



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO
MATEMÁTICA**

MARIA GABRIELA DA COSTA MELO

**A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: DISCUTINDO AS
FUNÇÕES INORGÂNICAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
INVESTIGATIVA COM BASE NA ABORDAGEM CTS(A) E NA EDUCAÇÃO EM
DIREITOS HUMANOS**

**CAMPINA GRANDE - PB
2024**

MARIA GABRIELA DA COSTA MELO

**A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: DISCUTINDO AS
FUNÇÕES INORGÂNICAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA
INVESTIGATIVA COM BASE NA ABORDAGEM CTS(A) E NA EDUCAÇÃO EM
DIREITOS HUMANOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, no Mestrado Acadêmico, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Linha de pesquisa: Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Junior

**CAMPINA GRANDE - PB
2024**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M528m Melo, Maria Gabriela da Costa.

A mineração no Seridó oriental paraibano [manuscrito] :
Discutindo as funções inorgânicas por meio de uma sequência
didática investigativa com base na abordagem CTS(a) e na
educação em direitos humanos / Maria Gabriela da Costa
Melo. - 2024.

204 p. : il. colorido.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Acadêmico em Ensino de
Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual da
Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.

"Orientação : Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso
Marcelino Júnior , UFRPE - Universidade Federal Rural de
Pernambuco."

1. Ensino de Química. 2. Mineração. 3. CTSA. 4.
Educação em Direitos Humanos. I. Título

21. ed. CDD 338.9

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARIA GABRIELA DA COSTA MELO

A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: DISCUTINDO AS FUNÇÕES INORGÂNICAS POR MEIO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA COM BASE NA ABORDAGEM CTS(A) E NA EDUCAÇÃO EM DIREITOS HUMANOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, no Mestrado Acadêmico, como requisito parcial à obtenção do título de Mestra em Ensino de Ciências e Educação Matemática.

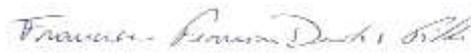
Linha de pesquisa: Metodologia, Didática e Formação do Professor no Ensino de Ciências e Educação Matemática.

Aprovada em: 01/03/2024.

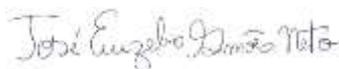
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Júnior (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)



Prof. Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho (Avaliador interno)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. José Euzebio Simões Neto (Avaliador externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Dedico este trabalho às mulheres da minha família que não tiveram opção ou oportunidade de expandir seus conhecimentos para além da cozinha de suas casas. Em especial, à minha mãe, pela sua coragem e compromisso com a minha educação.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe Arilma, que é mãe solo e tem me apoiado nos meus objetivos acadêmicos desde sempre. Obrigada por priorizar meus estudos em meio as turbulências que é criar três filhos sozinha.

Aos meus irmãos, Sabrina e Murilo, especialmente minha irmã e futura biomédica, pela sua cumplicidade e por nunca esconder sua torcida por mim.

À minha adorável sobrinha, Maria Alice, que mesmo sem entender é fonte de inspiração para a minha coragem.

Aos meus queridos avós maternos, Ovídio Rodolfo e Maria Margarida, minha eterna gratidão e amor, pois nunca nos deixou passar fome.

Ao meu querido amigo, que está ao meu lado desde a graduação, Pedro Ricardo Moreira.

Às minhas queridas amigas e primas: Hortência Costa, Acsa Oliveira (ela também me deu várias caronas para Pedra Lavrada ao longo desses dois anos), Ester Oliveira e Stefany Oliveira.

Ao meu querido namorado, Filipe Gomes, que tem me acompanhado mais de perto nos últimos meses, dividindo um lar comigo.

Aos queridos ex-vizinhos, Karla e Kaíke Menezes. À Jaciany Lucena, minha vizinha em Pedra Lavrada, que dividiu as despesas em Campina. Vocês foram especiais nessa trajetória.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Junior, que mesmo de forma remota e com as limitações esteve empenhado para concluirmos esta pesquisa. Tenho uma grande admiração pelo profissional humano que ele é. Posso afirmar que ele foi um grande orientador, com suas palavras de acolhimento e incentivo, sua fé e motivação foram muito valiosas em todo o percurso do mestrado. Muitíssimo obrigada, Cristiano.

Agradeço aos componentes da banca por aceitarem o convite. Ao professor Dr. Francisco Ferreira Dantas Filho por estar presente nesse momento, como também esteve ao longo das aulas nas disciplinas do mestrado acadêmico, por sua simpatia e alegria junto ao Grupo de Pesquisa em Metodologias para a Educação Química (GPMEQ). Ao professor Dr. José Euzebio Simões Neto, que agora ouvi fora das leituras digitais, obrigada por aceitar o convite e contribuir no aprimoramento da pesquisa.

Às minhas amigas da turma do mestrado acadêmico da Educação Química, Quézia Raquel e Rita Di Pace, pelas nossas partilhas nas alegrias e tristezas da jornada acadêmica, com muita cumplicidade.

Aos colegas educadores(as) químicos(as) do Grupo de Pesquisa em Metodologias para a Educação Química, especialmente a minha parceira Ma. Leossandra Cabral de Luna.

Aos professores do PPGECEM que, nas trilhas da aprendizagem, trouxeram ricas leituras e contribuições para minha pesquisa.

Aos vínculos que construí dentro do PPGECEM, que muito me inspiraram, me acolheram e compartilharam diálogos riquíssimos e inesquecíveis. Gostaria que permanecessem na minha vida. Ao meu querido grupo “Vale”, muito obrigada.

Ao meu professor na graduação e hoje colega na pós-graduação, professor Me. Thiago Pereira, que é um forte exemplo profissional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Com a bolsa concedida pude continuar a minha pesquisa e mitigar muitas sensações de desesperos financeiros ao longo do período como bolsista.

Tive várias redes de apoio ao longo do mestrado. A primeira a ser descrita, não conheço pessoalmente, mas foram importantes para mim e foram fonte de inspiração. Gosto muito do conteúdo da escritora Brené Brown, ela compartilha suas pesquisas sobre áreas que eu nem sabia que eram objeto de estudo, a vergonha e a coragem. Aprendi com ela a abraçar minhas vulnerabilidades, aceitar minha espiritualidade e externar minha coragem como um compromisso comigo mesma, em várias áreas da minha vida. Aprendi com Glennon Doyle a ficar satisfeita em semear um sentimento de pertencimento em relação as minhas escolhas. Com a Clarice Lispector, que se deve viver apesar de, ela mesma diz que às vezes é o apesar de que nos empurra para a frente. À querida Rita Lee, por ter me feito feliz. E ao Engenheiros do Hawaii por me ajudar a dar mais um sentido a “não vim até aqui pra desistir agora”.

A todos e todas que torceram por mim. Muitíssimo obrigada!

RESUMO

A Educação Química tem reconhecido a importância de estratégias de ensino-aprendizagem pautadas na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), visando a inserção de temas ligados à realidade social dos estudantes na abordagem dos conteúdos químicos. Uma das temáticas que pode ser relevante nesse contexto é a mineração. Pautada no dinamismo socioeconômico, a exploração mineral também é responsável por causar conflitos e vulnerabilidades, de diferentes ordens, aos recursos ecossistêmicos e às comunidades locais, características que abrem um amplo espectro de oportunidades para ações pedagógicas, como as associadas à Educação em Direitos Humanos (EDH). Nessa direção, este trabalho traz uma adaptação de um *design research* envolvendo a abordagem CTS(A) e a EDH, para o ensino-aprendizagem de Funções Inorgânicas no Ensino Médio, a partir da temática “mineração”, com ênfase no Seridó Oriental paraibano, particularmente no município de Pedra Lavrada. O texto está estruturado em capítulos, articulados entre si. Inicialmente, apresenta-se uma pesquisa em Estado da Arte, na qual se procurou obter uma visão panorâmica sobre a utilização da temática “mineração” no ensino de Química e de suas inter-relações com abordagem CTS(A) e com a EDH, em uma parte representativa da produção acadêmica brasileira. Em seguida, há um estudo teórico, de cunho bibliográfico, voltado a identificar os principais aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à mineração no Seridó Oriental paraibano, com ênfase no município de Pedra Lavrada, e suas potencialidades para o ensino-aprendizagem de Funções Inorgânicas, pautadas nos fundamentos da abordagem CTS(A) e da EDH. De posse desses elementos, em uma terceira parte, apresenta-se o desenho didático da planejar de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) dentro dessa perspectiva. Por fim, realiza-se a descrição do desenvolvimento e aplicação do instrumento de validação da SDI, realizada junto a professores-pesquisadores em Educação Química, destacando as vantagens, as dificuldades e os desafios da proposta. Em meio aos resultados obtidos, destacam-se: a carência de trabalhos na temática “mineração”, na Educação Química, especialmente associados à EDH; a importância dessa temática para o ensino de Química, particularmente para o ensino de Funções Inorgânicas, seja em um contexto Planetário ou no Seridó Oriental paraibano; planejar uma SDI considerada adequada para um tratamento humanizado da Ciência na abordagem dos conteúdos químicos, notadamente pelo fato de a proposta oportunizar uma concreta aproximação com a realidade da atividade mineradora no Seridó Oriental paraibano a partir das conexões de aspectos CTS(A) com a EDH.

Palavras-Chave: Ensino de Química; Mineração; CTSA; Educação em Direitos Humanos.

ABSTRACT

Chemical Education has recognized the importance of teaching-learning strategies based on the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach, aiming to include themes linked to the social reality of students in the approach to chemical content. One of the themes that may be relevant in this context is mining. Based on socioeconomic dynamism, mineral exploration is also responsible for causing conflicts and vulnerabilities, of different types, to ecosystem resources and local communities, characteristics that open up a wide spectrum of opportunities for pedagogical actions, such as those associated with Human Rights Education (HRE). In this direction, this work brings an adaptation of design research involving the STS(E) and HRE approach, for the teaching-learning of Inorganic Functions in High School, based on the theme “mining”, with an emphasis on the Eastern Seridó of Paraíba, particularly in the municipality of Pedra Lavrada. The text is structured into chapters, linked together. Initially, a State of the Art research is presented, in which we sought to obtain a panoramic view of the approach to the theme “mining” in the teaching of Chemistry, and its interrelations with the STS(E) approach and with HRE, within in a representative part of Brazilian academic production. Next, there is a theoretical study, of a bibliographic nature, aimed at identifying the main scientific, technological, social and environmental aspects related to mining in the Seridó Oriental of Paraíba, with emphasis on the municipality of Pedra Lavrada, and its potential for teaching-learning Inorganic Functions, based on the fundamentals of the STS(E) and HRE approach. With these elements in hand, in a third part, the didactic design of planning a Investigative Didactic Sequence (IDS) within this perspective is presented. Finally, there is a description of the development and application of the IDS validation instrument, carried out together with professors-researchers in Chemical Education, highlighting the advantages, difficulties and challenges of the proposal. Among the results obtained, the following stand out: i) the lack of work on the theme “mining”, in Chemical Education, especially associated with HRE; ii) the importance of this theme for the teaching of Chemistry, particularly for the teaching of Inorganic Functions, whether in a Planetary context or in the Eastern Seridó of Paraíba; iii) the planning of a IDS considered adequate for a humanized treatment of Science in the approach of chemical contents, notably due to the fact that the proposal provides a concrete approximation between the reality of mining activity in the Eastern Seridó of Paraíba based on the connections of STS(E) aspects with HRE.

Keywords: Chemistry teaching; Mining; STSE; Human Rights Education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Distribuição das produções encontradas por tipo e ano de publicação.....	41
Figura 2 - Distribuição das produções encontradas por nome do periódico e ano.....	41
Figura 3 - Relação das produções por código com as categorias finais.....	47
Figura 4 - Localização da Microrregião do Seridó Oriental Paraibano.....	54
Figura 5 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	63
Figura 6 - Localização de minas próxima à zona urbana de Pedra Lavrada.....	71
Figura 7 - Garimpeiros em processo de lavra, com quebra e seleção dos minerais sem EPI adequados e utilizando ferramentas rudimentares.....	72
Figura 8 - Beneficiamento do feldspato potássico na COOMIPEL, em Pedra Lavrada.....	73
Figura 9 - Teia de conceitos orientadores para a seleção do conteúdo da SDI na temática mineração, com ênfase na abordagem CTS(A) e na EDH.....	105
Figura 10 - Destaque a impactos positivos da atividade mineradora - Exemplo de <i>slide</i> a ser utilizado na introdução da temática, dentro do momento de ativação e problematização dos conhecimentos prévios.....	117
Figura 11 - Destaque a impactos negativos da atividade mineradora - Exemplo de <i>slide</i> a ser utilizado na introdução da temática, dentro do momento de ativação e problematização dos conhecimentos prévios.....	117
Figura 12 - <i>Kit</i> de minerais que será utilizado na SDI.....	121
Figura 13 - Esquema orientador para construção de fluxogramas.....	123
Figura 14 - Esquema didático da <i>Teacher Learning Sequences</i>	135
Figura 15 - Processo EAR para validação de Sequência Didática.....	138

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Teses e dissertações que abordam a temática mineração no ensino de Química, publicadas no período 2000-2023.....	37
Quadro 2 - Artigos que abordam a temática mineração no ensino de Química, encontrados em periódicos publicados no período 2000-2023.....	39
Quadro 3 - Unidades de registro encontradas no conjunto das teses, dissertações e artigos.....	42
Quadro 4 - Categorias iniciais da análise das produções.....	43
Quadro 5 - Categorias intermediárias da análise das produções.....	44
Quadro 6 - Categorias finais da análise das produções.....	45
Quadro 7 - Impactos ambientais causados pela mineração na região do Seridó.....	61
Quadro 8 - Equipamentos de Proteção Individual estabelecidos na NR 6.....	68
Quadro 9 - Conjunto de inter-relações dos impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada.....	75
Quadro 10 - Relação entre habilidades e objetos de conhecimento, da BNCC, que se associam à temática mineração.....	102
Quadro 11 - Relação entre habilidades, objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem, que se associam à temática mineração, contidos nos Parâmetros Curriculares do Estado da Paraíba, nas orientações para o 1º ano do Ensino Médio.....	103
Quadro 12 - Conteúdos selecionados para a SDI.....	106
Quadro 13 - Síntese das etapas da SDI.....	109
Quadro 14 - Aspectos que orientam a composição de problemas.....	114
Quadro 15 - Caso a ser utilizado na problematização dos conhecimentos prévios.....	116
Quadro 16 - Questões orientadoras para o caso.....	116
Quadro 17 - Descrição dos vídeos que serão utilizados no primeiro momento pedagógico.....	118
Quadro 18 - Natureza dos questionamentos para a roda de conversa.....	118
Quadro 19 - Síntese dos experimentos demonstrativos investigativos.....	122

Quadro 20 - Organização das temáticas para atividade de culminância.....	124
Quadro 21 - Elementos constituintes do instrumento de validação.....	139
Quadro 22 - Questões abordadas no formulário na categoria 1.....	143
Quadro 23 - Questões abordadas no formulário na categoria 2.....	144
Quadro 24 - Questões abordadas no formulário na categoria 3.....	145
Quadro 25 - Definição das unidades de sentido relacionadas a questão 1.2.....	147
Quadro 26 - Definição das unidades teóricas relacionadas a categoria 1.....	147
Quadro 27 - Exemplos sobre a mineração a partir dos nove aspectos relacionados a abordagem CTS(A).....	155

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
APL	Arranjo Produtivo Local
ASCP	Agente Sociocultural e Político
ATD	Análise Textual Discursiva
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
COOMIPEL	Cooperativa de Pequenos Mineradores de Pedra Lavrada
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Serviço Geológico do Brasil
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente
CTS	Ciência, Tecnologia, Sociedade
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EDH	Educação em Direitos Humanos
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
GPMEQ	Grupo de Pesquisa em Metodologias para a Educação Química
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NEM	Novo Ensino Médio
NR	Normas Regulamentadoras
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCMSO	Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional
PGR	Programa de Gerenciamento de Risco
PIB	Produto Interno Bruto
PNDH	Programa Nacional de Direitos Humanos
PNEDH	Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos
QSC	Questão sociocientífica
SD	Sequência Didática
SDI	Sequência Didática Investigativa
SUDENE	Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UR	Unidades de Registro

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO.....	15
	INTRODUÇÃO.....	20
1	Capítulo 1 - A TEMÁTICA MINERAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UM PANORAMA DAS PROPOSTAS DIFUNDIDAS EM PUBLICAÇÕES NACIONAIS, DE 2000 A 2023.....	28
1.1	Introdução.....	28
1.2	Metodologia.....	35
1.3	Resultados e Discussão.....	36
1.4	Conclusões.....	48
	Referências.....	48
2	Capítulo 2 - A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: UM CONTEXTO TEMÁTICO PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES INORGÂNICAS NO ENSINO MÉDIO.....	52
2.1	Um olhar científico, tecnológico, social e ambiental (CTSA) sobre a mineração no Seridó oriental do Estado da Paraíba.....	52
2.1.1	<i>Aspectos científicos-tecnológicos da mineração no Seridó da Paraíba.....</i>	<i>55</i>
2.1.2	<i>Os impactos da mineração no Seridó Oriental sobre o meio ambiente.....</i>	<i>60</i>
2.1.3	<i>As implicações do desenvolvimento extrativo mineral sobre o arranjo econômico-social do Seridó Oriental paraibano.....</i>	<i>64</i>
2.2	Suscitando elementos para uma abordagem da Educação em Direitos Humanos na Química escolar a partir da temática mineração no contexto de Pedra Lavrada.....	69
2.3	Conclusões.....	82
	Referências.....	83
	Capítulo 3 - PLANEJAMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES QUÍMICAS INORGÂNICAS NO ENSINO MÉDIO.....	92
3.1	Introdução.....	92
3.2	Pressupostos teórico-metodológicos gerais para o planejamento da SDI...	93
3.2.1	<i>A concepção de Sequência Didática Investigativa.....</i>	<i>93</i>

3.2.2	<i>A compreensão de SDI articulada a abordagem CTS(A).....</i>	94
3.2.3	<i>Utilizando Questões sociocientíficas (QSC): desvelando um caminho para abordar a mineração e a contribuição para a tomada de decisão.....</i>	95
3.2.4	<i>Aspectos da Educação em Direitos Humanos assumidos na SDI.....</i>	99
3.3	Seleção de conteúdo para a SDI.....	101
3.4	A estrutura da SDI.....	108
3.4.1	<i>Explicando as etapas da SDI.....</i>	112
3.4.2	<i>Ativação e problematização dos conhecimentos prévios.....</i>	113
3.4.3	<i>Mediação e aprofundamento do conhecimento.....</i>	119
3.4.4	<i>Execução e aplicação do conhecimento.....</i>	123
3.4.5	<i>Síntese e mobilização de saberes.....</i>	125
3.5	Conclusões.....	125
	Referências.....	126
	Capítulo 4 - DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM INSTRUMENTO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO.....	133
4.1	Introdução.....	133
4.2	Suscitando elementos para a validação da SDI.....	134
4.2.1	<i>A Linha da Engenharia Didática.....</i>	134
4.2.2	<i>A Linha Teacher Learning Sequences (TLS).....</i>	135
4.2.3	<i>A Linha Educational Design Research.....</i>	136
4.2.4	<i>Processo Elaboração-Aplicação-Reelaboração (EAR) para a validação da SDI.....</i>	136
4.2.5	<i>Aspectos teóricos para a construção do instrumento de validação da SDI.....</i>	139
4.3	Metodologia.....	140
4.3.1	<i>Caracterização da pesquisa.....</i>	140
4.3.2	<i>Contexto e participantes da pesquisa.....</i>	141
4.3.3	<i>Coleta, tratamento e análise dos dados.....</i>	143
4.3.3.1	<i>Coleta de dados: o instrumento de validação.....</i>	143
4.3.3.2	<i>Tratamento e metodologia da análise dos dados.....</i>	145
4.4	Resultados e Discussão.....	149
4.4.1	<i>Construindo significados: Crítica aos aspectos gerais da SDI.....</i>	149

4.4.2	<i>Mineração na realidade estudantil: conexões CTS(A) e reflexões socioambientais</i>	152
4.4.3	<i>Mineração e o desenvolvimento de habilidades para a vida social: Educação em Direitos Humanos e abordagem CTS(A)</i>	156
4.5	Conclusões	
	Referências	160
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	166
	REFERÊNCIAS	168
	Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	171
	Apêndice B - Estrutura da SDI apresentada aos participantes	173
	Apêndice C - Questionário da SDI	178
	Apêndice D - Texto didático para a etapa da mediação e aprofundamento do conhecimento	180
	Apêndice E - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI	192
	Apêndice F - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI	193
	Apêndice G - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI	195
	Apêndice H - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI	196
	Apêndice I - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI	197
	Apêndice J - Textos para leituras complementares extra aulas	198

APRESENTAÇÃO

Pesquisas em Educação Química vêm apontando para a necessidade da promoção de propostas didáticas contributivas ao desenvolvimento da problematização e da inserção do cotidiano dos estudantes que estejam alinhadas com as demandas sociais relacionadas às suas realidades. Considerando tais aspectos, realizou-se uma pesquisa voltada à abordagem do conteúdo Funções Inorgânicas no ensino-aprendizagem de Química escolar, centrada na temática mineração do Seridó Oriental paraibano, no contexto da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) e nas suas inter-relações com a Educação em Direitos Humanos (EDH). Neste trabalho, não existe um distanciamento ou diferenciação quanto às siglas CTS/CTSA, mas optamos pela sigla CTSA, pois com a inclusão da perspectiva da Educação em Direitos Humanos e sua forte relação com o aspecto ambiental, nos parece coerente deixá-la em evidência e, portanto, explícita.

O interesse e a motivação pelo tema da pesquisa precedem o ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (PPGECM/UEPB). As experiências vivenciadas ao longo da minha caminhada escolar e acadêmica têm me permitido refletir sobre como minha vida pessoal ajudou-me¹ a criar conexões com meu objeto de pesquisa. Por isso, a proposta aqui apresentada não expõe apenas o meu olhar de pesquisadora, mas inclui a minha identidade e meus registros de vida-mundo. Desse modo, antes de tratar diretamente sobre as questões referentes ao objeto de pesquisa, irei me apresentar e expor algumas reflexões pessoais sobre quem sou e sobre a minha aprendizagem durante a trajetória do mestrado.

Sou uma mulher cis, branca, de cabelos escuros e, hoje, tenho 27 anos. Sou pedralavradaense, pois nasci na cidade Pedra Lavrada, localizada no Seridó Oriental Paraibano, onde vivi grande parte da minha vida. Esse município possui pouco menos de sete mil habitantes e sua extensão territorial é quase toda em zona rural. As atividades econômicas mais presentes na minha terra natal são a prestação de serviço público, a agricultura e a mineração e, por causa desta, Pedra Lavrada é conhecida no Estado como “Terra do Minério”, sendo-lhe atribuído um grande e rico potencial mineralógico.

