brasileira de Orlandi (2015), evidenciam que os sujeitos, no processo decisório sobre a produção de energia nuclear, são condicionados por certa ideologia que determina o que poderão ou não dizer em algumas conjunturas históricas e sociais.

Tendo isso em vista, este estudo foi norteado pelos questionamentos: que discussões sobre implicações do uso de Ciência e Tecnologia na sociedade, associadas ao estudo da energia nuclear, podem emergir do contexto escolar? Como contribuir para ações de abordagem CTS, com a temática *energia nuclear*, para o engajamento em questões científicas e sociais?

O objetivo geral deste estudo consiste em analisar as percepções do uso da ciência e da tecnologia nos discursos produzidos por alunos no contexto escolar do Ensino Médio sobre a temática energia nuclear na perspectiva dos pressupostos educacionais CTS. O estudo foi realizado a partir da aplicação de uma unidade de ensino com alunos de uma escola pública, na perspectiva de proporcionar discussões sobre possíveis implicações do uso da Ciência e da Tecnologia, na perspectiva de processos de tomada de decisões. O espaço de aplicação da unidade de ensino foi uma escola pública estadual, situada na cidade de Codó, Maranhão, região dos Cocais, e teve como objetivos específicos: (1) desenvolver e aplicar uma unidade de ensino, pautada na abordagem CTS, constituída por uma simulação sobre a implementação de uma usina nuclear na região do Nordeste brasileiro, na perspectiva de proporcionar discussões sobre possíveis implicações do uso da ciência e da tecnologia, com alunos do Ensino Médio; (2) identificar os discursos iniciais dos alunos, circulados no contexto escolar sobre a temática *energia nuclear* e as implicações do uso da Ciência e da Tecnologia; (3) analisar os argumentos produzidos pelos alunos durante a aplicação da unidade de ensino, na perspectiva de perceber possibilidades de engajamento científico e social; (4) elencar possíveis alterações para a unidade de ensino aplicada, tendo como base os resultados obtidos.

Esta investigação se justifica pela necessidade de compreender os discursos dos alunos, que circulam no contexto escolar, sobre energia nuclear e seus significados relativos

aos pressupostos e propósitos educacionais CTS, tendo em vista a formação cidadã. Neste estudo, o foco das análises são possíveis argumentos sobre questões que envolvem a ciência e a tecnologia, no contexto político, social e econômico, com base no desenvolvimento da temática *energia nuclear*.

No segundo capítulo, apresenta-se a fundamentação teórica, constituída em pressupostos da abordagem CTS no ensino de Ciências. Destacam-se as orientações CTS para a construção cidadã nesse âmbito como uma possibilidade de promover o engajamento científico e social nas discussões públicas da Ciência e da Tecnologia e em discursos da atualidade pautados na energia nuclear.

O terceiro capítulo apresenta os caminhos metodológicos em que a pesquisa se orienta: uma pesquisa qualitativa e ancorada teórica e metodologicamente na Análise de Discurso (AD), de versão brasileira, baseada em estudos de Orlandi (2015). Trata-se da organização metodológica para a elaboração da unidade de ensino, dos procedimentos de coleta de dados, da constituição do *corpus* de pesquisa e das análises.

No quarto capítulo, é apresentada a construção da unidade de ensino, fundamentada em pressupostos CTS, e descrita a sistematização da proposta metodológica, com o intuito de possibilitar a tomada de decisão sobre questões envolvendo a energia nuclear. É abordado o planejamento da unidade de ensino e sua aplicação no contexto educacional, em que estão descritas as etapas de estruturação e de organização realizadas para a simulação de uma audiência pública.

O quinto capítulo aborda os resultados e a discussão da pesquisa, que se constituem nas análises dos discursos de estudantes de uma escola pública sobre as implicações científicas e sociais sobre a energia nuclear. Ressalta-se as percepções iniciais dos estudantes sobre essa temática, com vista a possibilitar a promoção de engajamento científico e social deles. Nas análises, foram consideradas possíveis entendimentos dos alunos sobre pressupostos e propósitos educacionais da abordagem CTS, tendo como referencial teórico e metodológico a AD. Os sujeitos enunciativos da pesquisa foram alunos de uma escola pública estadual do Maranhão.

No sexto capítulo, são apresentadas as considerações finais da pesquisa com base nos resultados após a análise. Elencam-se os resultados que atenderam aos objetivos propostos, no sentido de colaborar para a aplicação de uma unidade de ensino, elaborada e fundamentada nos pressupostos e propósitos CTS sobre energia nuclear como possibilidade de despertar nos estudantes o engajamento em questões científicas e sociais.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

O uso da abordagem CTS no âmbito do ensino de Ciências se deu desde as origens do movimento CTS. Os pressupostos e os propósitos educacionais, as implicações no uso da Ciência e da Tecnologia e a participação em processos decisórios, como contribuição das orientações CTS para a construção da cidadania, levaram a olhar para a temática em estudo no sentido de compreender os principais discursos elencados em debate sobre a energia nuclear.

### **2.1 Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino de Ciências**

As orientações na abordagem CTS têm levado muitos pesquisadores ao entendimento de múltiplas inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, em diversas regiões como a Europa e os Estados Unidos da América. Alguns acontecimentos suscitaram questionamentos sobre a responsabilidade social que o ser humano tem sobre impactos ocasionados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, como: as bombas atômicas lançadas em 1945, a primeira em Hiroshima e a segunda em Nagasaki; os desastres químicos provocados pelo uso indiscriminado de substâncias químicas, como os pesticidas sintéticos; e as guerras biológicas efetuadas contra populações indefesas. Esses eventos provocaram grandes mobilizações sociais, a exemplo das discussões sobre o ensino de Ciências, que pedem uma visão humanista para habilitar os estudantes a participarem, de forma consciente e informada, da sociedade e nela exercerem papéis democráticos (Martins, 2020).

Desde o surgimento do movimento CTS, em meados do século XX, tem sido uma tônica a mobilização social sob forte crítica ao modelo de desenvolvimento existente, que, impulsionado pelos problemas sociais, políticos e ambientais, provocou uma visão crítica sobre o papel da Ciência na sociedade. O movimento CTS, caracterizado de forma social, em meio às discussões públicas, contemplou políticas sobre a Ciência e a Tecnologia e proporcionou importantes contribuições para o contexto educacional, como a introdução de temas sociocientíficos, que ressaltam o engajamento responsável de estudantes em assuntos que envolvem a ética, com destaque às problemáticas ambientais (Santos, 2011a).

Desde o início, alguns enfoques foram atribuídos à trajetória do movimento. Garcia, Cerezo e López (1996) apresentam os relacionados aos estudos CTS a partir de duas origens distintas: a europeia e a estadunidense. Na primeira, deu-se uma institucionalização acadêmica, de modo a atribuir maior ênfase aos fatores sociais antecedentes que



priorizavam a Ciência e situavam a Tecnologia em segundo plano. Já na segunda, conferiu-se ênfase às consequências sociais da Ciência e da Tecnologia como elementos centrais, mantida a atenção voltada para os efeitos sociais no desenvolvimento tecnológico, com preocupação social e política. Segundo Cardoso (2022), a busca por renovações educacionais e avaliação dos impactos da Ciência e da Tecnologia, mesmo quando de forma secundária para a Ciência, também são ações que possuem caráter prático e valorativo.

Bazzo, Pereira e Bazzo (2016) explicam que, a partir das tradições advindas do movimento CTS com a comunidade acadêmica, sistematizaram-se novas abordagens científicas e tecnológicas. Com o crescimento dessas abordagens, no ano de 1980, alguns objetivos foram fundidos, principalmente, no âmbito educacional e no seio das preocupações dos problemas impostos pelo desenvolvimento tecnológico. Esses objetivos ressaltam uma crítica da concepção da Ciência como atividade pura e neutra, uma crítica sobre a Tecnologia descomprometida com a sociedade e a promoção da participação da sociedade em ações de tomadas de decisão nas discussões da ciência e da tecnologia, até então, considerado tecnocrático. Segundo Garcia, Cerezo e López (1996), o objetivo central do movimento CTS está na reivindicação da participação social nas decisões públicas da Ciência e da Tecnologia.

Na mesma época dos enfoques das tradições europeia e estadunidense, surgem, na América Latina, no âmbito educacional, os estudos CTS, desenvolvidos à luz do Pensamento Latino-Americano de Ciência, Tecnologia e Sociedade (Placts). Esse movimento refletia sobre a Ciência e a Tecnologia como uma competência das políticas públicas, enfatizava-as como processos sociais que dependem do contexto no qual estão inseridas e ressaltavam a não-neutralidade delas (Linsingen, 2007).

No contexto brasileiro, buscou-se reinventar os enfoques CTS, considerando a história vivenciada pelo país, com elementos comuns ao da América Latina, que ressaltam a contribuição pública em processos decisórios. Foram incentivadas a participação na definição das agendas de pesquisa e dos avanços do desenvolvimento científico e tecnológico, com análise de impactos oriundos destes últimos. Verificou-se, na época, que a conjectura de desenvolvimento dos europeus e dos estadunidenses não condizia com as demandas sociais na América Latina, consideradas ambientalmente insustentáveis, enquanto se reforçava a necessária reinvenção da educação CTS, pautada nas ideias do educador Paulo Freire (Auler, 2011).

A abordagem CTS com enfoque voltado para a participação da sociedade em

processos decisórios da Ciência e da Tecnologia, assim como a perspectiva freiriana, orienta uma educação que não se limita aos benéficos e malefícios dos aparatos tecnológicos. Esse olhar propõe um ensino capaz de pensar nas possibilidades humanas e em seus valores, centrado na condição existencial. Essa proposta visa a incorporar ao currículo escolar o debate sobre valores e reflexões críticas que possibilitem desvelar a condição humana. Não se trata somente de ser contrário ao uso da Tecnologia, mas sim engloba a ideia de que a escola seja um espaço de discussão e reflexão sobre a condição existencial no mundo diante dos desafios impostos pela Ciência e pela Tecnologia (Santos, 2011a).

Tomando a escola como espaço de discussão, Auler e Delizoicov (2001) olham atentamente para o currículo escolar e classificam as relações de poder existentes nos processos decisórios da Ciência e da Tecnologia em duas visões: a reducionista e a ampliada. A primeira é marcada por enfatizar a concepção de neutralidade das decisões nesse campo, de forma a contribuir para a consolidação dos mitos da superioridade do modelo de escolhas tecnocráticas, da perspectiva salvacionista da Ciência e da Tecnologia e do determinismo tecnológico. A segunda busca a compreensão das interações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, na perspectiva de problematização desses mitos, tendo em vista a compreensão da existência de construções subjacentes à produção do conhecimento científico-tecnológico, em uma análise crítica ao atual modelo de desenvolvimento econômico. Essa perspectiva ampliada do movimento CTS se caracteriza como crítica e considera relações sociopolíticas e forças de poder presentes na Ciência e na Tecnologia, de modo que haja uma transformação para um novo modelo. Contrário a este posicionamento, o olhar reducionista da educação científica reproduz uma ideologia de submissão a um sistema tecnológico já estabelecido.

Santos e Auler (2011) ressaltam que, na educação científica, a pesquisa no campo CTS requer uma recontextualização que considere o cenário contemporâneo, destaque a importância de debater diferentes significados das orientações CTS e aponte para a ressignificação de uma visão ampliada para envolver os estudantes em tomadas de decisão, em busca de uma sociedade justa e igualitária. A educação CTS, de acordo com Auler (2007), tem o objetivo de promover o interesse dos alunos em estabelecer as interpelações entre a Ciência e os aspectos tecnológicos e sociais, debater as implicações sociais e éticas na utilização dos artefatos científicos e tecnológicos, e formar cidadãos com alfabetização científica e tecnológica capazes de se engajarem nas decisões públicas desse campo e desenvolverem o pensamento crítico e a independência intelectual.

Liu (2013) concorda com os estudos ao reforçar que o ensino de Ciências não está contribuindo com a preparação dos estudantes para serem cidadãos alfabetizados cientificamente em questões locais, regionais e/ou globais nem para discutir o papel que a Ciência e a Tecnologia devem desempenhar. Ele considera importante que o estudante tenha uma noção expandida da alfabetização científica, das questões sociais, culturais, políticas e ambientais, com o intuito de desenvolver habilidades como pensamento crítico, comunicação científica e construção de um consenso que lhe permita o engajamento na Ciência em busca de soluções informadas e de soluções para problemáticas sociais, ambientais, culturais e políticas.

Com o intuito de desenvolver propostas educacionais pautadas na abordagem CTS nessa área educacional, Bazzo, Pereira e Bazzo (2016) constataram três tipos de propostas com o enfoque CTS: (1) os enxertos CTS, quando se mantém a estrutura disciplinar clássica e são enxertados temas específicos CTS nos conteúdos estudados rotineiramente; (2) os enxertos de disciplinas CTS no currículo, quando se assegura a estrutura geral do currículo, mas se abre espaço para a inclusão de uma nova disciplina CTS com carga horária própria; e (3) o currículo CTS, em que todas as disciplinas têm abordagem CTS. Essa tipologia mostra diferentes orientações para a construção de propostas educacionais com abordagem CTS. Propostas de temas que contemplem abordagem do tipo 1 se assemelham ao que propusemos para esta pesquisa, que, por adentrar o espaço educativo como campo de investigação, busca uma forma de inserir a temática em estudo no currículo a partir de uma disciplina como a Química e/ou a Física.

Nas orientações CTS, no âmbito do ensino de Ciências, Roberts (1991) traz como características básicas: (1) o tratamento das inter-relações entre a compreensão da Ciência; (2) o planejamento tecnológico e a solução de problemáticas da sociedade; e (3) o desenvolvimento de habilidades como a tomada de decisão sobre temas sociais vivenciados pela sociedade. Enquanto Bazzo, Pereira e Bazzo (2016) reforçam a importância de trabalhar de forma inter, pluri, multi e transdisciplinar, de modo que não se limite apenas a novas disciplinas na matriz curricular, mas que elas tenham objetivos em comum. Nessa educação, para que o estudante se torne conhecedor e atuante em questões sociais que envolvem a Ciência e a Tecnologia, os objetos de estudo passam a ser identificados em situações vivenciadas pelos alunos, o que possibilita o envolvimento e a pesquisa de informações sobre o assunto bem como valoriza formas de conhecimento estabelecidas em um emaranhado complexo de soluções. Essas situações, segundo os autores, exigem o senso científico - de

grande relevância - e o incentivo de atitudes e valores significativos do ponto de vista pessoal e social.

A educação CTS no ensino de Ciências tem o papel central de propiciar um domínio cultural na sociedade tecnológica, em que a linguagem científica se constitua como ferramenta cultural na compreensão da cultura moderna. Com esse domínio, espera-se que os cidadãos participem cada vez mais de decisões relativas à Ciência e à Tecnologia, que, em geral, são decididas basicamente por técnicos. Essa participação cívica não se restringe à simples escolha de tecnologias, mas integra também uma visão crítica do processo tecnológico, o que implica a abordagem crítica das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (Santos, 2011b).

## **2.2 A abordagem CTS e a formação cidadã no ensino de Ciências**

A abordagem CTS propõe a educação em Ciência e Tecnologia para todos os cidadãos, visto que essa aprendizagem é necessária para a compreensão do funcionamento delas e do papel que exercem na sociedade bem como para a compreensão das formas como elas se articulam com determinados interesses e alteram o relacionamento do indivíduo com a sociedade e com o meio ambiente. Ensinar Ciências, na contemporaneidade, requer ir além da mera apresentação de teorias, leis e conceitos científicos. O momento atual orienta para uma reflexão sobre o que os estudantes compreendem por Ciência e Tecnologia na sociedade na qual estão inseridos (Martínez Pérez, 2012).

A abordagem CTS requer a construção de condições para uma participação social aceitável na tomada de decisão, que demanda um despertar para o engajamento social dos estudantes. Para essa construção, espera-se um currículo de Ciências capaz de promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas especialmente orientadas para uma mudança de visão quanto à natureza dos fenômenos da Ciência e da Tecnologia e de seus produtos, com o intuito de possibilitar a transformação social (Schnorr; Rodrigues, 2018).

A educação científica para a cidadania deve levar em consideração o contexto da sociedade tecnológica atual. Esse contexto é caracterizado, de forma geral, por um processo de dominação dos sistemas tecnológicos, marcado por valores de dominação de poder e de exploração que estão acima das condições humanas e impõem valores culturais e riscos para a vida humana. Isso significa levar em conta a situação de opressão em que a maior parte da população vive, especialmente nos países do chamado terceiro mundo, caracterizados por uma exclusão social em que apenas uma parcela da população usufrui de benefícios,

enquanto a maioria fica na marginalidade. Isso implica a necessidade de uma educação científica em que valores e atitudes sejam discutidos, na perspectiva de os alunos compreenderem o mundo tecnológico em que se inserem e poderem transformá-lo com base nos valores humanos (Santos, 2011b).

No ensino de Ciências, a abordagem CTS trouxe importantes contribuições, em relação ao engajamento em processos decisórios, principalmente, com a introdução de temáticas sociocientíficas. Nesse ensino, ressalta-se a relevância social do conhecimento, da aprendizagem de conceitos científicos, da capacidade de tomada de decisão e do engajamento de estudantes na atuação política ao exercerem o papel de ativistas. Também se oferece orientação a professores para a formação da cidadania (Aikenhead, 2005; Santos, 2011a). Esse engajamento sociocientífico pode ser compreendido, ademais, a partir do olhar de Chassot (2006) ao considerar que os professores assumem um importante papel pautado em ações não somente pela transmissão de conteúdo — característica do ensino tradicionalista —, mas, ao habilitar estudantes à criticidade e torná-los agentes de transformação para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária.

Nos documentos oficiais brasileiros, a formação para o exercício da cidadania mencionada não apresenta aprofundamento teórico ou explicitação do conceito assumido ao se referir à palavra *cidadania*. Embora esse termo polissêmico seja bastante citado, os documentos não esclarecem o real sentido atribuído a ele. Entretanto, a ideia de cidadania recomendada na educação CTS se relaciona com a participação social no âmbito do desenvolvimento de políticas públicas, com o intuito de olhar de forma crítica para a realidade, despertando instrumentos de transformação social, de forma justa e igualitária. (Santos, 2012; Teixeira, 2003; Toti, 2011). De acordo com Santos (2012), excluir a formação para a cidadania nessa proposta é remover seu objetivo principal: preparar o estudante para a tomada de decisões em assuntos relacionados à Ciência e à Tecnologia. Para o autor, o propósito central da educação CTS está articulado à constituição de um cidadão que participa ativamente na sociedade democrática, com capacidade de fazer opções responsáveis.

A participação em decisões públicas relativas à Ciência e à Tecnologia, de acordo com Rosa e Strieder (2018), inclui a democratização de tomada de decisão, a ampliação da participação e o controle social, com temáticas relacionadas à Ciência e à Tecnologia. Desde a gênese da abordagem CTS, estabeleceu-se uma natureza política e social que tem como um de seus princípios norteadores a cultura de participação social em direção a atividades científicas e tecnológicas.

Em uma análise sobre a participação em decisões públicas sobre a Ciência e a Tecnologia, observaram-se propostas em sala de aula com prevalência de visões ingênuas sobre a racionalidade científica, o desenvolvimento tecnológico e a participação social. Decisões públicas sobre esses campos são elencadas por Strieder (2012) em cinco níveis: (1) o considerado menos crítico, que se refere à perspectiva da informação e reconhecimento da Ciência e da Tecnologia na sociedade; (2) o que fala sobre um contexto micro, no qual as decisões são tomadas individualmente e estão, em geral, associadas à produção científica e tecnológica; (3) o que traz à tona uma escala macro, quando as decisões ditas coletivas contemplam a discussões dos problemas e impactos da Ciência e Tecnologia; (4) o que surge diante do reconhecimento das contradições e dos mecanismos de pressão, principalmente relacionados aos aspectos dos processos de produção; e (5) o mais crítico dos níveis, o enfoque atribuído à participação no âmbito político, que contempla a compreensão e o discussão de políticas públicas. Essas ideias, em destaque no Quadro 1, possibilitam estímulos no contexto educacional e cultural cada vez maiores de participação, com sinalizações mais próximas ao nível 5, de forma a constituir processos democráticos ampliados na perspectiva CTS.

Quadro 1– Diferentes níveis de participação social, segundo Strieder (2012)

Nível da decisão		Decisão sobre a Ciência e a Tecnologia
1	O menos crítico	Há perspectiva de informação e de reconhecimento da Ciência e da Tecnologia na sociedade.
2	Escala micro	Decisões são tomadas individualmente e, em geral, associadas à produção científica e tecnológica.
3	Escala macro	Decisões ditas coletivas contemplam as discussões dos problemas e dos impactos da Ciência e Tecnologia.
4	Próximo ao nível mais crítico	Há o reconhecimento de contradições e de mecanismos de pressão, principalmente relacionados aos aspectos de produção.
5	O mais crítico dos níveis	O enfoque atribuído está na participação em âmbito político, que contempla a compreensão e a discussão de políticas públicas.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No cenário brasileiro, ações que estimulam o engajamento em processos decisórios de assuntos relacionados ao desenvolvimento científico e tecnológico, fundamentados pelos pressupostos CTS, voltam-se, principalmente, para a preocupação em avaliar os impactos provocados pelo modelo de desenvolvimento vigente. Entre essas ações, destacam-se os pontos de vista positivos e negativos, as implicações do uso da Ciência e da Tecnologia bem como o uso dado à Ciência e à Tecnologia, embora não se limite somente a elas (Rosa;

Strieder, 2018). Essas ações, nos últimos anos, têm estimulado a cultura de participação da sociedade, que sinaliza positivamente um crescimento em práticas educativas que denotam particularidades, como potenciais indicadores de participação em processos democráticos ampliados na educação CTS. Contudo, encontram-se muitos desafios e lacunas de pesquisas a serem respondidas. Por conseguinte, um potencial aponta para as orientações de Freire e suas articulações com a educação CTS e o Placts como pressupostos articulados aos processos participativos ampliados em ações educativas e proposições curriculares (Rosa; Strieder, 2021).

### 2.3 A energia nuclear em discursos atuais

O percurso da energia nuclear no mundo remonta à descoberta dos primeiros elementos radioativos pelos pesquisadores Marie Currie e Pierre Currie, mas a utilização da energia nuclear se potencializou com o experimento Manhattan<sup>1</sup>, que teve uma parcela de contribuição do Brasil com o fornecimento de minerais atômicos para o projeto. Nesse período, com a Segunda Guerra Mundial em curso, o uso dessa fonte causou um dos maiores impactos de sofrimentos humanitários, como resultado das bombas atômicas lançadas pelos Estados Unidos da América (EUA), em 1945, sobre a população japonesa nas cidades Hiroshima e Nagasaki. Somam-se a esses crimes humanitários acidentes como o de Three Mile Island<sup>2</sup> (1979), nos EUA, de Chernobyl (1986), na Ucrânia<sup>3</sup>, de Goiânia<sup>4</sup> (1987), no Brasil, e de Fukushima<sup>5</sup> (2011), no Japão, os quais evidenciaram a necessidade de um olhar

---

<sup>1</sup> O projeto *Manhattan Engineering District* foi um dos maiores empreendimentos ocorridos durante a Segunda Guerra Mundial, destinado a desenvolver armas nucleares para os Estados Unidos da América (EUA), com a assistência do Canadá e da Inglaterra (Mourão, 2005).

<sup>2</sup> Em 28 de março de 1979, próximo à cidade de Harrisburg, na Pensilvânia, aconteceu o mais grave acidente nuclear dos EUA, envolvendo um reator nuclear, causado por falha técnica do equipamento, seguida de uma falha humana na avaliação das condições do reator (Santos; Silva; Cardoso, 2020).

<sup>3</sup> Em 26 de abril de 1986, o acidente na Usina Nuclear de Chernobyl, na cidade de Pripjat, Ucrânia, foi considerado o mais grave acidente nuclear da história e teve magnitude no âmbito biológico, social, político, econômico, ecológico e nuclear. Observa-se, ainda hoje, muita controvérsia sobre o número de afetados pelo acidente (Pizzinga, 2020).

<sup>4</sup> Em 13 de setembro de 1987, uma cápsula de Césio-137, foi violada por duas pessoas. Na intenção de aproveitar o material da contenção para vendê-lo, elas removeram a montagem da fonte da cabeça de radiação da máquina, levaram para casa e tentaram desmanchá-la. A fonte radioativa estava na forma de sal de cloreto de césio, que é altamente solúvel e prontamente dispersiva. Fragmentos da fonte foram distribuídos. O material acabou espalhado em diversas residências e locais públicos (Santos; Silva; Cardoso, 2020).

<sup>5</sup> O acidente na Central Nuclear de Fukushima, ocorrido em 11 de março de 2011, foi considerado um desastre nuclear, causado pelo derretimento do núcleo de 3 dos 6 reatores nucleares da usina (Santos; Silva; Cardoso, 2020).

atento da sociedade sobre a energia nuclear, principalmente reforçado para possíveis malefícios desse tipo de energia (Machado, 2021).

Posteriormente, a energia nuclear foi utilizada para diferentes fins, a exemplo da produção de eletricidade. Como afirma Goldemberg (1998, p. 100), “o uso da potência nuclear para a produção de eletricidade foi um subproduto do desenvolvimento dos reatores nucleares com fins militares durante e após a Segunda Guerra Mundial”. Em outras palavras, o aproveitamento racional nuclear desse potencial possibilitou a criação de usinas nucleares, que emergiram como uma alternativa energética, com a intenção de atender a demanda por abastecimento, pois não se necessita de características geograficamente específicas ou de grandes áreas para a implantação das usinas, como é o caso das hidrelétricas. Entretanto, os elevados custos de construção e manutenção das usinas nucleares, os riscos de acidentes, a preocupação com os perigos dos resíduos radioativos e o possível uso para armamentos de guerra são constantes preocupações relacionadas à produção de energia nuclear (Merçon; Quadrat, 2004).

A origem da política nacional brasileira relativa à energia nuclear surgiu na década de 1930, quando os primeiros estudos na área nuclear tiveram diversas aplicações. Ela nasceu relacionada a interesses militares; todavia, somente a partir de 1945, com o ataque nuclear em Hiroshima e, posteriormente, em Nagasaki, o interesse de fato se consolidou. Reunindo militares e participantes de outros setores da sociedade, como políticos, cientistas e empresários, o investimento em energia nuclear foi justificado como estratégia de Tecnologia e teve como representante o Almirante Álvaro Alberto da Mota e Silva. Desses esforços, foram realizadas propostas que motivaram a criação do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), em 1951 (Kuramoto; Appoloni, 2002).

Em 1945, quando o Brasil fornecia minérios atômicos para o projeto Manhattan, surgiu o debate sobre a possibilidade de utilização de recursos naturais para a produção de energia atômica. Esse fato marcou o início da trajetória do programa nuclear brasileiro, com o intuito de obter o domínio tecnológico, integrado a vários cientistas, técnicos, empreendedores, políticos e militares, que incentivaram esse programa no país. No entanto, observando os diversos acontecimentos relacionados à energia nuclear no Brasil, não se percebe a discussão do tema nem a implementação de uma política transparente para a sociedade (Patti, 2014).

O fato é que a produção de energia nuclear, para fins pacíficos ou militares, tem sido considerada um elemento-chave para o desenvolvimento de alguns países, ao longo do



processo histórico, pois impacta a capacidade industrial desses países e afeta, muitas vezes, sua própria narrativa e estratégia de sobrevivência dentro do sistema internacional. O caso brasileiro tem suas especificidades, o país possui capacidade tecnológica especializada e enorme potencial em minerais atômicos, pois contempla a sexta maior reserva de urânio do planeta, tem duas usinas nucleares (Angra 1 e Angra 2) em funcionamento e uma em construção (Angra 3) assim como desenvolve o primeiro submarino de propulsão nuclear em território nacional, um projeto impulsionado desde 2008 (Magnotta, 2022). No entanto, é oportuno compreender o que pode estar por trás do desenvolvimento da tecnologia nuclear brasileira, pois, ao mesmo tempo que se detém o domínio da Tecnologia do ciclo do combustível nuclear, o país ainda precisa importar minério para abastecer as duas usinas, em funcionamento (Böhlke, 2022).

Os discursos atuais sobre a energia nuclear no Brasil, orientados nos dados do Plano Nacional de Energia (PNE) de 2030 e 2050, mostram intenção de construir 4 usinas nucleares até o ano de 2030 e mais 8 até 2050, um total de 15 usinas term nucleares projetadas para o funcionamento no país. Entretanto, observa-se a falta de informação para o público geral e inexistência de discussão com os diversos setores que compõem a sociedade brasileira (Gai Montedo; Marinelli, 2019).

O PNE 2050 indica, como um primeiro desafio sobre a energia nuclear, a necessidade de fazer a comunicação sobre o papel dessa fonte de forma efetiva e recomenda, como um dos principais objetivos — reforçados para o período do ano de 2020 a 2050 —, a ampliação da comunicação com a sociedade brasileira, especialmente em áreas candidatas a novos sítios. Na comunicação, recomenda-se incluir possíveis ações como a mineração e até a construção de depósitos para o armazenamento de resíduos radioativos, necessárias para a instalação de usinas nucleares (Brasil, 2020). Também se destaca que

a comunicação do papel da energia nuclear neste contexto é particularmente desafiadora, e deve ser apresentada de forma transparente e informada para promover a conscientização da sociedade brasileira a respeito dos benefícios da energia nuclear e de seus outros usos. Em particular, é preciso aperfeiçoar a comunicação à sociedade acerca de aspectos relacionados à segurança das usinas e da armazenagem de combustível usado, visto que, *mesmo com ocorrências restritas de eventos com usinas nucleares, houve o aumento da percepção de risco, sobretudo, após o acidente de Fukushima*. Nesse sentido, é fundamental prover informações mais amplas ao público em geral acerca dos padrões de segurança da tecnologia nuclear, protocolos de armazenamento de combustíveis e planos de contingência a fim de que a percepção de risco se torne mais aderente ao registro de eventos da indústria (Brasil, 2020, p. 130, grifos nossos).

Parece incompreensível o fato de anunciar a “comunicação de forma efetiva do

papel da energia nuclear” ser recomendado para a implementação só a partir de 2020, período em que, pela intenção do PNE, já deveriam ter sido constituídas quatro novas usinas nucleares no país. Todo o texto mostra que a intenção é esclarecer os pontos positivos, tendo em vista a implementação das usinas, silenciando possíveis malefícios inerentes à produção da energia nuclear. Há também um total silenciamento nos documentos em relação à discussão com a sociedade sobre as reais necessidades e finalidades da implementação de novas usinas nucleares no país.

Para Sovacool (2012), é primordial o espaço de discussão sobre a energia nuclear, e é oportuno repensar esta última, pois, diante do aumento explosivo da demanda mundial por energia e do preço do petróleo, esse tipo de energia, tornou-se cada vez mais vista como a resposta para conter a emissão de gases do efeito estufa e reduzir a dependência de combustíveis fósseis; até muitos ecologistas convictos estão começando a aceitar essa potência energética. No entanto, infelizmente, as usinas nucleares não são a solução para nossas necessidades energéticas e estão longe de serem tão ecologicamente corretas quanto parecem, tendo em vista que o reprocessamento e o enriquecimento de urânio costumam depender de eletricidade gerada de combustíveis fósseis, ou seja, muitas usinas nucleares contribuem de maneira indireta, mas não menos substantiva, para o aquecimento global. Considera-se ainda que

a mineração e a trituração de urânio e a operação de reatores nucleares também apresentam perigos graves para o meio ambiente. Minas abandonadas no mundo em desenvolvimento, por exemplo, podem continuar apresentando risco de radioatividade por até 250 mil anos após seu fechamento. Usinas nucleares lançam poluentes e gases tóxicos, como carbono-14, iodo-131, criptônio e xenônio. Também produzem quantidades prodigiosas de resíduos, que permanecem perigosamente radioativos por mais de 100 mil anos (Sovacool, 2012, p. 288).

Além dos perigos intrínsecos às usinas, Sovacool (2012) argumenta que as instalações nucleares não possuem baixo custo, pois mesmo as modernas exigem investimento maciço de capital e levam anos para sua construção. E, em relação à segurança, as usinas nucleares continuam sendo uma ameaça de segurança a uma nação, pois aumentam a probabilidade de um acidente nuclear ou ataque terrorista.

A utilização da radioatividade para gerar energia tem alimentado controvérsias, desde a Segunda Guerra Mundial, quando seu uso foi associado principalmente à produção da bomba atômica. Ao considerar a instalação de usinas nucleares, Carvalho (2012) reforça os argumentos de que ela gera inúmeras controvérsias e de que a população, por desconhecimento das questões sociocientíficas envolvidas, fica submetida a variados

discursos que a impedem de tomar de decisões respaldada em análise crítica sobre o uso da Ciência e da Tecnologia.

O debate nuclear é indispensável para encontrar saídas aos problemas deixados pela atual geração. A questão nuclear precisa de pessoas que abracem as discussões de maneira crítica e aberta os diversos pontos de vista e impulsionem um debate que não tem apenas uma verdade. Trata-se de uma questão de ordem técnica e política que entrelaça nossas decisões à maneira como reproduzimos nossa vida no sistema capitalista. O debate sobre energia pertence à sociedade e envolve o presente e o que pretendemos para o futuro (Guimarães; Mattos, 2011). Exemplos de desastre com usinas nucleares são muitos e, atualmente, com a invasão da Ucrânia pela Rússia, em 24 de fevereiro de 2022, reacendeu o questionamento sobre a energia nuclear, tendo como preocupação principal a segurança das nações. O foco das preocupações são as usinas nucleares na Ucrânia, principalmente, por conta de o país já ter vivenciado o pior desastre nuclear do mundo, ocorrido em Chernobyl, em 1986 (Aparecido; Aguilar, 2022).

De acordo com o diretor geral da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), no Boletim n.º 156, de 6 de maio de 2023, em atualização sobre a situação na Ucrânia, os especialistas dessa instituição, na área próxima à usina nuclear ucraniana de Zaporizhzhya, reforçam que a situação geral está se tornando cada vez mais imprevisível e potencialmente perigosa. Ressaltam que a preocupação com a segurança nuclear é real e os riscos de proteção enfrentados pela usina indicam a importância de ação imediata para a prevenção de um grave acidente nuclear e de suas consequências para a população e o meio ambiente (AIEA, 2023a).

Uma das desvantagens na utilização da energia nuclear, principalmente em países pobres ou em desenvolvimento, é a menor condição de se responsabilizar com os investimentos de capital que a tecnologia nuclear almeja, sobretudo por pagarem juros mais altos, em empréstimos internacionais. Os países em busca de energia nuclear se tornam mais dependentes do Ocidente, principalmente, por depender da *expertise* técnica e do recurso financeiro, imprescindíveis para a construção e manutenção das usinas. Esses países também se esforçam para divulgar a energia nuclear sem os problemas oriundos dos combustíveis fósseis e não evidenciam uma linguagem transparente e necessária que permita opção por melhores fontes energéticas sustentáveis (Sovacool, 2012).

Do ponto de vista do modo de produção vigente, vinculado a um crescimento demográfico acelerado, a retomada do crescimento na economia brasileira, conforme os

PNE, conjuntamente ao aumento da demanda de energia para o setor produtivo, ocasiona o agravamento de uma crise energética sem precedentes nas décadas seguintes (Gai Montedo; Marinelli, 2019). No PNE 2050, define-se a continuidade do programa nuclear brasileiro, com a conclusão de Angra 3, com uma expansão mínima de 4 GW<sup>6</sup>, podendo chegar a 8 GW até 2030, nas regiões Sudeste e Nordeste, de modo que se iniciam investigações de localização dessas novas centrais nucleares (Brasil, 2020).

O discurso da energia nuclear teve seu renascimento no debate das mudanças climáticas, principalmente com o projeto da usina nuclear de Angra 3 e mais quatro projetos análogos previstos para a região Nordeste. Apresenta-se essa possibilidade como uma energia verde, com o intuito de promover esse tipo de energia como limpa, inclusa na Política Nuclear Brasileira. Desse modo, sua retomada só pode ser entendida tendo em vista razões de ordem geopolítica — a mais equivocada das opções para satisfazer a uma pretensa demanda expandida de energia (Gai Montedo; Marinelli, 2019; Lisboa, 2011).

Dyson (1998), ao comentar o impacto do uso da tecnologia nuclear, simbolizado por Hiroshima e Nagasaki, apresenta-nos uma justificativa para o convívio perigoso com a ideologia de que se precisa fazer funcionar a Tecnologia a fim de obter resultados políticos; segundo o autor, quando não se permite a esta última falhar, e ainda assim ela falha, o fracasso é muito mais danoso. O que se esboça é que, se tivesse sido permitido que a energia nuclear fracassasse no início, ela poderia muito bem ter evoluído para uma tecnologia melhor, oportunizando hoje que o público confiasse nesse tipo de energia e a apoiasse. Como resultado, os especialistas afirmaram ser infalível a tecnologia nuclear, porém o público sabe que o ser humano é passível de falhas e que somente pessoas cegas pela ideologia podem cair na armadilha de acreditar em sua própria infalibilidade.

Chrispino (2017, p. 143) afirma que “a ideologia não é neutra, mas direciona as decisões” e chama a atenção para o fato de o Brasil vivenciar um momento de decisão tecnológica que ocasionará impactos variados, tanto explícitos como ocultos, devido à pouca leitura. O autor argumenta que, diante da decisão sobre a ampliação da energia nuclear, na matriz energética brasileira, chegou o momento oportuno de estudar as matrizes energéticas, em consequência das decisões que serão tomadas por nossos representantes, e destaca a

---

<sup>6</sup> Giga Watt é uma unidade de medida de potência equivalente a mil milhões de Watts (W), isto é, 1 GW = 10<sup>9</sup> W. Watt (W) representa uma unidade de potência, padronizada pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), utilizada para quantificar a energia transferida num segundo (SI, 2012).

importância de exercitar o que propõe a abordagem CTS.

Para Carvalho (2012), no Brasil, a energia nuclear permeia diferentes espaços, como a pesquisa científica, as aplicações biomédicas, as industriais e agrícolas e a propulsão naval. O autor afirma que os recursos de que se pretende dispor em centrais nucleares de potência poderiam ser convertidos em benefícios para o país se as aplicações da energia nuclear fossem direcionadas para o desenvolvimento tecnológico na área das energias do tipo renováveis. E assinala que, caso isso não se consolide, seguiremos na retaguarda dos países industrializados, que já investem elevados recursos na área.

No próximo capítulo, consta o percurso metodológico da pesquisa. Também são expostos aspectos teóricos empregados nas análises dos dados.

### 3 CAMINHOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

Esta pesquisa está estruturada em uma abordagem qualitativa, conforme destacam Bogdan e Biklen (2013), por envolver dados obtidos no contato direto ou indireto do pesquisador com o contexto pesquisado e enfatiza mais o processo do que o produto ao retratar as perspectivas dos participantes. O estudo é do tipo exploratório, caracterizado pela necessidade de maior contato com o objeto de pesquisa, sendo necessária a visita ao campo estudado. Segundo Gil (2008), esse tipo de investigação, em que se aprimora as ideias do universo estudado, requer um planejamento flexível a fim de atingir os objetivos estabelecidos. Define-se, ainda, como descritiva, pelo intuito de delinear as particularidades do fenômeno pesquisado.

#### 3.1 O contexto e a metodologia da pesquisa

Na perspectiva de atender as especificidades deste estudo, inicialmente, elaborou-se uma unidade de ensino, pautada nos pressupostos CTS, com a temática *energia nuclear*. Posteriormente, essa unidade foi aplicada em sala de aula, em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, com o intuito de investigar discursos dos estudantes sobre a temática, como possibilidade de promover o engajamento científico e social deles em questões da Ciência e da Tecnologia. A escolha desse público deu-se pelo fato de a energia nuclear ser uma temática prevista nos livros didáticos utilizados nessa etapa do ensino e pelo potencial que oferece para promover debates em sala de aula e em pesquisas, conforme preconizam documentos oficiais como a BNCC (Brasil, 2018) e o Documento Curricular do Território Maranhense (DCTMA) para o Ensino Médio (Maranhão, 2022).

Os discursos, objeto deste estudo, foram obtidos a partir de dois instrumentos de coleta de dados, um questionário e uma proposição de redação para a elaboração de um resumo simples. O questionário, utilizado para a sondagem de conhecimentos prévios dos alunos, constituiu-se na etapa inicial da aplicação da unidade de ensino, enquanto a elaboração da redação no formato de um resumo simples constituiu-se a atividade final da unidade de ensino. O questionário (Apêndice A), que buscou obter informações prévia sobre o conhecimento dos alunos, indaga sobre a energia nuclear e a possível compreensão dos estudantes sobre a Ciência e a Tecnologia e suas implicações sociais, ambientais, políticas e econômicas. Na perspectiva de explorar a discussão, durante a aplicação da unidade, sobre o engajamento social dos estudantes, as questões foram do tipo abertas (sem opções

alternativas para respostas), com o registro de respostas livres, escritas à mão. Nas perguntas, foram explorados conceitos básicos da energia nuclear, tecnologias nucleares, contribuições nuclear dessa fonte energética, riscos e implicações éticas na utilização tecnológica dela.

A escolha da temática para a unidade de ensino buscou contemplar a discussão ancorada na matriz curricular do Ensino Médio, na área de conhecimento das Ciências da Natureza, que apresenta uma quantidade significativa de conteúdos de Química e Física (Brasil, 2018). Inseridos nessa temática, a radioatividade, seus princípios e aplicações estão presentes no livro didático do Ensino Médio, por vezes, em uma abordagem conteudista. Entretanto, esse debate não deveria se limitar ao conteúdo em si, mas sim destacar as implicações do uso da Ciência e da Tecnologia com proposições de ações de engajamento social e científico para os estudantes. A temática permite propiciar importantes discussões sobre questões sociais e ambientais, com possibilidade de engajamento científico e social, não só por meio da abordagem dos conteúdos científicos envolvidos, mas, especialmente, na direção de envolvimento dos cidadãos nos processos decisórios do uso da Ciência e da Tecnologia.

A unidade de ensino, aplicada em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio, se insere no currículo na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Química e Física. A escolha pelo terceiro ano deu-se por conta de as turmas ainda não estarem inseridas na sistemática do Novo Ensino Médio e de terem disponibilidade de tempo para o desenvolvimento da proposta em sala de aula. Os alunos participantes não haviam estudado o conteúdo radioatividade e/ou energia nuclear quando cursaram o segundo ano do Ensino Médio, embora os livros didáticos adotados pela escola, nessa área, contemplassem diversos conteúdos relativos a fenômenos nucleares, como a radioatividade e a energia nuclear. A aplicação da unidade de ensino decorreu de uma proposta educacional de abordagem CTS, que se aproxima do enxerto CTS por adentrar-se à estrutura curricular clássica com um tema específico nas disciplinas de Química e de Física (Bazzo; Pereira; Bazzo, 2016).

O engajamento científico e social projetado para o alcance deste estudo considerou a importância de oferecer aos estudantes uma formação voltada para o exercício da cidadania. Nesse entendimento, o Ensino Médio pode levar os discentes a compreenderem as implicações da Ciência e da Tecnologia, de modo a reconhecerem o papel de cada indivíduo na sociedade.

As questões sociais abordadas na unidade de ensino - relacionadas à energia nuclear e presentes no contexto social dos educandos, na perspectiva local, regional e/ou global -

ressaltam a possibilidade de instalação de uma usina nuclear no Nordeste brasileiro. Para refletir em âmbito local, simulamos um ambiente de discussão sobre a implementação de uma usina nuclear no contexto pesquisado, a região dos Cocais, do estado do Maranhão. No desfecho da unidade de ensino, foi posta em pauta uma audiência pública simulada. A discussão envolveu a construção de uma usina nuclear nas proximidades das residências dos participantes do debate público (estudantes que atuaram como diferentes representantes da sociedade), tendo em vista analisar as implicações do uso da Ciência e da Tecnologia e a participação da sociedade em processos decisórios.

Para o registro de possibilidades de engajamento científico e social, adotamos como instrumento de coleta de dados, como última atividade da unidade de ensino, a elaboração de uma redação no formato de um resumo simples (Apêndice B), na perspectiva de tomada de decisão. Nela, cada estudante expressou suas ideias e propôs possíveis soluções e estratégias ao se posicionar a favor ou contra a construção da usina nuclear na região dos Cocais.

Os discursos dos estudantes, resultados da audiência pública simulada, expressos nas redações que discutiram a implantação de uma usina nuclear, na região dos Cocais, foram analisados na perspectiva das relações da CTS. A audiência pública foi pensada como instrumento social necessário para discutir questões de implicações sociais amplas, em concordância com o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), que mostra a audiência pública sendo amplamente divulgada na legislação brasileira como uma das principais ferramentas de participação social na gestão da administração pública. Em diversas áreas de políticas públicas, as audiências públicas são utilizadas como mecanismo de processos decisórios e têm atingido grande abrangência no Brasil.

### **3.2 Aspectos teóricos e metodológicos das análises**

Pautado em pressupostos CTS, o ensino da energia nuclear envolveu questões científicas e sociais como possibilidade de propiciar a aprendizagem de conceitos científicos. O estudo teve como objetivo central promover o engajamento social dos estudantes para questões relacionadas à produção de energia nuclear e aos impactos dessa produção, para as quais se enfatizou o papel da Ciência e da Tecnologia e a importância de discussões em processos decisórios desse campo.

Apoiou-se teórica e metodologicamente na Análise do Discurso (AD) francesa, inspirada em Michel Pêcheux e desenvolvida por Orlandi (2015) no Brasil, que não



preconiza a língua ou a gramática, mas sim o discurso. O objeto de análise é este último, por isso, não se detém às palavras enunciadas no texto, mas sim se orienta pela interpretação. Nesta AD, a linguagem não é uma mera ferramenta de comunicação, mas um aporte teórico e metodológico que possibilita a leitura de diferentes domínios nos quais os discursos se inserem. No caso em estudo, a análise recai sobre como a energia nuclear, um produto da Ciência e da Tecnologia, é concebida e como se insere na sociedade. Tem como base os discursos dos alunos elaborados por escrito na resposta ao questionário de conhecimentos prévios (atividade inicial) e na redação de um resumo simples ao final da simulação da audiência pública (atividade final).

Escolhidos o referencial teórico e metodológico e o material bruto, por meio de textos escritos (questionário e resumo simples), buscou-se mobilizar conceitos para a compreensão dos discursos que circularam sobre a temática energia nuclear no contexto educacional da sala de aula, em que a unidade de ensino foi desenvolvida, por meio dos registros escritos pelos estudantes no início e no final da unidade de ensino. Isso porque a finalidade do analista do discurso não é interpretar, mas sim compreender como um texto funciona, ou seja, como um texto produz sentidos, o que é possibilitado pela análise das condições de produção do discurso (Orlandi, 2015).

A adoção por registros escritos se deu em decorrência de a análise do discurso relacionar diferentes processos de significação que acontecem em determinado texto, em que textos se individualizam como uma unidade de relações significativas. Nesse entendimento, todo texto é heterogêneo, sendo a significação extraída de diversas formas, o que envolve a natureza da linguagem, como a escrita e a oralidade, a científica e a literária e o estilo descritivo. Ao adotar os discursos em linguagem escrita, um no início e outro no fim da unidade de ensino, possibilitaram-se diferentes formações discursivas, pois, em um texto, não se encontra apenas uma formação discursiva, visto que ele pode estar atravessado por várias formações discursivas que nele se organizam em função da dominante (Orlandi, 2015).

O apoio teórico e metodológico da AD se deu desde a elaboração dos instrumentos de coleta de dados, integrando a interpretação dos dados e dos fatos pesquisados, ao se mobilizar as noções de: não transparência da linguagem, interdiscurso, mecanismos de condições de produção e formação discursiva. Esses elementos fundamentais na AD juntamente com o objetivo e o *corpus* da pesquisa se constituem no dispositivo de análise desta pesquisa.

Por não transparência da linguagem, compreendemos que, quando um sujeito interpreta o que outra pessoa diz, sua interpretação pode ocasionar diversos sentidos, todavia, não é qualquer sentido, pois, na produção dos sentidos, não depende apenas das condições contextuais imediatas, mas também das sócio-históricas. Ou seja, as condições culturais e cotidianas não se assentam para todos da mesma forma, o que denota que, ao aceitar a não transparência da linguagem, aceita-se que a produção de sentidos de determinado sujeito se associa a outras interpretações e saberes construídos em seu âmbito histórico e cotidiano (Almeida; Pagliarini, 2018). Desse modo, a linguagem, não procura atravessar o texto para encontrar um sentido do outro lado, a questão é como esse texto significa. Não se trata da transmissão de informação apenas, pois, no funcionamento da linguagem, ele se põe em relação aos sujeitos e aos sentidos afetados pela língua e pela história, tendo uma complexa constituição desses sujeitos e da produção de sentidos, e não meramente a transmissão de informação (Orlandi, 2015).

As bases teóricas que originaram a AD, segundo Orlandi (2015), fundamentam-se em três campos disciplinares: a Linguística, o Marxismo e a Psicanálise. Com base nas filiações teóricas da AD, algumas noções desse tipo de análise emergiram e se destacaram, como as condições de produção, que compreendem fundamentalmente o sujeito e a situação, e funcionam de acordo com certos fatores. Um deles é a relação dos sentidos: não há discurso que não se relacione com outros; portanto, um discurso aponta para outros que o sustentam. Assim como, em dizeres futuros, um dizer tem relação com outros dizeres realizados, imaginados ou possíveis, as condições de produção são entendidas como os elementos que atuam na formação do discurso, compreendendo os interlocutores e a situação que ocupam. Ao apresentar as condições de produção, Orlandi (2015, p. 29) ressalta que

a memória, por sua vez, tem suas características quando pensamos em relação ao discurso. E, nessa perspectiva, ela é tratada como interdiscurso. Este é definido, como aquilo que fala antes, em outro lugar, independentemente. Ou seja, é o que chamamos de memória discursiva: o saber discursivo que torna possível todo dizer e que retorna sob a forma do pré-construído, o já dito que está na base do dizível, sustentado em cada tomada de palavra.