O ingresso na Universidade levou-me a sair de Pedra Lavrada, no ano de 2015. Trilhei um caminho diferente do seguido pela maioria das mulheres da minha família, que não tiveram oportunidades para aprofundar seus estudos. A título de exemplo, minha bisavó não estudou,

¹ Ao escrever na primeira pessoa do singular, refiro-me apenas à autora-pesquisadora; quando na primeira do plural, à autora-pesquisadora e ao orientador.

minha avó não estudou, mas foi alfabetizada, aos sessenta e cinco anos de idade e minha mãe conseguiu concluir o Ensino Médio. No entanto, interrompendo esse ciclo geracional, tive oportunidades e busquei ir além, estimulada por mulheres que puderam e optaram por estudar.

Contaram-me que, com a ajuda da minha tia, uma pedagoga, eu já estava alfabetizada antes de ingressar na Educação Infantil. Recordo-me de quando eu tinha quatro anos de idade, morando no sítio dos meus avós, Sítio Tamanduá, na zona rural de Pedra Lavrada, quando estudava ou planejava suas aulas, minha tia colocava-me numa mesa ao seu lado, dispunha livros e lápis e me ensinava a ler e escrever. Lembro também que nesses momentos, apesar de sermos uma família bastante barulhenta, ela pedia para que os demais familiares fizessem silêncio; nas minhas reminiscências, recordo do silêncio que faziam. Certamente, tudo isso contribuiu para que eu tivesse apreço pelos hábitos da leitura e do estudo. Ao tempo que este relato auxilia na composição da gênese da minha personalidade e das minhas escolhas, também emana profunda gratidão e admiração: pela vida dos meus avós, que sempre viveram no campo e conseguiram criar todos os seus filhos por meio da agricultura; e pela atitude das minhas tias, ao decidirem fazer uma graduação.

Cresci com a percepção que o pedido de silêncio dentro da atividade de estudo era acatado por enxergarem a educação como uma libertação para as condições difíceis de nossa família. Aprendi que só a educação poderia oferecer condições melhores do que a vida dura e árida do campo. Por outro lado, no meu ambiente familiar, esperavam que, após concluir os estudos, as mulheres casassem e tivessem filhos, vivendo na dependência do cônjuge. De forma sutil, essa imposição de costumes e crenças foi e ainda tenta ser imposta a mim, como se esses desejos pudessem anular um ao outro, ou seja, se estudar, não vai ter tempo para pensar em família e se tiver uma família não conseguirá estudar. Sempre me senti indiferente em relação a isso, inclusive porque, ao mesmo tempo, sempre ouvi o discurso que só por meio dos estudos poderia ser “alguém na vida”. E tive nesse pensamento o exemplo da minha tia, que decidiu não querer viver toda sua vida nesse contexto, pois, mesmo desejando construir uma família, também desejava sua independência. Isso provocou em mim o sentimento de que, de certa forma, meus familiares respeitavam a determinação de uma mulher que decidiu romper com a tradição de casar-se cedo e viver em prol apenas de construir uma família, como se fosse isso que determinasse o seu valor.

A minha vida escolar foi marcada por elogios por sempre ser introvertida, calada, considerada uma aluna dedicada, que sempre tirava boas notas. Desde o início desse período, me apeguei a música e a poesia, que carrego comigo e as utilizo frequentemente, como nesta dissertação, que contém, propositalmente, muitas referências poéticas. Em que pesem os

elogios e o acalanto artístico, algumas situações despertavam incômodos, inquietações e o sentimento de indignação. Essas situações da vida de estudante repercutiram negativamente em mim, de várias formas. Uma delas foi quando passei a ver a escola apenas como um lugar para estudar, que não poderia ser divertido. Passei a não me sentir acolhida e via com muita indiferença e autoritarismo as relações professor/estudante e estudante/gestão, como se na escola existisse uma tentativa de enquadramento e uma relação de modelagem comportamental para meninas. Quando ingressei no Ensino Médio tinha os mesmos incômodos, mas já não ficava calada diante de situações dessa natureza.

As minhas experiências escolares exerceram fortes influências nas demais áreas da minha vida. Elas contribuíram de forma marcante para movimentar as decisões que envolvem a minha aprendizagem e me fazem refletir sobre a importância das minhas raízes nesse processo. Essas percepções permitiram-me lançar um olhar na tentativa de compreender os outros como semelhantes, como indivíduos que, de fato, também carregam histórias, dores, alegrias e experiências. São pessoas que vivem em contextos de vida alheios ao meu e que, sobretudo, precisam de oportunidades para desenvolver suas habilidades e solidificar seus caminhos. Quando refleti sobre essa relação, tive percepções que passaram a me impulsionar e continuam até os dias atuais. Compreendi meus esforços na construção da minha criticidade, da tomada de consciência da minha realidade e do cotidiano escolar, e de reconhecer-me enquanto sujeito de direitos e aprendizagens e, por isso, sujeito político.

Quando ingressei no Ensino Superior pude analisar minha formação na Educação Básica sob outros olhares. Desejei mudar os parâmetros que me fizeram sentir pequena enquanto estudante, como se eu não tivesse voz. Sempre me identifiquei como uma pessoa introvertida, mas questionava qualquer atitude que fosse semelhante ao silenciamento e/ou desincentivo à fala ou opinião. Compreender a minha indignação diante desses cenários e discursos tipicamente derivados de uma educação e valores conservadores estiveram presentes ao longo de toda minha formação, pois sempre pensei na liberdade para ser e para me expressar. Com essa compreensão, lembrei-me de Paulo Freire, pois suas ideias e valores estão ligados à concepção humanística, especificamente na “Pedagogia do Oprimido”, que tem profunda relação com a pesquisa aqui desenvolvida.

Freire (2022) afirmava que a educação é um processo humano. Ele via a educação como prática da liberdade e pontuava a educação dialógica como a possibilidade de libertação do oprimido. Quando Freire questionou o modelo de educação bancária (intitulado por ele), ficou mais evidente como o ensino nas escolas brasileiras era um movimento de depósitos e transferências de informações. Os estudantes eram vistos sob esse viés e não era possível vê-

los como sujeitos experimentados, mas como reprodutores de conhecimentos em provas e testes. Outro ponto bastante pertinente discutido por Freire (2022) era a problematização. Ele acreditava no diálogo por meio da problematização da realidade. Era a partir dessa percepção que o sujeito tinha consciência da sua realidade e das situações de opressão. Na minha concepção, entendi que aprender, de fato, exige o questionamento da realidade, que sem esse questionamento seríamos apenas doutrinados e adestrados. Considerei tais aspectos nas minhas experiências com a docência, na Licenciatura em Química, como professora de Química na Educação Básica, quando fui bolsista no Programa Residência Pedagógica, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)/UEPB. Nesse período de docência escolar, almejava que os estudantes das turmas que eu lecionava pudessem sentir esse tipo de acolhimento.

As experiências pedagógicas da minha trajetória acadêmica e os valores pessoais assumidos ao longo da minha vida contribuíram para entender que ensinar Química demanda a compreensão dos contextos em que os estudantes estavam inseridos, tanto no cotidiano quanto na realidade social. Percebi que para se atingir os objetivos educacionais propostos pelos sistemas de ensino é preciso construir relações fraternas e afetivas. Porém, isso só é possível quando a prática pedagógica abraça a pluralidade. Além dos aspectos cognoscitivos, essa relação plural é pautada no acolhimento, na empatia e na compaixão, no respeito às diferenças e na construção de relações honestas e humanizadas. Esse pensar traduz também a minha linguagem de vida-mundo e, portanto, política. Diante disso, procurei assumir um tema de pesquisa que também fosse um trabalho de vida. É dentro desse contexto que emerge a tríade: ensino de funções químicas inorgânicas, mineração e direitos humanos.

Funções Inorgânicas é um conteúdo tradicionalmente incorporado ao currículo químico escolar e possui grande relevância histórico-epistemológica. Minha vivência acadêmico-escolar permitiu ratificar sua importância na Química e no ensino de Química, incluindo sua intrínseca relação com outros conceitos químicos e com aplicações de diversos materiais, entre eles com espécies inorgânicas encontradas em reservas minerais do Seridó Oriental do Estado da Paraíba.

A mineração é uma atividade extrativista com múltiplas características e implicações. A gênese do meu interesse por essa temática decorre do contexto familiar, em Pedra Lavrada. Alguns de meus parentes exerciam a mineração como atividade de subsistência. Desde cedo, constatei que essa é uma atividade capaz de também trazer consequências indesejáveis. Foi nesta direção que convivi com a morte de dois tios, em consequência de doenças advindas da exploração mineral nos garimpos do município: um tio-avô, não tão próximo, que foi a óbito em virtude do desenvolvimento de uma silicose, por causa das más condições de trabalho no

garimpo, e um tio, muito querido, do meu núcleo familiar, com o qual convivia frequentemente. Esse tio descrevia para nós, sobrinhos e sobrinhas, as atividades realizadas no seu trabalho e as condições com as quais as desenvolvia, que debilitaram sua saúde e o levaram a óbito. Esses exemplos potencializam o quanto essa atividade utiliza práticas que desconsideram e/ou negligenciam os direitos humanos de cidadãos que trabalham diretamente e de outros que são indiretamente afetados pela extração de minerais e de beneficiamento de minérios.

Reconhecendo-me como uma pesquisadora iniciante, apresento intensa e contínua motivação quanto ao tema de pesquisa. Também, reconheço-me no meu objeto de pesquisa, que é resultante dos processos de aprendizagens construídos na minha jornada pessoal e escolar-acadêmica, que articulou os valores educacionais tecidos desde a fase pré-escolar. Junto a isso, reconheço a possibilidade de contribuir para mudar paradigmas, buscando modificar a minha realidade para melhor. Nesse sentido, ao longo da minha história familiar, não sou a única sobrinha de minha tia que conseguiu terminar uma graduação, mas fui a primeira que conseguiu ingressar em uma pós-graduação, em nível mestrado, e anseio que essa dissertação também inspire mais pessoas a trilharem por esse caminho, incluindo mais familiares, mais pedralavradenses e mais licenciandos em Química.

INTRODUÇÃO

O estudo das Funções Inorgânicas é um dos tradicionais tópicos do currículo químico do Ensino Médio e, historicamente, tem sido um dos conteúdos obrigatórios em qualquer proposta curricular dirigida a essa fase de escolaridade. Esse conteúdo usualmente contempla diversos tipos de compostos, agrupados nas funções ácidos, bases, óxidos e sais, embora também envolva outras classes, como hidretos e carbetos. Os compostos pertencentes a essas funções estão presentes em diferentes materiais de ocorrência natural e em uma gama de produtos, presentes em diversas situações do cotidiano. Suas propriedades contribuem, por exemplo, nas características dos solos, nas práticas agrícolas, na extração de minérios, nas influências do pH no sangue e na digestão, na atividade poluente de determinados compostos, e na alimentação humana e animal. Além de permitir uma ampla contextualização do conhecimento químico, esse conteúdo integra uma rede conceitual bastante significativa e relacional, envolvendo diferentes conceitos estruturantes, tais como: elementos químicos, ligações químicas, terminologia química e reações químicas.

Considerando a relevância, diferentes autores recomendam que esse conteúdo continue sendo estudado na escola (Lima; Pinheiro; Moradillo, 2015; Ramos; Frauzino; Laburú, 2017). Ao mesmo tempo, o ensino-aprendizagem das Funções Inorgânicas é vinculado a alguns problemas didático-pedagógicos. Constatados de modo mais intenso no Ensino Médio, em que esse conteúdo é um importante componente curricular, como tem sido destacado por pesquisas na área, como em Campos e Silva (1999) e Silva, Cordeiro e Kiill (2015). Aprender as informações e conceitos, interpretar e aplicar conhecimentos sobre compostos químicos inorgânicos são exemplos nessa direção. Outra dificuldade no ensino escolar das Funções Inorgânicas envolve as estratégias didáticas utilizadas no ensino. Mesmo quando variadas em suas formas, geralmente, elas priorizam demasiadamente ações memorísticas e distanciadas de aspectos que deem sentido aos apresentados aos estudantes. Portanto, alternativas nessa direção são uma necessidade didático-pedagógica, que incidem sobre o cotidiano da sala de aula e a formação de professores, além de ser um campo fértil para a pesquisa educacional.

O ensino de Química na Educação Básica brasileira tem sido desafiado a continuar existindo, especialmente nos últimos anos, devido a insistência em implementar o Novo Ensino Médio (NEM). A nova organização curricular do NEM, embora vise se efetivar como um processo mais coerente com as necessidades e com recomendações postas no cenário educativo, contribui com o apagamento de algumas disciplinas, incluindo Química. A Sociedade Brasileira de Química (2021) em nota oficial questionou a proposta dos itinerários formativos para a área

de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, pois se caso ofertado em determinada escola, pode ocasionar que os estudantes tenham apenas 1 (uma) aula de Química ou nenhuma aula de Química, fato que já tem sido observado em escolas públicas onde o NEM foi implementado. Não obstante esse cenário complexo e problemático, sob as influências das políticas curriculares e dos resultados de pesquisas da área de Educação Química, tanto no contexto brasileiro quanto no internacional, tem-se reconhecido a importância de estratégias de ensino pautadas na abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Nessa abordagem, se articulam aspectos da CTS(A) para assegurar a inserção de temas ligados à realidade social dos estudantes para ensinar conteúdos químicos. Uma das temáticas que se inserem nesse contexto é a mineração, uma atividade voltada principalmente à extração e obtenção de compostos inorgânicos.

A mineração é a atividade responsável pela extração de recursos naturais do solo e do subsolo. Ela é um divisor na história da humanidade (Enríquez, 2007). Desde seus primórdios, esse tipo de atividade vive em constante ascensão mundial e continua indispensável ao crescimento e desenvolvimento das sociedades. Os minerais são necessários à existência e ao bem-estar humano, já que grande parte da matéria-prima e da energia são disponibilizadas a partir de compostos minerais metálicos e não metálicos. Por isso, a mineração se encontra como um dos setores básicos da economia e contribui de forma decisiva para a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

O Brasil congrega um dos maiores potenciais minerais do mundo, vertente propiciada por uma constituição geológica diversificada ao longo da dimensão continental do seu território (Enríquez, 2007). A exploração mineral sempre esteve relacionada ao percurso histórico do Brasil. Desde o início do período colonial, a extração de recursos minerais tem se mostrado uma das principais fontes de riqueza econômica. A exploração do diamante e, principalmente, do ouro de aluvião gerou riquezas, sobretudo para os países europeus, em especial a Portugal, e induziram a colonização das terras interiores e a expansão das fronteiras nacionais (Viana, 2012). O setor mineral brasileiro manteve sua importância e constitui peça chave para o crescimento econômico e, principalmente, para seu desenvolvimento. Ele envolve a exploração de fontes naturais que geram matérias-primas necessárias ao setor econômico nacional, por exemplo: para produção de energia elétrica, combustíveis, asfalto, produtos industriais e materiais para construção civil (Santos; Minette; Soranso, 2017).

A produção e exportação de produtos minerais têm colaborado com a dinamização socioeconômica do Brasil e possibilitado sua inserção no cenário econômico internacional. Apesar de os dividendos continuarem sendo concentrados em poucos, a atividade mineradora

tem exercido um papel essencial para a demanda dos mais variados setores da indústria, e ainda hoje, ela é crucial para a soberania do Brasil (Fontanelli; Lima, 2019), se tornando um elemento fundamental na balança comercial. Por exemplo, na primeira década do século XXI, caso fosse considerada apenas sua participação no Produto Interno Bruto (PIB) teríamos um valor em torno de 1% (excluindo o petróleo e o gás), mas sua importância para a economia brasileira não pode ser subestimada (Lins, 2008). No entanto, deve-se atentar para o fato que o papel dessa atividade no cenário econômico cresce substancialmente com a agregação de frações de outros subsetores, dos fornecedores de insumos para a mineração e dos subsetores que dependem dela parcialmente, ou seja, os constituintes do elo da cadeia produtiva.

A atividade mineradora também é importante fonte de geração de empregos. Na primeira década deste milênio, estimava-se que, no Planeta, existiam mais de 43 milhões de pessoas envolvidas na mineração: 30 milhões na de larga escala e outras 13 milhões na pequena escala (Viana, 2012). De acordo com o Ministério de Minas e Energia (Brasil, 2008), no setor mineral brasileiro, o efeito multiplicador de empregos era de 1:13, ou seja, para cada posto de trabalho gerado na mineração, outros 13 são criados de forma direta ao longo da sua cadeia produtiva.

A região Nordeste apresenta destaque na mineração nacional, seja pelo volume das reservas, pela quantidade e valor da produção mineral ou pelo seu reflexo na cadeia produtiva regional (Brasil, 2008). A produção regional é suportada por uma grande quantidade de minas (em 2010, contabilizavam-se 500 minas), com forte predominância (77 %) da categoria de pequeno porte, produção entre 10 e 100 mil toneladas por ano (Brasil, 2010). Adicionalmente, há uma significativa participação da atividade informal, envolvendo um contingente de muitos trabalhadores empregados e terceirizados e em 2009 a mineração no Nordeste empregava 20.771 trabalhadores (Bezerra, 2009; Brasil, 2010).

O Nordeste possui uma variada gama de ambientes geológicos, nos quais estão contidos diversos tipos de depósitos minerais, entre os quais se destacam: a cromita, o ouro, o titânio, a pedra britada, a bentonita, o calcário, o fosfato, a gipsita, a magnesita, o potássio, as rochas ornamentais e o sal gema (Dantas, 2018). No cenário nordestino, a Paraíba exerce um amplo destaque na produção mineral, dispondo uma grande fonte de compostos inorgânicos, presentes em uma gama de minérios, que são explorados de forma comercial, especialmente as rochas ornamentais, os quartzitos, as bentonitas, o feldspato, o caulim, as argilas e os granitos. Toda essa matéria-prima destina-se principalmente às indústrias de construção civil, de porcelanato, Química e de extração de petróleo. Entretanto, o território paraibano também se beneficia da extração de outros materiais inorgânicos, as pedras preciosas, entre elas a turmalina, cujo valor

de mercado é maior que o diamante. Do ponto de vista químico-didático, tais produtos mineralógicos se relacionam a uma variedade de representantes das diferentes Funções Inorgânicas e ressaltam a potencialidade da inclusão desse tema nas abordagens químicas, especialmente nas escolas de regiões diretamente envolvidas com a atividade mineradora, como no Seridó, uma região de transição no semiárido, entre a Caatinga do Campo e a Caatinga Arbórea, que se apresenta principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba.

O território paraibano possui 98% de área com formação rochosa (IBRAM, 2010). O destaque do Estado no segmento de mineração, tanto em termos de reservas significativas quanto de produção, reside no fato de ter parte dessa área agraciada pela Província Pegmatítica da Borborema, que se insere na região do Seridó (Santos; Ferreira; Silva Jr., 2002). A mineração no Seridó paraibano é um dos principais motores da economia no estado.

O dinamismo socioeconômico em torno da promoção de empregabilidade e de renda é apontado como uma das principais características positivas da mineração. No entanto, assim como ocorre no Seridó paraibano, a exploração mineral também é responsável por causar conflitos e vulnerabilidades de ordem social, econômica, cultural e ambiental aos recursos ecossistêmicos e às comunidades locais. No Brasil, nos últimos cinco anos, ocorreram duas das tragédias ambientais mundiais mais emblemáticas. A extração de sal-gema em Maceió, Alagoas, causou o afundamento do solo em áreas próximas a minas, que se agravou ao final de 2023 e fez com que mais de 14 mil imóveis fossem atingidos e precisassem ser desocupados, exigindo com que mais de 60 mil pessoas abandonassem suas casas. Outra grande tragédia aconteceu em 2019. O rompimento de uma barragem de rejeitos de uma mina de ferro, da mineradora Vale, no município de Brumadinho, em Minas Gerais, a 62,2 km de Belo Horizonte, resultou em uma avalanche de lama que matou mais de 272 pessoas, além de destruir casas e poluir o rio Doce e o rio Paraopeba, além dos seus afluentes. Assim como acontece em outras regiões do Planeta, a atividade de mineração no Seridó envolve um conjunto de condições, ligadas a aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, que propiciam ou podem propiciar a violação dos direitos humanos, em decorrência de acidentes, degradações, desastres e/ou adoecimentos. Tais características abrem um amplo espectro de oportunidades para ações pedagógicas com base na Educação em Direitos Humanos (EDH), tanto no ensino-aprendizagem quanto na pesquisa educacional.

A EDH se distancia de propostas pautadas apenas na instrução ou na transmissão de informações sobre os deveres e os direitos humanos. Ela é uma educação em valores, para atingir corações e mentes.

É a formação de uma cultura de respeito à dignidade humana através da promoção e da vivência dos valores da liberdade, da justiça, da igualdade, da solidariedade, da cooperação, da tolerância e da paz. Isso significa criar, influenciar, compartilhar e consolidar mentalidades, costumes, atitudes, hábitos e comportamentos que decorrem, todos, daqueles valores essenciais citados – os quais devem se transformar em práticas (Benevides, 2007, p. 346).

Percebe-se a adoção de tentativas postas no cenário educacional brasileiro para a ampliação do tema e a promoção de diálogos sobre direitos humanos. Tanto no espaço escolar quanto na formação de professores, especialmente, algumas das ações nessa direção têm sido permeadas por questões incluindo discussões sobre: sexualidade, falta de tolerância e aversão a lésbicas, gays, bissexuais, travestis, transexuais, transgêneros, *queer*, intersexo, assexual e outros grupos e variações de sexualidade e gênero (LGBTQIA-fobia); gênero e machismo; racismo e questões étnico-raciais; preconceito geográfico; a relação entre às ciências tradicionais e modernas etc. Essas ações veiculam possibilidades para a adoção de processos formativos humanizados, que se preocupem com a diversidade dos comportamentos humanos. Na discussão de tais aspectos, é necessário que se vincule e compreenda uma abordagem científica associada a diferentes conceitos e relações, tais como as estabelecidas entre cultura, poder, cidadania e sujeito de direito.

A EDH pode versar sobre ensino de Química e vice-versa (Santos *et al.*, 2022). Por exemplo, aspectos que envolvam a natureza, a saúde e a segurança das pessoas e de outros indivíduos podem estar inseridas em abordagens de conteúdos químicos no ensino-aprendizagem escolar. De acordo com alguns pesquisadores na temática, como Halmenschlager (2014), defendemos que esse tipo de perspectiva pode contribuir para uma formação cidadã na escola, especialmente pela via do desenvolvimento do conteúdo a partir de um contexto real e significativo para os estudantes. Corroborando com esse tipo de pensamento, acreditamos que ações nessa direção se alinhem ao que preconiza o Art. 26 da Declaração Universal dos Direitos Humanos: o direito a uma educação orientada para “[...] o pleno desenvolvimento da personalidade humana e do fortalecimento do respeito pelos direitos humanos e pelas liberdades fundamentais” (ONU, 1948).

Consideramos que a atividade mineradora se insere dentro desse contexto e que precisa ser abordada no ensino-aprendizagem de Química dentro de estratégias didático-pedagógicas envolvendo à EDH. Por isso, neste trabalho, interessa-nos responder ao problema de pesquisa que indaga: **como articular a abordagem CTS(A) e a EDH em uma proposta de Sequência Didática Investigativa para o ensino-aprendizagem escolar de Funções Químicas Inorgânicas, a partir da temática “Mineração”?** Para dar respostas a este problema, apresentam-se alguns objetivos para a pesquisa, sendo o objetivo geral: avaliar possíveis

contribuições e limitações de uma proposta de Sequência Didática Investigativa (SDI), concebida na perspectiva da abordagem CTS(A) e da EDH, para o ensino-aprendizagem de Funções Inorgânicas no contexto escolar, a partir da temática mineração no Seridó paraibano.

Visando atingir o objetivo geral, foram propostos os objetivos específicos apresentados em continuidade.

- Obter uma visão panorâmica sobre a utilização da temática mineração no ensino de Química, em uma parte representativa da produção acadêmica brasileira, e de suas inter-relações com a abordagem CTS(A) e com a EDH;
- Identificar os principais aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à mineração no Seridó Oriental paraibano, e sua possibilidade para o ensino-aprendizagem de Funções Inorgânicas, pautada na abordagem CTS(A) e na EDH;
- Elaborar uma SDI para o ensino das Funções Inorgânicas, envolvendo conceitos químicos e mineralógicos, incluindo a atividade mineradora no contexto regional, na perspectiva da abordagem CTS(A) e da EDH;
- Validar a SDI a partir das contribuições advindas das análises de professores-pesquisadores em Educação Química sobre as vantagens, dificuldades e os desafios da proposta.

As pesquisas que envolvem a EDH surgiram após um cenário político muito transgressor e evidenciam que os direitos humanos são reconhecidamente importantes nos processos de ensino-aprendizagem. Essas pesquisas atestam que uma cultura em direitos humanos contribui para a afirmação da cidadania e fortalecimento dos processos democráticos. Dentro dessa compreensão, é necessário assegurar que os direitos humanos conduzam práticas docentes e processos formativos na sala de aula, orientados para a construção de uma cultura dos direitos humanos nos espaços escolares (Candau, 2008; 2012a; Bedin; Tosi, 2018; Carbonari, 2007a). Adicionalmente, as pesquisas que incluem a EDH e o ensino de Química pensam os conteúdos a partir de temas com relevância social, mediante uma perspectiva de ensino humanizado, que os relaciona ao letramento científico e tecnológico, e ao desenvolvimento de competências e habilidades, a partir de um paradigma humano (Oliveira; Queiroz, 2017; Queiroz, 2018; Santana *et al.*, 2021; Santos e Schnetzler, 2010). É dentro de um arcabouço dessa natureza que a pesquisa foi planejada, incluindo a concepção e da SD e de seu desenvolvimento.

As inter-relações entre a tríade Funções Inorgânicas, CTS(A), EDH, e a temática mineração no Seridó paraibano convergem para a elaboração de uma proposta na perspectiva de construção da cidadania, pensamento crítico e da tomada de decisão no ensino de Química.

Dentro dessa perspectiva, suscitam-se diferentes aspectos formativos recomendados para o ensino-aprendizagem escolar, tais como: a) apropriação de conhecimentos e desenvolvimento de habilidades, no sentido de compreender os direitos humanos e os mecanismos existentes para a sua proteção, assim como incentivar o exercício de habilidades na vida cotidiana; b) promoção de valores, atitudes e comportamentos que respeitem os direitos humanos; e c) incentivo a prática de ações que desencadeiem atividades para a promoção, defesa e reparação das violações aos direitos humanos (Brasil, 2018; Bernardo *et al.*, 2017; Celestino, 2019; Fidelis, 2020; Souza e Valadares, 2022). Tal aspecto é um indicativo de que a pesquisa aqui realizada tem caráter inovador na área da Educação Química, especialmente quanto ao fato de conceber e investigar a validação de uma proposta didática na abordagem CTS(A) e da EDH, em torno da temática mineração em um contexto regional – o semiárido paraibano - para o ensino do conteúdo Funções Inorgânicas, no Ensino Médio. Outro fato nessa direção se refere ao levantamento realizado junto a bases de pesquisa revelou que os interesses da comunidade em Educação Química pelo objeto e pela temática ainda são bastante discretos, conforme será destacado após esta parte introdutória.

A estrutura do texto² apresentado em continuidade tem um formato diferente do convencional, dispostos em 4 (quatro) capítulos, articulados entre si, como decorrência de uma adaptação de um *design research*. O primeiro capítulo busca atingir o primeiro objetivo específico, no sentido de se obter uma visão panorâmica sobre a utilização da temática mineração no ensino de Química, incluindo suas possíveis inter-relações como a abordagem CTS(A) e/ou com a EDH. Apresentamos uma pesquisa em Estado da Arte, na qual discutimos a utilização da temática “mineração” no ensino de Química, e de suas inter-relações com a abordagem CTS(A) e com a EDH, dentro em uma parte representativa da produção acadêmica brasileira, por meio da análise de dissertações, teses e artigos de alguns dos periódicos nacionais, nos quais a comunidade de Educação Química dissemina os resultados dos seus estudos e pesquisas.

O segundo capítulo consta de um estudo teórico de cunho bibliográfico, voltado a identificar os principais aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais relacionados à mineração no Seridó Oriental paraibano, com ênfase no município de Pedra Lavrada, e suas potencialidades para o ensino-aprendizagem de Funções Inorgânicas, pautadas nos fundamentos da abordagem CTS(A) e da EDH. Essa parte do texto destaca tanto as inter-relações entre os aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, quanto as

² As referências das seções teóricas que diferem dos capítulos, estão dispostas ao final da dissertação.

necessidades inerentes à dignidade humana, individuais e coletivas, daqueles que direta ou indiretamente são afetados pela atividade mineradora nesse contexto regional. Com isso, evidenciamos um campo fértil para o ensino de Química, notadamente para o conteúdo Funções Inorgânicas, e para a pesquisa acadêmica.

O capítulo três apresenta o desenho didático da elaboração da SDI, para um tratamento humanizado da Ciência no ensino-aprendizagem dos conteúdos químicos, de modo a oportunizar uma concreta aproximação entre a realidade da atividade mineradora no Seridó Oriental paraibano a partir das conexões de aspectos CTS(A) com a EDH. O planejamento da SDI é tomada como uma pesquisa científica voltada ao desenho de sistemas didáticos, situada no contexto de planejamento didático, visando a compreensão de como os sistemas didáticos são desenvolvidos, implementados e avaliados, buscando aprimorar a qualidade do ensino-aprendizagem.

O último capítulo, o quarto, traz uma avaliação da SDI, na forma de uma validação, por professores-pesquisadores em Educação Química. Após explicitar as bases teóricas relacionadas à validação de sequências didáticas e discutir aspectos da construção do instrumento de validação. Seguindo-se esse capítulo, ao final do texto dissertativo, estão as considerações finais.

Capítulo 1 - A TEMÁTICA MINERAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA: UM PANORAMA DAS PROPOSTAS DIFUNDIDAS EM PUBLICAÇÕES NACIONAIS, DE 2000 A 2023

Neste capítulo, apresentamos uma pesquisa qualitativa, do tipo Estado da Arte, sobre a mineração no ensino de Química. Analisamos dissertações, teses e artigos de periódicos nacionais em que a comunidade da Educação Química dissemina os resultados dos seus estudos e pesquisas. Foram realizados levantamentos no Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e nas bases de dados SciELO, Science Direct e Google Acadêmico, em um recorte temporal dos últimos 24 (vinte e quatro) anos, ou seja, publicações entre os anos de 2000 a 2023. O material foi analisado através da técnica Análise de Conteúdo, de Laurence Bardin. Após a análise das unidades de contexto dos documentos e posterior categorização, neste capítulo: i) oferecemos uma visão panorâmica sobre a temática mineração no ensino de Química, incluindo suas possíveis inter-relações com a abordagem CTS(A) e/ou com a Educação em Direitos Humanos; ii) identificamos e situamos a mineração na perspectiva de abordagem temática; iii) discutimos a importância de refletir sobre aspectos socioambientais; e iv) direcionamos reflexões sobre a abordagem de aspectos éticos, morais e políticos vinculados a mineração. Desse modo, enfatizamos algumas inquietações nesse contexto que transcendem esses elementos, mas incluem aspectos sociais, ambientais, econômicos, éticos, morais e culturais relacionados a atividade mineradora e suas implicações no processo de ensino-aprendizagem da Química escolar.

1.1 Introdução

A abordagem temática no ensino de Química surge como uma estratégia pedagógica que busca contextualizar os conceitos científicos mediante temas relevantes e significativos no contexto dos estudantes. Essa estratégia busca tornar o ensino mais próximo da realidade, proporcionando uma aprendizagem a partir da compreensão de formação integral dos estudantes. Dessa forma, essa estratégia não apenas fortalece a compreensão dos conceitos químicos, mas também contribui no desenvolvimento de habilidades críticas e reflexivas, essenciais para uma participação ativa e responsável na sociedade contemporânea.

Ao integrar a abordagem temática em sala de aula, os educadores têm oportunidade de solidificar os conceitos científicos enquanto relaciona-os ao tema pretendido, que pode ser um tema polêmico ou controverso da realidade estudantil. Essa estratégia tem sido bastante positiva na articulação de temas socioambientais, como o desmatamento, os diversos tipos de poluição,

as mudanças climáticas, resíduos sólidos, e a exploração de recursos naturais, como a atividade da mineração.

A exploração mineral enquanto temática para o ensino-aprendizagem de conceitos químicos oferece um contexto rico e interdisciplinar para a exploração de conceitos científicos, mas também possibilita a reflexão sobre as interações entre aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, uma vez que os minerais são necessários ao bem-estar humano, e grande parte da matéria-prima e da energia, utilizadas para diferentes propósitos, é oriunda de espécies químicas minerais, metálicas e não metálicas. Por isso, a mineração é um dos setores básicos da economia e contribui de forma decisiva na qualidade de vida das gerações.

A mineração é uma atividade econômica e industrial que envolve a pesquisa, a exploração, a lavra (extração) e o beneficiamento de minérios, que são constituídos por uma diversidade de compostos minerais, presentes no solo e subsolo (Santos *et al.*, 2017). Trata-se de uma das atividades mais antigas praticadas na história da humanidade (Ferreira *et al.*, 2023), e que permanece em constante ascensão mundial e tem se mostrado indispensável ao crescimento e desenvolvimento das sociedades, atraindo investimentos financeiros, promovendo a geração de empregos e rendendo altos lucros (Ottoni e Monteiro, 2023).

A exploração dos recursos minerais gera uma vasta gama de matérias-primas necessárias a diferentes setores produtivos. Qualquer atividade agrícola ou nos segmentos da metalurgia, da indústria química e/ou da construção civil utiliza minerais e/ou seus derivados, por exemplo, para a produção de fertilizantes, energia elétrica, combustíveis, asfaltos, metais e de ligas, cerâmicas, vidros e cimentos. São conhecidas mais de 1.550 espécies minerais distintas, das quais, cerca de 40 (quarenta) correspondem a substâncias simples - formadas por átomos de elementos químicos encontrados e/ou utilizados no estado elementar - mas a maior parte é constituída por compostos inorgânicos (Luz e Lins, 2008). Entre as diferentes classificações que espécies minerais recebem, a mais comumente utilizada as agrupa nas seguintes categorias: minerais metálicos (ferrosos, não-ferrosos, preciosos e raros); minerais não-metálicos, rochas e minerais industriais (estruturais ou para construção civil, indústrias químicas, refratários, isolantes, fundentes, abrasivos, minerais de carga, pigmentos, agrominerais, e minerais “ambientais” ou minerais “verdes”); gemas (pedras preciosas); águas minerais e subterrâneas; e minerais energéticos, que são os combustíveis fósseis e radioativos (Castilhos, 2023). No caso dos minerais industriais, eles são utilizados diretamente, tais como se encontram na natureza, ou após algum tratamento, ou se prestam como matéria-prima para a fabricação de uma grande variedade de produtos.

O Brasil congrega um dos maiores potenciais minerais do mundo, vertente propiciada por uma constituição geológica diversificada ao longo da sua dimensão continental (Dantas, 2018). A exploração mineral em nosso território ocorre desde o início do período colonial e, historicamente, tem se mostrado uma das principais fontes de riqueza econômica extrativista. Ao longo dos anos, o setor mineral brasileiro manteve sua importância e se constitui como peça-chave para o crescimento econômico e, principalmente, para o desenvolvimento do nosso País.

A produção e a exportação de produtos minerais têm colaborado com a dinamização socioeconômica do Brasil e possibilitado sua inserção no cenário econômico internacional, contribuindo para que a mineração se constituísse um elemento fundamental na balança comercial. A atividade mineradora tem exercido um papel essencial para a demanda dos mais variados setores da indústria e, ainda hoje, ela é crucial para a soberania do Brasil (Fontanelli e Lima, 2019). No cenário econômico, essa atividade cresce substancialmente com a agregação de frações de outros subsetores, dos fornecedores de insumos para a mineração e dos subsetores que dependem dela parcialmente, ou seja, os constituintes do elo da cadeia produtiva (Lins, 2008).

O dinamismo socioeconômico em torno da promoção de empregabilidade e de geração de renda é apontado como uma das principais características positivas da mineração. Apesar de os dividendos continuarem sendo concentrados na mão de poucos, a exploração de uma ampla variedade de minerais, para os mais diversos fins comerciais, acaba contribuindo para que as atividades ligadas à mineração se constituam como uma das principais fontes de renda dos moradores de localidades onde há extração desses recursos naturais (Dantas, 2017). No entanto, a exploração mineral também é responsável por causar vulnerabilidades, conflitos e acidentes de ordem social, econômica, cultural e ambiental aos recursos ecossistêmicos e às pessoas.

Os espaços territoriais na atividade mineradora sofrem com o extrativismo e que acabam repercutindo em extremas e sérias consequências. Os impactos ambientais resultantes são diversos e envolvem: alteração de lençol de água subterrânea, poluição sonora, poluição visual da água, ar e solo, impactos sobre a fauna e a flora, assoreamento, erosão, mobilização da terra, instabilidade de taludes, encostas e terrenos em geral, lançamentos de fragmentos e vibrações (Barreto, 2001). Assis, Barbosa e Mota (2011) também apontam outros impactos gerados pela atividade, como: impactos visuais, perda de banco de sementes, perda da vegetação local, comprometimento das áreas de recarga de aquíferos, disposição inadequada dos rejeitos, compactação do solo, poluição atmosférica e o assoreamento de corpos hídricos.

A inadequação de processos extrativistas e de tratamento e de acúmulo de rejeitos oriundos da produção de minérios também tem gerado impactos negativos, com consequências

sociais, econômicas e ambientais desastrosas. Especialmente nos últimos anos, em todo mundo, o histórico de grandes desastres relacionados à negligência na manutenção, aplicação e fiscalização dos dispositivos estruturais e de segurança em garimpos, minas e barragens de rejeitos de mineração implicou em sérios danos socioambientais, incluindo a dizimação de ecossistemas e a perda de vidas humanas (Ottoni e Monteiro, 2023).

Outro impacto ambiental da mineração, mas nem sempre destacado, pode ser causado pela exposição à radiação ionizante, uma vez que essa é uma das atividades industriais mais contributivas para a liberação de radônio para o meio ambiente (Galhardi, 2016). Em ambientes a céu aberto, as concentrações de radônio são baixas, porém, em locais fechados, como determinados ambientes de mineração, a exposição ao radônio é maior, pois ele é um gás emanado a partir do solo e das rochas (Francisca, 2019). Também, a depender das características dos materiais lavrados, ambientes de mineração podem ter concentrações maiores de radônio (Fianco, 2011). A exposição de trabalhadores a radiações ionizantes depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de mina, a geologia local e as condições de trabalho (Spacov, 2016). Considerando esses aspectos, os mineradores que permanecem mais tempo nesses locais estão mais susceptíveis a inalar radônio ao longo de suas jornadas de trabalho e, conseqüentemente, com maior probabilidade de ocorrência de doenças relacionadas a essa espécie radioativa. Além disso, como alerta Spacov (2016), essas atividades extrativas podem gerar exposições à radiação na população que vive em áreas adjacentes às minas.

Essas características reforçam o entendimento de o quanto a atividade da mineração envolve um conjunto de condições que contribuem para o desenvolvimento de diferentes processos produtivos e, ao mesmo tempo, propiciam ou podem propiciar impactos ambientais e violação dos direitos humanos, em decorrência de acidentes, degradações ambientais, desastres e/ou adoecimentos. Essa dinâmica abre um vasto espectro de oportunidades para ações pedagógicas, com base tanto no ensino-aprendizagem quanto na pesquisa educacional, possibilitando que lhe sejam lançados múltiplos olhares sobre a abordagem temática no âmbito do ensino de Química. Considerando as dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais relacionadas à mineração, verificamos que essa temática permite a exploração de diversos conteúdos químicos do currículo da Educação Básica.

Nesse contexto, devemos considerar as transformações que a Química operou/opera/operará no ambiente social, e que essas levadas à sala de aula. Por esse motivo é importante também refletir sobre o papel dos professores de Química diante da divulgação de seus benefícios, instigando a criticidade para analisar a influência dela no meio ambiente, por exemplo (Chassot, 2014). É preciso enfatizar que o conhecimento químico não deve ser

considerado apenas ao nível técnico e científico, mas expandir essa visão, para que nossos estudantes e professores tenham a noção de ser responsável ao nível coletivo. Por isso, Chassot, Santos e Schnetzler (2010), além das recomendações das políticas governamentais no País (Brasil, 2017; 2006) indicam que as aulas de Química sejam mais próximas das questões sociais, inserindo a realidade no ambiente em que o ensino é estruturado e realizado.

Nesse sentido, a abordagem temática ganha significância. O ensino por meio de abordagens temáticas está relacionado com uma compreensão mais ampla do conteúdo curricular e tem como parâmetro uma orientação contextual dos conceitos científicos (Halmenschlager; Delizoicov, 2017). Os conceitos químicos numa abordagem temática não são tratados como fins em si mesmos, centrados em apenas aspectos conceituais. De acordo com Lave (1988), algumas correntes na psicologia contemporânea consideram que os conceitos são dependentes dos contextos de aplicação, uma vez que o estudante tende a revisar esses conceitos não no vazio, mas a partir desses contextos de aplicação. É dentro dessa compreensão que a abordagem temática é tratada. A própria organização do currículo permite essa possibilidade, no sentido de se efetivar uma interação entre o discurso científico da Química e o discurso cotidiano. No entanto, para que isso aconteça é preciso que o discurso científico faça sentido para o estudante e uma forma de isso ser alcançado é pela efetivação de um ensino-aprendizagem pautado na problematização de suas ideias informais e na criação de contextos que lhes sejam significativos.

Uma abordagem temática também recomenda que os dimensionamentos e intensidades recebam tratamentos diferentes daqueles tradicionalmente seguidos. Nessa direção, um dado conceito não precisa, necessariamente, ser introduzido apenas após se esgotar uma cadeia linear de pré-requisitos ser seguida. Desse modo, não se faz necessário esgotar um conceito para poder aplicá-lo. Além disso, os conceitos podem ser abordados em diferentes momentos e em níveis de profundidade, emergindo, submergindo e emergindo novamente em diferentes momentos da formação escolar, voltando-se a assegurar um aprofundamento progressivo.

Nessa proposta de abordagem temática, Mortimer, Machado e Romanelli (2000, p. 275) recomendam que, haja na escola uma

[...] abordagem dos conceitos mais horizontal e qualitativa no primeiro ano, e numa verticalização e aprofundamento no segundo e terceiro anos. Isso significa que, no primeiro ano, os alunos discutirão temas que envolvem a compreensão de princípios fundamentais da química com uma ênfase qualitativa, tendo em vista prover uma base para o aprofundamento tanto dos conceitos como das aplicações. No segundo e no terceiro anos propomos um aprofundamento do estudo de temas químicos, incluindo aspectos quantitativos.

Mediante uma revisão bibliográfica, que incluiu essa proposta de inserção ampliada proposta por Mortimer, Machado e Romanelli (2000), Halmenschlager e Delizoicov (2017) apontaram a existência de uma segunda face para a implementação da abordagem temática: a inserção pontual, que enfatiza práticas que organizam blocos de conteúdos relacionados a um tema e está mais relacionada ao aspecto metodológico, como uma Sequência Didática.

As propostas relacionadas a abordagem temática, seja por inserção ampliada ou pontual, requerem uma organização de atividades que articula conceitos e contextos significativos e envolvam a realidade e o cotidiano (Halmenschlager e Delizoicov, 2017). No entanto, assim como Oliveira e Queiroz (2016), alguns autores afirmam que não depositam confiança na relação entre ciência e cotidiano como sendo suficiente a uma educação voltada à cidadania, mesmo que essa relação possa trazer benefícios. De acordo com os autores, para um cidadão efetivar sua participação na sociedade, é necessário acesso a informações diretamente relacionadas às problemáticas sociais, que os auxiliem e estimulem a tomar decisões e assumir posicionamentos. Considerando que o conhecimento químico é parte integrante desse conjunto de informações e conhecimentos necessários ao exercício da cidadania, nesse contexto, algumas compreensões desse campo consideram o letramento científico como um elemento indispensável.

Assim, a partir das características mencionadas, partimos dos seguintes questionamentos: como a temática mineração tem sido abordada nas pesquisas em ensino de Química? E quais os contextos epistêmicos e/ou teórico-metodológicos em que a mineração é abordada nas pesquisas em ensino de Química?

Com a motivação de investigar e contribuir para o campo da abordagem temática, desenvolvemos uma pesquisa de natureza documental, do tipo Estado da Arte, com o objetivo principal de oferecer uma visão panorâmica de uma parte importante da produção acadêmica brasileira sobre a abordagem da temática mineração no ensino de Química. Para tanto, analisamos as dissertações, as teses e os artigos de alguns dos periódicos nacionais, nos quais a comunidade de Educação Química dissemina os resultados dos seus estudos e pesquisas.