A noção do interdiscurso, como orienta Orlandi (2015), corresponde ao momento em que o sujeito elabora seu dizer remetendo-o a outros discursos, em função de sua aproximação com eles e de suas posições ideológicas. Essa condição, resultado da posição que o sujeito ocupa no contexto discursivo, é chamada de memória discursiva. O dizer também é retornado em uma relação de esquecimento, que insiste em dizer algo que já foi

dito, mas que tem *status* de algo novo. Portanto,

o interdiscurso é todo o conjunto de formulações já feitas e já esquecidas que determinam o que dizemos. Para que minhas palavras tenham sentido é preciso que façam sentido. E isto é o efeito do intradiscurso: é preciso que o que foi dito por um sujeito específico, em um momento particular se apague na memória para que, passando para o “anonimato”, possa fazer sentido em “minhas” palavras (Orlandi, 2015, p. 31-32).

Na AD, procura-se estabelecer relações entre o discurso e suas condições de produção, ou seja, observa-se porque determinados efeitos de sentidos, e não outros, produzem-se entre o discurso e as condições de produção, em outras palavras, entre um discurso e as condições sociais e históricas que permitem que ele seja elaborado. A AD francesa privilegia o contato com a história e não considera determinante a intenção dos sujeitos, pois estes são condicionados por certa ideologia, que forma o que poderão ou não dizer em conjunturas históricas e sociais específicas (Mussalim, 2001).

As condições de produção compreendem, fundamentalmente, os sujeitos e a situação, sendo que a memória também faz parte da formação discursiva. Em outras palavras, pode-se “considerar as condições de produção em sentido estrito e temos as circunstâncias da enunciação: é o contexto imediato. E se as considerarmos em sentido amplo, as condições de produção incluem o contexto sócio histórico ideológico” (Orlandi, 2015, p. 30).

A noção das formações discursivas permite a compreensão da produção de sentidos, sua relação com a ideologia, e possibilita o estabelecimento de regularidades no funcionamento do discurso. Em outras palavras, a formação discursiva se define como aquilo que, em uma dada formação ideológica, ou seja, a partir de uma dada posição e em uma conjuntura sócio-histórica, determina o que pode e deve ser dito. Assim, o discurso se constitui em seus sentidos porque aquilo que o sujeito diz se pauta em sua formação discursiva, e não em outra, para ter um sentido, e não outro, o que, por sua vez, representa, nos discursos, as formações ideológicas, nas quais os sentidos sempre são estabelecidos ideologicamente, pois tudo o que se debate apresenta um traço ou mais traços carregados de ideologias.

Como diz Orlandi (2015, p. 41), “as palavras falam com outras palavras. Toda palavra é sempre parte do discurso. E todo discurso se delinea na relação com outros: dizeres presentes e dizeres que se alojam na memória”. É por meio da formação discursiva que se pode compreender, no funcionamento discursivo, os diferentes sentidos, pois palavras iguais

podem significar diferentemente, por se inscrevem em formações discursivas distintas (Orlandi, 2015).

No decorrer deste estudo, ao buscar analisar as percepções do uso da Ciência e da Tecnologia nuclear nos discursos produzidos por alunos no contexto escolar do Ensino Médio, durante a aplicação da unidade de ensino, observou-se articulações e contribuições analíticas que envolvem os dispositivos teóricos da AD e a abordagem CTS. Os fundamentos teóricos da AD — não transparência da linguagem, interdiscurso, mecanismos de condições de produção e formação discursiva — mobilizados para a análise das percepções do uso da Ciência e da Tecnologia nos discursos produzidos pelos alunos são apresentados no Quadro 2, com as articulações entre as noções da AD mobilizadas, os pressupostos e propósitos educacionais CTS e o uso da tecnologia nuclear, empregados nas análises.

Quadro 2 – Noções mobilizadoras da AD articuladas com CTS e o uso da tecnologia nuclear nas análises

<b>Noções mobilizadoras</b>	<b>Articulações com noções da AD</b>	<b>Articulações com CTS e tecnologia nuclear</b>
Não transparência da linguagem	Refere-se à produção de sentidos que determinado sujeito associa a outras interpretações e saberes contruídos no contexto histórico e cotidiano	- Racionalidade científica - Neutralidade da ciência
Interdiscurso	Corresponde ao momento em que o sujeito elabora seu dizer, remetendo-o a outros discursos, em função da aproximação com eles e de suas posições ideológicas.	- Precedentes históricos da tecnologia nuclear - Avaliação dos impactos da Ciência e Tecnologia na sociedade
Condições de produção	Compreende os sujeitos e a situação, sendo que a memória também faz parte da produção discursiva.	- Contradições intrínsecas do modelo de desenvolvimento capitalista
Formação discursiva	Relaciona-se ao que, a partir de dada posição e determinada conjuntura histórica socio-histórica, indica o que pode ser dito.	- Efeitos da ideologia sobre a tecnologia e seus impactos no uso da tecnologia nuclear - Participação social em âmbito político

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

O referencial teórico e metodológico da AD apresenta diálogos possíveis de serem estabelecidos para responder às questões que nortearam esta pesquisa, no sentido de compreender que discussões podem emergir no contexto escolar sobre as implicações do uso da Ciência e da Tecnologia na sociedade. Nesse diálogo, o estudo sobre energia nuclear se propôs a contribuir para ações educativas pautadas nos pressupostos e propósitos educacionais da CTS para promover o engajamento de alunos da Educação Básica em

questões científicas e sociais. O reconhecimento das diferenças históricas e epistemológicas nessas abordagens teóricas pode estabelecer avanços para uma compreensão crítica das percepções apresentadas pelos estudantes na unidade de ensino, que teve o intuito de buscar vestígios que mostrem possibilidades de engajamento científico e social nos discursos produzidos pelos estudantes.

### **3.3 Condições de produção da pesquisa e constituição do *corpus* de análise**

Neste estudo, o contexto em que se baseiam as condições de produção sobre a temática energia nuclear se inicia com a elaboração de uma unidade de ensino, fundamentada em pressupostos educacionais CTS. A aplicação da unidade de ensino se materializou em uma escola pública maranhense, uma escola de Ensino Médio, a primeira escola primária e ginásial do município de Codó, criada em 7 de março de 1934, no estado do Maranhão. A escola, situada no Leste maranhense, na região denominada Cocais, adotou o Novo Ensino Médio, a partir de 2022, com os alunos do primeiro ano, e, em 2023, ano deste estudo, adotou o Novo Ensino Médio nas turmas do segundo ano. Os sujeitos desta pesquisa, educandos de turmas do terceiro ano, não se encontravam submetidos à reforma do Ensino Médio. Então, considera-se que este estudo não se vincula à reforma do Ensino Médio prevista pela BNCC, mesmo com a introdução de uma nova proposta curricular, que preconiza a flexibilização do currículo (Brasil, 2018).

Os sujeitos da pesquisa foram 55 estudantes, distribuídos em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio. Inicialmente, eles responderam a um questionário de sondagem de conhecimentos prévios constituído de 7 perguntas sobre a temática *energia nuclear*. Antes da aplicação do questionário, os estudantes com mais e menos de 18 anos receberam um termo de consentimento livre e esclarecido (Apêndices C e D), lido em sala de aula. A autorização para a realização da pesquisa na escola foi concedida pela unidade regional da educação, vinculada à secretaria de educação do governo do Maranhão, situada no município de Codó. Antes de iniciar o estudo, os termos de consentimento foram assinados pelos estudantes maiores de 18 anos que aceitaram, voluntariamente, participar da pesquisa e os estudantes menores de 18 anos, em sua maioria, assinaram ao termo de assentimento, mediante a autorização assinada pelos pais. Para preservar o anonimato dos sujeitos da pesquisa, seus nomes foram associados a codinomes. Para uma das turmas, com 33 alunos, eles foram denominados por A1, A2, ...A33 e, para a outra turma, com 22 alunos, eles foram denominados por B1, B2, ...B22. Os gêneros também não foram identificados, de

forma que, durante as análises, os participantes, quando foram tratados individualmente, foram identificados como “o aluno” ou “o estudante”.

As informações coletadas para as análises, constituintes do *corpus* de análise, são as respostas dos estudantes ao questionário de concepções prévias, no início da unidade de ensino, e as redações, em formato de um resumo simples, escritas pelos estudantes sobre a temática energia nuclear, produzidas como a última atividade da proposta. As redações foram analisadas com o intuito de observar possibilidades de engajamento científico e social dos sujeitos da pesquisa. Os codinomes utilizados para os autores dos resumos seguiram a mesma lógica adotada para os respondentes ao questionário inicial, acrescentando apenas a letra *R*, denominando-os por RA1, RA2, ...RA35, e para a outra turma RB1, RB2, ...RB30. A letra *R* equivale a resumo, e as letras *A* e *B* correspondem, respectivamente, às turmas A e B pesquisadas. Somadas as 2 turmas, constatou-se a participação de 65 estudantes na atividade final da unidade de ensino, com 10 alunos a mais que não participaram da etapa inicial (questionário), o que pode representar um maior interesse dos estudantes em participar das aulas, devido à metodologia empregada na unidade de ensino.

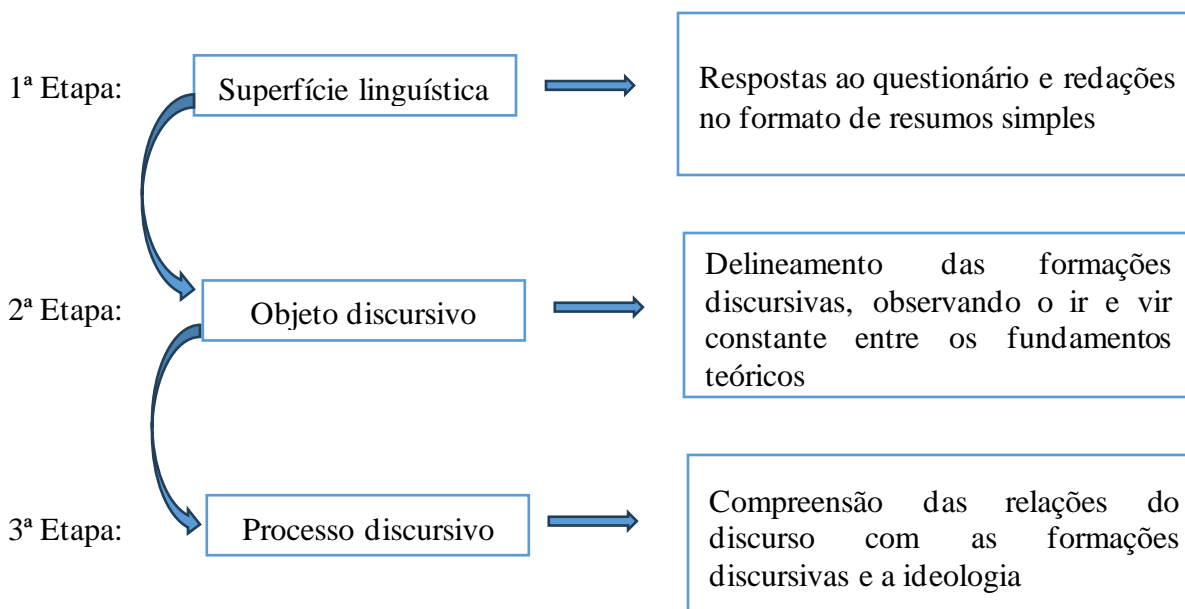
Para a compreensão dos discursos dos estudantes, foram mobilizadas as noções da AD constituinte do dispositivo analítico construído, considerando que o interesse da AD não são as marcas em si, mas seu funcionamento no discurso, pois é o funcionamento que se procura descrever e compreender. A partir das respostas ao questionário e da redação de resumos simples, foi possível construir o *corpus* discursivo, que possibilitou o processo reflexivo sobre questões que nortearam a pesquisa: que discussões sobre implicações do uso da Ciência e da Tecnologia na sociedade podem emergir do contexto escolar ao estudar a energia nuclear? Como contribuir para as ações de abordagem CTS, com a referida temática, e promover o engajamento de alunos da Educação Básica em questões científicas e sociais?

Para sintetizar as etapas de análise da AD, elaborou-se um esquema, mostrado na Figura 1, que expressa adaptações de correlações propostas por Orlandi (2015, p. 76).

Após coletado o material bruto, as respostas do questionário e os resumos simples produzidos durante a unidade de ensino receberam o primeiro tratamento, procedeu-se uma análise superficial denominada de superficialização, para a observação de como se diz, quem diz e em que circunstâncias se diz, determinados discursos extraídos dos textos coletados durante a aplicação da unidade de ensino. Essa enunciação, em que o sujeito se marca no que diz, tende a fornecer pistas para compreender o modo como o discurso pesquisado se textualiza (Orlandi, 2015). Para a compreensão das respostas ao questionário e dos registros

escritos nos resumos simples, como um objeto discursivo, foi analisado o que foi dito no discurso e o que é dito em outro, em outras condições, afetados por diferentes memórias discursivas.

Figura 1 – Etapas de análises do material coletado pela AD



Fonte: Esquema elaborado pela autora com base em Orlandi (2015).

Na segunda etapa, na passagem do objeto discursivo para o processo discursivo, passa-se ao delineamento das formações discursivas para sua relação com a ideologia, o que permite compreender como se constituem os sentidos do dizer. Assim, no trabalho de análise, ao se fazer recortes do *corpus* nos enunciados - a partir do questionário inicial e dos resumos escritos -, parte-se para a discursividade, que tem como principal objetivo o ir e o vir constante entre os fundamentos teóricos (que sustentam a pesquisa) e a consulta ao *corpus* de análise. Nesse movimento, aprende-se com a historicidade do texto em sua materialidade e mostra-se o funcionamento do trabalho da ideologia (Orlandi, 2015).

A terceira etapa da análise é constituída pelo processo discursivo, em que o analista percebe determinadas regularidades organizadas na análise e verifica se há semelhanças entre elas. Compreende-se que o texto não é definido por sua extensão, pois pode ter, desde uma só palavra, frases, enunciados, entre outras extensões, porque não é sua extensão que delimita o que diz, mas sim a discursividade que se constitui uma unidade de sentido em relação a certas situações. Ademais, é na dispersão de textos que se constitui um discurso, e na compreensão das relações do discurso com as formações discursivas e a ideologia que se chega mais perto do real sentido na observação das posições dos sujeitos, da incompletude

(algo que não se fecha), da falta, do equívoco e da contradição (Orlandi, 2015).

Apresentou-se aqui o percurso teórico e metodológico da pesquisa. Expõe-se, no próximo capítulo, a unidade de ensino aplicada em sala de aula do Ensino Médio, no espaço de uma disciplina de Química e de uma disciplina de Física, pela professora-pesquisadora licenciada em Química proponente deste estudo.



## 4 UNIDADE DE ENSINO

Apresentam-se a unidade de ensino e as principais proposições dos estudantes. Elas tiveram apoio em seminários temáticos e em discussões de uma audiência pública simulada com o objetivo de subsidiar esses alunos a se posicionarem em situações de decisão sobre a Ciência e a Tecnologia.

### 4.1 Desenvolvimento e aplicação da unidade de ensino

A unidade de ensino, elaborada com a temática *energia nuclear*, foi fundamentada em pressupostos da abordagem CTS como possibilidade de promover o engajamento científico e social dos estudantes. Essa perspectiva vem sendo adotada por educadores e pesquisadores como um princípio norteador de uma educação voltada para a cidadania. Nessa abordagem, o ensino das Ciências da Natureza tem como objetivo principal levar os estudantes a: compreenderem as interações entre a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade; desenvolverem a capacidade de resolver problemas; e participarem de processos decisórios relativos às questões do desenvolvimento científico e tecnológico. Para Silva e Marcondes (2015), essas escolhas devem ser baseadas em conhecimentos científicos, considerando os aspectos sociais, históricos e éticos como focos do debate.

Aikenhead (1994) entende que uma proposta metodológica em CTS, para a implementação de uma educação voltada para a cidadania, parte de questões sociais relacionadas a conhecimentos tecnológicos e científicos. Inicialmente, o saber científico é definido em função do tema e da Tecnologia; em seguida, a compreensão desses conhecimentos científicos retorna à Tecnologia; ao fim, retoma-se a questão social. Essa sistematização pode possibilitar a tomada de decisão sobre a questão social abordada.

Atualmente, o debate sobre energia nuclear retornou ao centro das discussões globais com o recente advento da guerra entre a Rússia e a Ucrânia, ao considerar que ambos os países armazenam fontes energéticas de matriz nuclear: a Ucrânia é detentora de usinas nucleares; e a Rússia, de numerosos artefatos nucleares para uso em guerra (Aparecido; Aguilar, 2022). A evidência da energia nuclear em discussões globais atuais torna a temática de maior interesse e facilita a articulação de discussões envolvendo o lócus onde os participantes da pesquisa estão inseridos, visto que a energia nuclear tem forte impacto científico, social e tecnológico, e também faz parte do currículo da área das Ciências da Natureza no Ensino Médio.

Não há dúvida quanto às inúmeras contribuições valiosas que a energia nuclear forneceu para a sociedade. No entanto, seu desenvolvimento ao longo dos anos tem criado muitas controvérsias. A decisão de produzir energia nuclear exclusiva para a geração de energia elétrica não afasta as muitas questões problemáticas associadas a essa produção, como o armazenamento dos resíduos radioativos, os perigos de acidentes e o desvio da energia nuclear para projetos militares. Essas questões, presentes na produção de energia nuclear, já produziram efeitos devastadores para muitas populações, a exemplo de Hiroshima e de Nagasaki, no Japão. No Brasil, o acidente com o Césio-137, em Goiânia (Santos; Silva; Cardoso, 2020), é um exemplo dos perigos a que está sujeita uma população desinformada sobre energia nuclear. Para Brito e Ferreira (2021), a despeito de essa temática ser discutida por anos, ainda apresenta dificuldades específicas no contexto escolar, relativo ao ensino e à aprendizagem; os autores consideram que promover discussão do assunto, em sala de aula, é uma oportunidade de os estudantes buscarem informações e se posicionarem de forma crítica e responsável.

A unidade de ensino foi construída em quatro etapas, e sua estrutura foi organizada de acordo com os objetivos educacionais planejados e constituída de diferentes estratégias e recursos didáticos, como uso de questionário prévio, reportagens de jornal, apresentação de *slides (Powerpoint)*, vídeos, leituras, discussões de textos, debates em grupo, seminários temáticos, comunicação oral e, entre as atividades finais, a simulação de uma audiência pública com a participação de diversos atores sociais e a redação de resumo simples. Durante a aplicação da unidade de ensino, foi necessário fazer ajustes para adequá-la à rotina da escola e a necessidades emergentes depois do planejamento inicial. Um exemplo de ajuste foi a aplicação da unidade em salas de aula de duas disciplinas, Química e Física, inicialmente prevista somente nas aulas da disciplina Química. Mas, devido à diminuição da carga horária desta última de sete para cinco horas aulas, foi incluída a aplicação da unidade de ensino também na disciplina Física (duas horas/aulas), com o intuito de ampliar a carga horária para as sete horas previstas.

Os principais objetivos e estratégias de ensino utilizados no desenvolvimento da proposta didática, no âmbito da abordagem CTS, são, esquematicamente, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Planejamento da unidade de ensino

UNIDADE DE ENSINO – ENERGIA NUCLEAR		
Etapas	Objetivos específicos	Principais estratégias de ensino
<b>Aula 1</b> <b>(1h/aula)</b>	Obter informações sobre conhecimentos prévios dos alunos sobre a temática energia nuclear	<i>Apresentação inicial</i> - Apresentação e assinatura do TCLE/Tale pelos alunos. - Aplicação de questionário de conhecimentos prévios sobre a energia nuclear.
<b>Aula 2</b> <b>(2h/aula)</b>	Problematizar a necessidade do uso da energia nuclear e a instalação de uma usina nuclear sob o ponto de vista ético, científico, tecnológico, social e ambiental	<i>Problematização</i> - Problematização inicial (30min). - Leitura e discussão da reportagem do jornal da Unesp (Paladino, 2022), em grupos. - Elaboração de síntese do texto nos grupos. - Apresentação da síntese para a turma. - Explicação das próximas etapas metodológicas da unidade de ensino.
<b>Aula 3</b> <b>(2h/aula)</b>	Compreender aspectos científicos e sociais relacionados à energia nuclear e os principais impactos socioeconômicos	<i>Seminários temáticos</i> - Apresentação de seminários, por grupos da turma, sobre: 1- conceitos fundamentais da energia nuclear; 2- usinas nucleares; 3- tecnologias nucleares e contribuições da energia nuclear; 4- riscos provenientes de uma energia nuclear e implicações éticas na utilização da energia nuclear. - Discussão da temática com a professora-pesquisadora ao final da apresentação de cada grupo.
<b>Aula 4</b> <b>(2h/aula)</b>	Promover engajamento nas discussões sobre a temática energia nuclear pautado nas orientações da abordagem CTS	<i>Simulação de audiência pública</i> - A audiência pública simulada organizada por todos os participantes da turma com a temática: “Minha terra tem palmeiras e pode ter uma usina nuclear?” - Apresentação das proposições do tema por diversos representantes/atores sociais: prefeito, vereador, advogado, ambientalista, presidente da associação de moradores, empresário, representante dos agricultores, representante das quebradeiras de coco babaçu e representante de instituição acadêmica. - Escuta ativa de estudantes da turma com proposições. - Escrita de resumo simples com a tomada de decisão ao final da unidade de ensino.

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

Durante a aplicação da unidade de ensino, discutiu-se implicações da energia nuclear, na perspectiva das relações da CTS, mediante a possibilidade de implantação de uma usina nuclear na região dos Cocais. Para tanto, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos: obter informações sobre os conhecimentos prévios dos alunos relativos à temática energia nuclear; problematizar a necessidade do uso da energia nuclear; e colocar em dúvida a instalação de uma usina nuclear sob o ponto de vista ético, científico,

tecnológico, social e ambiental; compreender os aspectos científicos e sociais relacionados a energia nuclear e os principais impactos socioeconômicos; e promover engajamento dos alunos nas discussões sobre a temática energia nuclear pautado nas orientações da abordagem CTS.

A unidade de ensino, planejada e organizada em quatro etapas, teve início com a aplicação de um questionário, direcionado a alunos do terceiro ano do Ensino Médio. Nele, não só foram abordados conceitos relacionados à energia nuclear para conhecer as concepções prévias dos estudantes, principalmente, sobre a produção da energia nuclear, mas também produzidos questionamentos sobre uma possível instalação de uma usina nuclear local, nos arredores da cidade de Codó, Maranhão (MA), Brasil. O intuito foi aproximar os estudantes de problemáticas relativas ao desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia e suas aplicações associadas a questões sociais.

Na segunda etapa, denominada de problematização, foram realizados questionamentos, com duração de 30 min, ocasião em que os alunos foram indagados sobre o que pensam da temática. Partiu-se de perguntas sobre conceitos relativos à energia nuclear e de situações históricas, como: o fato de o Brasil ter se envolvido com a produção de energia nuclear; a construção de usinas nucleares brasileiras; a política de expansão da produção de energia nuclear no Brasil, como parte de fontes energéticas do país; e a produção de energia nuclear no contexto de produção da matriz energética brasileira.

A problematização teve continuidade com a discussão sobre uma reportagem do Jornal da Universidade Estadual Paulista (Unesp), intitulada “Discretamente, governo federal mira na expansão da produção de energia nuclear no Brasil” (Paladino, 2022). Nessa etapa, os alunos foram divididos em quatro grupos, que poderiam ser formados com até dez componentes cada um, para realizarem a leitura e discutirem sobre a reportagem. Cada grupo ficou responsável por um subtema da reportagem: (1) introdução sobre energia nuclear; (2) explosão da geração por energia eólica no Brasil; (3) riscos e impactos ambientais da energia nuclear; e (4) propaganda para melhorar imagem da energia nuclear. A duração da leitura, discussão e elaboração da síntese inicial do grupo foi de aproximadamente 30 minutos, e a duração da apresentação da síntese inicial do grupo foi de 10 minutos para cada grupo, somando 40 minutos. Após esse estudo em sala de aula, foi solicitado que os alunos realizassem uma pesquisa, individual, sobre o assunto, que teve como perspectiva prepará-los para um debate, *a posteriori*.

Os conhecimentos expostos pela reportagem foram discutidos, sistematicamente, ao serem apresentados em sala de aula pelos grupos de alunos. Na ocasião, tanto as situações iniciais de produção dos discursos quanto outros discursos, embora não estivessem claramente ligados ao momento inicial, puderam ser compreendidos na análise e interpretação.

Na terceira etapa do estudo, foram apresentados seminários temáticos sobre a energia nuclear, incluindo impactos tecnológicos e científicos na sociedade, como instrumento didático. Para o desenvolvimento dos seminários, os grupos, mantidos na organização da etapa de problematização, foram conduzidos a elaborarem pesquisas sobre uma temática - utilizando-se de referências confiáveis, estabelecidas por análise da qualificação de seus autores - em livros, artigos, textos de divulgação científica, vídeos, *sites* e/ou *blogs*. Os grupos organizaram resumos escritos e montaram apresentações, em formato de livre escolha, para mostrar as implicações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais referentes à temática escolhida. Cada grupo - formado por 7 a 9 alunos, nas 2 turmas do terceiro ano, em um total de 65 alunos - participante do estudo, escolheu um tópico da temática. Os tópicos escolhidos para a discussão foram: (1) conceitos fundamentais da energia nuclear; (2) usinas nucleares; (3) tecnologias nucleares e contribuições da energia nuclear; (4) riscos provenientes da energia nuclear e implicações éticas na utilização da energia nuclear. Cada grupo tinha a missão de apresentar um tópico, utilizando argumentos do ponto de vista científico, tecnológico, social e/ou ambiental sobre questões relativas à produção de energia nuclear. Após cada apresentação de 15 minutos, os grupos tiveram 10 para estabelecer uma discussão em sala de aula entre eles e a professora-pesquisadora.