Quanto aos procedimentos metodológicos, “Estado da Arte” e “Estado do Conhecimento” são denominações utilizadas no meio acadêmico para nomear levantamentos sistemáticos ou balanço sobre algum conhecimento, produzido ao longo de um determinado período, em uma área de abrangência (Silva *et al.*, 2020). No Brasil, apesar de não ser consensual, as terminologias “Estado da Arte” e “Estado do Conhecimento” têm sido utilizadas como sinônimo em diferentes pesquisas, em variadas áreas. Como destacam Silva *et al.* (2020):

Os pesquisadores que decidem fazer um Estado da Arte ou Estado do Conhecimento têm em comum o objetivo de “olhar para trás”, rever caminhos percorridos, portanto possíveis de serem mais uma vez visitados por novas pesquisas, de modo a favorecer a sistematização, a organização e o acesso às produções científicas e à democratização do conhecimento (p.2).

Essas pesquisas apresentam caráter bibliográfico e se desenvolvem em torno de um objetivo contendo o desafio de mapear e discutir certa produção acadêmica em diferentes campos do conhecimento (Ferreira, 2002). Elas procuram trazer respostas para quais aspectos e dimensões vêm sendo enfatizados em diferentes épocas e lugares, de que formas e em que condições têm sido produzidas certas produções acadêmicas, como teses de doutorado, dissertações de mestrado, publicações em periódicos e comunicações em eventos científicos. No entanto, para estabelecer a diferença entre os termos utilizados nesse tipo de levantamento e análise, Soares e Maciel (2000) defendem que o “Estado do Conhecimento” é uma metodologia mais restrita, definindo-a como um estudo que aborda apenas um setor das publicações sobre um determinado tema. Com esse entendimento, por utilizar distintos tipos de fontes de pesquisa (dissertações, teses e artigos de periódicos nacionais), consideramos a pesquisa aqui apresentada como uma pesquisa em Estado da Arte.

Além dessas considerações, acreditamos que compreender o conhecimento sobre um tema, em determinado momento, é um procedimento necessário no processo de evolução das Ciências (Ferreira, 2002). De acordo com Soares e Maciel (2000), a sistematização da periodicidade do conjunto de informações e resultados já obtidos pode contribuir para indicar possibilidades de integração entre diferentes perspectivas, aparentemente autônomas, a identificação de duplicações ou contradições, e a determinação de lacunas e vieses. Em direção similar, Brzezinski (2013) afirma que os estudos do tipo Estado da Arte podem desempenhar diferentes papéis, concentrados em dois vieses. Um deles se refere a revelar importantes aspectos: i) a riqueza e variedade de aportes teóricos; ii) a complexidade dos novos desenhos de pesquisa sobre a temática; e iii) a diversidade de metodologias, procedimentos e resultados que constituem em contribuições valiosas para avanço do campo investigado. No outro viés, tais estudos podem demonstrar a importância de mapear temas ainda lacunares na produção sobre determinado campo ou área científica. Nessa direção, pesquisas em Estado da Arte possibilitam conhecer o que está sendo pesquisado e as abordagens utilizadas por cada área ou temática. Com isso, podem se efetivar em estratégias para ampliar o escopo sobre determinado tema de estudo, sendo uma maneira de também encontrar perspectivas que ainda não foram abordadas, pontos de vista que ainda não foram pensados e que podem ser inovadores para a realização de uma nova pesquisa.

O Estado da Arte tem sido utilizado como modalidade de pesquisa em distintos tipos de investigações da Educação Química. Particularmente no Brasil, há um vasto acervo com diferentes ênfases, graus de aprofundamento e registros, em uma variedade de campos do conhecimento, épocas e territórios. Essa produção tem contribuído para favorecer a sistematização, a organização e o acesso às produções científicas e à democratização do conhecimento, e incentivado a promoção de novas investigações, conforme trilhado neste estudo.

1.2 Metodologia

A pesquisa desenvolvida se caracteriza como pesquisa documental, do tipo Estado da Arte, de cunho descritivo, com abordagem qualitativa e de natureza teórica (Ferreira, 2002; Gil, 2017; Sampaio e Mancini, 2007), no contexto da produção acadêmica brasileira. As fontes básicas de referência para o levantamento dos dados e suas análises foram: i) o Catálogo de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e ii) os periódicos classificados com estratos A1, A2, A3, A4, B1 e B2 no Sistema Qualis/CAPES (2017-2020), na área de Ensino, disseminadas nas bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Science Direct* e Google Acadêmico. Foi utilizado um recorte temporal dos últimos 24 (vinte e quatro) anos, ou seja, abrangendo publicações entre os anos de 2000 a 2023. A escolha desse bloco temporal se pautou na delimitação de um período suficientemente amplo, em termos de possibilidades de desenvolvimento de pesquisas na temática, inclusive, por considerar que nesse intervalo houve maiores divulgações midiáticas e o crescimento de debates sociais sobre a atividade mineradora, seja na escala planetária, seja no contexto brasileiro, como destaca Barcelos (2020).

O levantamento inicial nas fontes básicas de referência foi realizado, utilizando os descritores “mineração” e “mineração no ensino de Química”. O material foi analisado por meio da análise de conteúdo de Bardin (2016), com base nas seguintes fases: i) pré-análise; ii) exploração do material, por meio da categorização; e iii) tratamento dos resultados. A pré-análise do material foi realizada mediante 4 (quatro) etapas: leitura flutuante; escolha dos documentos; reformulação de objetivos e hipóteses; e formulação de indicadores (Bardin, 2016). O recurso utilizado para a leitura flutuante foi a leitura dos títulos, dos resumos e palavras-chave dos trabalhos encontrados. Nessa etapa, tomamos como critérios de inclusão a vinculação das produções com a área de ensino de Ciências, especificamente o ensino de Química. Corroborando com Ferreira (2002), esse procedimento foi tranquilamente suficiente

para a exploração do material, que seguiu, via codificação, por meio da escolha de unidades de registros (UR).

Segundo Bardin (2016), uma unidade de registro foi tomada como uma unidade a se codificar - um tema, uma palavra ou uma frase - com a finalidade de fazer um recorte da pesquisa. Assim como em Sousa e Santos (2020), as UR atuaram como elementos de marcação que caracterizam os indicadores e a formulação desses indicadores temáticos antecedeu o processo de escolha das categorias analíticas. A frequência das UR serviu para salientar os objetivos desse estudo e para o estabelecimento do recorte dessa revisão, tomando-se por base para a leitura flutuante os títulos, resumos e palavras-chave dos trabalhos encontrados, sendo esses a unidade de contexto. Após esses procedimentos, partimos para a escolha das categorias de análise.

Uma categoria de análise, como em Santos (2012), foi tomada como um desmembramento das unidades de registro, atuando como uma forma de pensamento que reflete a realidade. O processo de escolha das categorias seguiu o movimento metodológico recomendado por Silva e Fossá (2013): estabelecimento das categorias iniciais, que serão aglutinadas nas categorias intermediárias e em categorias finais. Por fim, na última etapa da análise do conteúdo, foi realizada a análise dos dados com base na inferência e na interpretação das mensagens e significados comunicados nos trabalhos analisados.

1.3 Resultados e Discussão

Uma síntese dos resultados obtidos na busca no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (2023) sobre pesquisas que abordassem a temática mineração no ensino de Química é apresentada no Quadro 1. Nessa fonte de referência, foram encontrados 22 (vinte e dois) trabalhos com esse perfil: 20 (vinte) dissertações - 8 (nove) desenvolvidos em mestrados acadêmicos e 12 (onze) em mestrados profissionais e 2 (duas) teses de doutorado. Além dessas descrições, atribuímos uma especificação, um código para cada trabalho para vinculá-los, posteriormente, as categorias finais de análise. Esses códigos são representados pelas letras iniciais da natureza do trabalho, mestrado acadêmico (MA), mestrado profissional (MP) e tese (T), seguidos por um número.

Dessas produções dezenove (19) foram desenvolvidas no contexto do Ensino Médio e 3 (três) no contexto do Ensino Superior. Uma característica observada é que essa produção se concentra nas áreas da Química Inorgânica e Química Geral (teoria atômica, tabela periódica, matéria e energia, ligações químicas), em alguns deles é possível observar explicitamente a

relação com outras áreas, identificamos mineralogia (sete trabalhos) e saberes de matriz africana (dois trabalhos).

Quadro 1- Teses e dissertações que abordam a temática mineração no ensino de Química, publicadas no período 2000-2023

CP*	Programa/Instituição	Título do trabalho	Autor(a) e ano	Código do trabalho
DISSERTAÇÕES DE MESTRADOS ACADÊMICO	Educação em Ciências Química da Vida e Saúde / Universidade Federal de Santa Maria	A Química dos Minerais: Uma temática para investigar o papel da experimentação no ensino de Química	DURAND, A. M. (2015)	DMA01
	Química / Universidade Federal do Espírito Santo	Ensino de Química por meio de Alfabetização Midiática e Informacional sobre Tratamento de Resíduos e Meio Ambiente no Contexto da Formação de Professores	PEREIRA, A. V. (2021)	DMA02
	Química / Universidade Federal do Espírito Santo	Contribuições do estudo de Transposição Didática e Processos Oxidativos Avançados na formação inicial de professores de química: Um estudo de caso	OLIVEIRA, M. L. (2020)	DMA03
	Educação / Universidade Federal de Ouro Preto	Análise do processo de argumentação por analogia na abordagem de uma questão sociocientífica sobre a mineração	DAMASCENA, K. B./ (2020)	DMA04
	Química / Universidade Federal do Espírito Santo	Ensino de Química e Aprendizagem Baseada em Projetos: Desenvolvimento de Artefatos a partir de Rejeito de Mineração de Ferro	BRESSIANI, T. S. C. (2020)	DMA05
	Ensino de Ciências / Universidade Federal de Ouro Preto	Uma sequência didática investigativa sobre impactos da mineração: uma proposta com enfoque CTSA e da Teoria Ator-Rede	CELESTINO, M. S. (2019)	DMA06
	Ensino de Ciências / Universidade Cruzeiro do Sul	A Pedagogia de Projetos na Compreensão dos Impactos Socioambientais de Acidentes com Barragens	BALDORIA, T. (2019)	DMA07
	Ensino de Ciências/ Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo	A articulação de aspectos científicos, sociais, econômicos e ambientais em uma sequência didática sobre os impactos da mineração no Brasil	MARQUES, E. G. F. (2022)	DMA08
DISSERTAÇÕES DE MESTRADOS PROFISSIONAL	Ensino de Ciências e Matemática / Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de São Paulo	Análise de uma sequência didática com o tema elementos terras raras: uma abordagem CTS no ensino de Química	FARIA, G. C. S. (2020)	DMP01
	Ensino de Química / Universidade Federal do Rio de Janeiro	ARTE, DESIGN E QUÍMICA: a lei 10639/03 e o ensino de eletroquímica	RIBEIRO, E. P. (2020)	DMP02
	Química em Rede Nacional / Universidade Federal de Viçosa	Ensino de química com abordagem CTS – elaboração e vivência de uma sequência didática com a temática mineração	FIDELIS, L. F. S. (2020)	DMP03

	Química em Rede Nacional / Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Elaboração de uma unidade temática sobre termoquímica no ensino de química	LIVRAMENTO, G. (2020)	DMP04
	Ensino de Ciências Naturais e Matemática / Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Questões sociocientíficas sobre a mineração no ensino de ciências: uma proposta para educação básica	PEREIRA, B. L. S. G. (2020)	DMP05
	Ensino de Ciências Naturais e Matemática / Universidade Federal do Rio Grande do Norte	Jogo didático digital de resolução de exercícios sobre reações químicas com a temática mineração	SANTOS, K. J. S. (2020)	DMP06
	Educação e Docência / Universidade Federal de Minas Gerais	A temática mineração em sala de aula: apropriação dos três momentos pedagógicos para uma abordagem CTS no ensino de ciências	SOUZA, B. C. (2019)	DMP07
	Química em Rede Nacional / Universidade Federal do Triângulo Mineiro	Uma proposta de sequência didática para a abordagem do tema metais no Ensino Médio	FREITAS, S. O. (2019)	DMP08
	Educação em Ciências, Matemática e Tecnologia / Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri	Investigando as percepções de professores de Ciências e áreas afins quanto à utilização de diferentes abordagens pedagógicas e o trabalho envolvendo a temática Mineração nas salas de aulas	ANDRADE, B. M. B. (2022)	DMP09
	Ensino de Ciências da Natureza / Universidade Federal Fluminense	Proposta de uma Sequência Didática para o ensino de ligações químicas a partir do tema sociocientífico mineração	FERREIRA, L. F. B. (2022)	DMP10
	Ensino de Ciências / Universidade Federal de Ouro Preto	Visita guiada ao Museu de Ciência e Técnica da Escola de Minas da UFOP: conteúdos e contextos de ensino e aprendizagem de química	MENDES, I. A. S. (2021)	DMP11
	Ensino de Ciências e Educação Matemática / Universidade Federal de Lavras	Análise das apropriações de estudantes em relação aos níveis do conhecimento químico por meio do tema mineração	SILVA, S. C. (2021)	DMP12
TESES	Química / Universidade Federal de Goiás	Ensino de química afrocentrado: a contribuição africana para o desenvolvimento tecnológico do país	ALVINO, A. C. B. (2021)	T01
	Química / Universidade Federal de Goiás	Estudos sobre a formação de professores de química numa disciplina experimental com abordagem cultural diaspórica	SILVA, J. P. (2020)	T02

Legenda: *Categoria da publicação

Fonte: elaboração própria (2024).

A segunda parte da pré-análise é apresentada no Quadro 2, traz a relação dos títulos dos artigos sobre a temática mineração no ensino de Química, difundidas nos periódicos investigados. Conforme apresentado, foram encontrados 16 (dezesesseis) artigos em publicações nacionais, em revistas classificadas com estratos A1, A2, A3, A4, B1 e B2 no Qualis/CAPES (2017-2020), na área de Ensino. Esses trabalhos também receberam um código, para que posteriormente sejam vinculados as categorias finais, representados pelas letras iniciais da palavra artigo (ART), seguidos por um número.

Quadro 2- Artigos que abordam a temática mineração no ensino de Química, encontrados em periódicos publicados no período 2000-2023

Nome do Periódico	Qualis	Título do trabalho	Autor (a) e ano	Código do trabalho
Revista Ensaio	A1	Contribuições freireanas para a contextualização no ensino de Química	COELHO, J. C.; MARQUES, C. A. (2007)	ART01
Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos	A1	Prática educativa crítico-reflexiva em Gestão Ambiental e Responsabilidade Social: um relato de experiência	MATOS, J. D. V.; NOLL, M.; FELICIO, C. M.; FERREIRA, J. C. (2021)	ART02
Ciências & Educação	A1	O ensino de ciências a partir da temática Mineração: uma proposta com enfoque CTS e três momentos pedagógicos	SOUZA, B. C.; VALADARES, J. M. (2022)	ART03
Revista Ponto de Vista	A1	Ensino de Química com abordagem CTS – elaboração de uma sequência didática com a temática mineração	FIDELIS, L. F. S.; CARVALHO, R. S. (2021)	ART04
Química Nova na Escola	A2	Ensino de Química e a Ciência de Matriz Africana: Uma Discussão Sobre as Propriedades Metálicas	BENITE, A. M. C.; BASTOS, M. A.; CAMARGO, M. J. R.; VARGAS, R. N.; LIMA, G. L. M.; BENITE, C. R. M. (2016)	ART05
		Educação para as relações étnico-raciais na formação de professores de Química: sobre a lei 10.639/2003 no Ensino Superior	CAMARGO, M. J. R.; BENITE, A. M. C. (2019)	ART06
		Mineropólio: uma proposta de atividade lúdica para o estudo do potencial mineral do Brasil no Ensino Médio	GIESE, E.; FARIA, F. L.; CRUZ, J. W. S. (2020)	ART07
		Metalurgia do ferro em África: A Lei 10.639/03 no Ensino de Química	ALVINO, A. C. B.; SILVA, A. G.; LIMA, G. L. M. M.; CAMARGO, M. J. R.; MOREIRA, M. B.; BENITE, A. M. C. (2021)	ART08

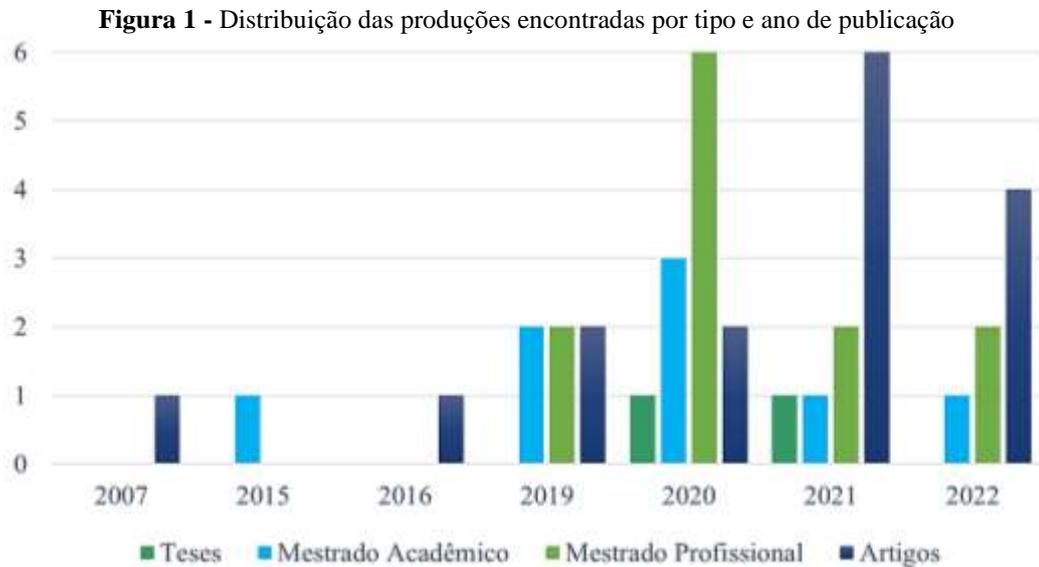
		Abordagem dos temas Indústria 4.0 e sustentabilidade: contextualização baseada em fatos históricos e na cadeia produtiva do alumínio	RIBEIRO, J. S.; FREITAS, S. O.; MAIA, P. I. S.; COSTA, C. R. (2022)	ART09
Research, Society and Development	A3	A elaboração de infográficos sobre mineração: em busca de um Ensino de Química contextualizado	MARQUES, J. F. Z.; MARQUES, K. C. D. (2020)	ART10
Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar	A3	Jogo didático digital sobre reações químicas	SANTOS, K. J. S.; MAZZÉ, F. M. (2022)	ART11
REDEQUIM	A3	Conhecimento que Vale Ouro: Química e Cultura Negra para Educação Escolar Quilombola	FAIAD, C. F.; LIMA, G. A.; MARINGOLO, C. C. B. (2021)	ART12
		A educação Ciência, Tecnologia e Sociedade enfatizada na temática ligações químicas: uma análise em livros de Química do Ensino Médio	SOUZA, I. L. N.; LORENZETTI, L.; AIRES, J. A. (2021)	ART13
Revista de Educação, Ciências e Matemática	A4	O desastre de Mariana como abordagem investigativa e CTSA no ensino de Química	CAVALCANTE, B. P.; TEIXEIRA, A. M. S.; MARCELO, L. R. (2019)	ART14
Revista de Educação, Ciência e Tecnologia	B1	Um estudo dos espaços virtuais de museus de ciências no contexto do ensino de Química	PIMENTA, N. G.; FARIA, F. L. (2022)	ART15
Revista Virtual de Química	B2	Unidade Temática sobre Mineração do Carvão: Uma Proposta para o Ensino de Termoquímica com Enfoque CTS	LIVRAMENTO, G.; RIBEIRO, D. C. A.; SIMON, N. M.; STREIT, L.; PASSOS, C. G. (2021)	ART16

Fonte: elaboração própria (2024).

Analisando as publicações apresentadas no Quadro 2, a primeira característica observada é que 5 (cinco) estão relacionadas com pesquisas em nível de mestrado profissional e doutorado: ART03-DMP07; ART04- DMP03; ART08-T01; ART11-DMP06 e ART16-DMP04.

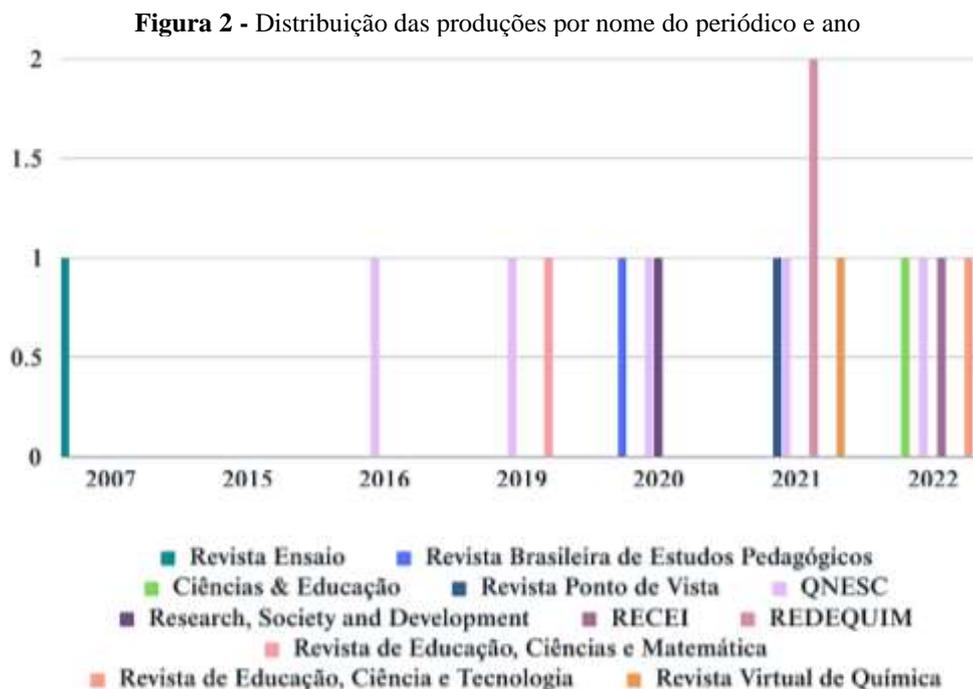
Na Figura 1, percebemos que a primeira produção sobre a temática na área de ensino de Química ocorreu no ano de 2007, na forma de artigo. Percebemos também que a partir do ano 2019 as produções aumentaram de forma significativa. Podemos atribuir esse aumento a dois crimes ambientais, o primeiro, o rompimento de uma barragem de Fundão, da Samarco no município de Mariana (MG), em 2015, e ao rompimento da barragem da mina Córrego do Feijão, da empresa Vale, em Brumadinho (MG), em 2019, que é considerado um dos maiores crimes ambientais do Brasil e provocou uma série de danos à natureza, a morte de 272 (duzentas

e setenta e duas) pessoas; sendo que 6 (seis) continuam desaparecidas, e uma série de outros transtornos sociais (Miranda *et al.*, 2021).



Fonte: elaboração própria (2024).

Esse cenário também pode ser considerado nas publicações em periódicos. A Figura 2 sintetiza a distribuição dos artigos analisados e destaca que a Revista Química Nova na Escola lidera o número de publicações sobre a temática, mas no geral, a produção acadêmica é bastante notável, pois a temática aparece em produções anuais entre 2019 e 2022, o que pode indicar a valorização pela academia.



Fonte: elaboração própria (2024).

Essas produções (Figura 2) apresentam, de modo geral, as seguintes características: 1) a temática mineração aparece como tema motivador para o ensino-aprendizagem de um ou mais conceitos científicos; 2) a pesquisa foi aplicada em sala de aula no contexto do Ensino Médio e 3) a abordagem temática foi articulada a alguma outra estratégia didática, como a abordagem interdisciplinar, jogos, questões sociocientíficas, atividades experimentais, estudos de caso e oficinas didáticas.

Concordamos com Romanowski e Ens (2006), quando os autores afirmam que é importante realizar comparações em trabalhos desse tipo, com outras regiões, estados e até países, buscando identificar quais problemas são comuns e/ou as tendências. Ferreira (2002) reforça que esse tipo de estudo, no Brasil, tem a característica de mapeamento e identificar aspectos, dimensões ou quais condições tem sido privilegiadas. No entanto, não foram encontrados trabalhos voltados a revisões bibliográficas ou Estado da Arte relacionados a temática mineração.

O conjunto de 38 (trinta e oito) trabalhos achados compôs o *corpus* deste estudo. Na primeira fase, a leitura flutuante desses documentos permitiu estabelecer as unidades de registros mais frequentes nesses trabalhos, e a partir deles, realizar análises e traçar hipóteses sobre a temática e os contextos e estratégias pelos quais a mineração tem sido inserida no ensino de Química. As unidades de registro (UR) encontradas nas teses, dissertações e artigos estão dispostas no Quadro 3.

Quadro 3 - Unidades de registro encontradas no conjunto das teses, dissertações e artigos

Nº da UR	UR ou termos-chave	Nº de ocorrência da UR	Observações sobre a UR
1	Mineração	69	A mineração é apontada como tema gerador ou motivador, ou como unidade temática no processo de ensino-aprendizagem de Química e/ou Ciências.
2	Minerais	9	O termo apresenta-se correlacionado com a temática mineração, que também é apontada por outros termos similares, como exploração mineral ou atividade mineradora.
3	Ensino de Química	46	O termo identifica o recorte curricular em que a temática é abordada.
4	Ensino de Ciências	24	O termo identifica a grande área em que a temática é abordada.
5	CTS	21	A sigla CTS diz respeito a Ciência, Tecnologia, Sociedade, versa sobre a perspectiva em que a temática é utilizada no processo de ensino-aprendizagem.
6	CTSA	5	A sigla remete ao CTS, mas incorpora a letra A e diz respeito a Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente, versa sobre a perspectiva em que a temática é utilizada no processo de ensino-aprendizagem.
7	Questões sociocientíficas (QSC)	14	O termo aparece associado a abordagem CTS.

8	Contextualização	13	Essa unidade explica o contexto de inserção da temática no processo de ensino-aprendizagem de Química e/ou Ciências.
9	Experimentação	3	Essa unidade aparece como estratégia no processo de ensino-aprendizagem de Química.
10	Ensino Médio	27	Essa unidade identifica o público discente de intervenções didáticas através da temática.

Fonte: elaboração própria (2024).

O desmembramento das UR em categorias iniciais, intermediárias e finais é apresentado em continuidade. O Quadro 4 apresenta as 18 (dezoito) categorias iniciais, que foram agrupadas tematicamente, conforme a frequência desses termos nos trabalhos analisados.

Quadro 4 - Categorias iniciais da análise das produções

Nº da categoria	Categoria inicial	Nº da categoria	Categoria inicial
1	Processo de ensino-aprendizagem de Química	14	Desastres ambientais
2	Dificuldades de aprendizagem	15	Questões ambientais
3	Abordagem problematizadora	16	Competências e habilidades
4	Abordagem investigativa	17	Cidadania
5	Tema gerador	18	Exercer a cidadania plena
6	Unidade temática	19	Pensamento crítico
7	Sequência didática	20	Protagonismo juvenil
8	Sequência didática investigativa	21	Realidade do estudante
9	Conhecimento científico	22	Cotidiano do estudante
10	Conhecimento químico	23	Contexto sociocultural
11	Exploração do meio ambiente	24	Questões socioculturais
12	Educação ambiental	25	Questões socioeconômicas
13	Sustentabilidade		

Fonte: elaboração própria (2024).

Cada categoria aponta um caminho de significados possíveis sob o ponto de vista de quem realiza a pesquisa. A partir desse entendimento, organizamos as categorias iniciais em blocos temáticos, contendo características e informações comuns entre essas categorias. Essa relação temática é apontada como a primeira hipótese da análise.

O desmembramento das categorias iniciais também considerou a percepção de Sousa e Santos (2020), que indica o novo agrupamento a partir de indicadores temáticos, sustentando nossa hipótese inicial. Esse processo transformou-se nas categorias intermediárias. Cada categoria intermediária possui um conceito orientador, usado para descrevê-las a partir da compreensão dos significados apontados nos trabalhos analisados. Ressaltamos que o conceito orientador sintetiza uma descrição das categorias exploradas (Sousa e Santos, 2020). O agrupamento das 25 (vinte e cinco) categorias iniciais em categorias intermediárias é apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Categorias intermediárias da análise das produções

Categorias iniciais	Conceito orientador	Categoria intermediária
1. Processo de ensino-aprendizagem de Química; 2. Dificuldades de aprendizagem em Química;	Um ensino marcado pela verticalização do conhecimento químico, acompanhado da transmissão e recepção de conteúdos, contribui para que o estudante decore fórmulas e expressões. Esse tipo de ensino propedêutico não permite que o estudante desenvolva autonomia e o coloca como espectador do processo de ensino-aprendizagem, resultando em uma formação conservadora, tecnicista e distante da conscientização crítica e emancipadora.	1. Processo de ensino-aprendizagem de Química
3. Abordagem problematizadora; 4. Abordagem investigativa; 21. Realidade do estudante; 22. Cotidiano do estudante; 23. Contexto sociocultural;	A mineração é apontada como temática emergente da realidade dos estudantes e utilizada como tema para a abordagem de conteúdos científicos, através de uma abordagem investigativa.	2. Enfoque e abordagens que aproximam o ensino de Química ao contexto da realidade social
5. Tema gerador; 6. Unidade temática; 7. Sequência didática; 8. Sequência didática investigativa;	Estratégias didáticas que possibilitam a contextualização do tema com a realidade do aluno e insere os conteúdos específicos através dessa perspectiva seguindo orientações didáticas pertinentes de cada uma delas.	3. Possibilidades teórico-metodológicas como estratégias didáticas no processo de ensino-aprendizagem de Química
9. Conhecimento científico 10. Conhecimento químico	Explicam que o letramento científico-tecnológico voltados ao ensino de Química deve ser concebido a partir de uma perspectiva que fomente a criticidade do educando, promove o ensino-aprendizagem articulado com a realidade. e com os contextos socioculturais, ao mesmo tempo reitera a necessidade de o educando compreender os conceitos específicos para sua formação acadêmica.	4. Alfabetização Científica e letramento científico
11. Exploração do meio ambiente; 12. Educação ambiental; 13. Sustentabilidade; 14. Desastres ambientais; 15. Questões ambientais;	No currículo do Ensino Médio, o meio ambiente é trabalhado de forma transversal, pois ele integra todos os conteúdos e áreas do currículo. O tema pode ser inserido na disciplina de Química mediante propostas que possam unir os conceitos, as competências e habilidades ligadas à temática do meio ambiente.	5. A Educação ambiental articulada ao ensino de Química
16. Competências e habilidades	A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta que os currículos das disciplinas tomem o desenvolvimento de competências e habilidades como parte essencial da formação do estudante.	6. Ações necessárias no âmbito das competências e habilidades e ensino de Química: como incorporar temáticas socioambientais no ensino-aprendizagem de Química
17. Cidadania; 18. Exercer a cidadania plena;	O ensino de Química deve estar comprometido com a formação da cidadania do estudante.	7. O processo de ensino-aprendizagem de Química e a formação cidadã
19. Pensamento crítico 20. Protagonismo juvenil	O pensamento crítico contribui para a tomada de decisão dos estudantes e posicionamentos ativos diante das questões do seu contexto social.	8. O pensamento crítico emancipador: a formação da criticidade no processo de ensino-aprendizagem de Química
24. Questões socioculturais 25. Questões econômicas	Essa categoria considera que o cotidiano e a realidade social dos estudantes devem servir	9. A temática mineração como questão

	para criar condições concretas, que aproximem a realidade ao ensino de Química escolar, onde o professor tem o papel de mediar essas relações e fomentar o ensino pautado para uma transformação social.	sociocientífica, cultural e econômica articulado ao ensino de Química
--	--	---

Fonte: elaboração própria (2024).

As categorias intermediárias explicitam várias nuances pré-concebidas, destacando-se a princípio a relevância da temática no processo de ensino-aprendizagem de Química, considerando aspectos mais gerais, como competências e habilidades, e aspectos específicos, como a relação entre cotidiano-cultura-economia-cidadania. Em seguida, a relação com diferentes conhecimentos, científicos ou não, que por sua vez estão relacionadas a investigação no âmbito individual e coletivo. Além dessas considerações, contribuem para tornar evidente o panorama da produção acadêmica brasileira sobre a utilização da temática mineração no ensino de Química, que aponta para uma diversidade teórica e procedimental.

Do estabelecimento das categorias intermediárias e seguindo o direcionamento relacionado ao conceito orientador, foram elencadas as categorias finais no Quadro 6.

Quadro 6 - Categorias finais da análise das produções

Categoria intermediária	Conceito orientador	Categoria final
1. Processo de ensino-aprendizagem de Química; 2. Enfoque e abordagens que aproximam o ensino de Química ao contexto da realidade social; 3. Possibilidades teórico-metodológicas como estratégias didáticas no processo de ensino-aprendizagem de Química; 4. Alfabetização Científica e letramento científico; 5. A Educação Ambiental articulada ao ensino de Química; 7 O processo de ensino-aprendizagem de Química e a formação cidadã; 8. O pensamento crítico emancipador: a formação da criticidade no processo de ensino-aprendizagem de Química; 9. A temática mineração como questão sociocientífica, cultural e econômica articulado ao ensino de Química.	A mineração como temática no ensino-aprendizagem de Química oportuniza trabalhar diferentes conceitos científicos, de forma que explore as questões socioambientais, os temas transversais, os saberes populares e dos povos africanos e o conhecimento científico envolvidos na temática. Essa inserção deve ser emergente da realidade do estudante através da contextualização, sendo essa estratégia favorável para o professor utilizar estratégias didático-pedagógicas que facilitem a compreensão dos conceitos, e que contribua para a formação da cidadania do estudante sob essa perspectiva crítica e emancipatória.	A mineração e o processo de ensino-aprendizagem de Química a partir da investigação de problemas socioambientais emergentes da realidade concreta
6. Ações necessárias no âmbito das competências e habilidades e ensino de Química: como incorporar temáticas socioambientais no ensino-aprendizagem de Química.	A orientação curricular atual da Educação Básica aponta para o desenvolvimento de competências e habilidades com caráter puramente prescritivo para os exames externos. No entanto, algumas mudanças levantam discussões muito pertinentes quanto ao ensino	A mobilização de saberes: ações necessárias para a resolução de problemas mediante a problematização de temáticas socioambientais no ensino-aprendizagem de Química

	de Química, que podem estar relacionadas a Educação Ambiental. Sendo importante destacar a importância de o ensino de conceitos químicos não acontecer com um fim em si mesmo, mas considerar a mobilização de saberes e ações necessárias para a resolução de problemas socioambientais na realidade.	
--	--	--

Fonte: elaboração própria (2024).

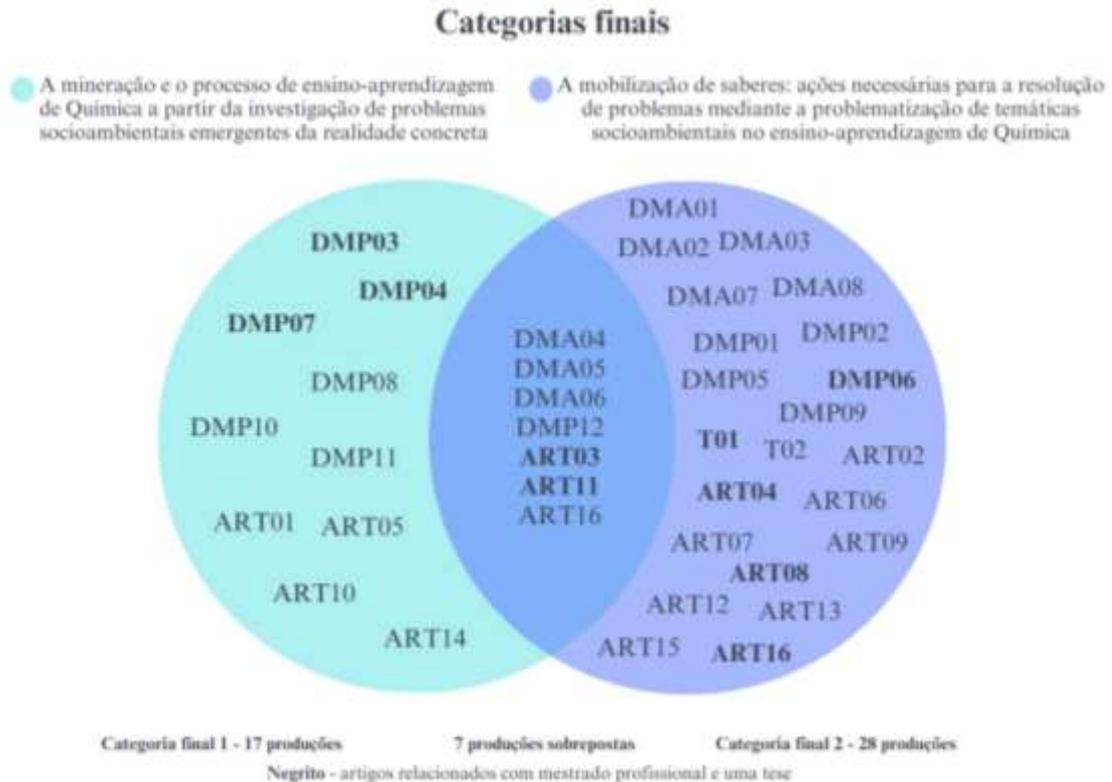
Em relação ao estabelecimento das categorias finais, Sousa e Santos (2020) discutem que elas servem como respaldo a problemática de pesquisa. Assim, as duas categorias finais “A mineração e o processo de ensino-aprendizagem de Química a partir da investigação de problemas socioambientais emergentes da realidade concreta” e “A mobilização de saberes: ações necessárias para a resolução de problemas mediante a problematização de temáticas socioambientais no ensino-aprendizagem de Química” elucidam o panorama da produção acadêmica brasileira sobre a temática mineração no ensino de Química.

A primeira categoria final está relacionada com as produções que utilizam a mineração como ponto inicial, tema motivador ou gerador para investigar a realidade e a apropriação de diversos conceitos químicos no contexto dessa temática. Há uma diversidade de conceitos, mas os principais conteúdos são: termoquímica, recursos minerais, metais, ligações metálicas, reações químicas, soluções, misturas homogêneas e heterogêneas, pH e resíduos. Além disso, destacam-se diversos contextos para articulação da temática e conteúdo, como a contextualização sócio-histórica, discussão de crimes ambientais causados pela mineração, impactos ambientais. Os trabalhos relacionados a essa categoria comentam que a utilização da temática resultou em maior interesse, na aproximação com a sua realidade e cotidiano, culminando na expectativa do desenvolvimento da tomada de decisão e da criticidade.

Na segunda categoria final, os trabalhos apresentam ações didático-pedagógicas empreendidas inserindo a resolução de problemas a partir da temática. Para realizar essas ações, são abordados os conteúdos, os mais comuns são: ligações químicas, reações químicas, propriedade e classificação dos minerais, rejeitos e terras raras. No entanto, são mencionados aspectos ambientais, como conflitos e crimes, e violações dos direitos humanos no contexto sócio-histórico da atividade mineradora. Em relação as ações empreendidas nessas produções, destaca-se: a experimentação, jogos, contextualização sócio-histórica econômica e cultural, Questões sociocientíficas, epistemologia afrocentrada, abordagem cultural diaspórica e relações étnico-raciais. Nos trabalhos dessa categoria, observamos ênfase em abordar aspectos políticos a partir das narrativas construídas pela temática.

Considerando as duas categorias finais, organizamos na Figura 3, a relação das produções com as categorias finais e as produções que são comuns entre elas.

Figura 3 – Relação das produções por código com as categorias finais



Fonte: elaboração própria (2024).

As categorias finais permitiram refletir acerca da importância da inserção de temas socioambientais no processo de ensino-aprendizagem de Química. Em relação a temática, observamos poucas menções aos aspectos éticos/morais e econômicos, que se torna uma discussão complexa, já que ao mesmo tempo em que a mineração contribui para o desenvolvimento, lucro e renda, afeta negativamente o meio ambiente e muitas comunidades (Otoni e Monteiro, 2023) e por esse motivo, é também considerada uma temática de relevância para discutir um cenário discrepante. Com isso, podemos dizer que isso revela um cenário de poucas discussões explícitas relacionadas ao âmbito político nos trabalhos analisados.

No entanto, essas percepções evidenciaram que o panorama das pesquisas com a temática mineração está relacionado a Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA), de modo que faz sentido pensar uma composição temática considerando a tríade: mineração, CTSA e ensino de Química. Ou seja, o contexto caminha para uma concepção de ensino de Química mediante temas sociais que revelam as problemáticas da realidade social dos estudantes.

1.4 Conclusões

Diante do caráter social e ambiental observados na temática mineração, foi possível evidenciar as ideias pré-concebidas sobre esses contextos, na qual é possível articular aspectos científicos, tecnológicos, sociais, ambientais, éticos, morais e culturais ao tema, no processo de ensino-aprendizagem de Química. Com isso, podemos afirmar que a mineração se apresenta como tema gerador ou motivador, que se aproxima de questões sociais, por isso, faz sentido construir um delineamento relacionado a temática através da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade, Ambiente (CTSA) e articular os conteúdos químicos com a mineração.

Ao refletirmos sobre a relação dos trabalhos analisados com o aprofundamento sobre aspectos éticos/morais e econômicos, tendo em vista a mobilização do engajamento entre essas áreas, podemos vislumbrar uma complementação, que pode acontecer por meio de outras perspectivas de ensino, como as Questões sociocientíficas (QSC) ou até mesmo a perspectiva dos conteúdos cordiais, ambas oriundas da abordagem CTS(A) e da Educação em Direitos Humanos, respectivamente, pois elas discutem uma dimensão política relacionada aos aspectos formativos do ensino de Química. Entendemos que uma educação ligada à formação da cidadania considera essas questões de forma bastante explícita.

As interpretações deste trabalho buscam articular essas ideias no ensino de Química, para que essas reflexões possam contribuir para refletir sobre a formação inicial e continuada de professores de Química, e contribuir em reformulações epistêmicas da educação CTS(A), que permita o engajamento com questões socioambientais contemplando os aspectos mencionados. Esperamos enriquecer as discussões sobre a tríade: mineração, CTS(A) e ensino de Química, suscitando inquietações que transcendem os elementos científicos e tecnológicos, mas inclua o âmbito social, ambiental, econômico e cultural e suas implicações no processo de ensino-aprendizagem da Química escolar.

Referências

ASSIS, Heline Fernanda Silva de; BARBOSA, José Aécio Alves; MOTA, Tércio de Sousa. Avaliação dos impactos ambientais provocados pela atividade mineradora no município de Pedra Lavrada-PB. **Revista Âmbito Jurídico**, v.1, n.1, julho/2011. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/avaliacao-dos-impactos-ambientais-provocados-pela-atividade-mineradora-no-municipio-de-pedra-lavrada-pb/>. Acesso em: 25 de julho de 2022.

BARCELOS, Tiago Soares. **Rompeu, e agora? Barragens de rejeito de mineração: economia ecológica e seus elementos espaciais**. 2020. 556 f. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARRETO, Maria Laura. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica**. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 15 de maio de 2023.

BRZEZINSKI, Iria. Estado do conhecimento sobre formação de profissionais da educação: teses e dissertações do período 2003-2010. **Indagatio Didactica**, v. 5, n. 2, 335-354. Disponível em: <https://proa.ua.pt/index.php/id/article/view/4368/3296>. Acesso em: 17 de out. 2023.

CASTILHOS, Carla Virganigo Rangel de. **Relações entre a produção mineral e a produção científica em Geologia e mineração no Brasil: um estudo bibliométrico**. 2023. 137 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação), 2023.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

DANTAS, Jaqueline. **A atuação das cooperativas na atividade mineral no Seridó Paraibano: os casos da coopicuí e coomipel**. 2017. 125 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, 2017.

DANTAS, Heline Fernanda Silva de Assis. **Relações entre a sustentabilidade mineral e o desenvolvimento sustentável municipal: um estudo no Seridó Paraibano**. 2018. 251 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2018.

FERREIRA, Norma Sandra de Almeida. As pesquisas denominadas “Estado da Arte”. **Educação & Sociedade**, ano XXIII, n. 79, p. 257-272, agost. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/vPsyhSBW4xJT48FfrdCtqfp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 out. 2023.

FERREIRA, Almir Aparecido Malta; GUERREIRO, Maria João Correia Simas; ABREU, Isabel Maria Cunha de. **Da Arte aos Fatos: Dádivas e Maldições da Mineração - Diagnóstico**. Editora Appris, 2023.