Na quarta etapa da unidade de ensino, foi realizada uma simulação de audiência pública com a temática “Minha terra tem palmeiras e pode ter uma usina nuclear?”. A temática foi inspirada na “Canção do exílio”, de Gonçalves Dias (1957), um dos poemas mais famosos do poeta maranhense nascido na região dos Cocais, em que o termo “palmeiras” faz referência à mata dos Cocais, vegetação típica do estado do Maranhão. A região, situada entre o Cerrado, a Floresta Amazônica e a Caatinga, é rica em palmeiras que, como dizia o ilustre poeta, é “onde canta o Sabiá”. Além de associar um símbolo regional à discussão sobre energia nuclear, a temática da audiência pública fez uma homenagem a Gonçalves Dias no período de seu bicentenário, comemorado em 10 de agosto de 2023.

A realização da audiência teve o objetivo de discutir as implicações da instalação de uma usina nuclear na região dos Cocais, com o intuito de possibilitar aos estudantes o

engajamento nas discussões públicas sobre a Ciência e a Tecnologia bem como de analisar o papel destas na sociedade. Na ocasião, foi indagado aos estudantes sobre possíveis soluções e estratégias para permitir ou não a construção de uma usina nuclear na região, analisado o contexto científico, tecnológico, social e ambiental.

A estruturação e organização da audiência pública simulada foi elaborada nos moldes de uma audiência pública estabelecida pelo Ipea (2012). A audiência pública simulada foi organizada por todos os participantes das turmas, na qual cada estudante representou um diferente ator social — prefeito, vereador, advogado, ambientalista, presidente da associação de moradores, empresários e representantes dos agricultores, das quebradeiras de coco babaçu e de instituição acadêmica. Em pauta, a discussão sobre a construção de uma usina nuclear nas proximidades de onde residem os participantes do debate público, com o objetivo de analisar possíveis implicações científicas, tecnológicas, sociais, ambientais e econômicas. Após o debate, para a tomada de decisão, cada aluno(a) elaborou um resumo simples, por escrito, para expressar proposições com estratégias e/ou soluções para enfrentar a questão posta, de modo a justificar seu posicionamento, favorável ou contrário à construção da usina nuclear na região dos Cocais. O planejamento é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Planejamento da simulação de uma audiência pública

PLANEJAMENTO DA SIMULAÇÃO DE UMA AUDIÊNCIA PÚBLICA
<p>Temática: <b>Minha terra tem palmeiras e pode ter uma usina nuclear?</b></p> <p>A audiência pública tem o objetivo de discutir as implicações da instalação de uma usina nuclear na Região dos Cocais, localizada no leste maranhense, com o intuito de possibilitar ao estudante o engajamento nas discussões públicas da Ciência e da Tecnologia, bem como analisar o papel delas na sociedade. Os estudantes proporão possíveis soluções e estratégias sobre a construção ou não de uma usina nuclear na Região dos Cocais, após analisado o contexto científico, tecnológico, social e ambiental. Será organizada, por toda turma, uma audiência pública no formato simulado, com diferentes atores sociais (prefeito, vereador, advogado, ambientalista, presidente da associação de moradores, empresário, representante dos agricultores, representante das quebradeiras de coco babaçu e representante de instituição acadêmica). Em pauta, está a discussão sobre a construção de uma usina nuclear nas proximidades de onde residem os estudantes/atores do debate público, tendo em vista analisar suas implicações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais.</p>
ORGANIZAÇÃO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Local da audiência pública: sala de aula de uma escola pública estadual.</li> <li>- Cerimonialista: responsável pelo elo entre a mesa da audiência pública e a participação do público.</li> <li>- Redator: responsável pela redação do relatório da audiência pública .</li> <li>- Composição da mesa: placas de identificação das pessoas e autoridades que comporão a mesa de abertura dos trabalhos (Identificação: nome e cargo).</li> <li>- Convidados especialistas, se houver.</li> <li>- Lista de presença.</li> </ul>

- Momento de escuta social: até 4 perguntas inscritas do público da audiência pública, direcionada a qualquer membro da mesa com direito de resposta de até 5 min para cada pergunta.

#### PROGRAMAÇÃO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA (2h/aula)

07h10 – 07h15: Recepção dos participantes e assinatura na lista de presença.  
 07h15 – 07h20: Apresentação da audiência pública e dos convidados pela cerimonialista e abertura dos trabalhos da mesa da audiência pública.  
 07h20 – 07h55: Palavra franqueada aos participantes da mesa:  
*Obs.:* Para cada participante da mesa, o tempo máximo de fala é de até 5 min.  
 - Defensor público (advogado);  
 - Prefeito;  
 - Representante de instituição acadêmica;  
 - Vereador;  
 - Ambientalista;  
 - Presidente da associação de moradores;  
 - Empresário;  
 - Representante dos agricultores;  
 - Representante das quebradeiras de coco babaçu.  
 07h55 – 08h00: Momento de pausa.  
 08h00 – 08h20: Momento da Escuta social, para a manifestação do público inscrito para as intervenções orais.  
 08h20: Encerramento da audiência pública.  
 08h20 – 08h40: Momento de “Tomada de decisão” – cada aluno elabora um resumo simples com a proposição de possíveis soluções e/ou estratégias sobre a construção ou não de uma usina nuclear na região dos Cocais, analisado o contexto científico, tecnológico, social e ambiental.

Fonte: Elaborado pela autora em 2023.

No planejamento da simulação da audiência pública, mostrado no Quadro 4, constam: temática, objetivo, atores sociais, organização e programação da audiência pública. A simulação aplicada em sala de aula constituiu-se parte integrante do desenvolvimento da unidade de ensino.

#### 4.2 Olhares sobre as proposições a partir dos seminários temáticos

As proposições apresentadas pelos estudantes em sala de aula, a partir dos seminários temáticos, foram descritas para análises. No Tópico 1, que aborda os conceitos fundamentais da energia nuclear, observou-se que os alunos elencaram os principais conceitos sobre o que seria a energia nuclear, disseram como ocorre o processo de fissão nuclear dentro do núcleo do átomo e citaram os principais minerais radioativos, como o urânio e o tório. Destacaram a enorme quantidade de energia liberada na fissão nuclear e a utilização da energia nuclear para produção de energia elétrica. Para finalizar, ressaltaram que o uso dessa energia é limitado, não renovável, uma fonte pouco poluente por não emitir gases de efeito estufa, mas apresenta a desvantagem de gerar resíduos radioativos.

No Tópico 2, sobre as usinas nucleares, a apresentação em sala de aula tratou das usinas term nucleares e do processo de fissão nuclear que ocorre no interior das usinas nucleares. Deram ênfase às usinas brasileiras (com reatores de fissão de urânio) de Angra 1

(opera desde 1985), Angra 2 (opera desde 2021) e Angra 3, em construção, focando na capacidade da geração de energia elétrica para as cidades abastecidas por esse tipo de energia, como o Rio de Janeiro e São Paulo. Os estudantes também apresentaram os principais minerais radioativos utilizados nas usinas, como o urânio e o cobalto. Na ocasião, trouxeram à tona um episódio do desenho animado *Os Simpsons* sobre as usinas nucleares e sobre acidentes nucleares, como o de Chernobyl, e suas consequências.

Já no Tópico 3, sobre tecnologias nucleares e contribuições da energia nuclear, observou-se, na apresentação dos estudantes, que eles abordaram a definição sobre tecnologia nuclear e diversas aplicações desse tipo de tecnologia na indústria, na Medicina e na pesquisa científica. Os alunos relataram que, na Medicina Nuclear, as principais contribuições se referem ao diagnóstico e tratamento de doenças e à utilização da radiação em esterilização de materiais na área da Saúde. A tecnologia nuclear tem contribuições na tecnologia dos alimentos, no controle de pragas e doenças, no processamento e modificação de polímeros, bem como na geração de energia por meio das usinas nucleares.

No Tópico 4, sobre os riscos provenientes da energia nuclear e implicações éticas na utilização da energia nuclear, observaram-se, nas proposições dos estudantes, relatos sobre os processos de fissão e fusão nuclear e o modo como ocorrem os dois. Os discentes discutiram que alguns países dependem muito da utilização das usinas nucleares, especialmente para a produção de energia elétrica. Na situação brasileira, notaram uma tendência de expansão das usinas nucleares para além de Angra 1 e Angra 2 e da terceira usina em fase de construção. Arelaram alguns riscos que as usinas podem trazer para as pessoas e para o meio ambiente por meio da energia nuclear, principalmente, ao se tratar da utilização para a produção de energia elétrica, devido à quantidade de resíduos radioativos fabricados. A preocupação foi associada ao descarte desses resíduos pela possibilidade de contaminação da população e do meio ambiente por esses rejeitos da energia nuclear, como já ocorreu anteriormente, a exemplo do caso da usina de Chernobyl (Ucrânia) e do Césio-137, em Goiânia (Brasil), que resultaram em consequências graves para a população local e para o meio ambiente.

### **4.3 Olhares sobre as discussões produzidas pelos atores sociais na audiência pública**

As principais discussões apresentadas na audiência pública pelos estudantes atuantes como representantes sociais - estudantes de uma das turmas pesquisadas - são descritas a seguir com o objetivo de apoiar as análises deste estudo. Logo no início dos trabalhos da



audiência, observou-se que o representante dos agricultores não compareceu, e a audiência prosseguiu com apenas oito representantes sociais: prefeito, vereador, advogado, ambientalista, presidente da associação de moradores, empresário, representante das quebradeiras de coco babaçu e representante de instituição acadêmica.

Nas questões evidenciadas pelo prefeito, ele ressaltou a importância da instalação de uma usina nuclear para atender a necessidade de crescimento da região, a partir da ampliação do setor energético para a cidade. O prefeito disse acreditar que a produção de energia pela usina nuclear é limpa, confiável e sustentável, e trará muitos benefícios econômicos, como a criação de milhares de empregos direta e indiretamente. Além de possibilitar a melhoria da qualidade de vida, segundo o prefeito, ela não trará impactos ambientais para a região, pois se adequa como energia limpa e não emite gases de efeito estufa, o que possibilita o desenvolvimento sustentável a longo prazo e o abastecimento energético por muitos anos.

O representante da Câmara Municipal (vereador) levou para a discussão a questão do principal material radioativo utilizado na usina nuclear, o urânio, e do tipo de gerador que pode ser utilizado na usina. Informou que o Brasil tem outras fontes energéticas consideradas, verdadeiramente, limpas e não necessita de mais usinas nucleares, pois já existem duas e, também, não há necessidade de mais investimentos em energia nuclear, pois o investimento financeiro para produzir esse recurso é muito elevado. Outra preocupação mostrada foi com a água utilizada para o resfriamento da usina nuclear e o elevado risco de ocorrer o mesmo acidente que em outras usinas, a exemplo de Chernobyl, na Ucrânia. Por fim, posicionou-se contrário à implantação da usina nuclear.

O defensor público (advogado) ressaltou o ponto de vista econômico e social e a necessidade de a população ser ouvida. Destacou o olhar da população que se posiciona contrária à instalação de uma usina nuclear e finalizou abordando o impacto ambiental, ao destacar seus principais pontos positivos e negativos.

O ambientalista ressaltou os problemas ocasionados pelo avanço tecnológico e disse que se faz necessário zelar pelo meio ambiente. Ponderou sobre os riscos ocasionados por uma usina nuclear, caso aconteça um acidente radioativo, e abordou que, para a região, um acidente radioativo poderia ocasionar a contaminação dos rios e das palmeiras de coco babaçu bem como o trabalho das quebradeiras de coco. Em sua fala, deu ênfase aos diversos problemas que uma possível contaminação radioativa poderia ocasionar, como alterações na saúde das pessoas que vivem na região e danos à fauna e à flora desta.

O representante da associação de moradores sublinhou que a implantação da usina nuclear é um erro para uma cidade. Não defendeu a implantação de usina, pois a construção traria danos à população e ao meio ambiente e lembrou os acidentes nucleares de Chernobyl (Ucrânia) e Fukushima (Japão), frisando o medo que essa construção pode provocar na população.

O representante dos empresários reforçou as discussões já apresentadas a favor da instalação da usina na região. Dentre elas, destacou a energia nuclear como uma fonte limpa, que não emite gases de efeito estufa, como o abastecimento da cidade com eletricidade. Indicou que essa possibilidade geraria, para a cidade, ganhos econômicos e desenvolvimento local.

A representante das quebradeiras de coco de babaçu enfatizou que a instalação de uma usina nuclear na região dos cocais poderá gerar mais conflitos no campo. Relatou que é uma ameaça à sobrevivência delas, porque faltarão moradias para elas. Disse que as palmeiras de onde retiram o sustento para a sobrevivência poderão desaparecer, o que será um descaso com uma população que vive há décadas do extrativismo e depende do meio ambiente saudável.

A representante de instituições acadêmicas evidenciou aspectos que considera importantes para a implantação de uma usina nuclear na região. Primeiro, frisou a necessidade de um estudo sobre o impacto ambiental e, em um segundo momento, fez uma análise dos objetivos para a implementação de uma usina nuclear que, em seu entendimento, não devem ser concentrados somente no desenvolvimento econômico da região e na geração de empregos. Para ela, há necessidade de pensar nas vidas — pessoas, flora e fauna — da população que ocupa a região. Para ela, o desenvolvimento industrial pode afetar o meio ambiente, provocar impactos danosos na vida das pessoas e promover mudanças no clima. Por isso, a população precisa ter conhecimento dos possíveis impactos, há a necessidade de se construir mais discussão com a comunidade para uma tomada de decisão importante como a proposta, que poderá ter impactos diretos sobre todos os que vivem na região. A aluna discutiu questões inerentes ao vazamento de urânio em usinas nucleares, a demanda de a usina ser instalada próxima a um grande reservatório de água, a exigência de certo desmatamento para realizar as instalações, que seriam afastadas da cidade e da vegetação. Indicou, também, preocupações relacionadas à usina nuclear com o descarte do lixo atômico.

No próximo capítulo, serão apresentados os resultados e a discussão. Eles foram

obtidos a partir dos discursos dos estudantes, produzidos na unidade ensino sobre a temática *energia nuclear* aplicada em sala de aula.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo são apresentados em três etapas. Primeiro, analisa-se as concepções prévias dos estudantes sobre a energia nuclear. Depois, expõe-se as perspectivas com o enfoque CTS para o engajamento científico e social. Por fim, faz-se uma breve discussão sobre a matriz energética brasileira.

### 5.1 Percepções iniciais dos estudantes

Os discursos das concepções prévias dos estudantes sobre energia nuclear foram produzidos a partir de um questionário constituído pelas indagações: (1) Você se lembra de alguma situação de uso da energia nuclear em seu dia a dia? Fale sobre isso. (2) Pensando em benefícios e/ou em malefícios para a sociedade, qual sua percepção sobre o uso da Energia Nuclear? (3) Você já ouviu falar em usina nuclear? Você poderia dizer para que serve uma usina nuclear? (4) Você já ouviu falar que o governo brasileiro tem a intenção de construir uma usina nuclear na região Nordeste? E se o local de instalação escolhido pelo governo for o município em que você reside, o que você diria ou faria? (5) O que você gostaria de conhecer sobre a energia nuclear? Por quê? (6) Fale o que você conhece sobre a energia nuclear. (7) O que você gostaria de estudar sobre Ciência e sobre Tecnologia nas disciplinas do Ensino Médio? Justifique sua resposta.

Em resposta à primeira pergunta, “Você se lembra de alguma situação do uso da energia nuclear em seu dia a dia? Fale sobre isso”, observou-se que cerca de 60% dos estudantes se expressaram como:

- *Não tenho conhecimento sobre* (A14).
- *Não lembro, desconheço sobre o assunto* (A18).
- *Nunca presenciei o uso da mesma no meu cotidiano* (A24).
- *Tipo eu não vejo muito dessa situação do uso da energia nuclear* (A33).
- *Não, não sei* (B12).
- *Não lembro* (B16).

Nas palavras de Orlandi (2015), para a constituição das condições de produção do discurso e, portanto, para sua significação, não se pode menosprezar o imaginário dos estudantes, pois esses discursos não brotam do nada, mas se assentam no modo como as relações sociais se inscrevem na história e são regidas por relações de poder. Quando os estudantes retrataram a falta de conhecimento sobre a energia nuclear e disseram que não presenciaram essa tecnologia no cotidiano, remete-se ao contexto histórico em que a produção de energia nuclear surgiu no país. Ligada a interesses militares, em regimes não

democráticos (Kuramoto; Appoloni, 2002), o desenvolvimento e a produção dessa fonte se mantêm, até os dias atuais, quase como um “segredo de Estado”, embora essas questões sejam de interesse de toda a população, a qual deveria participar de todas as decisões relativas ao desenvolvimento ou não desse recurso. Soma-se, ainda, o fato de haver oposição à produção de energia nuclear. Embora esta não seja um fenômeno novo, os precedentes históricos dessa tecnologia mostram que não promoviam o posicionamento da opinião pública do povo brasileiro em relação ao uso da energia nuclear. Praticamente, a população não teve contato com informações sobre essa fonte de energia e, ainda hoje, não se observa política transparente sobre a tomada de decisão diante do porquê de produzir energia, em especial, a de matriz nuclear (Machado, 2021; Patti, 2014).

Observa-se que cerca de 14% dos estudantes trouxeram discursos diferentes do primeiro grupo e podem ser representados pelas respostas:

- *Quimioterapia, raio x* (A3).
- *Sim. Em raio x é um tipo de energia nuclear pois possui radiação* (A4).
- *Sim, quando fui fazer um raio x* (A6).
- *Fiz um exame no meu tornozelo no raio x* (A7).
- *Quando fui fazer raio x na coluna* (A8).
- *Exame de raio x. Senti uma dor e tive que fazer* (B2).

Essas respostas mostram a associação que os alunos fizeram do conceito de energia nuclear com a radioatividade ao relacionarem a utilização dos equipamentos de raios X com o diagnóstico de doenças. A radiologia tem amplo uso na Medicina em diagnósticos de doenças e é acessível à população brasileira. Durante um exame de raios X (radiografia), a radioatividade em frequência específica incide sobre órgãos, os quais são atenuados de forma diferenciada, dependendo da densidade do órgão e do tecido atingido. Os equipamentos mais simples usam chapas fotográficas para a obtenção de imagens da parte do corpo em estudo (Carvalho; Oliveira, 2017). Nas respostas dos alunos, percebem-se que exames de raios X — que são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda entre 0,01 nm<sup>7</sup> e 10 nm (frequência entre 10<sup>16</sup> Hz<sup>8</sup> e 10<sup>19</sup> Hz), um tipo de radiação ionizante — estão acessíveis aos alunos e que, embora não tenham usado o termo *energia nuclear*, fica clara a relação que fizeram com ele a partir de seus discursos. O uso das construções “fui fazer” e “tive que

---

<sup>7</sup> Abreviatura para nanometro (nm), unidade de comprimento equivalente a um bilionésimo do metro (1 nm = 1m/1.000.000.000).

<sup>8</sup> Abreviatura para hertz (Hz), representa a unidade de medida de frequência no Sistema Internacional de medidas.

fazer” mostra que eles fizeram uso da radioatividade a que tiveram acesso, dá sinais sobre o lugar do qual fala o sujeito, constitutivo do que ele diz, pois não há discursos que não se relacionem com outros, os sentidos dependem das relações, ou seja, apontam para discursos que os sustentam (Orlandi, 2015).

Nessa perspectiva, os discursos podem evidenciar o desenvolvimento das percepções sobre o uso de radiações ionizantes no dia a dia, como os raios X. Porém, não se objetiva simplesmente questionar ou criticar, mas perceber a Ciência e a Tecnologia na realidade em que estão inseridos. Em seus estudos, Strieder (2012, p. 179) preconiza que “devemos superar a ideia de uma ciência fragmentada, parcelada e compartimentalizada e buscar uma ciência transdisciplinar tanto no ponto de vista de sua produção, quanto de seus usos sociais”.

No desenvolvimento científico e tecnológico, o diagnóstico de efeitos das radiações ionizantes sobre os seres vivos é observado, porém, quase não questionado. A população, de um modo geral, não busca informações sobre possíveis dados que esse tipo de tecnologia, como a dos raios X, pode provocar sobre os indivíduos, dependendo do tempo de exposição a essa radiação, que pode ser preocupante se for descontrolado. Por trás das promessas evidenciadas pelos avanços tecnológicos, estão interesses lucrativos, entre outras ambições das classes dominantes, o que pode persuadir todas as classes sociais, mas especialmente as menos favorecidas. Pelo desejo de quem tem poder financeiro, a imposição ideológica leva a população mais carente a não usufruir de muitos benefícios da Ciência e da Tecnologia (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007).

No que se refere ao contexto apresentado pelas percepções iniciais dos estudantes sobre situações de uso da energia nuclear no cotidiano, alguns se remetem às “usinas nucleares”, pelas afirmações:

- *Sim, existem usinas nucleares espalhadas no mundo, as usinas podem ter seus benefícios para a sociedade, porque são uma fonte de energia (B6).*
- *Já vi sim, eu já pesquisei bastante sobre armamento nuclear é um assunto muito interessante ainda mais quando falamos sobre a segunda guerra mundial e a guerra atual da Rússia com a Ucrânia (B9).*
- *Há um tempo atrás, soube que a usina de Chernobyl explodiu devido a certas coisas, porém, as consequências foram graves e aquela área não era mais habitável (B20).*

Os estudantes mostram que tiveram acesso a informações sobre o desenvolvimento científico e tecnológico relativo a usinas nucleares, mas não há avaliação e/ou posicionamento para uma possível tomada de decisão. É como se esses eventos fossem algo

distante dos alunos. Como afirmam Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), é importante que a sociedade, em geral, comece a questionar os impactos provocados pela evolução e aplicação da Ciência e da Tecnologia sobre o local onde são inseridos. Muitas vezes, as tecnologias empregadas ou certos condicionantes não atendem aos interesses da maioria da população, mas a interesses de classes dominantes.

No segundo questionamento, foi posto: “pensando em benefícios e/ou em malefícios para a sociedade, qual sua percepção sobre o uso da Energia Nuclear?”. Para Orlandi (2015, p. 41), “as palavras falam com outras palavras. Toda palavra é sempre parte de um discurso. E todo discurso se delinea na relação com outros: dizeres presentes e dizeres que se alojam na memória”. Essas relações podem ser observadas no funcionamento dos discursos circulados entre os estudantes no contexto escolar ao responderem sobre benefícios e malefícios da energia nuclear:

*- Os benefícios são provenientes para [o uso de] a medicina, em usos de aparelhos como máquinas de ressonância magnética, raio x e tomografia, entretanto, os malefícios seriam uma bomba feita a partir da energia nuclear (A4).*

*- Eu acredito que tem seus benefícios, no uso da energia, mas também tem seus malefícios, pois eu ouvi falar que pode causar câncer de pele, mas também tem seus benefícios, podem ajudar na ciência, tecnologia e sociedade (A19).*

*- Ela pode nos trazer muitos benefícios, facilita muito a produção em grandes empresas que a usam, acelerando na produção e um menor custo a longo prazo, mas ao mesmo tempo pode ser muito perigosa, podendo causar danos irreparáveis como em Chernobyl, causando destruição em massa (A24).*

Nesses discursos sobre benefícios e malefícios da Ciência e da Tecnologia, os discentes revelam posicionamentos aparentemente de neutralidade, ora é boa, ora é ruim, depende do uso que é atribuído a ela. É nesse sentido que se permeia a denominada neutralidade da Ciência. São excluídos, por exemplo, aspectos indesejáveis vinculados à Tecnologia, que não decorrem apenas de um suposto mau uso. Sua ocorrência já era previsível por conta dos interesses, das características, dos valores que, materializados no produto científico-tecnológico, assumem determinadas características que se manifestam de modo independente de um suposto bom ou mau uso (Auler, 2002; Santos; Auler, 2019).

De acordo com Bazzo, Pereira e Bazzo (2016), vivemos um progresso científico e tecnológico que, em poucas décadas, estará em níveis impensáveis hoje, pois, a cada dia, são lançados novos produtos no mercado de consumo de forma desenfreada, são realizadas pesquisas em busca de novos materiais, de artefatos e, principalmente, de novas fontes de energia. Tem-se, por um lado, a orientação em busca de progresso, por se considerar que a Ciência e a Tecnologia oferecem melhoria da qualidade de vida, embora, na prática,

constate-se que a grande maioria da população está excluída desses avanços científico-tecnológicos. Por outro lado, tem os considerados resíduos da produção, que, entre outros problemas, geram poluição ambiental e propiciam inúmeros debates sobre a temática, como é o caso da produção de energia nuclear e do que fazer com seus resíduos radiativos.