FIANCO, Ana Clara Butelli. **Concentrações de radônio nas águas subterrâneas, rochas e solos de Porto Alegre - RS**. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

- FONTANELLI, Silvana Aparecida; LIMA, Vânia Mara Alves. Análise do domínio no contexto da mineração no Brasil. *In:* BARROS, T. H. B.; TOGNOLI, N. B. (Or.) **Organização do conhecimento responsável: promovendo sociedades democráticas e inclusivas**. Belém: Ed. UFPA, p. 219-225, 2019. Disponível em: <https://www.eca.usp.br/acervo/producao-academica/003045227.pdf>. Acesso em: 17 out. 2022.
- FRANCISCA, Diego Diegues. **Novo método de avaliação da exposição ocupacional ao gás radônio em ambientes de mineração**. 2019. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.
- GALHARDI, Juliana Aparecida. **Geoquímica de radionuclídeos naturais e biomonitoramento em área de mineração de carvão no sul do Brasil**. 2016. 190 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2016.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2017.
- HALMENSCHLAGER, Karine Raquel; DELIZOICOV, Demétrio. Abordagem Temática no Ensino de Ciências: Caracterização de Propostas Destinadas ao Ensino Médio. **Alexandria: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 305-330, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2017v10n2p305/35396>. Acesso em: 24 de maio de 2023.
- LINS, Fernando Antônio Freitas. Panorama das rochas e minerais industriais no Brasil. *In:* LINS, Fernando Antônio Freitas; LUZ, Adão Benvindo da. (Org.). **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**, p. 3-23, Editora do CETEM/MCT, 2008.
- LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. Introdução ao Tratamento de Minérios. 5ª edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.
- MIRANDA, Maria Geralda; FRIEDE, Reis; DUSEK, Patricia Maria; VIEIRA, Denise Moraes Nascimento; AVELAR, Kátia Eliane Santos (Orgs). **Dossiê Brumadinho: impactos do maior desastre humano e ambiental do Brasil**. Letra Capital: 2021.
- MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QZSvNkKHJHG3Wk6XsSd7Phb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2023.
- OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. O cotidiano, o contextualizado e a Educação em Direitos Humanos: a escolha de um caminho para uma Educação cidadã cosmopolita. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 71, n. 1, p. 75-96, 2016. Disponível em: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/175631/v.71%20n.1%20p%2075-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de agosto de 2023.
- OTTONI, Adacto Benedicto; MONTEIRO, Rafiisa Siqueira. Análise da sustentabilidade ambiental na operação de barragens de rejeitos. **Revista Internacional de Ciências**, v. 12, n.

3, p. 231–249. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/69545>. Acesso em: 18 out. 2023.

SAMPAIO, Rosana Ferreira; MANCINI, Marisa Cotta. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Revista Brasileira Fisioterapia**, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbfis/a/79nG9Vk3syHhnSgY7VsB6jG/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 out. 2023.

SANTOS, Bismarck Soares Matos dos; MINETTE, Luciano José; SORANSO, Denise Ransolin. Avaliação dos riscos ocupacionais em áreas de mineração subterrânea. *In*: RUY, Marcelo. (Org.). **Tópicos em Gestão da Produção**. Belo Horizonte - MG: Poisson, p. 71-77, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wellington-Goncalves-2/publication/324505215_Decision_support_model_for_supplier_selection_through_of_the_Analytic_Hierarchy_Process_AHP/links/5ad0df5aaca272fdaf764501/Decision-support-model-for-supplier-selection-through-of-the-Analytic-Hierarchy-Process-AHP.pdf. Acesso em: 19 de abril de 2022.

SANTOS, Fernanda Marsaro dos. Análise de conteúdo: a visão de Laurence Bardin. **Revista Eletrônica de Educação**, São Carlos, SP: UFSCar, v.6, n. 1, p.383-387, mai. 2012. Disponível em: <https://www.reveduc.ufscar.br/index.php/reveduc/article/view/291/156>. Acesso em: 08 de maio de 2022.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Roseli Pachêco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SILVA, Anne Patricia Pimentel Nascimento da; SOUZA, Roberta Teixeira de; VASCONCELLOS, Vera Maria Ramos de. O Estado da Arte ou o Estado do Conhecimento. **Educação**, v. 43, n.3, p. 1-12, set-dez. 2020. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/faced/article/view/37452/26636>. Acesso em: 17 out. 2023.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de Conteúdo: Exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualit@s**, v, 17, n. 1, 2015. Disponível em: <http://www.fei.am.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/2113-7552-1-PB.pdf>. Acesso em: 08 de maio de 2022.

SOARES, Magda Becker; MACIEL, Francisca. **Alfabetização – Série Estado do Conhecimento**. Brasília: MEC/INEP, 2000.

SOUSA, José Raul de; SANTOS, Simone Cabral Marinhos dos. Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer. **Pesquisa e Debate em Educação**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 1396–1416, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/RPDE/article/view/31559>. Acesso em: 17 out. 2023.

SPACOV, Isabel Cristina Guerra. **Monitoração de trabalhadores expostos à radiação natural em minas no Seridó do nordeste brasileiro**. 2016. 79 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2016.

Capítulo 2 - A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: UM CONTEXTO TEMÁTICO PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES INORGÂNICAS NO ENSINO MÉDIO

Este texto é um estudo teórico que, em síntese, apresenta e discute os principais elementos identificados em um levantamento bibliográfico sobre a mineração no Seridó Oriental paraibano, de modo geral, e mais especificamente no município de Pedra Lavrada. As informações coletadas resultaram de um levantamento bibliográfico e de viagens de campo. A pesquisa bibliográfica foi realizada por consulta a artigos e livros, publicados no Brasil e disseminados nas bases de dados SciELO, Science Direct e Google Acadêmico, utilizando os seguintes descritores: pedra lavrada mineração e Seridó mineração. As viagens de campo foram realizadas para observações, reconhecimentos e coleta de informações junto a cidadãos pedralavradenses. Os dados coletados permitiram efetuar um estabelecimento das relações entre CTS(A) e EDH dentro do contexto da mineração em Pedra Lavrada.

Organizamos o texto em duas partes principais. Na primeira, apresentamos os aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais para evidenciar a importância histórico-cultural da mineração no Seridó. Em segundo momento, particularizamos esse enfoque para o município de Pedra Lavrada e conjecturamos sobre algumas implicações desses aspectos sobre necessidades inerentes à dignidade humana, tanto individuais quanto coletivas, naqueles que direta ou indiretamente são afetados pela atividade mineradora. A partir de então, discutimos quanto à potencialidade da temática para a estruturação de uma Sequência Didática Investigativa (SDI), baseada na abordagem CTS(A) e na EDH, para a o ensino das Funções Inorgânicas no Ensino Médio, e da perspectiva de sua contribuição formativa ao sujeito político - a comunidade escolar - como dinamizadora das políticas de EDH.

2.1 Um olhar científico, tecnológico, social e ambiental (CTSA) sobre a mineração no Seridó Oriental do Estado da Paraíba

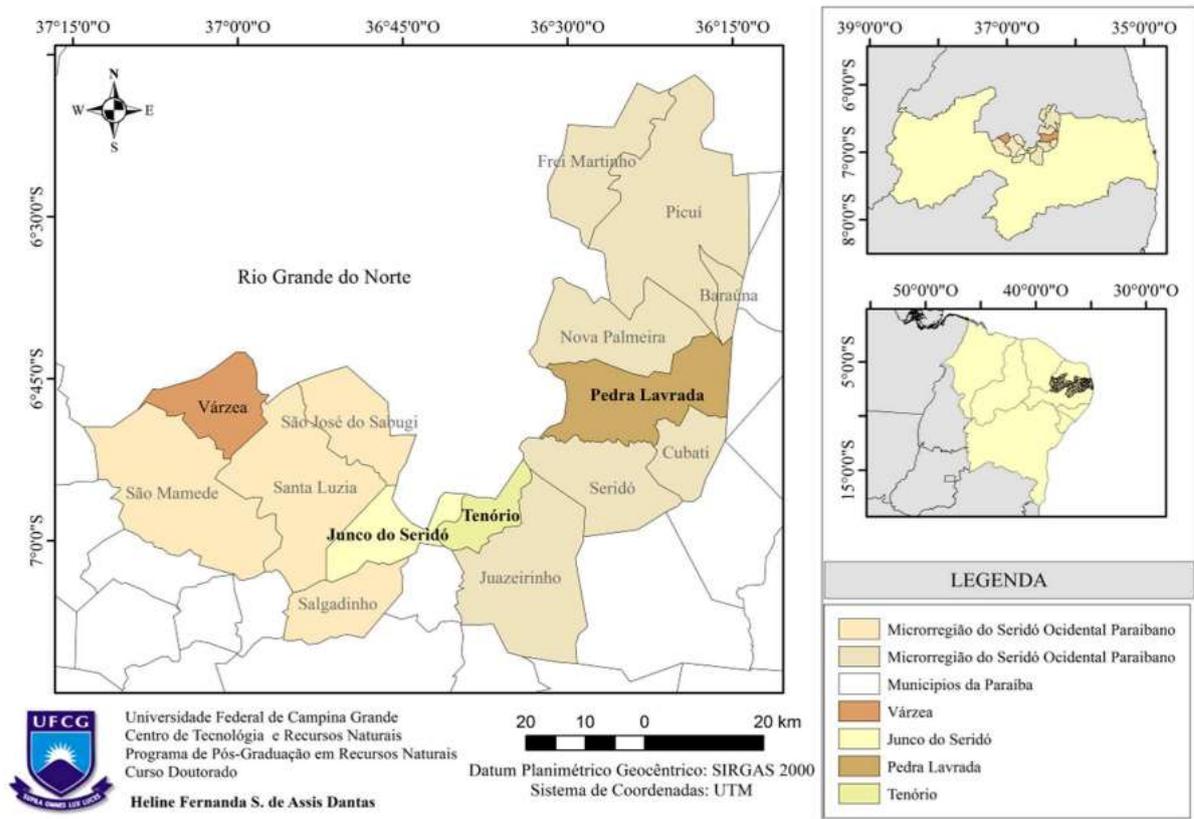
A Paraíba está dividida em quatro mesorregiões - Mata Paraibana, Agreste Paraibano, Borborema e Sertão Paraibano – que são desagregadas em outras 23 (vinte e três) microrregiões geográficas, conforme as duas microrregiões do Seridó: Ocidental e Oriental (IBGE, 2010). As microrregiões do Seridó pertencem à mesorregião Borborema, localizando-se entre o Sertão e o Agreste do Estado. Hoje, elas são denominadas de microrregião, mas, correspondem a áreas oriundas de um mesmo processo de formação onde, no início, inexistiam divisas entre si (Vasconcelos, 2012). Esse espaço geográfico compunha um único arranjo territorial contínuo,

ao longo do Brasil Colônia e em parte do Brasil Império, mesmo que abstratamente linhas de divisas de capitânicas ou de província existissem separando-as virtualmente. Apesar de somente a partir da década de 1930 a região do Seridó ter recebido uma separação oficial, que repercute no território e na identidade regional, do ponto de vista funcional, ele se constitui em uma única região ao longo a sua trajetória (Vasconcelos, 2012).

A região do Seridó é composta por 32 (trinta e dois) municípios, sendo 15 (quinze) no estado da Paraíba e 17 (dezessete) no estado do Rio Grande do Norte, e seus limites se configuram em um território de forma pentagonal, com 14.000 km² (IBGE, 2010). Na Paraíba, o Seridó Ocidental é formado pelos municípios de Junco do Seridó, Salgadinho, Santa Luzia, Várzea, São Mamede e São José do Sabugi; o Seridó Oriental, que possui uma área total de 2.608.719 km², abrange nove municípios: Baraúna, Cubati, Frei Martinho, Juazeirinho, Nova Palmeira, Pedra Lavrada, Tenório, Seridó e Picuí (Silva *et al.*, 2020). No recenseamento de 2022, o Seridó Oriental possuía uma população estimada de cerca de 74. 903 mil habitantes (IBGE, 2022).

O clima dessa região se apresenta de maneira desfavorável para o desenvolvimento de algumas formas de sustento contínuas, como a agricultura tradicional (Araújo; Fonseca, 2017). No entanto, em virtude do contexto geológico em que esses municípios estão inseridos, o Seridó é um ambiente complexo e propício à exploração mineralógica. Destacam-se na atividade de mineração os municípios de Junco do Seridó e Salgadinho (Seridó Ocidental), e de Pedra Lavrada, Juazeirinho, Tenório e Cubati (Seridó Oriental), cujas localizações são indicadas na Figura 4.

Figura 4 - Localização da Microrregião do Seridó Oriental Paraibano.



Fonte: Dantas (2018).

O Seridó Oriental tem tido grande destaque mineralógico produtivo, conforme aconteceu no município de Pedra Lavrada, Paraíba, chamado de Terra do Minério. Até os dias atuais, conforme acontece em outras áreas do Seridó, Pedra Lavrada tem sido reconhecida pela extração mineral, principalmente de: caulim, feldspato, quartzo, micas, argilas, calcários e rochas ornamentais (Lima, 2013). Essa matéria-prima é utilizada na produção de: tijolos, telhas, cimentos, argamassas, materiais cerâmicos (pisos, revestimentos, locas, coloríficos e esmaltes), fertilizantes, abrasivos, isolantes, fibras-ópticas, vidros, colas adesivas, redutores, produtos químicos e farmacológicos, etc. (Ferreira, 2011; Lima, 2013). Desse modo, assim como acontece com a região, antes dependente exclusivamente da agricultura, Pedra Lavrada passou a ser intensamente vinculada à atividade mineral e, até os dias atuais, vive à mercê do mercado mineral e da sua especulação, ficando assim a exploração de determinados minerais, a depender do mercado externo.

2.1.1 Aspectos científicos-tecnológicos da mineração no Seridó da Paraíba

Existe uma variedade de minerais no Seridó e eles são utilizados para os mais diversos fins comerciais, contribuindo para que as atividades ligadas à mineração se constituam como uma das principais fontes de renda da região (Dantas *et al.*, 2016). De acordo com Souza e Lima Sobrinho (2013), Melo (2011) e Bezerra (2009), as jazidas estão compostas dentro dos pegmatitos, como quartzo, feldspato potássico, plagioclásio sódico (albita), mica (moscovita, pois a biotita aparece apenas raramente) e pelos minerais acessórios, que são os minerais de lítio (lepidolita, zinnwaldita, espodumênio, amblygonita, petalita, eucryptita, trifilita e litiofilita), minerais de berílio (berilo), minerais de céσιο (pollucita e allanita), minerais de boro (turmalina), minerais de fósforo (apatita, arrojadita e triplita), minerais de nióbio e tântalo (columbita, tantalita e microlita), minerais de estanho (cassiterita), minerais de urânio (uraninita, pechblenda e gumita), entre outros. Dantas (2017) afirma que a região abriga as maiores reservas de argila bentonítica e a maior jazida de ilmenita-zirconita do País, destaque para as reservas de bentonita, que correspondem aproximadamente 49% das reservas nacionais. Essa autora aponta, também, que no território se localizam as principais jazidas de minerais industriais como caulim, ferro, xelita, talco, amianto, minerais de pegmatitos e quartzitos. Adicionalmente, o Seridó paraibano também é destaque nos depósitos de gemas e metais preciosos. No distrito pegmatítico da Borborema/Seridó, destaca-se água-marinha, turmalina corada (elbaíta), esmeralda, ametista e lazulita.

A microrregião do Seridó Paraibano situa-se, geologicamente, na Província Pegmatítica da Borborema e é um mostruário natural em suas múltiplas feições geológicas, com mais de 80% de seu território composto por rochas Pré-cambrianas (Santos; Ferreira; Silva Jr., 2002). Ela apresenta uma litologia predominantemente associada à Faixa Seridó, caracterizada como um sistema de dobramentos constituído por zonas geoanticlinais e geossinclinais embasadas por rochas graníticas e migmatíticas com ocorrência de granitóides de forma descontínua (Dantas *et al.*, 2016). A região é conhecida por suas riquezas naturais presentes nas rochas pegmatíticas e pelas rochas holocristalinas, aquelas que apresentam, pelo menos em parte, uma granulação muito grosseira, contendo como maiores constituintes minerais àqueles encontrados tipicamente em rochas ígneas comuns, mas com a característica de apresentarem extremas variações no que se refere ao tamanho dos grãos (Carneiro, 2020). Os pegmatitos mineralizados são rochas que encontram minerais metálicos, minerais industriais e minerais-gemas (Melo, 2011).

A riqueza de minerais da região é fruto dos processos das ações tectônicas. Santos, Ferreira e Silva Júnior (2002) descrevem que a formação do subsolo paraibano se deu a partir de atividades tectônicas, que resultaram na formação de rochas e deformações em larga escala que se inseriram na Faixa Seridó. Conforme esses autores, as modificações decorrentes no subsolo estão relacionadas com uma faixa móvel da evolução crustal, formada em três fases de deformação. A primeira fase de deformação equivale ao bandamento ou camadas composicionais, que se trata da foliação definida por faixas paralelas de composição mineralógica ou texturas diferentes, daí foi que surgiu a diversidade mineralógica da região. A segunda apresenta características contracionais e dobramentos recumbentes. A terceira, a verticalização dos estratos e a formação de dobras abertas.

Vasconcelos (2006) comenta que, no que diz respeito a exploração territorial na região para a mineração, essa descoberta se iniciou em 1899. O ponto de partida foram os estudos de um engenheiro de minas, que acabou elaborando um inventário, no qual descrevia os possíveis recursos minerais que ele conseguiu catalogar durante uma expedição.

[...] as primeiras ações de monta empreendidas, efetivamente, na busca de adquirir uma cognição espacial, no que se refere ao provável potencial mineral, datam de 1899, a cabo do engenheiro francês Jules Destrod, como fruto da ação do Estado paraibano na tentativa de desvendar as possíveis riquezas minerais presentes no território do Seridó (Vasconcelos, 2006, p. 75).

No entanto, Ramos (2017), citando Moraes (1938), afirma que já no ano de 1898, a mineração era realizada por agricultores, que sofrem com a estiagem e a seca da região, dando indícios que a atividade mineral já era realizada pela população local e que, nesse período, o comércio desses recursos existia ao nível local.

Toda a diversidade e abundância de minerais no Seridó têm sido exploradas desde o início do século XX e as figuras do agricultor/garimpeiro e do vaqueiro sempre foram muito presentes na exploração mineral da região. Ramos (2017) indica que os primórdios da exploração mineral no Seridó se relacionaram ao uso de técnicas simples e de baixo custo, por isso, era “permitida” a todos e os agricultores conseguiam realizá-la. Por causa desses aspectos, o garimpo tornou-se uma opção para a sobrevivência da população e, ao longo de décadas, foi berço da atividade garimpeira, movimentando a economia local (Araújo; Fonseca, 2017). Porém, a importância dos agricultores não abrangia somente o conhecimento geográfico das jazidas, uma vez que eles percorriam os territórios para realizar seus trabalhos, mas também se associava à exportação mineral.

Na primeira metade do século XX, “[...] ainda antes dos acordos comerciais entre o Brasil-EUA em 1942, o Seridó foi tornando-se o principal fornecedor mundial de minerais metálicos raros para indústrias de guerra de vários países” (Ramos, 2017, p.47). Vasconcelos

(2006) afirma que, no período da Primeira Guerra Mundial, entre 1914 e 1918, a mica era o recurso pegmatito mais exportado da região Seridó e da cidade de Pedra Lavrada (Seridó Oriental paraibano). Apesar de ser um mineral sem muito valor de comercialização local, a mica era bastante utilizada nos Estados Unidos e na Europa para a indústria elétrica. Ramos (2017) acrescenta que, na década de 1930, a cassiterita estava voltada para o mercado interno e alguns os minerais metálicos raros, como o berilo e tantalita-columbita, ao mercado externo.

A importância da mineração local só eclodiu com a aproximação da Segunda Guerra Mundial, passando a ter aplicação em escala internacional (Vasconcelos, 2006). A partir desse fato, foram criadas as condições efetivas que tornam alguns elementos naturais particulares dessa Província Mineral, em recursos com valor econômico e de viabilidade para exploração. O início da trajetória para atender o mercado internacional foi marcado com a tantalita-columbita e com o berilo que, nas primeiras décadas do século XX, eram exportados em grandes montantes de minério aos Estados Unidos, para fins bélicos (Vasconcelos, 2006). Com a demanda externa, muitas técnicas de mineração foram incorporadas ao território e essa atividade passou a formar, juntamente com a pecuária e a cotonicultura (cultivo de algodão), o tripé funcional do território regional (Vasconcelos, 2012). Quando a região passou a comercializar os minerais utilizados no período da guerra, houve outro crescimento, resultando em uma nova opção econômica aos municípios e uma dinamização econômica, contributiva de tal forma para que o Seridó paraibano assumisse uma posição de destaque na economia nordestina.

Ramos (2017, p. 48) destaca que as técnicas utilizadas pelos garimpeiros nesse primeiro período de exploração ocorriam principalmente sobre:

Depósito eluvial: é aquele no qual houve decomposição da rocha *in situ*. **Depósito coluvial:** é depósito de encostas no qual houve apenas escorregamento da rocha decomposta. **Depósito aluvial:** neste tipo de depósito há transporte efetivo dos sedimentos a certa distância, vindo da(s) rocha(s) mãe(s), (a(s) primária(s)), que no caso é/são o(s) pegmatito(s) e outra(s).

Esse tipo de exploração exigia do agricultor-garimpeiro conhecimentos técnicos, principalmente na utilização da mineração em aluvião. Tais técnicas são um indicativo da dimensão do desenvolvimento técnico-científico em torno da atividade e de como a demanda pelos minerais foi acompanhada pelo desenvolvimento tecnológico.

A “parceria” com os Estados Unidos permitiu que as técnicas de mineração fossem aprimorando os conhecimentos técnicos dos garimpeiros (Vasconcelos, 2006). Ela também contribuiu para o aumento de interesse e de investimentos na região. Paulatinamente, as potencialidades minerais passaram a ser utilizadas para os mais diversos fins comerciais. Nesse

contexto, “Companhias de Mineração” foram criadas para fins de comercialização e produção. Elas adquiriram títulos minerários de algumas jazidas, passando a explorá-las. Na região do Seridó Paraibano as principais eram: Silveira Brasil & Cia, Companhia Mineração do Nordeste, Companhia de Mineração do Picuí, S.A. Comércio e Indústria de Mineração, Otaviano Bezerra, Mineração Seridó Ltda. e Renda e Priori & Cia (Rolff, 1946). Essas empresas eram promotoras de emprego e de renda para muitas famílias, em sua maioria, constituída por agricultores.

O pós-guerra contribuiu para que a atividade entrasse em declínio, pois, as companhias de mineração evadiram-se do Seridó, quase em sua totalidade (Vasconcelos, 2006). Em decorrência desse abandono, os minerais estratégicos tiveram produção e comercialização reduzidas. Somente na década de 1970, houve uma redefinição processo de industrialização regional da mineração da Província da Pegmatítica da Borborema-Seridó, incentivado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Nessa época, iniciou-se o aproveitamento de outros recursos minerais, mais direcionados à construção civil: caulim, feldspato, calcário, granito, a mica e outros.