Uma pergunta que surge ao analisar os discursos dos estudantes é: “Afinal, a energia nuclear se constitui como energia não poluente ou poluente?”. Alguns estudantes argumentaram:

*- Em benefícios ela [energia nuclear] polui menos, não emite gases poluentes na atmosfera... em malefícios, o grande risco de contaminação radioativa por conta do lixo nuclear (B10).*

*- A energia nuclear oferece benefícios na produção de energia elétrica pois libera mais energia que os outros métodos, como energia eólica. O malefício é o descarte do lixo nuclear, que espalha radiação por séculos (B13).*

*- Dependendo do uso, pode ser benefício ou malefício, por exemplo, para uso militar, pode causar grande destruição, mas, caso seja usado em uso nacional, pode ser usado tanto para ter uma energia mais barata e menos prejudicial para o ambiente (B15).*

Acrescentam-se aos elementos da energia nuclear apresentados pelos alunos, como benéficos e maléficos, o que diz Sovacool (2012) ao considerar que a produção da energia nuclear não é limpa, mas sim poluente. Isso porque todo processamento e o próprio enriquecimento de urânio usam eletricidade originada por combustíveis fósseis, que são muito poluentes e contribuem direta ou indiretamente para o aquecimento global. Esses danos somam-se à poluição dos resíduos radioativos produzidos pelas usinas nucleares.

Ao adotar uma tecnologia ou outra, ao considerar seus benefícios ou malefícios, pode-se pensar que o discurso de B15 não poderia ser considerado como aquele que decide sobre os sentidos e as possibilidades enunciativas do próprio discurso, mas como aquele que ocupa um lugar social e a partir dele enuncia, sempre inserido num processo histórico, que lhe permite determinadas inserções e não outras (Mussalim, 2001). Para ter uma participação social que visa a ir além dos impactos da Ciência e da Tecnologia,

entendemos que uma educação que se pretenda crítica e transformadora da sociedade não pode continuar refém do discurso do “bom/mau” uso, transformado em senso comum, um senso comum sustentado em um discurso que somente se mantém se forem ignorados os valores internalizados nos produtos científico-tecnológicos, sendo os mesmos concebidos como meios, como instrumentos neutros que podem ser colocados a serviço de qualquer forma de organização social. Não se pode mais, em uma perspectiva educacional crítica e transformadora, continuar silenciando, sem sinalizar novos horizontes sobre valores assimilados e omitidos no processo científico-tecnológico atual (Santos; Auler, 2019, p. 498).



No terceiro questionamento, os estudantes foram perguntados: “Você já ouviu falar em uma usina nuclear? Você poderia dizer para que serve uma usina nuclear?”. Alguns discursos nas respostas dos estudantes foram:

- *Sim, serve para gerar uma energia ou fazer produtos que contém energia nuclear para fornecer para as empresas para revendê-la (A1).*
- *Sim, a produção de energia para abastecer as redes elétricas e estudos de energia altamente radioativa (A4).*
- *É uma fábrica de radiação (A7).*
- *Sim, para gerar energia através de materiais nucleares (A12).*

As marcações discursivas “gerar”, “produção” e “fábrica” remetem-nos ao contexto das term nucleares, mas, ao considerar essa fonte de energia empregada apenas para a produção de energia elétrica, percebe-se que a energia elétrica de matriz nuclear apresenta um percentual de apenas 1% no Brasil (Paladino, 2022), tendo em funcionamento duas usinas, Angra 1 e Angra 2, situadas no município de Angra, estado do Rio de Janeiro. No entanto, a produção de energia nuclear para gerar eletricidade no Brasil é uma questão controversa, considerando a diversidade e a potencialidade de fontes energéticas possíveis de serem exploradas, que são renováveis, limpas, mais seguras e muito mais baratas que a energia nuclear, como a eólica e a solar. É importante tratar os benefícios e os malefícios associados à construção de novas usinas nucleares, e os impactos, as implicações e as soluções quanto à geração de resíduos radioativos. Faz-se necessário levar esse debate para a população em geral, a fim de evitar concepções equivocadas no espaço educativo, de modo que os estudantes tenham possibilidade de engajar-se em conceitos científicos relacionados a seu papel social (Fernandez *et al.*, 2021; Gombrade; Londero, 2022).

Sobre o quarto posicionamento, “Você já ouviu falar que o governo brasileiro tem a intenção de construir uma usina nuclear na região Nordeste? E se o local de instalação escolhido pelo governo for o município em que você mora, o que diria ou faria?”, os alunos se posicionaram desta maneira:

- *Não iria aprovar, pois com o sistema do governo sendo precário eu não confiaria e iria embora da região, pois uma usina nuclear pode trazer muitos riscos para a humanidade, vai que acontece o mesmo que aconteceu em Hiroshima e Chernobyl (A4).*
- *Pelo histórico de degradação do meio ambiente, não acharia que seria de grande vantagem para o território em que vivemos (A16).*
- *Caso isso aconteça, eu posso dizer que não é uma boa ideia pois há sérios riscos para saúde da população e alto e não é um lugar seguro onde se construir uma usina nuclear (A20).*

Os discursos apresentados pelos estudantes indicam não aceitar uma usina nuclear,

ao reiterarem contextos históricos sobre a energia nuclear, como o uso para a construção de explosivos atômicos, como a bomba usada sobre Hiroshima, ou vivenciarem desastres nucleares como o de Chernobyl (Ucrânia). Ressaltam o perigo da implantação de uma usina nuclear em seu município e consideram até a possibilidade de mudança de residência da região, no caso de efetivar a construção da usina. O aluno A4 se remete à primeira bomba atômica lançada contra um alvo civil, na cidade de Hiroshima. As bombas atômicas lançadas, em 1945, sobre duas cidades japonesas (Hiroshima e Nagasaki) resultaram do Projeto Manhattan, iniciado em 1942. O projeto recebeu contribuição de diversos cientistas, que trabalharam em grupos distintos para produzir conhecimento científico e tecnológico com o propósito de destruir pessoas. Esse fato ilustra o quanto podem ser dramáticas as relações entre a Ciência, a Tecnologia e o poder de uma classe dominante. Fatos como esses levaram à formação de grupos de ativistas a discutir sobre os riscos associados à prosperidade tecnológica (Chrispino, 2017).

Críticas também são apresentadas por Dyson (1998), que destaca os efeitos da ideologia sobre a Tecnologia e seus impactos no uso da Tecnologia Nuclear ao resultar em situações como a degradação humana abatida sobre Hiroshima e Nagasaki. Para o autor, o convívio perigoso com a ideologia grita e precisa fazer funcionar a Tecnologia a fim de obter resultados políticos, pois, como já indicado, permitir à tecnologia da energia nuclear falhar no início poderia ter sido uma oportunidade de analisá-la. No entanto, o percurso desse setor gera a desconfiança do público em geral e dos especialistas, e somente pessoas ofuscadas pela ideologia correm o risco de acreditar em sua própria infalibilidade.

No contexto do território maranhense e da cidade de Codó, os estudantes enfatizam fragilidades, como a escolha de uma região desestruturada para receber um empreendimento como uma usina nuclear, e apontam a necessidade de preocupação com possíveis perigos de se considerar a opção por um local inadequado:

- Não teria um bom cuidado, pois a cidade não tem estrutura para ter uso de uma usina na qual deve ter o máximo de cuidado possível (B2, grifos nossos).
- O Maranhão não possui condições para receber uma usina nuclear porque é uma região desvalorizada pelo governo brasileiro, o que dificulta a instalação dessa usina e a minha cidade muito menos, porque não possui lugar adequado (B6, grifos nossos).
- Me mudaria da região (B11).
- Pelo histórico de degradação do meio ambiente, não acharia que seria de grande vantagem para o território em que vivemos (A16).
- Diria que nós estaremos em vulnerabilidade, caso ocorra algum erro e exploda tudo; nosso município é todo desestruturado; sério, fora de cogitação (B12, grifos nossos).
- Seria contra a região onde moramos tem um índice de desenvolvimento bem

*lento, assim, temos necessidade de outros tipos de inovações, além de que uma usina custa caro, e exige um elaborado plano de descarte dos resíduos (B13, grifos nossos).*

Lopes Esteves (2018) afirma que a energia nuclear estava frequentemente nas manchetes, em específico em meados da década de 1980, mas principalmente no ano de 1987, com a ocorrência do acidente com o Césio-137, em Goiânia (Brasil) e a descoberta de buracos para testes nucleares na Serra do Cachimbo, no Pará. Esses fatos iam além de uma preocupação com as opções energéticas nacionais, foram pautas da Assembleia Nacional Constituinte, que proclamou, em 1988, a atual Constituição Federal brasileira. Para o autor, muitos assuntos discutidos na Assembleia Constituinte tinham relação direta com questões locais, pois ninguém queria ter que enfrentar os riscos de um acidente com reatores instalados nas proximidades de sua cidade, da mesma forma que também não desejava ver seu município como local de despejo do lixo gerado por usinas atômicas. As respostas dos alunos refletem preocupação semelhante ao se posicionarem contrárias à construção de usinas atômicas no município onde habitam.

Reflexos da manifestação da população brasileira contrária à implementação de usinas atômicas estão representados em ações de alguns governantes de estados da Federação, como do Ceará e do Piauí, que se manifestarem contrários à construção de usinas nucleares em seus territórios (Goes, 2021). Entretanto, essas ações não foram suficientes para impedir que o governo federal continuasse insistindo na construção de usinas nucleares e discretamente, sem se quer fazer consulta pública, elaborasse planos para expandir a construção de usinas “sem chamar muita atenção” da população, pois,

ainda em 2018, quando Bento Albuquerque era um almirante da Marinha recém-indicado como futuro ministro de Minas e Energia por Jair Bolsonaro, ele já havia se manifestado favoravelmente a uma retomada dos investimentos do Estado brasileiro na área nuclear. De lá para cá, o projeto tem sido tocado no ritmo “devagare sempre”, sem chamar muita atenção. Nos últimos doze meses, porém, ganhou algum *momentum* e visibilidade. Entre novembro e dezembro de 2021, chegou-se a veicular uma campanha publicitária da Eletronuclear em canais de TV fechada e no rádio (Paladino, 2022).

Outros discursos respondem à pergunta no sentido de aceitar a instalação de uma usina nuclear pela importância que teria em promover oportunidades de geração de empregos para a região:

- *É bom, pois aumenta o emprego e a indústria cresce, mas, por outro lado, por falta de competência, pode gerar uma grande catástrofe (A3).*
- *Não, nunca tinha ouvido falar, gostaria sim da implantação, pois geraria*

*empregos e muito benéficos (A24).*

*- Não sabia, e acredito que seria bastante benéficos, pois criaria diversos empregos e possivelmente traria vários investimentos (B15).*

O desenvolvimento científico e tecnológico possibilita transformações na sociedade contemporânea, que podem refletir mudanças nos níveis econômico, político e social. A Ciência e a Tecnologia serem vistas apenas como sinônimos de progresso para a evolução e bem-estar do ser humano, como sinônimo de algo benéfico, pode ser perigoso. Essa confiança excessiva pode distanciar os indivíduos de ambas as questões e das inerentes elas, porque suas finalidades e interesses sociais, políticos, militares e econômicos, que implicam o impulso de usos de novas tecnologias, podem conter implícitos vários riscos, pois o desenvolvimento científico e tecnológico e seus produtos não são independentes de seus interesses (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007).

No quinto questionamento, “O que você gostaria de conhecer sobre a energia nuclear. Por quê?”, observam-se os estudantes ressaltarem interesse por assuntos relacionados à energia nuclear, como os benéficos, o funcionamento das usinas nucleares e as situações de uso desse tipo de tecnologia:

*- Basicamente tudo, porque ainda não sei sobre isso. O que eu sei está baseado no desenho Simpsons, então, não sei se é verdade ou não (A1).*

*- Gostaria de saber como usá-la, para meios que possa ajudar o meio ambiente (A4).*

*- Para que mais serve além dos malefícios que são mostrados constantemente na TV, para me manter mais informado e atento ao que possa ser utilizado (A16).*

*- Como funciona dentro de uma usina nuclear, porque deve ser interessante (B6).*

*- Queria saber como funciona; porque deve ser interessante, apesar de que eu preze pela minha vida (B12).*

*- A extração e processamento de minerais como urânio, pois é um processo interessante (B13).*

*- Basicamente tudo, porque com certeza essa é a energia do futuro, já que é renovável e limpa, e quem dominar primeiro com mais eficiência terá grande vantagem (B15).*

Para responder à demanda dos estudantes, faz-se necessária a elaboração de propostas didáticas não somente com o enfoque em conhecimento da Ciência e da Tecnologia, mas também com questionamentos sobre implicações sociais que encorajem os estudantes a se engajarem em discussões sobre energia nuclear. De acordo com Strieder, Watanabe e Gurgel (2013), os conteúdos selecionados, principalmente nas propostas voltadas ao Ensino Médio, têm como objetivo abordar conceitos científicos e o funcionamento de equipamentos e artefatos tecnológicos. Esse tipo de conhecimento não conduz o aluno a posicionamentos críticos diante dos desafios relacionados à energia nuclear, por não ser suficiente para discussões sobre implicações ambientais e/ou

econômicas e não se preocupar com as especificidades do contexto em que a usina está ou será construída. Por outro lado, o desenvolvimento de debates sobre energia nuclear pode ser uma estratégia interessante, pelo fato de trazer à tona o engajamento em decisões sobre um assunto permeado por incertezas e especificidades, com o reconhecimento de riscos e incertezas que extrapolam o conhecimento científico.

Em relação ao sexto questionamento, “Fale o que você conhece sobre a energia nuclear”, os alunos mostraram ter conhecimento sobre a fonte nuclear como finalidade de gerar energia elétrica, sobre a existência de usinas nucleares e sobre a construção de artefatos tecnológicos para fins bélicos e militares. Eles entendem que:

- *Gera energia nuclear para a cidade (Eu acho) (A3).*
- *Energia nuclear [...] basicamente é uma energia retirada de rochas de urânio, que podem ou não ser radioativas, onde dois átomos se unem a partir de uma fusão dos núcleos (A4).*
- *Sei pouco, é um local que é muito perigoso por conta da alta radiação (A11).*
- *Ainda não tenho conhecimento sobre este assunto, mas acho que as usinas funcionam como fonte de energia (A14).*
- *Sei apenas que serve para produzir armas tóxicas, bombas (A16).*
- *Em geral, só tive conhecimento sobre os malefícios e acidentes. Nunca estudei a fundo sobre os benefícios, só sobre usinas que deram errado e cidades que são prejudicadas até hoje (B2).*
- *Bombas, mísseis, submarinhos, etc. (B9).*
- *Eu sei que ela é a energia liberada quando os átomos se multiplicam numa enorme velocidade (B11)*
- *... só vem na minha cabeça bomba e algo tóxico (B12)*
- *Sei que a energia nuclear é o resultado da liberação de energia na divisão do átomo (B13).*
- *Que ela é feita após a separação do átomo, em alta velocidade, onde se faz um enorme calor que evapora a água, e esse vapor gira turbinas o que gera energia, e isso é de maneira limpa (B15).*

A compreensão dos estudantes sobre a energia nuclear pode estar imbricada a informações veiculadas nas mídias que dão enfoque a catástrofes, acidentes e incidentes, porque os meios de comunicação priorizam as audiências e os desastres, em geral, divulgados com o propósito de atender a esse apelo midiático. Essas informações, ao serem recebidas pela população, podem provocar percepções de oposição à energia nuclear, motivadas, em sua maioria, pelo medo e pela falta de informação coerente. A população precisa ter informações motivadoras para uma postura cidadã, que promovam reflexão sobre os benefícios, os riscos e as implicações desse tipo de energia em uso na sociedade. As notícias ao serem veiculadas nos meios de comunicação dão foco principalmente ao poder destrutivo provocado pela energia atômica, que já trouxeram consequências devastadoras para a humanidade. É importante, também, esclarecer aspectos específicos relacionados aos conhecimentos científicos, como a fusão e a fissão nuclear, a aplicação na produção de

energia elétrica, em aplicações na área da Medicina, entre outras (Gombrade; Londero, 2022).

No sétimo e último questionamento, “O que você gostaria de estudar sobre Ciência e sobre Tecnologia nas disciplinas do Ensino Médio? Justifique sua resposta”, os alunos responderam que ambas fazem parte do cotidiano e reiteram a importância do estudo da energia nuclear nas disciplinas do Ensino Médio. Algumas respostas dos alunos são:

- *Sim, porque Ciência e Tecnologia [são] muito importantes, pois estão presentes no nosso dia a dia (A1).*
- *Sim, queria que a escola começasse a trazer mais assuntos sobre esse, eu acho de extrema necessidade a gente estudar (A2).*
- *Gostaria de estudar a fusão dos núcleos. Saber, né, como funciona de fato a ciência (A4).*
- *Estudar e aprofundar a temática de usinas nucleares (A9).*
- *Sobre fábricas nucleares, por conta de ser interessante (A11).*
- *Na minha opinião, este assunto em específico deveria ser mais aplicado nos estudos do Ensino Médio (A14).*
- *Eu gostaria de aprender sobre a melhor forma de utilizar a Tecnologia (A21).*
- *Gostaria de estudar mais sobre energia nuclear, pois é um assunto bastante interessante de se conhecer e ter conhecimentos sobre (B2).*
- *Sobre o desenvolvimento da tecnologia e sobre os tipos de usinas (B6).*
- *Sim, é essencial que haja um maior contato dos alunos com a Ciência, que é a base de tudo o que o ser humano construiu, devemos largar essa prática ultrapassada de estudar somente números e aulas sem nenhuma interação (B13).*

As questões relacionadas à Ciência e à Tecnologia não são novas, mas é oportuno demarcar o significado do acrônimo CTS e os diferentes aspectos dessas construções históricas, de forma que se problematize as relações CTS para observar que novos sentidos são construídos sobre essas relações e suas repercussões sobre a Educação, em geral. Para o ensino de Ciências e Tecnologia, é importante evidenciar como elas se constituem no contexto social e de que maneira as presumidas assertivas de neutralidade da ciência e de autonomia da tecnologia exercem poder sobre os currículos e a formação dos diferentes atores. A Educação em uma abordagem CTS, fundamentalmente, possibilita uma formação com engajamento social no sentido de tornar os educandos aptos a participarem das tomadas de decisões, de modo consciente e informado de assuntos referentes à Ciência e à Tecnologia, e de forma a perceberem que elas refletem posicionamentos de seus empreendedores e que não há neutralidade em empreendimentos humanos (Linsingen, 2007).

## **5.2 Possibilidade de engajamento científico e social dos estudantes**

Ao encontro de proposições de Auler (2011) com pesquisas que se direcionam à perspectiva de propostas educacionais no ensino de Ciências, por meio da abordagem CTS, como mecanismo de tomada de decisão, este estudo foi proposto como atividade potencializadora para promover engajamento científico e social dos estudantes, por meio da simulação de uma audiência pública, uma unidade de ensino. Após esta, cada estudante elaborou uma redação, em formato de resumo simples, na qual expressou estratégias e/ou proposições de soluções e posicionamento favoráveis ou contrários à construção de uma usina nuclear na região dos Cocais. Os discursos dos resumos foram analisados na perspectiva de engajamento científico e social, verificando as possibilidades de processos de tomada de decisão sobre a temática posta em discussão: “Minha terra tem palmeiras e pode ter uma usina nuclear?”.

Para a análise dos resultados, como processo de tomada de decisão dos estudantes, foram analisados os resumos, que são textos, pois, como afirma Orlandi (2007, p. 52), “as palavras não significam em si. É o texto que significa. Quando uma palavra significa é porque ela tem textualidade, ou seja, porque a sua interpretação deriva de um discurso que a sustenta”. Assim, consideramos a busca por indícios nas percepções dos estudantes em textos escritos sobre a Ciência e a Tecnologia, sobre a temática energia nuclear, com o intuito de perceber mecanismos ampliados de participação social.

Para uma discussão além da avaliação dos impactos da Ciência e Tecnologia na sociedade e a busca pela participação social, analisa-se o discurso:

*Bom, sobre a criação de uma usina nuclear na nossa região não daria certo justamente pela questão de um impacto que causaria para a população e para o meio ambiente, e não temos recursos para essa implantação e nem espaços suficientes para essa usina. Seria uma inovação essa criação, mas não geraria empregos para nós habitantes porque para trabalhar exigiria uma capacidade grande, e muito conhecimento, então eles trariam pessoas de fora. Um ponto positivo é que geraria mais energia, mas as pessoas que vivem na zona rural com as quebradeiras de coco iriam ter que se retirar e certamente tiraria a sua fonte de renda, então, exigiria todo um planejamento para a formação de um projeto para favorecer essa população, e levando em questão também o descarte desses materiais teria que ser mais seguro (RB13, grifos nossos).*

O estudante ressalta o impacto que uma usina nuclear traria para a população e para o meio ambiente, de modo que não haveria garantia de geração de empregos para a população, especialmente para os povos tradicionais, como as quebradeiras de coco babaçu. Destaca a preocupação com a principal fonte de renda das quebradeiras de coco, os babaçuais e o descarte dos resíduos radioativos gerados pela usina.

Como afirma Orlandi (2015), para o analista, é importante buscar evidências e compreensão ao considerar a opacidade da linguagem, a determinação dos sujeitos da história e a constituição dos sujeitos pela ideologia. Faz-se necessário, ao analista, construir o dispositivo de interpretação como o dito em relação ao não dito, o que o sujeito diz em um lugar com o que é dito em outro. Observa-se, ao relembrar o surgimento do CTS, que ele surgiu com os movimentos sociais, com manifestações voltadas para os direitos civis e os de defesa do meio ambiente, com críticas ao desenvolvimento científico e tecnológico desenfreado e, entre outras questões, com discussão sobre a utilização da energia nuclear, principalmente, vinculada a bombas atômicas (Cutcliffe, 2003). Esses movimentos sociais foram de grande importância para a busca da ampliação da cultura de participação social nas decisões da Ciência e da Tecnologia, pois os discursos expressos naqueles movimentos se inserem também nos atuais. Eles continuam revelando a desconfiança no papel que a Ciência e a Tecnologia exercem na sociedade, mas, em meio às discussões promovidas pelos movimentos sociais, consolida-se, no cenário educacional, a educação CTS (Garcia; Cerezo; Lopez, 1996; Santos, 2016).

O discurso apresentado pelo estudante RB13 evidencia sua percepção sobre impactos que poderiam ocorrer com a implantação de uma usina nuclear na região dos Cocais, o que vai ao encontro da assertiva de Auler (2011). O pesquisador critica a preocupação sobre os impactos da pós-produção da Ciência e da Tecnologia na sociedade, porque, ao se pautar apenas nesse tipo de avaliações de impactos, mantém-se intocável o cerne da questão, que são os processos — não somente os produtos — e as pessoas, o que envolve uma análise antes e durante a implementação, e não apenas após esse processo. No entanto, o que o sujeito da enunciação, posto como proposição, busca é evidenciar algum tipo de envolvimento com a temática de discussão, considerando seu local de fala, no caso a região dos Cocais, que aponta para questões que podem impactar seu entorno e seus pares. Rosa e Auler (2016) entendem que nenhuma atividade científica e tecnológica é neutra e que a participação social é fundamental, pois mecanismos de ampliação de participação se efetivam como um direito humano, e isso deve ser uma atitude assumida nos processos decisórios da Ciência e da Tecnologia. Para Rosa e Strieder (2021, p. 3), processos decisórios “privilegiando e construindo atos dialógicos entre os diferentes sujeitos sociais, de processos colaborativos e ações intervencionistas frente a temas de ciência-tecnologia que envolvem demandas sociais” são necessidade de uma sociedade democrática.



Quando o discurso sustenta a preocupação de que a implantação de uma usina nuclear na região dos Cocais não é sinônimo de progresso para a população, visto que a possível vinda de empresas de tecnologia nuclear não corresponde ao benefício da população com empregos e bem-estar social, pois “exigiria uma capacidade grande”, o aluno remete à ausência de qualificação da população para trabalhar com a tecnologia nuclear. Embora o desenvolvimento científico e tecnológico possibilite diversas transformações na sociedade, por trás de grandes promessas de avanços tecnológicos, podem estar, como pano de fundo, interesses das classes dominantes, que persuade as menos favorecidas sem atender suas necessidades reais (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007).

O discurso de RB13 pode ser associado à crítica ao modelo linear de desenvolvimento, na concepção de que “+ ciência = + tecnologia = + riqueza = + bem-estar social” (Bazzo, 1998, p. 145). Essa visão, segundo Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007), ressalta uma ideia positivista de progresso em que a Ciência e a Tecnologia são tidas como capazes de promover o bem-estar social, em que o avanço tecnológico depende do desenvolvimento da ciência, de forma que o crescimento econômico e o progresso viriam por consequência, mas essa visão entrou em decadência quando se observou os impactos provocados na sociedade, entre eles, os acidentes e incidentes nucleares, a destruição provocada pela bomba atômica e a contaminação de resíduos radioativos.

RB13 preocupa-se com a população que vive no contexto rural, como as quebradeiras de coco, e o impacto que uma usina nuclear poderia causar, principalmente, ao retirar o território da população que extrai dele sua principal fonte de renda, o babaçu. Na região dos Cocais, as quebradeiras de coco babaçu são povos tradicionais. A palmeira do babaçu possibilita a fonte de renda e o aproveitamento diversificado de todas as partes do fruto para fins alimentícios, extração de óleos e artesanato de diversos artefatos. A partir da coleta e da quebra dos frutos, as quebradeiras de coco conseguem renda para manter suas famílias. A atividade extrativista mantém baixa interação mercadológica e baixo impacto dos recursos naturais pela utilização de práticas orgânicas do uso da terra (Dantas; Lima, 2023).

Uma usina nuclear na região dos Cocais, na perspectiva de modelo de desenvolvimento capitalista, poderia ocasionar diversos impactos, além de desastres naturais, como contaminação por material radioativo e injustiças socioambientais aos que mais se beneficiam do uso da terra e aos que já travam lutas constantes pelo direito à terra e ao território. Esses fatores intrínsecos ao modelo de desenvolvimento científico e tecnológico não podem ser negligenciados, pois, como aponta o discurso, “*exigiria todo um*

*planejamento para formação de um projeto para favorecer, e levando em questão também o descarte desses materiais teria que ser mais seguro” (RA13).*

Esse texto vai ao encontro da concepção de Layrargues (2012), que revela as contradições intrínsecas do modelo de desenvolvimento capitalista, no qual os benefícios da produção e acumulação de riquezas são para aqueles que decidem os custos inerentes do processo produtivo, enquanto a população menos favorecida é sacrificada. Nesse modelo de desenvolvimento, uma grande quantidade de famílias é desalojada, remanejada de seu território e severamente afetada pela poluição e pela degradação ambiental. Todas as ações têm base em um modelo de projeto societário que não considera os interesses dos povos tradicionais e suas lutas históricas.

O RA34 se apropriou das discussões da audiência pública ao observar que a implantação da usina teria mais desvantagens do que vantagens, com a perpetuação de impactos no ponto de vista social e ambiental, ao trazer à tona o que poderia estar associado negativamente à energia nuclear, os episódios anteriores de acidentes:

*Analisando o que fora apresentado nessa simulação de audiência pública, ficou evidente que, apesar [de trazer] formulações e debates contra ou a favor da construção de uma usina, existem mais desvantagens do que vantagens em todos os espectros. Apesar dos motivos considerados positivos que foram apresentados em razão da realização dessa obra, os perigos e impactos que se perpetuarão nos âmbitos sociais e, principalmente, ambientais, podem ser ou estar negativamente comprometidos, em razão de acidentes em episódios anteriores. Tendo isso em vista, realmente não vale a pena a implantação de uma usina nuclear (RA34, grifos nossos).*

Essa discussão parece ser recorrente em sala de aula, sobretudo quando se discorre sobre energia nuclear. Para Bonfim e Strieder (2023), discursos tratando de benefícios e malefícios, favoráveis ou contrários ao uso da energia nuclear, são muito presentes no contexto educacional. Rosa e Strieder (2021) e Auler e Delizoicov (2001) ressaltam que esses textos podem se revelar uma visão reducionista, pois tratam somente das implicações do uso da Ciência e da Tecnologia e, por consequência, não contemplam mecanismos de participação social, restringem-se apenas aos benefícios e malefícios, reduzem os processos democráticos em sala de aula e colocam em evidência a tecnociência por focar apenas nos produtos.

No entanto, o estudante vai além de se posicionar sobre as vantagens e desvantagens, ele coloca em questão a vida atual e futura das comunidades locais, observa a possibilidade de perpetuação de impactos social e ambiental, e associa fatos históricos negativos da energia nuclear, os episódios de desastres e acidentes. Embora a probabilidade de acidente

grave seja pequena, não tem risco desprezível, soma-se o fato de cada acidente nuclear ter complexidades que outros acidentes não tiveram. Nos acidentes nucleares, a radioatividade se propaga pelo espaço e os impactos se perpetuam por um longo tempo, regiões inteiras ficam contaminadas, toda a população precisa ser evacuada e o local interditado ficará por muito tempo, por muitas décadas, contaminado. Um acidente não termina no local e imediatamente após o ocorrido, ele se perpetua por muitos e muitos anos. Anos após um acidente radioativo, centenas de pessoas sofrerão de males, efeitos da exposição de altas dosagem de radiações ionizantes, como acontece até hoje com as populações que permaneceram nas cidades próximas a Chernobyl (Ucrânia), em consequência do acidente com a usina nuclear, em 1986, e de outros acidentes e incidentes radiológicos. Na hipótese de desastres graves como esses, o risco de prejuízos às pessoas e às propriedades públicas e privadas é incalculável e recaem sempre e prioritariamente sobre as populações menos favorecidas (Carvalho, 2012).

O discurso de RA34 se mostra vinculado a decisões coletivas, com discussões de problemas e impactos ou transformações sociais e ambientais que o desenvolvimento científico e tecnológico pode gerar. As escolhas sobre a produção de Ciência e Tecnologia, para produzir implicações no plano social mais amplo, deveriam envolver decisões coletivas, necessariamente com discussão sobre possíveis implicações, com discussões que contemplem a compreensão das transformações que poderiam acontecer nos modos de vida da sociedade em virtude de sua adoção (Strieder, 2012). Nessa direção, observa-se, também, o discurso de RB02 (grifos nossos):

*Tendo a intensa taxa de risco tanto ambiental como [para] o ser humano, não sou a favor de tal feito, pois os riscos são inúmeros, os custos são altíssimos, nossa cidade não está disposta a tal custo a ser gasto com a construção de uma usina, afetaria também a economia, iria tirar o trabalho das quebradeiras de coco a partir do momento que começasse o trabalho da usina nuclear, pois afetaria o meio ambiente afetando assim as quebradeiras de coco.*

As marcações no discurso de RB02, “os custos altíssimos” e “afetaria a econômica e o ambiente”, reiteram preocupações de discursos anteriores, em relação, principalmente, ao ambiente e à sobrevivência de comunidades tradicionais, representadas pelas quebradeiras de coco, se houver o desmatamento da região dos Cocais. O discurso de RA14 (grifos nossos) tem elementos em comum com os apresentados anteriormente, mas acrescenta novos elementos à discussão sobre a possível implantação de uma usina nuclear:

*A criação de uma usina nuclear na região dos Cocais poderá causar muitos danos, principalmente ambientais, por não apresentar estruturas adequadas para que esta usina seja instalada. Para ser criada uma usina nuclear, precisa-se de pessoas qualificadas que saibam trabalhar com isso, para que não seja igual a Angra 3 que ainda não foi finalizada. Para essa usina [na região do Cocais] funcionar, seria preciso mexer com uma parte da população, entre elas as quebradeiras de coco, que teriam que diminuir seu trabalho devido ao desmatamento das palmeiras. Essa usina trará riscos, porque, se as substâncias [residuais] forem descartadas incorretamente, as pessoas serão contaminadas, porque essas substâncias são muito fortes, entre elas o urânio e o tório, que são os mais conhecidos. Quando criada, ela [a usina] deveria ter uma área bem abrangente e ter um bom resfriamento.*

As marcações discursivas relativas à ausência de “estruturas adequadas” e a necessidade de pessoas qualificadas “para que não seja igual a Angra 3” se referem ao fato de a construção da usina Angra 3 se arrastar por mais de 30 anos ao se considerar, como afirma Orlandi (2015, p. 41), que “os sentidos sempre são determinados ideologicamente. Não há sentido que não seja. Tudo que dissemos tem, pois, um traço ideológico em relação a outros traços ideológicos”. Reforça-se a necessidade de a cada dia se ter acesso a informações sobre o desenvolvimento científico e tecnológico para que a população tenha condições de avaliar e participar das decisões que interfiram no ambiente na qual está inserida (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2007).

As quebradeiras de coco são preocupações no discurso de RA14 ao citar a necessidade de evacuar parte da população da região, “mexer com uma parte da população”. O descarte de resíduos é outra preocupação, pelo fato de uma usina nuclear usar como combustível materiais radioativos como urânio e tório, que, no caso de um acidente ou desastre radioativo, impacta as pessoas e o meio ambiente com danos de grandes proporções. Nessa situação, ocorre contaminação da água, do solo, do ar, produção dos alimentos da região, impactos na biodiversidade com a morte de diversas espécies, dos que já vivem na região como os que nascerão na região afetada e, também, preocupação com os efeitos das radiações ionizantes no corpo humano (Lima *et al.*, 2020).

O discurso ainda aponta para a necessidade de uma área grande isolada, “área abrangente”, e um resfriamento adequado. A questão do “bom resfriamento” pode ter relação a usinas que já apresentaram problemas na segurança e que provocaram grandes catástrofes, como é o caso de Chernobyl (Ucrânia) e Three Mile Island (Estados Unidos da América), que tiveram problemas relacionados à refrigeração da água. Relembrando esses episódios, é importante salientar que, caso haja um acidente nuclear, a grande quantidade de radioatividade existente no núcleo do reator pode escapar e atingir a população da região onde está localizada a usina. A utilização da água para resfriar os núcleos dos reatores é uma

fase normal na produção de energia nuclear, e, em um desastre, a grande preocupação é manter o resfriamento desses reatores, pois, em qualquer situação, se o combustível não for resfriado, o reator superaquece e derrete, provocando contaminação com a radioatividade que escapa dos reatores, o que é uma das maiores preocupações em qualquer usina nuclear (Kamioji, 2021).

RB19 (grifos nossos) afirma :

*Realmente com a chegada de uma usina seria de grande importância se a taxa de vantagens fosse maior, mas que, com a maior taxa de desvantagens e perigo então não compensaria fazer algo com baixas porcentagens de lucro em uma região e local com falta de recursos para o próprio meio e pensar por outro lado com alto risco e perigos ao meio ambiente e social. Por uma parte poderia trazer bastante enriquecimento caso desse certo usando uma parte dos recursos recebidos para usar em todos os danos causados ao decorrer do uso. Ela poderia causar menos danos em uma área [com] menos vidas perto e ambiente ao seu redor, mas não mudaria o fato [de] que a qualquer hora afetaria tudo ao seu redor.*

O discurso de RB19 se alinha ao que propõe Strieder e Kawamura (2017), um olhar direcionado à identificação de contradições e ao estabelecimento de mecanismos de pressão para o reconhecimento dos propósitos políticos. Ao desenvolver determinado produto da Ciência e da Tecnologia que “*não compensaria fazer algo com baixas porcentagens de lucro em uma região e local com falta de recursos para o próprio meio*”, RB19 se refere a um desenvolvimento científico e tecnológico de não neutralidade, e reconhece a possibilidade de intervenção na implementação de uma usina nuclear. Por esse olhar, participar da decisão de implementação ou não de uma usina nuclear é mais do que discutir riscos e benefícios, é compreender as transformações sociais que envolvem essa decisão, é entender as relações de poder presentes na decisão; ao fazer esse reconhecimento, dá-se um grande passo como participação social. Seu discurso finaliza ressaltando que “*não mudaria o fato [de] que a qualquer hora afetaria tudo ao seu redor*”. Observa-se a preocupação com seu entorno, pois, mesmo que o aluno reconheça algumas relações de poder envolvidas por trás das promessas do desenvolvimento científico e tecnológico, um acidente nuclear poderia ocorrer e afetar todos no entorno.

O discurso de RB27 (grifos nossos) lança um olhar para a questão que parece se aproximar mais da realidade em que se vê inserido:

*Não acho que seria bom uma construção de uma usina nuclear, pois a minha comunidade local não possui uma tecnologia que talvez não sustentaria uma usina nuclear, diferentes das capitais que possuem uma tecnologia de ponta, mais sustentável e que pode dar retorno necessário. Fora as possíveis causas de uma tragédia, acidente radioativo que só iria piorar ainda mais as coisas, podendo gerar mortes, desocupação de uma área por conta da poluição podendo deixar*

*diversas pessoas desabrigadas, gerando desemprego e conseqüentemente aumentando a fome que já é um problema que muitas pessoas que moram na região nordeste já enfrentam.*

O discurso de RB27, “*minha comunidade local não possui uma tecnologia que talvez não sustentaria uma usina nuclear*”, revela preocupação com o impacto que poderia ocorrer em sua cidade com a consequência de gerar desabrigados, desemprego e aumento da fome, problema vivenciado por parte da população que mora na região Nordeste do país. Ao identificar o que poderia impactar a vida das pessoas, o discurso revela um olhar coletivo, mostra a importância da participação pública para a tomada de decisões envolvendo a Ciência e a Tecnologia. Esse posicionamento vai ao encontro do que dizem Strieder e Kawamura (2017) ao considerarem que a participação social se dá na esfera das políticas públicas, na definição de seus objetivos, nos meios para alcançá-las e nas formas de controlar sua implementação. Para as autoras, há necessidade de preocupação com ações coletivas que defendam questões e interesses da comunidade, que podem ser direta ou indiretamente afetados pelo desenvolvimento científico e tecnológico, considerando, também, análise e discussão do contexto em que serão inseridos os novos conhecimentos e/ou produtos desse setor.

Santos e Auler (2019) entendem que, muitas vezes, usam-se as relações da CTS sem evidenciar uma compreensão mais ampla dessas interações e consideram importante não deixar o “S” de sociedade para uma discussão final. A sociedade não pode se configurar “como um apêndice, no final, na qual deságua o desenvolvimento científico-tecnológico, supostamente neutro, livre de valores, oriundo de âmbitos externos à sociedade” (Santos; Auler, 2019, p. 424), faz-se necessário evidenciar a participação social em propostas educacionais por meio de uma educação crítica e transformadora.

### **5.3 A matriz energética brasileira e a representação da energia nuclear**

Alguns discursos dos estudantes sinalizaram, nas conclusões do resumo, indicativos sobre outras possibilidades para o setor energético, como se nota no discurso apresentado por RB29 (grifos nossos), ao reiterar que “usinas nucleares não devem ser implantadas, o que se deve fazer é aperfeiçoar as que já existem, como hidrelétricas, eólicas, solar”:

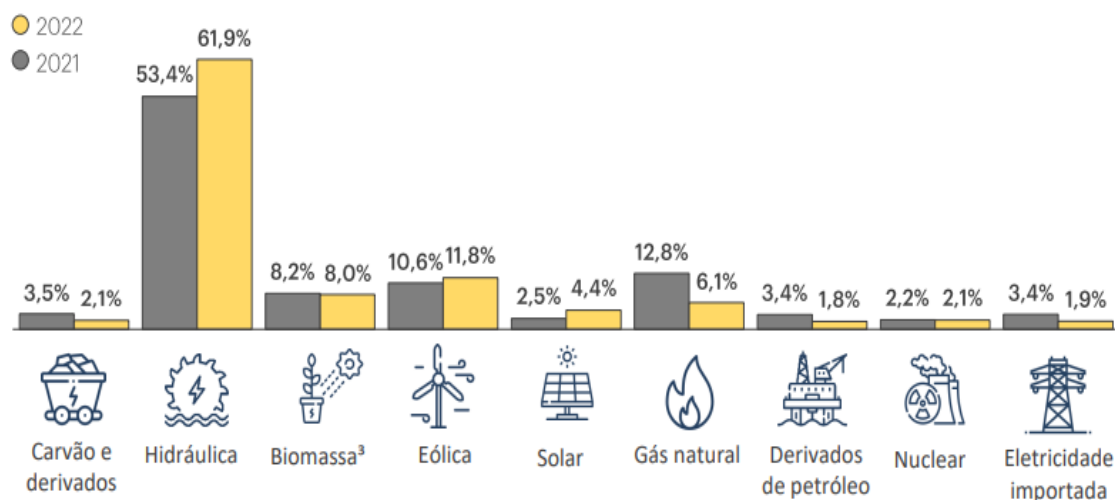
*A implementação de uma usina nuclear traz benefícios para a população e até mesmo para o governo. Sabemos que tais usinas utilizam uma matéria-prima pouco desgastante, o urânio, além disso, a emissão de gases poluentes é inferior às demais usinas. [...] Porém, como desvantagem, nós temos o risco de ocorrer um desastre como o de Chernobyl, que afetou uma vasta área. Além disso, há os*

*impactos ambientais que afetam a flora e a fauna (desmatamento). As usinas nucleares não devem ser implantadas, o que se deve fazer é aperfeiçoar as que já existem, como hidrelétricas, eólicas, solar.*

O discurso se assemelha ao que foi discutido no texto inicial, em sala de aula, utilizado na etapa de problematização, que ressalta sobre “o potencial brasileiro subaproveitado de outras fontes mais baratas, limpas e seguras, como a eólica e a solar, somado à já existente e significativa estrutura de usinas hidrelétricas no país” (Paladino, 2022).

Uma análise do relatório-síntese relativo ao Balanço Energético Nacional (BEN), de 2023, ano base 2022, sobre a matriz energética brasileira, em um comparativo do ano de 2021 com o de 2022, mostra que somente três fontes energéticas obtiveram aumento. Esses dados respaldam a possibilidade de se efetivar o direcionamento da produção energética apresentada no discurso de RB29 ao afirmar que poderia se “*aperfeiçoar as [fontes energéticas] que já existem, como hidrelétricas, eólicas, solar*” como caminho para evitar grandes impactos sociais e “*ambientais que afetam a flora e a fauna*”. No relatório do BEN, a distribuição da matriz energética brasileira, referente ao ano base 2022, mostra que ocorreu aumento somente nas fontes energéticas renováveis. O panorama do desempenho das principais matrizes energéticas do país, referentes aos anos 2021 e 2022, é mostrado na Figura 2. Observam-se que as mudanças na energia hidráulica, em função do despacho hídrico ocorrido ao longo do ano de 2022, tiveram aumento de 8,5%, devido à maior intensidade do regime de chuvas no período, seguidas da energia eólica com aumento de 1,2% e energia solar com crescimento expressivo de 1,9%, o que revela progresso de energias renováveis no Brasil, um potencial considerado ainda subaproveitado no país. Ao se analisar a energia nuclear, constata-se a redução de 0,1%, conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2023).

Figura 2 – Matriz energética brasileira no ano de 2022



Fonte: EPE (2023, p. 35).

Os dados da Figura 2 também respaldam o discurso apresentado por RA6 (grifos nossos), que dá ênfase à necessidade de o país investir em fontes renováveis de energia, quando afirma que “*poderia ser desnecessária [a construção de novas usinas nucleares] pois o Brasil é rico em matrizes energéticas, precisando apenas de investimentos nessas outras áreas*”:

*Eu acredito que pode ser muito bom para economia da região, gerando vários empregos, melhorando assim a taxa de emprego que atualmente é bem baixa, mas falando sobre a geração de energia poderia ser desnecessária pois o Brasil é rico em matrizes energéticas, precisando apenas de investimentos nessas outras áreas.*

O discurso do estudante RA6 aponta vantagens na construção de uma usina nuclear na região, mas pondera sobre esse tipo de geração energética diante de outras ricas fontes de energia do país. De acordo com os dados da repartição da Oferta Interna de Energia (OIE), que é a energia necessária para movimentar a econômica no país, o percentual de energias renováveis vem crescendo (47,4 % em 2022), mas ainda é menor do que o das não renováveis (52,6% nesse ano), como mostra a Figura 3 (EPE, 2023).

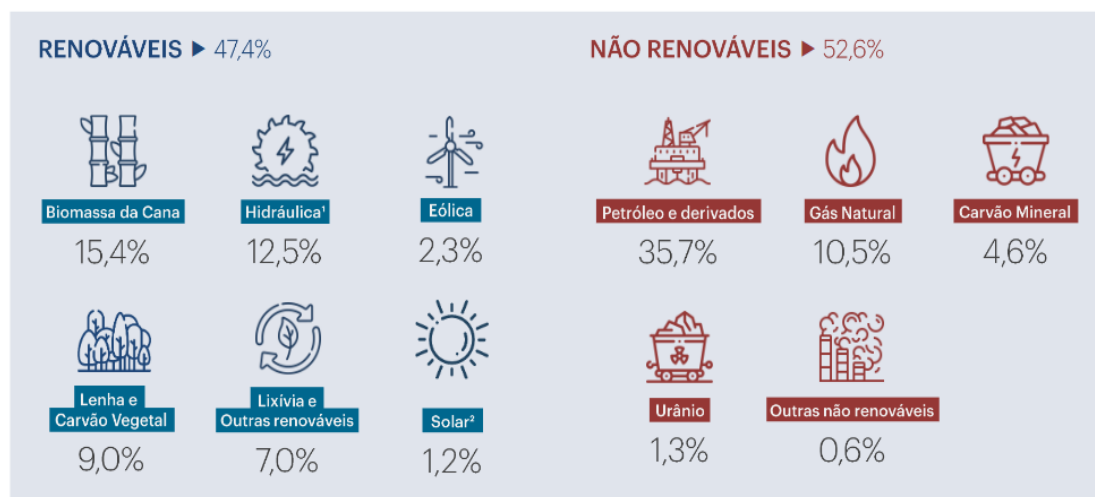
A privilegiada diversidade da matriz energética no país, destacada no discurso de RA6, é posta em discussão por Chrispino (2017) ao afirmar que, diante da decisão para ampliar a energia nuclear como matriz energética brasileira, chegou o momento ideal para se estudar as diversas matrizes energéticas, antes das inevitáveis decisões tomadas por aqueles que nos representam nas instâncias governamentais. O autor destaca, como momento oportuno, o exercício das propostas da abordagem CTS, como a participação da sociedade



em decisões públicas relativas à Ciência e à Tecnologia.

Figura 3 – Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2022

Repartição da Oferta Interna de Energia (OIE) 2022



Fonte: EPE (2023, p. 16)

Entre os resumos, RB20 (grifos nossos) deixou a mensagem:

*Não concordo com uma construção de uma usina nuclear porque pode trazer algumas consequências por conta da radiação causando doenças, entre outras. Sobre a construção de uma usina, uma das estratégias seria contratar só pessoas com experiências. O Brasil não precisa de mais uma usina porque já existem duas usinas nucleares.*

Observa-se, no discurso do estudante, a discordância diante da proposta de construir uma nova usina nuclear, expressa pelo marcador “*não precisa de mais uma*”, referindo-se às já existentes Angra 1 e Angra 2. No entanto, o que se observa no cenário brasileiro, previsto no PNE 2050, é a continuidade do programa nuclear brasileiro, para a conclusão de Angra 3 e, até 2030, a instalação de novos sítios nucleares, nas regiões Sudeste e Nordeste (Brasil, 2020).

O discurso da Política Nuclear Brasileira, com a ampliação de prospecção, só pode ser entendido tendo em vista razões de ordem geopolítica, o que seria a mais equivocada das opções para satisfazer a uma pretensa demanda expandida de energia (Gai Montedo; Marinelli, 2019). O discurso de RB20 reforça que no país “*já existem duas usinas nucleares*” e que seria mais condizente o setor nuclear brasileiro se utilizar das duas usinas em funcionamento, um potencial subaproveitado no Brasil, que tem espaço de expansão (Paladino, 2022). Como propõe Carvalho (2012), a energia nuclear tem diferentes espaços

como a pesquisa científica aplicada na Ciência Biomédica, na indústria e agricultura e na propulsão naval. Mas os recursos que se pretende adquirir em centrais nucleares de potência poderiam ser mais bem utilizados, convertidos em benefícios para o país, se direcionados para o desenvolvimento tecnológico na área das energias do tipo renováveis.

Atualmente, o Brasil tem mais uma possibilidade de produzir energia renovável, com o chamado hidrogênio verde, que desponta como uma energia para produzir combustível à base de hidrogênio. A produção é feita a partir de moléculas de água:

A molécula água é dividida em gás oxigênio e gás hidrogênio, utilizando eletricidade, num processo chamado de “eletrolise da água”. O processo de produção usa a transformação de água em gás oxigênio e gás hidrogênio, e é totalmente livre de emissões sendo, portanto, uma opção ambientalmente correta (Lara; Richter, 2023, p. 420).

Desde 2012, o governo brasileiro, a partir do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), tem indicado que a produção de energia a partir do hidrogênio é tema prioritário para as pesquisas, para a qual orientará aplicação de recursos públicos. Iniciativas-piloto para a produção de energia a partir do hidrogênio verde já existem no País, a exemplo da que vem sendo desenvolvida pelo governo do estado do Ceará, em parceria com outras instituições nacionais e internacionais (Brasil, 2021). As crescentes propostas de produção de energias renováveis no território nacional poderão minimizar a intenção para construir mais usinas nucleares no território brasileiro.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou mostrar a importância de promover, no contexto educativo, propostas didáticas no âmbito da abordagem CTS no ensino de Ciências, voltadas ao estímulo de engajamento científico e social dos educandos. Concorda-se com a necessidade de ressignificar o principal propósito da Educação CTS, consideradas suas origens articuladas às ideias propostas pelo movimento do Placts e a suas inspirações nos ensinamentos do educador Paulo Freire, como uma cultura emancipatória que enfatize a participação social nas decisões da Ciência e da Tecnologia.

Nas práticas educativas, entende-se que o ensino de Ciências que considera pressupostos do movimento CTS precisa reinventar o “S” da abordagem CTS, pois não se pode ficar como pano de fundo. Ele deve se revelar no contexto escolar, no ensino de Ciências, como a possibilidade de engajar estudantes em discussões públicas da Ciência e da Tecnologia para terem a oportunidade de atuar como instrumentos de transformação na sociedade na qual estão inseridos, de forma a construir uma vivência social justa e democrática.

A aplicação da unidade de ensino permitiu compreender as percepções iniciais dos estudantes sobre a temática *energia nuclear* e os discursos produzidos após a atividade final, que teve estímulo em estudos realizados durante o desenvolvimento da unidade de ensino, cujo desfecho foi a simulação de uma audiência pública. A unidade de ensino foi sistematizada nos pressupostos e propósitos educacionais da abordagem CTS, que possibilitou um debate em sala de aula, sobre a implementação de uma usina nuclear na região do Nordeste brasileiro, na disciplina de Química e de Física. O debate em sala de aula proporcionou discussões sobre possíveis implicações do uso da Ciência e da Tecnologia com alunos do Ensino Médio.