O intervalo entre os anos de 1979-1984 se tornou o segundo período áureo da mineração dos pegmatitos da Borborema-Seridó e surgiram algumas cooperativas de garimpeiros, visando melhor aproveitamento das jazidas (Forte, 1994). A tantalita–columbita se tornou secundária (quanto à extração) e novas dinâmicas surgiram no território, em consequência do alargamento da produção mineral dos minerais não-metálicos e/ou minerais industriais (feldspato, caulim, quartzo, etc.). A finalidade produtiva se deslocou para atender, tanto à demanda internacional quanto nacional, dos parques industriais cerâmicos, automobilístico, vítreo, cosmético, etc.

A década de 1990 marcou a ascensão dos minerais industriais e/ou não-metálicos no Seridó. Visando atender a essa nova demanda do setor industrial, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) desenvolveu, nessa época, o projeto de Estudo dos Pegmatitos do Nordeste Oriental (Lima, 2013). Estimulou-se a importância dos minerais industriais na viabilização econômica de projetos de pequenas minerações de pegmatito e a região se consolidou como a principal área produtora e de extração de pegmatitos, como coprodutos de outros minerais industriais. Foram encontrados na região mais de mil corpos de pegmatitos, com dimensões variáveis, sendo as gemas produzidas como produto principal ou como coproduto de lavras de minerais industriais (Dantas, 2018). Atualmente, há uma prevalência de minerais não metálicos ou industriais, tais como o feldspato, o calcário, a mica, o quartzo, o caulim, dentre outros. Portanto, onde antes prevaleceu por mais de 40 (quarenta) anos a produção de minerais metálicos, tendo a tantalita e berilo como as principais pretensões

minerais para requerimento de lavra na região, em geral, eles passaram a ser obtidos secundariamente nas lavras dos minerais industriais (CPRM, 2013).

O processo de exploração mineral envolve uma série de técnicas, que envolve desde a exploração geológica a métodos de lavra e beneficiamento. Os métodos de lavra são bastante conhecidos, sendo a primeira mais comum, realizada pelos garimpeiros. No processo de lavra a céu aberto, os garimpeiros formavam pequenas equipes para extrair o minério nas banquetas e utilizavam poucos equipamentos mecanizados (Lima, 2013), faziam-na de cima para baixo, opção que dificultava o trabalho, principalmente na retirada do rejeito.

Vasconcelos (2006) também destaca que a inclusão do trabalho de profissionais como engenheiros de minas e geólogos pelos grupos empresariais foi de suma importância para o avanço tecnológico. Além disso, a inserção de laboratórios de análise físico-químicas minerais nas empresas locais garantiu melhor qualidade dos produtos e otimização do trabalho, pois as análises eram realizadas nas empresas sede, todas bem distantes dos locais de extração.

Os progressos tecnológicos diminuíram bastante o uso de mão de obra. No entanto, a mineração no Brasil, e particularmente a Paraíba, ainda tem apresentado uma predominância em forma de garimpo e métodos rudimentares de lavras e beneficiamento (Oliveira, 2019). Apesar dessas mudanças e de a mecanização ter se alastrado no setor, na região ainda há muitos garimpeiros independentes que fazem uso de técnicas mais rudimentares para a extração mineral, incluindo atividades clandestinas, como o uso de explosivos. Por exemplo, assim como acontece em Pedra Lavrada, é importante enfatizar que a extração informal e clandestina de minérios sempre existiu na região!

A cadeia produtiva mineral no Seridó continua sendo basicamente extrativista. O beneficiamento acompanha as rotas tecnológicas, que é uma característica mineralógica de cada material. Porém, geralmente, segue-se um procedimento comum: as grandes empresas detêm os direitos de exploração, os trabalhadores contratados por elas coletam a matéria-prima, que pode ser de forma mecanizada ou não, e a levam para as matrizes para os procedimentos industriais adequados visando etapas de beneficiamentos. Em sua maioria, essas matrizes são distantes dos locais de extração.

A atividade de extração causa muitos impactos, apesar de a maioria das empresas não desenvolver o beneficiamento nessas cidades. Maia *et al.* (2019) destacam que todos os processos relativos à exploração mineral causam impactos ambientais. Eles também influenciam nos problemas sociais e colaboram para a existência de diversas carências individuais, relacionadas àqueles que estão diretamente ligados ao processo extrativo, ou carências coletivas, porque afetam, direta ou indiretamente, uma grande parcela da população.

2.1.2 Os impactos da mineração no Seridó Oriental sobre o meio ambiente

O Seridó paraibano possui um bioma frágil, a Caatinga. Ele é constituído por uma vegetação nativa, baixa e muito espaçada, fixada em solo raso, arenoso e seco, que se sustenta em meio a condições hídricas precárias, com baixa e irregular precipitação pluviométrica e de alta evapotranspiração (Oliveira, 2019). Essas características tornam-se determinantes para aumentar a fragilidade do ambiente, favorecendo a instalação de processos de degradação ambiental, como a degradação extrema do solo.

O espaço territorial do Seridó exhibe uma extrema e séria vulnerabilidade, associadas a transformações paisagísticas, com uma redução na cobertura vegetal e aumento de terras com grave erosão. As interferências nesse bioma têm praticamente levado à extinção da vegetação nativa dos municípios desse território (Oliveira; Pereira, 2015; Oliveira, 2019). O desmatamento da caatinga para a venda de lenha às olarias e panificadoras, e a falta de práticas conservacionistas no manejo na agricultura e na pecuária tem contribuído para a degradação das terras, afetando a estrutura produtiva da região (Oliveira; Pereira, 2015). Esse tipo de atitude decorre da junção de diferentes fatores como o desconhecimento e a falta de assistência técnica mais abrangentes, tanto das instituições governamentais como das não governamentais que atuam no Estado e atinge também a mineração (Ramos, 2017; Lima, 2013).

Segundo o Art. 1º da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 1986, considera-se impacto ambiental:

[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas, a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Os impactos ambientais da atividade mineral são: alteração de lençol de água subterrânea, poluição sonora, poluição visual da água, ar e solo, impactos sobre a fauna e a flora, assoreamento, erosão, mobilização da terra, instabilidade de taludes, encostas e terrenos em geral, lançamentos de fragmentos e vibrações (Brasil, 2001). Assis, Barbosa e Mota (2011) apontam outros diferentes impactos gerados pela atividade, como: impactos visuais, perda de banco de sementes, perda da vegetação local, comprometimento das áreas de recarga de aquíferos, disposição inadequada dos rejeitos, compactação do solo, poluição atmosférica e o assoreamento de corpos hídricos. A atividade da mineração também tem impactado negativamente a realidade ambiental do Seridó Oriental e se tornaram muito evidentes ao longo dos anos.

Lima (2013), ao comentar sobre o Projeto de Desenvolvimento de Pequena Mineração do Seridó Paraibano no âmbito do Arranjo Produtivo Local (APL) - Pegmatitos e Quartzitos (2010), enfatiza algumas ações da mineração na região do Seridó que vêm acentuando os impactos ambientais, conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 - Impactos ambientais causados pela mineração na região do Seridó.

Atividade mineral	Impactos ambientais
Desmatamento de decapeamento	Alteração do ecossistema. Alteração da qualidade do solo e alteração da qualidade das águas superfícies. Susceptibilidade do terreno a erosão e assoreamento. Aumento da taxa de evaporação. Perturbação a fauna terrestre. Emissão de poeiras fugitivas e gases. Poluição sonora.
Disposição do solo fértil e de vegetais	Transporte de sedimentos e perda das características do solo fértil.
Desmonte	Degradação da morfologia. Erosão. Assoreamento. Alagamento. Instabilidade. Emissão de poeiras, ruídos e gases. Perturbação da fauna terrestre. Susceptibilidade a acidentes de trabalho.
Manuseio do bem mineral	Adensamento do solo. Emissão de poeiras fugitivas e gases. Poluição sonora. Acidentes de trabalho. Perturbação à fauna.
Suspensão ou término da atividade	Degradação visual da paisagem. Alagamentos. Vulnerabilidade do terreno à erosão. Assoreamento. Alteração da morfologia do terreno.

Fonte: Lima (2013).

Esses destaques corroboram com o alerta de Farias e Coelho (2002), ao atribuírem que o principal impacto ambiental resultante da atividade de mineração está enquadrado em quatro categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e afundamento abrupto ou gradativo da superfície do terreno.

A atividade mineradora tem levado ao aparecimento de manchas no solo, elevado os níveis de aridez e, por consequência, interferido negativamente nas condições socioeconômicas, contribuindo com a evolução do processo de desertificação de certas áreas e resultando em um risco à vida (Silva Neto *et al.*, 2012). A desertificação está em curso de forma lenta e constante, passando despercebida da população geral e grande mídia, quanto aos impactos das atividades de mineração nas áreas susceptíveis. Esse problema também é uma preocupação da ONU, que já no ano de 1977 na primeira Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação em Nairóbi, Quênia, expressava-a em relação à atuação da comunidade científica diante dessa questão, além da atuação da sociedade (Esteves; Araújo, 2021).

Na Paraíba, a desertificação também é um problema ambiental muito preocupante. Sousa *et al.* (2016) informam que 39.136,51 km² do território está em processo de desertificação, número equivalente a 69,2% da área total do estado. Na região do Seridó, Oliveira e Pereira (2015) salientam que, além das ações antrópicas, o baixo índice de aridez da região aumenta a suscetibilidade do processo da desertificação. Os municípios paraibanos mais

afetados, em níveis diferentes, pela desertificação, são: Cabaceiras, Camalaú, Serra Branca e Juazeirinho, sendo esse último localizado na mesorregião do Seridó oriental (Sousa *et al.*, 2016). Lima (2013) e Silva *et al.* (2017) apontam que é o aumento da degradação ambiental que tem elevado os níveis de desertificação no Seridó, a qual está incluída a cidade de Pedra Lavrada.

No entanto, os setores industriais de extração de minerais exercem grande importância para o crescimento da região. Porém, no Seridó, essa atividade tem sido historicamente desenvolvida sem uma política ambiental de controle da obtenção do minério (Dantas, 2018). Com isso, mantêm-se práticas inadequadas, como a remoção de muita vegetação na retirada do mineral por meio de máquinas e a deposição dos rejeitos em locais próximos às jazidas. Sem contar que a sociedade tem uma visão negativa da exploração mineral, principalmente devido aos impactos visuais, que representam apenas uma pequena fração de problemas mais complexos (Lima, 2013).

A preocupação com o ambiente dentro da atividade mineradora é tomada como algo recente. Oliveira (2019) descreve que as mineradoras começaram a planejar suas atividades pensando nas questões ambientais apenas a partir de 1972, com a Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente (CMMA). As razões pelas quais prevalece alguns problemas nas mineradoras se relacionam a: i) existência de um único órgão, a Agência Nacional de Mineração (ANM), que substituiu o antigo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), mas que continua dispendo de pouquíssimos funcionários para desempenhos de todas as atividades da área, incluindo a fiscalização; e ii) legislação desatualizada, que permanece regida sobre um código caduco, de 1940, descontextualizado da atual realidade (Fontanelli, 2018; Oliveira, 2019). Esse tipo de situação contribui para que, em áreas de mineração, não haja maior preocupação com a população, afetada em diferentes níveis e em muitas esferas sociais.

Os indicadores socioeconômicos do Seridó são afetados tanto pelas aptidões naturais quanto pelas ações antrópicas. Ambos acabam por incidir nos baixos níveis de Índice de Desenvolvimento Municipal Sustentável (IDMS) apresentados na região (Dantas, 2017). As vulnerabilidades causadas pela mineração revisitam a necessidade de estudos socioambientais voltados à temática, para serem apontadas proposições que contribuam para o entendimento e a mitigação de problemas causados pela exploração mineral. Cabe ao Estado e os agentes responsáveis, o papel de assegurar as atividades exploratórias à luz da sustentabilidade do meio ambiente e sadia qualidade de vida dos garimpeiros. O grande problema de hoje está em como conciliar a exploração com a preservação do meio ambiente.

A preservação do meio ambiente é um dos pilares relacionados ao pacto global dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS, ou em inglês *Sustainable Development Report - SDR*) que se trata de um projeto da ONU (2018) para os países membros, iniciado no ano de 2015. Esse pacto visa engajar o setor privado, as instituições e a sociedade civil para alcançar 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável até o ano de 2030, por isso, chama-se também de Agenda 2030. Os objetivos traçados estão relacionados com diversas esferas do desenvolvimento, que emergem da esfera política e implicam no desenvolvimento social, ambiental e econômico (Figura 5). No entanto, o que fica evidente é o forte apelo da ONU para as questões ambientais do presente e como elas vão influenciar o futuro. Assim, os ODS servem para enfatizar quais os desdobramentos serão desenvolvidos com o intuito de mitigar os impactos ambientais e oferecer condições para que a futura sociedade se interesse, sobretudo pelas condições climáticas.

Figura 5 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: Organização das Nações Unidas (2018).

O SDR (2020)³ publica relatórios que fornecem um painel mostrando a pontuação, que está relacionada ao desempenho dos países membros para assegurar o cumprimento dos objetivos. De acordo com esse relatório, com 84,72 pontos, a Suécia é o país que lidera esse desempenho. À época, o Brasil apresentava a pontuação de 72,67 e se estima que, se nada for feito, apenas o ODS 7 será alcançada no Brasil⁴. Observando os ODS, pode-se incluir os problemas relacionados à mineração na maioria dos objetivos relacionados ao meio ambiente,

³ A consulta pode ser realizada no site: <https://www.sdindex.org/reports/sustainable-development-report-2020/>.

⁴ Pacto Global – Rede Brasil: <https://www.pactoglobal.org.br/ods>.

já que seus impactos se estendem em muitos deles. Os impactos ambientais somados às perspectivas do que a sociedade deveria cobrar das empresas de mineração e dos órgãos responsáveis por fiscalizar e deliberar essa atividade são causas suficientes para serem reivindicados posicionamentos mais assertivos das empresas em relação a qualquer ação que possa ser considerada irresponsável. O esforço da ONU é um caminho para que a sociedade possa organizar e trilhar novas soluções na tentativa de evitar e mitigar essas mudanças.

2.1.3 As implicações do desenvolvimento extrativo mineral sobre o arranjo econômico-social do Seridó Oriental paraibano

As atividades ligadas à história mineradora do Seridó Oriental paraibano se constituem no maior sustentáculo local e, em muitos casos, a única alternativa econômica para a região (Bezerra, 2009). Apesar de os produtos de origem mineral serem comercializados para a indústria transformadora de outras regiões, de forma bruta e com pouco valor agregado, e do peso da informalidade, a exploração desses recursos naturais exauríveis envolve um setor econômico que representa um importante fator de emprego e renda local, seja por meio de indústrias ou de garimpeiros.

A mineração causou impactos profundos nas estruturas vigentes antes da exploração em maior escala, tanto nos municípios como na configuração regional, e foi determinante para configurar uma nova dinâmica que contribuiu para o surgimento de novas relações de trabalho no Seridó (Vasconcelos, 2006). Com isso, o Seridó paraibano passou a ter mais influência na economia da Paraíba, conforme tem sido verificado pelo histórico da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) arrecadado pelo Estado referente à região.

A atividade de mineração na região do Seridó surgiu com mais ênfase nas primeiras décadas do século XX de forma desordenada e sem controle. Essas atividades sempre proporcionaram mais riquezas externas, para outras localidades, e os maiores municípios da região não conseguem se sustentar pela atividade mineral, mesmo tendo seu subsolo enriquecido. Assim, embora seja uma região com tantas riquezas minerais, o Seridó apresenta muitos problemas de desenvolvimento, principalmente de cunho sustentável. Conforme destaca Vasconcelos (2006), esse é um claro sinal de que o uso não reflete no desenvolvimento.

O Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (2010) estimava que na primeira década deste século XXI a atividade de mineração no Estado da Paraíba movimentava, por ano, em torno de R\$ 200 milhões e que grande parte dessas atividades se concentrava em 17 municípios da mesorregião do Seridó. Dessa forma, essa região se mostra com uma

importância significativa para o Estado, principalmente na arrecadação do tanto para o estado como para os municípios da região. Nesse sentido, os Governos (federal, estadual e municipal) arrecadam dividendos, CFEM, sobre a exploração de recursos minerais para fins de aproveitamento econômico sob a forma de compensação financeira. Tais recursos devem ser aplicados em projetos que, direta ou indiretamente, atuam em prol da comunidade local, seja na melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde ou da educação. No entanto, de acordo com Barreto (2001), tal medida não é bem-vista nos pequenos municípios, pois, muitas vezes, esse valor arrecadado é irrisório para desenvolver ações nessa direção. Apesar da alíquota de CFEM surgir como alternativa para propor melhores condições de vida à população local, as contribuições para o bem-estar social dos municípios foram sempre questionáveis no âmbito regional. Por exemplo, alguns municípios não têm arrecadação do CFEM. No entanto, isso não quer dizer que não tenham extração mineral, mas que a extração muitas vezes não é feita de forma legal. Além disso, as extrações minerais realizadas em alguns municípios são registradas por outros que já tenham empresas minerais, contribuindo com a ilegalidade do setor.

O desenvolvimento social e econômico oriundo da exploração mineral no Seridó tem sido marcado por operações predatórias de extração mineral que, invariavelmente, tem levado a uma variedade de impactos ambientais, como foi exposto no tópico anterior. No entanto, essa é uma atividade lesiva não apenas ao meio ambiente. Ela também causa danos aos agentes do meio social, comprometendo a qualidade de vida da população local, sobretudo à vida dos que sobrevivem diretamente da mineração, os garimpeiros.

A exploração mineral na região sempre esteve relacionada a diferentes inter-relações, principalmente trabalhistas e culturais. Ramos (2017) relata que:

[...] ainda antes dos acordos comerciais entre o Brasil-EUA em 1942, o Seridó foi tornando-se o principal fornecedor mundial de minerais metálicos raros para indústrias de guerra de vários países. A maior produção dos metálicos do Seridó aconteceu nos anos de maior crise de trabalho e sobrevivência no semiárido, ocasionando a maior exploração ou mesmo superexploração do trabalho do agricultor-flagelado. Durante o período em análise, foi quase hegemônica a cata como forma de lavra dos minerais metálicos dispersos nos eluviões/coluviões. Para tanto, utilizava-se a mão de obra de mulheres e homens adultos, além da exploração do trabalho de crianças e idosos (Ramos, 2017, p. 47-48).

Conforme apresentado, apesar da sua importância, os impactos oriundos das atividades de mineração em terras semiáridas compreendem um complexo sistema, que envolve riscos e exposições a desastres, e produzem conflitos e vulnerabilidades de ordem social, econômica, ambiental e cultural. Isso ocorreu e ocorre no Seridó, assim como, historicamente, tem acontecido em todo o Planeta (Santos, 2005). O trabalho na mineração é um tipo de atividade

que possui características de insalubridade, periculosidade e penosidade (Larrossa, 2017), na qual os mineradores estão sujeitos a riscos físicos, químicos e biológicos. Silva *et al.* (2017, p. 2) afirmam que no município de Pedra Lavrada:

[...] a degradação ambiental tem afetado não só os aspectos biofísicos (fauna, flora, poluição do ar, redução/exaustão de reservas minerais), como também a saúde de trabalhadores pela emissão de poeira (pequenas partículas e sílica); poluição sonora e visual; provocado abalos sísmicos, que por vezes provocam rachaduras nas edificações próximas; lançamento de fragmentos de rochas em virtude do uso de explosivos para o desmonte de rochas, o que coloca em risco não só os trabalhadores, mas também a população circunvizinha à jazida.

Santos, Minette e Soranso (2017) destacam as principais fontes de perigos que os mineradores estão expostos no local de trabalho: ruídos excessivos, sobrecarga térmica, exposição à poeira e microrganismos, queda de fragmentos de rochas, explosões, baixa concentração de oxigênio, temperatura elevada, estresse e exposição à radiação.

A poluição ocupacional e ambiental na forma de poeiras, fumos, vapores e gases tóxicos são fatores de risco para distúrbios respiratórios em trabalhadores da mineração. A prevalência e a gravidade das doenças pulmonares ocupacionais dependem de alguns fatores, como: do produto básico extraído, da duração e dos níveis de exposição à poluição, de doenças associadas, das condições ambientais e do estilo de vida (Borges *et al.*, 2016). As principais pneumopatias ocupacionais em mineradores são a silicose, a asbestose e a pneumoconiose (Magalhães *et al.*, 2020), destacando-se a silicose, doença causada pela inalação de material particulado contendo sílica (SiO_2). A sílica é uma substância carcinogênica para humanos e muito nociva ao tecido pulmonar. Ela pode gerar fibrose tecidual e, ao passar dos anos, causar perda da funcionalidade do órgão, incidindo o aumento de risco de câncer pulmonar (Monteiro, 2019). Além disso, os trabalhadores com exposições ocupacionais a poeiras, como os mineradores, têm apresentado um aumento no risco de câncer gástrico (Veríssimo; Guimarães; Meyer, 2013).

Outro grande risco para o câncer de pulmão em trabalhadores de mineração se deve à elevada exposição a fontes de radiação nos ambientes de extração mineral (Spacov, 2016; Veiga *et al.*, 2007). Grande parte da radiação ionizante é devido à presença de radônio-222 e seus descendentes de meia-vida curta. O radônio é um gás inerte, inodoro e insípido produzido através da série de decaimento do rádio (Ra-226), que é produto do decaimento do urânio (U-238) (Kandari *et al.*, 2016), além disso, suas partículas podem ser inaladas, através do ar, ou ingeridas por meio da água.

O radônio-222 é foco das preocupações de saúde pública. Dentre os possíveis efeitos crônicos decorrentes da exposição à radiação, evidencia-se o desenvolvimento de catarata e

câncer, com destaque para o de pulmão, tireoide, os que afetam ossos e o sistema hematopoiético (Ramos, 2020). O radônio-222 é considerado a segunda causa de câncer de pulmão, após o tabagismo, e a primeira causa conhecida de câncer de pulmão em não fumantes (INCA, 2021; Ramos, 2020). Ao ser inalado, o gás passa aos pulmões e ao decair, seus descendentes podem provocar alterações cromossômicas e danos às células do sistema respiratório originando possível câncer (UNSCEAR, 2000).

A mineração é uma das atividades industriais mais contributivas para a liberação de radônio para o meio ambiente (Galhardi, 2016). A exposição de trabalhadores a radiações ionizantes depende de uma série de fatores, incluindo o tipo de mina, a geologia local e as condições de trabalho (Spacov, 2016). Em ambientes a céu aberto, as concentrações de radônio são baixas, porém, em locais fechados, como os ambientes de mineração, a exposição ao radônio é maior, pois ele é um gás emanado a partir do solo e das rochas (Francisca, 2019). Também, a depender das características dos materiais lavrados, ambientes de mineração podem ter concentrações maiores de radônio (Fianco, 2011). Considerando esses aspectos, os mineradores que permanecem mais tempo nesses locais estão mais susceptíveis a inalar radônio ao longo de suas jornadas de trabalho e, conseqüentemente, com maior probabilidade de ocorrência de doenças relacionadas a essa espécie radioativa. Além disso, como alerta Spacov (2016), essas atividades extrativas podem gerar exposições à radiação na população que vive em áreas adjacentes às minas. Considerando esses e os demais aspectos abordados, verifica-se a importância de se reconhecer os riscos em ambientes de mineração de modo a assegurar a higiene e segurança dos mineradores.