As análises dos discursos iniciais dos estudantes indicaram, no contexto escolar sobre a temática energia nuclear, implicações de uso da Ciência e da Tecnologia. As concepções iniciais dos estudantes mostraram, em muitos discursos, haver ausência de informações sobre essa fonte energética. As relações que alguns estudantes conseguiram realizar da energia nuclear com situações de seu entorno associavam-se principalmente a precedentes históricos da tecnologia nuclear, como catástrofes e acidentes e aplicação da energia nuclear voltada para a geração de eletricidade, como um assunto ainda permeado de incertezas e especificidades que extrapolam o conhecimento científico.

Os discursos iniciais dos estudantes, analisados no âmbito da abordagem CTS, mostraram que, em sua maioria, são centrados na racionalidade científica, pautada na neutralidade científica, e na Ciência e na Tecnologia vistas como sinônimos de progresso. Nos discursos finais, em busca de averiguar possíveis engajamentos científico e social dos estudantes, percebeu-se que a maioria das concepções se resignificaram em direção à aproximação dos processos de tomada de decisão. Nas últimas atividades, constatou-se maior participação dos estudantes nas discussões sobre a energia nuclear e sobre a possível implantação de uma usina nuclear no contexto em que os estudantes estão inseridos, a região dos Cocais. Essa aproximação do estudo com o território da região dos Cocais, local de fala dos sujeitos da pesquisa, contribuiu para o engajamento desses sujeitos com a temática proposta em sala de aula e evidenciou, em diversos discursos circulados na atividade final da unidade de ensino, apontamentos sobre questões que impactariam seu entorno e seu meio social.

Os discursos de alguns estudantes estabeleceram relação com questionamentos além dos possíveis impactos da pós-produção, anteciparam a decisão para implementação de uma possível usina nuclear na região dos Cocais, como as prospecções. Observaram-se, ainda, mudanças nas concepções dos alunos no que diz respeito à suposta neutralidade da Ciência, evidenciada nos discursos que anunciam não existir nenhuma atividade científica e tecnológica neutra. Da mesma forma, nenhum desenvolvimento científico e tecnológico pode ser considerado sinônimo de progresso para a população da região, pois não possibilita a geração de empregos e bem-estar social, em consequência dos avanços tecnológicos.

De forma menos acentuada, alguns discursos ressaltam o que pode estar por trás de avanços científicos e tecnológicos. Identificam contradições e mecanismos de pressão que podem esconder os reais interesses das classes dominantes, que persuade a população menos favorecida, como é a maioria das pessoas da região dos Cocais, inclusive as quebradeiras de coco babaçu — comunidade tradicional da região —, de modo que as reais necessidades da população não sejam contempladas.

Observaram-se, nos direcionamentos dos alunos, percepções de possíveis impactos sociais e ambientais associados a fatos históricos negativos sobre usinas nucleares com desastres e/ou acidentes, utilizados como argumentos para justificar posicionamentos para o não aceite de implementação de uma usina nuclear na região dos Cocais. As principais preocupações foram relacionadas à viabilidade dos custos de implantação de uma usina, tanto no ponto de vista econômico, tecnológico, social e ambiental quanto no que se refere

à preocupação com o meio ambiente, em especial, com o desmatamento dos babaçuais e o descarte de resíduos radioativos.

As inquietações que emergiram ao longo desta pesquisa, marcadas nos discursos dos estudantes, indicam direcionamentos para a participação em processos decisórios da Ciência e da Tecnologia, a partir de decisões coletivas, no sentido de discutir problemas e impactos ou transformações sociais que o desenvolvimento científico e tecnológico podem provocar no meio social. Observou-se uma preocupação dos estudantes, a partir de ações de âmbito coletivo, em defender interesses do ambiente no qual estão inseridos e se engajar na luta pelo território, de forma a pensar proposições e soluções antes da implantação de uma possível usina de energia nuclear na região dos Cocais.

Alguns discursos sugeriam opções por matrizes energéticas com maior viabilidade para a região Nordeste, como a eólica, a solar e a hidráulica, que fazem mais parte do contexto em que estão inseridos, consideradas energias renováveis. Ressaltaram que o Brasil não necessita de mais uma usina nuclear e que seria mais adequado manter e promover melhorias nas existentes, a Angra 1 e a Angra 2.

Propostas didáticas como esta, com viés de estímulo à participação social dos estudantes em sala de aula, na perspectiva de pressupostos educacionais CTS, ainda são pouco frequentes no contexto escolar. Neste estudo, alguns discursos produzidos durante a aplicação da unidade de ensino podem ser indicativos de participação social dos estudantes, em busca de uma sociedade democrática, em que a integração em processos de decisão pode ser apreendida e estabelecida em sala de aula em disciplinas como a Química e a Física.

Durante a aplicação da unidade de ensino, observou-se a importância de ampliar a participação dos estudantes nas discussões sobre a Ciência e a Tecnologia na sociedade. É recomendável abordar temáticas mais próximas da realidade dos estudantes para enfatizar a ideia de pertencimento ao território no qual estão inseridos. Outra possibilidade é aumentar o período de discussão da temática em sala de aula para enfatizar o debate com mais aprofundamento na perspectiva de oferecer maiores contribuições na tomada de decisão sobre a temática abordada. É importante, por fim, oportunizar discussão sobre as relações de poder por trás dos avanços científicos tecnológicos e sobre a suposta neutralidade da ciência, da racionalidade científica, bem como sobre as contradições e os mecanismos de poder do desenvolvimento científico e tecnológico.

## REFERÊNCIAS

- AIEA. Update 156: IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine. **AIEA Press**, Vienna, 2023a. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-156-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>. Acesso em: 7 maio 2023.
- AIEA. Update 144: IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine. **AIEA Press**, Vienna, 2023b. Disponível em: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-144-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine>. Acesso em: 16 maio 2023.
- AIKENHEAD, G. Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. **Educación Química**, Coyoacán, v. 16, n. 2, p. 114-24, 2005.
- AIKENHEAD, G. S. The social contract of science: implications for teaching science. *In*: SOLOMON, J.; AIKENHEAD, G. S. (org.). **STS education-international perspectives on reform**. New York: Teachers College Press, 1994. X p. p. 11-20.
- ALMEIDA, M. J. P.M.; LIMA, M. C. A. O tema da energia nuclear numa segunda licenciatura em física no Maranhão. *In*: LIMA, M. C. A.; MARQUES, C. V. V. C. O.; SORPRESO, T. P. (org.). **Questões de ensino de ciência e tecnologia em discussão**. São Luís: EDUFMA, 2018. p. 67 - 83.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; PAGLIARINI, C. R. Representação numa vertente da análise de discurso e seu funcionamento em situações de ensino e pesquisa. **RDIVE**, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 4-15, 2018.
- APARECIDO, J. M.; AGUILAR, S. L. C. A Guerra entre a Rússia e a Ucrânia. **Série Conflitos Internacionais**, Marília, v. 9, n. 1, p. 1-19, 2022.
- AULER, D. Enfoque ciência-tecnologia-sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Campinas, v. 1, n. esp., p. 1-20, 2007.
- AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade no Contexto da Formação de Professores de Ciências**. 2002. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- AULER, D. Novos caminhos para a educação CTS: ampliando a participação. *In*: SANTOS, W. L.P.; AULER, D. (org.). **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2011. p. 73-98.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico–tecnológica para quê? **Ensaio: pesquisa em educação em ciências**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 105-115, 2001.
- BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade: e o contexto da educação tecnológica**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1998. 324 p.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; BAZZO, J. L. S. **Conversando sobre educação tecnológica**. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2016. 203 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília, DF: EPE/MME, 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Nota Técnica: Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. Brasília, DF: MME, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio\\_23Fev2021NT%20\(2\).pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-569/Hidroge%CC%82nio_23Fev2021NT%20(2).pdf). Acesso em: 12 jun. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular - BNCC**. Brasília, DF: MEC, 2018. 600 p.

BRITO, L. S.; FERREIRA, L. N. A. Análise de discursos de estudantes de ensino superior sobre radioatividade e suas relações ciência-tecnologia-sociedade. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, Bogotá, v. 16, n. 2, p. 328-345, 2021.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 2013. 366 p.

BÖHLKE, M. **O sistema de salvaguardas da Agência Internacional de Energia Atômica e os procedimentos especiais: implicações para o programa brasileiro de desenvolvimento de submarino com propulsão nuclear**. Brasília, DF: FUNAG, 2022. 413 p.

BONFIM, C. S.; STRIEDER, R. B. Educação CTS e natureza da ciência no ensino de química: articulações para a tomada de decisão. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA*, 21., 2023, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/xxieneq2022/539508-EDUCACAO-CTS-E-NATUREZA-DA-CIENCIA-NO-ENSINO-DE-QUIMICA--ARTICULACOES-PARA-A-TOMADA-DE-DECISAO>. Acesso em: 25 jul. 2023.

CARDOSO, Z. Z. **Engajamento dos estudantes em práticas educativas fundamentadas pela educação CTS**. 2022. 215 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

CARVALHO, J. F. O espaço da energia nuclear no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 293-207, 2012.

CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da energia nuclear na saúde**. São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. *E-book*. 68 p. Disponível em: <http://portal.sbpcnet.org.br/livro/energianuclearnaude.pdf>. Acesso em: 14 maio 2023.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2006. 360p.

CHRISPINO, A. **Introdução aos Enfoques CTS** – Ciência, Tecnologia e Sociedade – na educação e no ensino. Documentos de trabajo de iberciencia, n.º 4. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2017. 181 p.

Disponível em: <https://aia-cts.web.ua.pt/wp>

content/uploads/2017/11/introducao\_aos\_enfoques\_cts\_na\_educacao\_e\_no\_ensino\_final.pdf. Acesso em: 30 abr. 2023.

CUTCLIFFE, S. H. **Ideas, máquinas y valores: los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad**. Barcelona: Anthropos Editorial, 2003. 228 p.

DANTAS, G. S.; LIMA, M. C. A. Território, trabalho e gênero: mulheres quebradeiras de coco babaçu na Educação Ambiental Crítica. **Revista eletrônica do mestrado em educação ambiental**, Rio Grande, v. 40, n. 1, p. 367-388, jan./abr. 2023.

DYSON, F. **Mundos Imaginados**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. 168 p.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional (BEN): Relatório Síntese 2023**. Brasília, DF: EPE, 2023. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2023\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-681/BEN_S%C3%ADntese_2023_PT.pdf). Acesso em: 17 jun. 2023.

FERNANDEZ, J. V. M.; LIXANDRÃO FILHO, A. L.; GUEDES, S.; MONTELEONE, P. D.; PREARO, I.; CORDEIRO, G.; HERNANDES, A. A.; HADLER NETO, J. C. Uma nova estratégia para o ensino de física nuclear e radioatividade para o novo ensino médio: autoaprendizagem guiada por aplicativo web. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 43, 2021. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/DRQLY4pC8YRvZgvqq5vWPfy/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 03 fev. 2023.

GAI MONTEDO, P. S.; MARINELLI, J. R. Uma proposta em ensino de física e a democratização do debate nuclear. **Revista do Professor de Física**, Brasília, DF, v. 3, n. 1, p. 28-46, 2019.

GARCIA, M. I. G.; CEREZO, J. A. L.; LÓPEZ, J. L. L. **Ciência, tecnologia y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia e la tecnología**. Madrid: Editorial Tecnos, 1996. 324 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GOES, S. STF declara inconstitucionais mais duas leis de estados proibindo usinas nucleares. **Conjur**, São Paulo, set. 2021. Disponível em:

<https://www.conjur.com.br/2021-set-20/stf-derruba-duas-leis-estaduais-proibindo-usinas-nucleares-lixo-atomico>. Acesso em: 12 jun. 2023.

GOLDEMBERG, J. **Energia, meio ambiente & desenvolvimento**. Tradução A. Koch. São Paulo: Editora da USP, 1998. 234 p.



GOMBRADE, R.; LONDERO, L. Percepções de estudantes sobre usinas nucleares e o resíduo radioativo. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, Bogotá, v. 17, n. 2, p. 286-299, 2022.

GONÇALVES DIAS, Antônio. Primeiros cantos. In: **Poesias completas**. São Paulo: Saraiva, 1957, p. 83-4.

GUIMARÃES L. S.; MATTOS J. R. L. Energia Nuclear: Desmistificação e Desenvolvimento. In: VEIGA, J. E. **Energia Nuclear**: do anátema ao diálogo. São Paulo: SENAC, 2011. 136 p. p. 26-79.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Audiências Públicas no Âmbito do Governo Federal**: análise preliminar e bases para avaliação. Relatório de Pesquisa. Brasília, DF: Ipea, 2012.

KURAMOTO, R. Y. R.; APPOLONI, C. R. Associação Brasileira de Energia Nuclear. Uma breve história da política nuclear brasileira. **Cad. Brás. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 379-392, dez. 2002.

KAMIOJI, M. I. **O medo da energia nuclear**: Energia nuclear, segurança e medo: o discurso do Jornal Folha de São Paulo na história das usinas nucleares (1979-2013). 2021. 693 f. Tese (Doutorado em História Social) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

LARA, D. M.; RICHTER, M. F. Hidrogênio verde: a fonte de energia do futuro. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 26, n. 1, p. 413-436, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/viewFile/12746/10175>. Acesso em: 12 jun. 2023.

LISBOA, M. Balanço da Política Ambiental do governo Lula: grandes e duradouros impactos. In: DE PAULA, M. (org.) **“Nunca antes na história desse país”? Um balanço das políticas do governo Lula**. Rio de Janeiro: ed. Heinrich Boll Stiftung, 2011. 152 p. p. 16-32.

LAYRARGUES, P. P. Para onde vai a educação ambiental? O cenário político-ideológico da educação ambiental brasileira e os desafios de uma agenda política crítica contra-hegemônica. **Revista Contemporânea de Educação**, [S. l.], Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 388-411, 2012.

LIMA, I. H. S.; MELO, G. T. P.; CARNEIRO, P. F. P.; ANDRADE, M. E. A.; BARBOSA, N. Y. S.; SANTOS, S. M. G. Acidente nuclear de Chernobyl: os efeitos biológicos da radiação. **Caderno de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde - UNIT**, Sergipe, v. 6, n. 1, p. 107, 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernobiologicas/article/view/7992>. Acesso em: 12 jun. 2023.

LINSINGEN, I. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, [S. l.], v. 1, n. esp., nov. 2007. Disponível em: <https://repi.ufsc.br/sites/default/files/Irlan.pdf>. Acesso em: 15 set. 2022.

LIU, X. Expanding notions of scientific literacy: a reconceptualization of aims of science education in the knowledge society. *In*: MANSOUR, N.; WEGERIF, R. **Science education for diversity: theory and practice**. Netherlands, Dordrecht: Springer, 2013. 379 p. p. 23-39.

LOPES ESTEVES, R. **A constitucionalização da questão nuclear no Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência Política) – Faculdade de Ciências Sociais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

MACHADO, T. B. **Aceitação da energia nuclear por parte da opinião pública no Brasil**. 2021. Tese (Doutorado em Ciências da Comunicação) – Escola de Comunicação e Artes, Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2021.

MAGNOTTA, F. **O Brasil e a não proliferação nuclear: da oposição à adesão**. Resenha de Brazil in the Global Nuclear Order, 1945-2018 (Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2021), de Carlo Patti. **CEBRI-Revista**, Rio de Janeiro, ano 1, n. 3, p. 169-174, jul./set. 2022.

MARANHÃO. Secretaria de Estado da Educação. **Documento curricular do território maranhense: ensino médio**. São Luís: Secretaria de Estado da Educação, 2022.

MARTÍNEZ PÉREZ, L. F. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo: Editora UNESP, 2012. *E-book*. 360 p.

MARTINS, I. P. Revisitando orientações CTS/CTSA na educação e no ensino de ciências. **APEduC Revista**, Vila Real, v. 1, n. 1, p. 13-29, 2020.

MERÇON, F.; QUADRAT, S. V. Radioatividade e história do tempo presente. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 19, p. 27-30, maio 2004.

MOURÃO, R. R. F. Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma. **Notas e Críticas**, São Paulo, v. 3, n. 4, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ss/a/n4LdNCVGMn79gxyNdkB8HZN/>. Acesso em: 27 fev. 2023.

MUSSALIM, F. Análise do discurso. *In*: MUSSALIM, F.; BENTES, A. C. **Introdução à linguística: domínios e fronteiras**. São Paulo: Cortez, 2001. v. 2. 312 p. p. 101-142.

ORLANDI, E. **Análise de discurso: princípios e procedimentos**. 12. ed. Campinas: Pontes. 2015. 98 p.

ORLANDI, E. **Interpretação: autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. 5. ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2007. 156 p.

PALADINO, G. Discretamente, governo federal mira na expansão da produção de energia nuclear no Brasil. **Jornal da UNESP**, São Paulo, 20 jan. 2022. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2022/01/20/discretamente-governo-federal-mira-na-expansao-da-producao-de-energia-nuclear-no-brasil/>. Acesso em: 14 jun. 2022.

PATTI, C. **O Programa Nuclear Brasileiro: uma história oral**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2014. 270 p. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/13733>. Acesso em: 14 maio 2023.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 13, n. 1, p. 71-84, 2007.

PIZZINGA, V. H. Notas sobre Chernobyl: análise de alguns aspectos relacionados às situações de trabalho da usina nuclear de Pripyat. **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, vol. 23, n. 2, p.143-156, 2020.

ROBERTS, D. A. What counts as science education: *In*: Fensham, P. J. (org). **Development and dilemmas in science education**. Barcombe: The Falmer Press, 1991. p. 27-55.

ROSA, E. R.; AULER, D. Não Neutralidade da Ciência-Tecnologia: Problematizando Silenciamentos em Práticas Educativas CTS. **Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.9, n.2, p.203-231, 2016.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Culturas de participação em práticas educativas brasileiras fundamentadas pela educação CTS. **Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS**, Buenos Aires, v. 16, n. 47, p. 71-94, 2021.

ROSA, S. E.; STRIEDER, R. B. Educação CTS e a não neutralidade da ciência-tecnologia: um olhar para práticas educativas centradas na questão energética. **R. bras. Ens. Ci. Tecnol.**, Ponta Grossa, v. 11, n. 3, p. 98-123, set./dez. 2018.

SANTOS, M. T. R.; SILVA, M. V. C.; CARDOSO, T. A. O. Sistema de Comando de Incidentes e comunicação de risco: reflexões a partir das emergências nucleares. **Saúde debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 98-114, jul. 2020.

SANTOS, R. A. **A não neutralidade na perspectiva educacional ciência-tecnologia sociedade**. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

SANTOS, R. A. **Busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da ciência-tecnologia na sociedade**: sinalizações de práticas educativas CTS. 2016. 203 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

SANTOS, R. A.; AULER, D. Práticas educativas CTS: busca de uma participação social para além da avaliação de impactos da Ciência Tecnologia na Sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 485-503, 2019.

SANTOS, R.; AULER, D. Práticas educativas CTS: aprofundando a compreensão de participação social no contexto educacional brasileiro. **Indagatio Didactica**, Aveiro, v. 11, n. 2, p. 413-430, 16 out. 2019.

SANTOS, M. T. R.; SILVA M. V. C.; CARDOSO T. A. O. Sistema de Comando de Incidentes e comunicação de risco: reflexões a partir das emergências nucleares. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 98-114, j. 2020.

SANTOS, W. L. P. Química e formação para a cidadania. **Educ. química**, Cidade do México, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011b. Disponível em: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187893X2011000400004&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187893X2011000400004&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 5 mar. 2023.

SANTOS, W. L. P. Significados da educação científica com enfoque CTS. *In*: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (org.). **CTS e Educação Científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2011a. 460 p. p. 21-47.

SANTOS, W. L. P.; AULER, D. **CTS e educação científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília, DF: Editora Universidade de Brasília, 2011. 460 p.

SCHNORR, S. M.; RODRIGUES, C. G. Ciência, tecnologia e sociedade: ensino de Ciências no referencial pós-estruturalista. **Filosofia e Educação**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 46-75, 2018.

SI. **Sistema Internacional de Unidades**. Duque de Caxias: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012. 94 p. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si\\_versao\\_final.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf). Acesso em: 24 maio 2023. Acesso em: 17 maio 2022.

SILVA, E. L.; MARCONDES, M. E. R. Materiais didáticos elaborados por professores de química na perspectiva CTS: uma análise das unidades produzidas e das reflexões dos autores. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 21, n. 1, p. 65-83, 2015.

SOVACOOOL, B. K. Repensando a energia nuclear. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p. 287-291, 2012.

STRIEDER, R. B. **Abordagem CTS na Educação Científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. 2012. 283 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STRIEDER, R.; KAWAMURA, M. R. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017.

STRIEDER, R.; WATANABE, G.; GURGEL, I. Energia nuclear no âmbito da educação CTS. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, [S. l.], n. extra, p. 3462-3466, 2013. Disponível em: <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308483>. Acesso em: 17 ago. 2022.

TEIXEIRA, P. M. M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e movimento C.T.S. no ensino de Ciências. **Ciências & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TENÓRIO, A.; QUINTANA, L. S.; NUNES, W. V.; TENÓRIO, T. Análise de conteúdos de física nuclear em livros escolares brasileiros. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 175-199, 2015.

TOTI, F. A. **Educação científica e cidadania**: as diferentes concepções e funções do conceito de cidadania nas pesquisas em Educação em Ciências. 2011. 266 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DOS ESTUDANTES



Universidade Federal do Maranhão  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino em Ciências e Matemática**  
Mestrado em Ensino em Ciências e Matemática

**Prezado(a) estudante(a),**

Este questionário consiste em parte de um estudo intitulado **A energia nuclear em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade como possibilidade de engajamento científico-social** que gostaria de desenvolver com vocês nesta sala de aula. O estudo é parte do projeto de mestrado que desenvolvo no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal do Maranhão.

Para iniciar o estudo, é importante conhecer sua opinião sobre conceitos envolvidos na temática. Para isso, convidamos você a responder às questões descritas abaixo, de forma livre e espontânea, pois sua opinião é de grande relevância para o estudo.

- 1. Você se lembra de alguma situação de uso da Energia Nuclear em seu dia a dia? Fale sobre isso.**

---

---

---

---

---

---

---

- 2. Pensando em benefícios e/ou em malefícios para a sociedade, qual sua percepção sobre o uso da Energia Nuclear?**

---

---

---

---

---

---

---

- 3. Você já ouviu falar em usina nuclear? Você poderia dizer para que serve uma usina nuclear?**

---

---

---

---

---

---

---

- 4. Você já ouviu falar que o governo brasileiro tem a intenção de construir uma usina nuclear na região Nordeste? E se o local de instalação escolhido pelo governo for o município em que você mora, o que você diria ou faria?**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**5. O que você gostaria de conhecer sobre a Energia Nuclear? Por quê?**

---

---

---

---

---

**6) Fale o que você conhece sobre a energia nuclear.**

---

---

---

---

---

---

**7) O que você gostaria de estudar sobre Ciência e sobre Tecnologia nas disciplinas do Ensino Médio? Justifique sua resposta.**

---

---

---

---

---

---

---

---





## APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

**Título da Pesquisa:** A energia nuclear em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade como possibilidade de engajamento científico-social

**Responsável pela Pesquisa:** A pesquisa será desenvolvida por Francisca das Chagas da Silva Ferreira sob a orientação de Maria Consuelo Alves Lima. A apresentação do termo de consentimento será realizada por Francisca das Chagas da Silva Ferreira.

**Justificativa e Objetivos da Pesquisa:** O estudo tem o objetivo de construir e aplicar uma Unidade de Ensino (UE), envolvendo uma simulação sobre a implementação de uma usina nuclear na região dos Cocais, no Maranhão. A aplicação desta UE, em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, busca o desenvolvimento de habilidades voltadas para cidadania, tendo em vista o engajamento nas discussões sobre possíveis implicações do uso da Ciência e da Tecnologia. Nela propomos a realização de um questionário inicial, mantendo o anonimato dos pesquisados, por meio de um Termo de Consentimento Livre Esclarecido (TCLE). A participação dos estudantes do terceiro ano do ensino médio tem como objetivo analisar as concepções prévias relacionada à temática apresentada. Durante a aplicação da unidade de ensino, será solicitada aos estudantes a elaboração da redação de um resumo simples em grupo. A pesquisa é composta de um questionário, com perguntas abertas para os estudantes, e um roteiro de entrevista semiestruturado com perguntas abertas acerca da temática para os professores.

**Procedimentos e Métodos:** Os sujeitos participantes da pesquisa são alunos no terceiro ano do Ensino Médio de uma escola, situada em Codó - MA. Os alunos responderão questionários e participarão da pesquisa que será no sentido de colaborar com as atividades e estudos propostos por uma UE sobre a temática *energia nuclear*. As respostas aos questionários serão utilizadas somente pela pesquisadora responsável (Francisca das Chagas da Silva Ferreira) e a por sua orientadora (Maria Consuelo Alves Lima). Os dados de pesquisa poderão ser divulgados em eventos de divulgação científica, artigos de pesquisa e trabalho de conclusão de curso da pesquisadora, porém, os nomes dos participantes que responderem aos questionários não serão divulgados.

**Resultados e Benefícios Esperados:** Espera-se que os alunos adquiram novos conhecimentos relacionados à energia nuclear a partir do estudo envolvendo conceitos relativos à energia nuclear em uma abordagem CTS como possibilidade de engajamento científico-social e que eles desenvolvam um senso crítico sobre o que está sendo produzido com o avanço da Ciência e da Tecnologia.

**Participação na Pesquisa:** A participação é voluntária, sendo que os sujeitos de pesquisa podem desistir da participação a qualquer momento e, ao confirmarem a participação, eles receberão uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Estou ciente de que as despesas porventura decorrentes da pesquisa serão de responsabilidade da pesquisadora, e de que não haverá qualquer compensação financeira.

**Riscos:** A pesquisa será desenvolvida em uma disciplina ofertada pela escola de Ensino Médio, com supervisão do(a) Professor(a) responsável, e se trata somente de aplicação de

questionários e participação em aulas, podendo ter apresentação de seminários. Esse tipo de atividades já vem sendo utilizado regularmente por vários pesquisadores das universidades do país sem que tenham sido registrados riscos consideráveis para os estudantes. Por isso, ponderamos que esta pesquisa apresentará possibilidade de risco desprezível.

**Dados e Contatos da Pesquisadora Responsável:**

**Francisca das Chagas da Silva Ferreira (ferreira.francisca@discente.ufma.br)** pós-graduanda do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECEM) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), graduada em Licenciatura em Química pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (2015) com experiência docente na Educação Básica.

Endereço para correspondência: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses s/n, Campus Bacanga, São Luís – Maranhão. CEP65085-580. Fone: (98) 3272- 9294; (98) 98708-5467.

**Dados e Contatos do Comitê de Ética em Pesquisa:**

Avenida dos Portugueses S/N, Campus Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho, PPPG, Bloco C Sala 07 – São Luís/MA; Telefone: 3272-8708; e-mail: [cepufma@ufma.br](mailto:cepufma@ufma.br).

Recebi os esclarecimentos necessários sobre possíveis desconfortos decorrentes da atividade, levando em conta que terá um questionário prévio. Assim, surgindo alguma pergunta que me leve a sentir constrangimento, sou livre para, a qualquer momento, recusar-me a responder às perguntas que considero que o ocasionem. Minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, identificar-me, será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e, se desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo. É garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois de minha participação.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor do aqui mencionado e compreendido a natureza e objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

**Pesquisadora Responsável**

**Voluntário(a) Participante da Pesquisa**

Francisca das Chagas da Silva Ferreira

Nome

Assinatura

Codó, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2023

Nome

Assinatura (Responsável)

Codó, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2023

## APÊNDICE D – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Eu, \_\_\_\_\_, sou portadora do RG: \_\_\_\_\_, e minha profissão atual é: \_\_\_\_\_, estou sendo convidado(a) a participar de um estudo denominado *A energia nuclear em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade como possibilidade de engajamento científico-social*, cujos objetivos são: propor uma Unidade de Ensino, pautada em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), envolvendo uma simulação sobre a implementação de uma usina nuclear na região do Cocais, estado do Maranhão, com alunos do Ensino Médio, na perspectiva de proporcionar discussões sobre possíveis implicações do uso da abordagem CTS, aplicar a unidade de ensino em duas turmas do Ensino Médio, da Educação Básica, na disciplina de Química, e analisar a visão da Ciência, na perspectiva da abordagem CTS, dos participantes da pesquisa, a partir de argumentos produzidos pelos alunos durante o desenvolvimento da unidade de ensino.

Minha participação no referido estudo será no sentido de contribuir para a construção de um aprendizado de conteúdos sobre a energia nuclear e suas implicações científicas, tecnológicas e sociais. Fui alertado(a) de que, da pesquisa a ser realizada, posso esperar alguns benefícios, tais como: despertar sobre a importância do desenvolvimento da energia nuclear e suas implicações na sociedade, permitir uma nova percepção sobre os reais objetivos da Ciência e da Tecnologia, além de proporcionar incentivo para conhecer a Ciência e a Tecnologia subsidiando engajamento social, principalmente, na tomada de decisões envolvendo o desenvolvimento científico e tecnológico.

Recebi os esclarecimentos necessários sobre os possíveis desconfortos decorrentes das atividades, levando em conta que responderei a questionários e realizarei atividades em sala de aula, em que muitos poderão mostrar indisposição e/ou não permanecer até finalização da pesquisa. Assim, surgindo alguma pergunta que me leve a sentir desconforto e constrangimento, sou livre para, a qualquer momento, recusar-me a responder às perguntas que causem essas sensações.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa de qualquer forma me identificar será mantido em sigilo. Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, e, se desejar sair da pesquisa, não sofrerei qualquer prejuízo à assistência que venho recebendo.

É assegurada a assistência durante toda pesquisa, bem como me é garantido o livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, enfim, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois de minha participação.

Enfim, tendo sido orientado(a) quanto ao teor aqui mencionado e compreendido a natureza e objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico a receber ou a pagar por minha participação. De igual maneira, caso ocorra algum dano decorrente de minha participação no estudo, serei devidamente indenizado, conforme determina a lei.

**Título da Pesquisa:** A energia nuclear em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade como possibilidade de engajamento científico-social.

**Responsável pela Pesquisa:** A pesquisa será desenvolvida por Francisca das Chagas da Silva Ferreira sob a orientação de Maria Consuelo Alves Lima. A apresentação do termo de consentimento será realizada por Francisca das Chagas da Silva Ferreira.

**Justificativa e Objetivos da Pesquisa:** O estudo tem o objetivo de construir e aplicar uma Unidade de Ensino (UE), envolvendo uma simulação sobre a implementação de uma usina nuclear na região dos Cocais, no Maranhão. A aplicação desta UE, em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola pública, busca o desenvolvimento de habilidades voltadas para a cidadania, tendo em vista o engajamento nas discussões sobre possíveis implicações do uso da Ciência e da Tecnologia. Nela propomos a realização de um questionário inicial, mantendo o anonimato dos pesquisados, por meio de um Termo de Assentimento Livre Esclarecido (Tale). A participação dos estudantes do terceiro ano do Ensino Médio tem como objetivo analisar as concepções prévias relacionadas à temática apresentada. Durante a aplicação da UE, será solicitada aos estudantes a elaboração da

redação de um resumo simples, em grupo. A pesquisa é composta de um questionário com perguntas abertas para os estudantes e um roteiro de entrevista semiestruturado com perguntas abertas, acerca da temática, para os professores.

**Procedimentos e Métodos:** Os sujeitos participantes da pesquisa são alunos no terceiro ano do Ensino Médio de uma escola, situada em Codó/MA. Os alunos responderão questionários e participarão da pesquisa no sentido de colaborar com as atividades e estudos propostos por uma UE sobre a temática *energia nuclear*. As respostas aos questionários serão utilizadas somente pela pesquisadora responsável (Francisca das Chagas da Silva Ferreira) e por sua orientadora (Maria Consuelo Alves Lima). Os dados de pesquisa poderão ser divulgados em eventos de divulgação científica, artigos de pesquisa e trabalho de conclusão de curso da pesquisadora; porém, os nomes dos participantes que responderem aos questionários não serão divulgados.

**Resultados e Benefícios Esperados:** Espera-se que os alunos adquiram novos conhecimentos relacionados à energia nuclear a partir do estudo, envolvendo conceitos relativos à energia nuclear em uma abordagem CTS como possibilidade de engajamento científico-social e que eles desenvolvam um senso crítico sobre o que está sendo produzido com o avanço da Ciência e da Tecnologia.

**Participação na Pesquisa:** A participação é voluntária, sendo que os sujeitos de pesquisa podem desistir da participação a qualquer momento e, ao confirmarem a participação, eles receberão uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Estou ciente de que as despesas porventura decorrentes da pesquisa serão de responsabilidade da pesquisadora e de que não haverá qualquer compensação financeira.

**Riscos:** A pesquisa será desenvolvida em uma disciplina ofertada pela escola, com supervisão do(a) professor(a) responsável, e se trata somente de aplicação de questionários e participação em aulas, podendo ter apresentação de seminários. Esse tipo de atividades já vem sendo utilizado regularmente por vários pesquisadores das universidades do país sem que tenham sido registrados riscos consideráveis para os estudantes. Por isso, ponderamos que esta pesquisa apresentará possibilidade de risco desprezível.

**Dados e Contatos da Pesquisadora Responsável:** **Francisca das Chagas da Silva Ferreira**([ferreira.francisca@discente.ufma.br](mailto:ferreira.francisca@discente.ufma.br)) pós-graduanda do Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPECEM) da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), graduada em Licenciatura em Química pela Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (2015), tem experiência docente na Educação Básica. Endereço para correspondência: Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Maranhão, Av. dos Portugueses s/n, *Campus* Bacanga, São Luís/Maranhão. CEP65085-580. Fone: (98) 3272- 9294; (98) 98708-5467.

**Dados e Contatos do Comitê de Ética em Pesquisa:** Avenida dos Portugueses Nº 1966, *Campus* Universitário do Bacanga, Prédio do CEB Velho, PPPG, Bloco C, Sala 07, São Luís/MA; Telefone: 3272-8708; e-mail: [cepufma@ufma.br](mailto:cepufma@ufma.br).

**Pesquisadora Responsável**

Francisca das Chagas da Silva Ferreira

(Nome)

(Assinatura)

Codó, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2023

**Voluntário (a) Participante da Pesquisa**

\_\_\_\_\_  
(Nome)

(Assinatura)

Codó, \_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2023

# APÊNDICE E – APRESENTAÇÃO POWERPOINT UTILIZADA NA UNIDADE DE ENSINO COM OS ESTUDANTES

**Energia nuclear**

Mestranda: Francisca das Chagas da Silva Ferreira  
Orientadora: Profa. Dra. Maria Consuelo Alves Lima

Como o Brasil se envolveu com a produção de energia nuclear?

**Problematização**

Construção de usinas nucleares brasileiras

**Problematização**

**AS USINAS BRASILEIRAS**  
Onde ficam, como funcionam e quanta energia produzem nossas duas usinas – e como Angra 3 se compara a elas.

ANGRA 1	ANGRA 2	ANGRA 3
instalação de 2 reatores pressurizados de água (R1 e R2) em operação desde 1984. Possui capacidade de geração de 1.770 MW.	instalação de 2 reatores pressurizados de água (R3 e R4) em operação desde 1991. Possui capacidade de geração de 2.640 MW.	instalação de 3 reatores pressurizados de água (R5, R6 e R7) em operação desde 2012. Possui capacidade de geração de 3.400 MW.

A usina começou a ser construída há 39 anos. Agora, a obra será retomada e pode finalmente ficar pronta. Se isso acontecer, o Brasil irá dobrar sua capacidade de gerar energia nuclear. Vale a pena?



A produção de energia nuclear no contexto de produção da matriz energética brasileira

**Problematização**

Vamos refletir?

**Problematização**

Vamos refletir?

**Problematização**

**Problematização**

Já ouvir falar sobre o submarino nuclear brasileiro?



9

**Problematização**

Qual deve ser o papel da energia nuclear no Brasil?



10

**Problematização**

Leitura e discussão



11

**Problematização**

Leitura e discussão

*Discretamente, governo federal mira na expansão da produção de energia nuclear no Brasil.*

- ✓ Grupo01: Introdução
- ✓ Grupo02: Geração por energia eólica explodiu no Brasil
- ✓ Grupo 03: Os riscos e impactos ambientais da energia nuclear
- ✓ Grupo04: Propaganda quer melhorar imagem da energia nuclear

**Observações**

- Duração da leitura, discussão e elaboração da síntese inicial do grupo: (30min)
- Duração da síntese inicial do grupo: 10 min para cada grupo (40min)

12

**2ª Etapa**

**Seminários temáticos**

Serão formados 04 grupos de até 10 pessoas

*Grupo 01:* Conceitos fundamentais da energia nuclear;

*Grupo 02:* Usinas nucleares;

*Grupo 03:* Tecnologias nucleares e contribuições da energia nuclear;

*Grupo 04:* Riscos provenientes da energia nuclear e implicações éticas na utilização da energia nuclear.

*Obs:* Pesquisar as temáticas, em referências confiáveis, com análise de credenciais, como em livros, artigos, textos de divulgação científica, vídeos, sites e blogs. Cada grupo organizará um resumo escrito e montará a apresentação (no formato da escolha de cada grupo) de modo a analisar as implicações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais referentes a sua temática.

**Duração de apresentação por grupo: 15 min**

13

**3ª Etapa**

**Simulação de uma audiência pública**

**Minha terra tem palmeiras e pode ter uma usina nuclear?**

- Redator: responsável pela redação da ata e/ou relatório da audiência pública
- Cerimonialista : responsável por elo de ligação entre a mesa da audiência pública e a participação do público.
- Recepcionista: receber os convidados e responsável pela lista de assinaturas
- Defensor público (advogado)
- Prefeito
- Representante de instituição acadêmica.
- Vereador
- Ambientalista
- Presidente da associação de moradores
- Empresário
- Representante dos agricultores
- Representante das quebradeiras de coco babaçu.

**Cada grupo escolherá três representantes.**

14

## ANEXO

### TEXTO UTILIZADO NA ETAPA DE PROBLEMATIZAÇÃO

#### Reportagens

**Discretamente, governo federal mira na expansão da produção de energia nuclear no Brasil**

*Medidas incluem retomada das obras de Angra 3, volta da mineração de urânio e anúncio de uma nova usina até 2031. Mas especialistas sustentam que fontes solar e eólica são mais estratégicas para o país.*



20/01/2022, 20h07

Atualizado em:  
21/01/2022, 12h12

[Guilherme Paladino](#)

A energia nuclear voltou a entrar no horizonte do futuro energético do Brasil, ainda que de forma discreta. Várias iniciativas foram adotadas pelo governo federal para incrementar o setor, tanto do ponto de vista da infraestrutura como administrativo. Segundo [declarou o ministro de Minas e Energia](#), Bento Albuquerque, em fins de novembro, o objetivo é expandir até cinco vezes a capacidade de geração de energia elétrica por via nuclear. Ele atribuiu a retomada de investimentos no setor ao



“processo de transição energética em busca de uma economia de baixo carbono”, tendo como horizonte a busca mundial pela diminuição da emissão de gases do efeito estufa. Albuquerque estimou que, até 2050, 60 milhões de brasileiros poderiam ser abastecidos pela eletricidade gerada por usinas nucleares.

A iniciativa mais recente, anunciada em 6 de janeiro, foi a assinatura de um convênio entre o Ministério de Minas e Energia e o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) para [selecionar locais para a construção de novas usinas](#). Ela se soma a outras medidas adotadas ao longo do último ano, que incluíram a retomada da produção de urânio, após um hiato de cinco anos, com a instalação da Mina do Engenho em Caetité, na Bahia; [o reinício das obras da usina nuclear de Angra 3](#), paralisadas desde 2015; a [criação da Autoridade Nacional de Segurança Nuclear](#) (ANSN) para “monitorar, regular e fiscalizar as atividades e instalações nucleares no país”; a inauguração de uma [nova cascata de enriquecimento de urânio](#) no Rio de Janeiro; e o anúncio de [planos para começar a construir uma nova usina](#) nuclear, antes mesmo que se completasse a usina de Angra 3, que ficaria pronta até 2031.

Todas essas medidas estão dentro do contexto do [Plano Nacional de Energia 2050](#), aprovado em dezembro de 2020 pelo Ministério de Minas e Energia (MME). O documento prevê o aumento de até cinco vezes da oferta de energia nuclear dentro da matriz elétrica brasileira nos próximos 30 anos — atualmente, as duas usinas em funcionamento têm, juntas, uma potência de aproximadamente 2 GW (gigawatts). A meta é alcançar uma capacidade de geração entre 8 e 10 GW no período estipulado, e a conclusão de Angra 3, prevista para o fim de 2026, promete acrescentar 1,4 GW de potência.

Contudo, embora o movimento de apostar na energia nuclear como alternativa sustentável esteja sendo ensaiado em alguns países — a União Europeia (UE), por exemplo, propôs, no início de 2022, [a classificação desta fonte como “verde”](#) para aumentar as possibilidades de investimento —, especialistas ouvidos pelo **Jornal da Unesp** discordam da adoção desta estratégia no Brasil. As razões envolvem os riscos operacionais intrínsecos e, principalmente, o potencial brasileiro subaproveitado de outras fontes mais baratas, limpas e seguras, como a eólica e a solar, somado à já existente e significativa estrutura de usinas hidrelétricas no país.

### **Geração por energia eólica explodiu no Brasil**

“É compreensível que, devido a limitações geográficas, a França invista em energia nuclear. Inclusive, a maior parte da energia elétrica gerada na França é de origem nuclear. Mas o Brasil não necessita disso. Estamos longe de esgotar nossa capacidade de geração de energia”, argumenta Antônio Martins, físico e docente do Departamento de Engenharia

Ambiental do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da Unesp Sorocaba. Mestre em física e doutor em engenharia elétrica, ele estuda a evolução da matriz energética brasileira em comparação com a de outros países.

A França, que tem cerca de 70% de sua matriz elétrica dependente de usinas nucleares, assumiu a presidência rotativa da UE em 1 de janeiro e é uma das forças que apoiam a classificação da energia nuclear como “sustentável”. No Brasil, a energia nuclear responde por apenas cerca de 1% da geração de eletricidade.

O processo de desenvolvimento do uso da energia nuclear em nosso país teve início ainda nos anos 1950 e se revelou demorado e turbulento, com denúncias de corrupção e décadas de paralisações das construções. Martins destaca que, em comparação, a geração eólica em nosso país apresentou um crescimento gigantesco e rapidíssimo. Em 2006 a capacidade instalada de geração de eletricidade pela matriz eólica era de apenas 0,2 GW. No fim de 2021, ela já beirava 20,1 GW, um aumento de 100 vezes. Nesses 15 anos, ela saltou de uma participação de menos de 1% da matriz elétrica nacional para 11,11%, com tendência de crescimento ainda maior nos próximos anos.

Outra fonte energética mais interessante em ascensão, segundo os estudiosos, é a solar. Embora entre nós seu emprego tenha se iniciado mais recentemente – a primeira usina solar brasileira foi instalada somente em 2011 – sua contribuição para a matriz energética brasileira já é o dobro da nuclear (2,51% contra 1,09%, em dados de dezembro de 2021). “Uma vantagem interessante da energia solar é que ela permite um modelo descentralizado de geração, que é diferente do modelo centralizado, do qual a nuclear e a maioria das outras fazem parte. No modelo centralizado, tem-se um único lugar que gera energia e ela tem que ser transportada, o que gera perdas que podem chegar até a ordem de 10%. No caso da energia solar, você gera e utiliza energia em sua própria casa”, comenta Martins.

Para a física Emiko Okuno, professora aposentada do Departamento de Física Nuclear do Instituto de Física da USP e autora de livros sobre o tema, “em minha opinião, não faz sentido” investir na ampliação da matriz nuclear em nosso país. “No Brasil, há inúmeras fontes alternativas de energia. O país é ensolarado quase o ano todo. As marés da imensa costa do território nacional são outra alternativa. Pode-se utilizar também a energia eólica”, pondera.



Técnico em atividade nas Indústrias Nucleares Brasileiras, no RJ, onde estão as centrífugas que fazem o enriquecimento de urânio para abastecer as usinas nucleares em atividade.

### **Os riscos e impactos ambientais da energia nuclear**

Um dos argumentos mais utilizados pelos grupos que apoiam a expansão da matriz nuclear é o de que se trata de uma fonte “limpa”, com baixa emissão de gases poluentes na atmosfera. De fato, o vapor gerado nas usinas nucleares é formado por água, o que, por si só, não traz riscos para o meio ambiente. Entretanto, ambientalistas ponderam que é necessário considerar todo o ciclo de valor envolvido no processo de geração da energia nuclear, que vai desde a extração e enriquecimento de urânio até o tratamento dos resíduos radioativos após sua utilização nas usinas.

“Não foi resolvida a questão dos resíduos radioativos. Mesmo a Alemanha, que já está abandonando a energia nuclear, ainda não definiu qual será a destinação dos resíduos”, afirma Marcelo Laterman, porta-voz do Greenpeace Brasil e especialista em Ciências Ambientais e Energia. São necessários milênios até que o urânio, o principal combustível das usinas nucleares, deixe de representar risco à vida. Até que isso aconteça, as autoridades precisam armazená-lo em segurança, de forma que não ocorram vazamentos e exposição da biodiversidade à radioatividade. Elaborar uma estratégia que garanta o total isolamento do urânio por milhares de anos, considerando todas as variáveis que podem surgir com o passar dos séculos, é um desafio complexo, e não são os alemães que enfrentam dificuldades em solucioná-lo. “O descarte desses resíduos é um problema em todo o mundo”, diz Emiko Okuno. “Como ele se manterá perigoso por milênios, há até o problema quanto a qual língua empregar para deixar uma mensagem sobre sua periculosidade para as próximas gerações, uma vez que não sabemos qual língua será usada então”, diz.

Há também o aspecto dos outros impactos ambientais envolvidos no processo de geração de energia a partir dessa fonte. “Os reatores das usinas aquecem muito, e o resfriamento é feito com a água (dos rios), que tem sua temperatura elevada e evapora. Tudo isso gera graves impactos para a biodiversidade local. Outro fator é que, para minerar o urânio, são empregadas máquinas que emitem gases poluentes. E, hoje, o Brasil está minerando urânio em Caetité, na Bahia, e também é preciso levar em conta o processo de transporte desse combustível”, diz Laterman.



Parque eólico Paracuru, no Ceará

Também é impossível desconsiderar o risco de acidentes nas usinas. Embora a estrutura destas instalações seja reconhecidamente segura, e a probabilidade de que algo grave aconteça seja remota, os possíveis acidentes podem custar a vida de milhares de pessoas, causar doenças nas populações de cidades próximas afetadas pela névoa radioativa e, também, gerar danos ambientais irreversíveis.

Todas essas possibilidades foram o combustível que movimentou décadas de manifestações anti-nucleares por parte de grupos ambientalistas. E o coro de críticos só se tornou mais forte quando ocorreu o acidente com a usina nuclear de Fukushima, no Japão, atingida por um tsunami em 2011. Após os acidentes, países que dependiam bastante da energia nuclear, como Alemanha e Bélgica, anunciaram projetos para a desativação completa de seus reatores nos próximos anos. E Alemanha, Áustria e Espanha também já se manifestaram contra a recente proposta do bloco europeu de classificar a energia nuclear como “verde”.

### **Propaganda quer melhorar imagem da energia nuclear**

Ainda em 2018, quando Bento Albuquerque era um almirante da Marinha recém-indicado como futuro ministro de Minas e Energia por Jair Bolsonaro, ele já havia se manifestado favoravelmente a uma retomada dos investimentos do Estado brasileiro na área nuclear. De lá para cá, o projeto tem sido tocado no ritmo “devagar e sempre”, sem chamar muita atenção. Nos últimos doze meses, porém, ganhou algum momentum e visibilidade. Entre novembro e dezembro de 2021, chegou-se a veicular

uma campanha publicitária da Eletronuclear em canais de TV fechada e no rádio. O intuito era apresentar a matriz nuclear de uma forma mais favorável junto à opinião pública brasileira.

Em paralelo às iniciativas do governo, o tema voltou a ser abordado por especialistas da área, também de forma discreta. Ainda em 2019, no começo do governo Bolsonaro, um boletim editado pela FGV Energia, um centro de pesquisas ligado à Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, compilou as visões de [14 profissionais da área](#) e estudiosos do tema no Brasil. O levantamento apontava diversos possíveis benefícios, para além da questão climática. “A energia nuclear é uma fonte limpa, que demanda uma pequena área de geração, preservando grandes extensões para agricultura e outras atividades, além de gerar pouco resíduo se comparado às térmicas”, afirmou Luis Maurício Azevedo, presidente da Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral (ABPM). Dorel Soares Ramos, professor do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da USP, destacou as vantagens trazidas pela exploração de urânio como parte de um programa de geração nuclear. “Alavanca a economia, o PIB do país se eleva, pois é uma indústria de base que produz e gera emprego. Pode ser muito importante e vantajosa para o país a exploração de urânio, dependendo da magnitude do programa”, diz ele.

Já no final de 2021, [Adriano Pires, diretor do Centro Brasileiro de Infraestrutura](#), defendeu em artigo que as usinas podem proporcionar uma estabilidade bem-vinda no fornecimento de energia em tempos de instabilidades no clima. “A expansão da geração nuclear é importante para o Brasil por garantir segurança no fornecimento de energia elétrica, evitando que o país fique suscetível às adversidades climáticas, trazendo confiabilidade à matriz elétrica brasileira”, diz. Para Martins, no entanto, nenhum desses argumentos pode justificar a opção por retomar a construção de novas usinas. “Sou favorável ao investimento em pesquisas nessa área, para manter o país em dia com a ciência mundial. Mas, estrategicamente, não faz o mínimo sentido essa opção no Brasil, devido ao potencial energético ainda subaproveitado em outras fontes mais interessantes para nós”, diz. “Não é questão de ser a favor ou contra a energia nuclear.”

Imagem acima: canteiro de obras da Usina de Angra 3. Crédito: Eletronuclear.