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) estabelece um conjunto de trinta e seis Normas Regulamentadoras (NR) objetivando minimizar esses riscos, para possibilitar o desenvolvimento de atividades buscando a segurança e saúde dos trabalhadores, como a NR – 6 (Equipamentos de Proteção Individual) e a NR 22 (Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração), ou seja, uma NR específica para mineração. A NR 22 evidencia as responsabilidades das empresas de mineração e dos trabalhadores, bem como seus direitos (Brasil, 2022b). Por meio da determinação de elaboração do Programa de Gerenciamento de Risco (PGR) e da implementação do Programa de Controle Médico e Saúde Ocupacional (PCMSO), as empresas do setor de mineração ficam obrigadas a agirem de modo preventivo, garantindo, assim, a saúde e a segurança dos trabalhadores (Santos *et al.*, 2017). Além de exigir a elaboração desses dois programas (PGR e PCMSO), a NR 22 estabelece que as empresas devem fornecer equipamentos de proteção individual de uso obrigatório adequado ao risco, em perfeito estado, observando-se, no mínimo, o constante na NR 6 (Equipamento de Proteção

Individual), uma vez que dispor de EPIs adequados a atividade garimpeira é fundamental para amenizar eventuais riscos no ambiente de trabalho (Brasil, 2022a).

A atividade mineradora é propensa ao surgimento de riscos e doenças aos trabalhadores. Por isso, é necessário que empresas de mineração forneçam equipamentos de proteção individual para preservação da saúde de seus funcionários e cumpram as normas regulamentadoras estabelecidas pelo MTE. A NR 6 regulamenta a execução do trabalho com uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), estabelecendo a lista de equipamentos de uso obrigatório para trabalhadores e suas respectivas funções que está apresentada no Quadro 8.

Quadro 8 - Equipamentos de Proteção Individual estabelecidos na NR 6.

Parte a ser protegida	EPI
Cabeça	Capacete. Capuz ou balaclava.
Olhos e face	Óculos. Protetor facial. Máscara de solda.
Ouvido	Protetor auditivo.
Sistema respiratório	Respirador purificador de ar não motorizado. Respirador purificador de ar motorizado. Respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido. Respirador de adução de ar tipo máscara autônoma.
Tronco	Vestimentas.
Membros superiores	Luvras. Creme protetor. Manga. Braçadeira. Dedeira.
Membros inferiores	Calçado. Meia. Perneira. Calça.
Corpo inteiro	Macacão. Vestimenta de corpo inteiro.
Contra quedas com diferença de nível	Cinturão de segurança com dispositivo trava queda. Cinturão de segurança com dispositivo talabarte.

Fonte: Brasil, 2022a.

A atividade mineradora possui grande importância socioeconômica para o Seridó Oriental paraibano. As ações sobre os abundantes e complexos recursos geológicos naturais envolvem tecnologias variadas e fornecem diferentes minérios e produtos inorgânicos resultantes do processamento dessas fontes naturais. Ao mesmo tempo que se constituem como oportunidade para geração de emprego e de renda, a mineração se instaura um quadro prejudicial aos direitos humanos, pois provoca degradação ambiental e potenciais riscos para a saúde de trabalhadores e de comunidades. Outras questões também violam a segurança e o bem-estar de mineiros e da comunidade, como: a ausência e/ou o uso inadequado de equipamentos de proteção, o descumprimento de processos e normatizações e ilegalidade trabalhista. Esses problemas requerem ações individuais e coletivas que aperfeiçoem os processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida dos trabalhadores e da população local. Entre as ações para compreender e propor soluções que considerem demandas regionais e interfiram nessa dinâmica, está a educação escolar, na qual a Educação Química possui grande importância para uma educação cidadã.

2.2 Suscitando elementos para uma abordagem da Educação em Direitos Humanos na Química escolar a partir da temática mineração no contexto de Pedra Lavrada

Uma das marcas do município de Pedra Lavrada é a grande quantidade de ocorrências pré-históricas, especialmente o sítio arqueológico localizado atualmente no Complexo Arqueológico Cantagalo, onde fica a Pedra de Retumba. Esse bloco rochoso possui um monumento de grafismos (Itacoatiara), com mais de 300 figuras rupestres pictogravadas, e é uma referência para os moradores locais, para viajantes e pesquisadores. Atualmente, Pedra Lavrada possui 45 sítios arqueológicos, com várias tradições e datações distintas. Neles, existem pinturas elaboradas pelos nativos que datam de 8.000, 5.000 e 2.000 anos atrás, indicativo que há milhares de anos essa terra já era habitada. Além disso, são encontradas ferramentas líticas utilizadas pelos indígenas, provavelmente pelos Tarairiú.

Outra marca do município são seus sítios paleontológicos. Nesses locais são encontrados materiais fossilizados, como por exemplo, ossos da preguiça gigante e do mastodonte – animais que viveram na região, há pelo menos 30.000 anos.

A economia de Pedra Lavrada foi baseada, historicamente, na agricultura e pecuária. No passado, a cultura do algodão foi muito forte e marcou gerações. Atualmente, as práticas agrícolas são de base familiar, de subsistência, com cultivos e a pecuária bovina/caprina supridos com poços artesianos. Uma atividade econômica que vem se desenvolvendo mais recentemente é o turismo. Nessa direção, têm sido realizadas algumas ações como as práticas em turismo rupestre e ecoturismo, que envolvem a visita a pontos marcantes do município, como a Serra das Flechas, o Complexo Cantagalo, o rio Seridó, o centro histórico e os sítios espeleológicos (cavernas naturais e artificiais). Há também ações voltadas a uma das principais marcas do município e carro-chefe da atividade econômica: a mineração. Exemplos nessa direção são o turismo de aventura, conforme a “Trilha do Minério” e a “Festa do Minério”, que se incorporou às festividades tradicionais e se tornou um atrativo turístico do município, apesar de haver ainda certa discordância de sua efetividade quanto ação contributiva ao desenvolvimento da mineração local, por causa da ênfase dada a atividades de lazer e entretenimento, centradas em apresentações musicais.

A riqueza mineral de Pedra Lavrada a torna conhecida como “A Terra do Minério”, em consequência da grande variedade de rochas e minerais que compõem o seu subsolo. Da sua população de 7.954 habitantes (estimada para 2021), correspondendo a uma densidade demográfica de 21,3 hab/km² (IBGE, 2022), entre 40% e 50% da mão-de-obra está direta ou indiretamente ligada à exploração mineral (Ramos, 2017; Lima, 2013).

Alguns levantamentos mineralógicos, realizados antes da década de 1940, já apontavam para o Seridó como região de ocorrência para diversos minerais, como mica, prata, quartzo, turmalina, estanho, cobre, feldspato (Vasconcelos, 2006). No entanto, assim como ocorreu nos demais municípios, a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) impulsionou um rápido na atividade mineradora em Pedra Lavrada, com a abertura das primeiras jazidas (Vasconcelos, 2006). Conforme aconteceu em outros municípios do Seridó Oriental, vários minerais eram exportados para suprir as demandas internas dos Estados Unidos, destacando-se a produção de minerais utilizados para fins civis e militares: mica, tantalita-columbita e berilo. No entanto, a atividade mineradora teve mais importância no contexto internacional que nacional e praticamente se restringiu ao período de guerra, até ser “redescoberta” na década de 1980 (Vasconcelos, 2006). Elas ganharam ênfase nacionalmente por causa da produção de minerais industriais, como o feldspato, para as indústrias de cerâmica e vidro, levando à fixação de companhias de mineração e beneficiamento no município.

Pedra Lavrada se situa numa região privilegiada geograficamente: macrorregião do Cristalino, mesorregião da Borborema, microrregião do Seridó Oriental (Assis; Barbosa; Mota, 2011). Geologicamente, o município integra um dos arcabouços mineralógicos mais diversificados e importantes do Brasil, pois faz parte de uma província mineral, a Província Pegmatítica da Borborema, uma região de ocorrência de corpos “pegmatíticos”, que inclui rochas de granulometria muito grosseira, tendo uma parte constituída pelo granito gráfico, que corresponde ao intercrescimento geométrico cuneiforme epitaxial entre quartzo e feldspato.

As reservas da estrutura geológica de Pedra Lavrada, com predomínio do embasamento cristalino, com a ocorrência de corpos pegmatíticos contendo diversas rochas usadas para fins ornamentais, gemas e minerais industriais, incluindo alguns classificados como de elementos raros, enriquecidos principalmente em Berílio, Nióbio, Tântalo e Lítio. Seus depósitos minerais levaram à confirmação de jazidas e implantação de minas, que extraem principalmente: sienito, um mineral alcalino, rico em feldspato alcalino ou álcali-feldspatos (> 65%), com composição predominante de feldspatos potássicos ($KAlSi_3O_8$) e da albita ($NaAlSi_3O_8$); quartzo (róseo e branco), calcário e mica (Dantas, 2017). Também são extraídos tantalita, columbita, scheelita, berílio, caulim, calcedônia, albita-prego, granitos, urânio entre outros, e de gemas, como a turmalina elbaíta (Vasconcelos, 2006; Dantas, 2017). Entre esses minerais destacam-se feldspatos, que representam 82% quanto à produção em toneladas e 54% quanto ao valor da produção, micas (representando 73% do valor nacional), argilas, quartzos e calcário. Eles são componentes básicos nas indústrias de cerâmica, vidro, tintas, esmalte, porcelanas, elétrica, eletrônica, isolante térmicos, eletrodos, borracha, plásticos, cosméticos (Lima, 2013). Apesar

de muitas minas se encontram inativas, há muitas outras distribuídas ao longo de todo território, inclusive, há nas cercanias do centro urbano, segundo mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Localização de minas próxima à zona urbana de Pedra Lavrada.



Fonte: Google Earth (2024).

Existe, atualmente, grande preocupação quanto ao levantamento das reservas minerais existentes no município. Alguns dizem que determinadas jazidas se esgotaram, mas, dados preliminares indicam que os depósitos minerais foram subestimados demasiadamente (Carneiro, 2020). Porém, apesar de levantamentos serem feitos, ainda não se é dado o devido incentivo à produção mineral local, por parte do poder público. Por exemplo, levantamentos da associação dos garimpeiros de Pedra Lavrada asseguram que se investimento um maciço fosse realizado, de maneira correta e responsável, o comércio mineral faria circular no município entre três e quatro milhões de dólares mensalmente (Assis; Barbosa; Mota, 2011). Em meio a essas questões, a economia de Pedra Lavrada se direciona cada vez mais ao extrativismo mineral e as riquezas do seu subsolo.

Os depósitos minerais de Pedra Lavrada têm sido explorados por empresas de diferentes portes e cooperativas responsáveis por sua extração ou beneficiamento (Seidel; Lima e Silva, 2023). Em que pese a existência de poucas empresas que utilizam tecnologia com maquinários, a extração ocorre principalmente por meio de atividade garimpeira. Em sua maioria, os métodos

de exploração e lavra adotados são empíricos, predatórios e ausentes de orientação técnica da engenharia de minas, utilizando-se técnicas primitivas e rudimentares (Vasconcelos, 2006).

O processo de lavra se dá, em geral, a céu aberto ou subterrâneas (próximas à superfície), normalmente confinadas a pequenas aberturas como acessos para trabalhos subterrâneos (Melo, 2011). As principais etapas dessas atividades são: decapeamento do terreno e retirada da vegetação para a construção de estradas e abertura das lavras; perfuração dos blocos rochosos e posterior desmonte de rochas com uso de explosivos; e seleção, lapidação e transporte dos minerais a serem comercializados. Normalmente, inicia-se com a perfuração com um martelo pneumático, seguido do carregamento dos furos com material explosivo (Ramos, 2017). Após esta etapa, são realizados os processos de detonação, produzindo a fragmentação dos corpos rochosos para posterior seleção e transporte dos minerais para serem comercializados, especialmente quartzo, feldspato, mica e albita.

São usados métodos e equipamentos rudimentares, com pouca mecanização. Os instrumentos e ferramentas utilizadas para seleção e lapidação dos minerais, que exigem um enorme esforço físico dos trabalhadores (Figura 7). Nesse processo, usualmente, são utilizados: a) enxadas e “ganchos”, para selecionar os minerais fragmentados com as detonações; b) marretas, ponteiros e “martelos”, para perfuração, fragmentação e desbaste dos minerais; c) carroça (carro-de-mão), para transporte dos minerais lapidados até uma “área de depósito”; d) pás e “garfos” para colocar, via lançamento, os minerais dentro dos “caçambões” e caminhões que transportam os minerais comercializados (Ramos, 2017). É raro encontrar uma frente de trabalho que não siga essa lógica explícita, mas acontece, como é o caso da exploração do sienito e do granito, ambas totalmente mecanizadas, desde a remoção até o pré-beneficiamento.

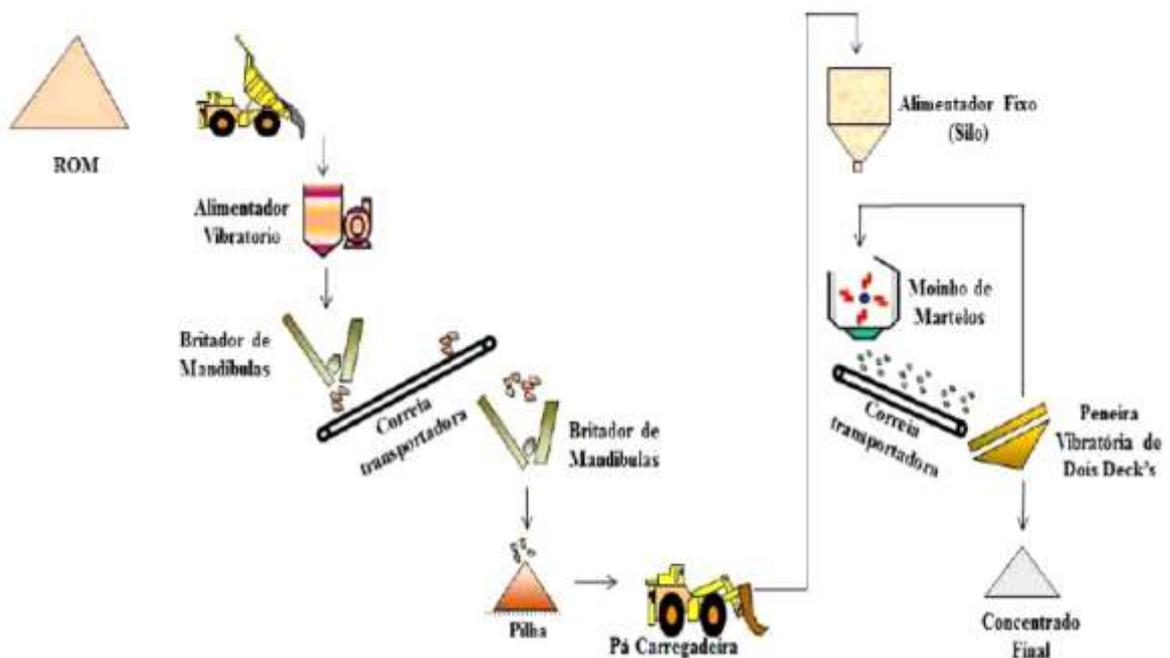
Figura 7 - Garimpeiros em processo de lavra, com quebra e seleção dos minerais sem EPI adequados e utilizando ferramentas rudimentares.



Fonte: Souza; Cobel; Silva, 2019.

Grande parte das minas existentes em Pedra Lavrada são pequenas e se dedicam à lavra de feldspato, realizada por garimpeiros. Esse tipo de situação, por exemplo, no pegmatito Alto Serra Branca, que fornece material para a Cooperativa de Pequenos Mineradores de Pedra Lavrada (COOMIPEL). A COOMIPEL possui uma unidade de beneficiamento de minerais pegmatitos, em particular do feldspato (Dantas, 2017). Ele se inicia com as etapas de britagem primária e secundária, posteriormente o material britado vai para pilha e segue para o moinho de martelos, até formar a pilha com granulometria $\leq 1,68$ mm (Figura 8). Essa é a granulometria indica para comercialização, atendendo potenciais clientes, principalmente as indústrias de vidro e de cerâmica, que demandam especificações físicas e químicas e certo grau de uniformidade no suprimento do produto (Silva, 2019).

Figura 8 - Beneficiamento do feldspato potássico na COOMIPEL, em Pedra Lavrada.



a) Fluxograma do circuito



b) Britador de mandíbulas primário e secundário



c) Moinho de martelos e peneira.

Fonte: Silva (2019).

O processo de beneficiamento é realizado distante dos garimpos. Na maioria dos casos, as empresas se localizam no entorno da malha urbana dos municípios. No entanto, a transformação da matéria-prima mineral em bens de consumo é toda realizada em outros polos industriais, integrantes dos setores de cerâmica, vidro, papel, tinta, borracha, isolantes, além de outros de menor expressão no consumo. Desse modo, a comercialização da produção local ocorre em várias regiões do País e até internacionalmente, gerando um importante fluxo de carga na malha rodoviária para escoamento da produção, transportada por rodovia.

As necessidades da atividade produção mineral resultaram em algumas implicações no sistema rodoviário do município. Por um lado, houve ganhos para a população pedra-lavradense com a pavimentação de ruas e a interligação com os municípios de Picuí e Soledade, que já estava ligada à malha rodoviária da BR-230 (Vasconcelos, 2006). Por outro lado, o aumento da circulação de transportes de grande porte para escoamento da produção das minas e garimpos, como treminhões e carretas, intensificou o tráfego urbano, alterando toda a rotina da pacata cidade, gerando transtornos no trânsito e causando problemas estruturais às edificações, prediais e viárias. Portanto, apesar de a mineração vir se consolidando como uma atividade econômica contributiva para a geração de emprego e renda, e propiciar a arrecadação de tributos, ela também tem causado impactos sociais desfavoráveis.

Outros problemas sociais que têm permeado atividade mineradora se referem ao fato de a sua dinâmica, historicamente, envolver muita informalidade e outras relações de trabalho conflitantes. A carência de postos de emprego no município e na região, aliada à impossibilitados de desenvolver a agricultura de base familiar ao longo de todo ano, pelas condições naturais do semiárido paraibano, criou os “agromineradores”. Trata-se de pequenos agricultores, quase que exclusivamente homens, que se veem obrigados a trabalhar na extração de minerais (principalmente quartzo, feldspato e mica), em geral, ao menos por seis meses ao ano. Isso facilita o recrutamento de mão de obra no local e em suas proximidades. Como resultado, a mineração no município não apresenta carência de pessoal.

As empresas de extração nem sempre são legalizadas junto aos órgãos competentes. Elas fornecem aos garimpeiros as jazidas, os equipamentos de perfuração e os explosivos para o desmonte. Por causa desse fornecimento, a produção dos garimpeiros acaba ficando no controle dessas empresas, que recebem os minerais por um preço inferior ao praticado no mercado. Na prática, são os garimpeiros quem estabelecem e ditam os horários de trabalhos e os métodos de lavra aplicados, apesar de, em alguns casos, ocorrerem intervenções por meios dos técnicos das empresas. Porém, em geral, os trabalhadores são treinados de forma empírica pelos mais experientes, nas próprias banquetas. Quando as jazidas não estão localizadas nos

domínios territoriais das empresas que adquirem os minerais, os garimpeiros pagam, ao proprietário da jazida, uma porcentagem de 10% do valor bruto de tudo que foi comercializado. Nessa sina, independentemente para quem minerem, alguns precisam, por exemplo, martelar e quebrar 10 (dez) toneladas de blocos de quartzo, por semana, “deixar o mineral branco, de doer os olhos”, para conseguir ganhar um salário-mínimo e meio por mês; enquanto isso, um "azulejo de 500 anos de garantia" é vendido na Espanha a uns R\$ 400,00 (quatrocentos reais) o metro quadrado (Estadão, 2007).

Os garimpeiros também são afetados por outras relações de trabalho inadequadas ou impróprias. Eles mineram por mais de 8 (oito) horas de trabalho diário, sem vínculo empregatício e, portanto, alijados de outros benefícios legais como carteira assinada, transporte alimentação, assistência médica, cobertura previdenciária e equipamentos de proteção individual (EPI). Consequentemente, muitos cidadãos pedra-lavradenses acabam se submetendo a um trabalho que, em muitos casos, é realizado de forma clandestina, sem conhecimentos nem condições de segurança necessários, dentro de uma informalidade que ocasiona altos índices de acidentes e doenças ocupacionais, como silicoses, capazes de resultarem em óbitos.

Um conjunto de inter-relações dos impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada é listado no Quadro 9. Elas são bastante conhecidas pela comunidade local e destacadas na literatura, como nos trabalhos de Assis, Barbosa e Mota (2011), Silva (2013) e Silva, Silva e Almeida (2008).

Quadro 9 - Conjunto de inter-relações dos impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada.

Aspecto	Características
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Mineração rudimentar e predatória • Principal fonte de trabalho e renda local. • Inexistência de garantia de direitos trabalhistas para os mineradores/garimpeiros (carteira assinada, plano de saúde, etc.). • Promoção de poluição sonora, por meio dos estrondos provocados pelas detonações, que vêm comprometendo o sossego da população local. • Geração de riscos à saúde do minerador/garimpeiro e das comunidades, em virtude da geração de poluentes (poeira, gases, sílica, etc.), inclusive com registros de casos de morte por silicose. • Negligência de fiscalização pelos órgãos competentes quanto ao fornecimento e uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) aos trabalhadores. • Depreciação de imóveis, pela proximidade das minas, implicando que parte da população seja impactada por problemas/prejuízos financeiros, pois as vibrações e abalos sísmicos causados pela detonação dos explosivos vêm atingindo casas e edificações próximas as zonas de lavra, causando rupturas e rachaduras das estruturas. • Produção de transtornos ao tráfego urbano, que alterou toda a rotina de cidade pequena, pelo aumento da circulação de transportes de grande porte, como treminhão e carretas.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuição para um acelerado processo de degradação ambiental, com diminuição espacial da Caatinga, devido às práticas antrópicas deteriorantes.

	<ul style="list-style-type: none"> • Favorecimento da redução da biodiversidade e dos habitats naturais da fauna local, em virtude da retirada da vegetação. • Fomento à perda solo superficial e aumento do processo de erosão. • Contribuição para a produção de ruídos e abalos sísmicos, que causam poluição sonora e causam rupturas nas edificações próximas a mineradora. • Ultra lançamentos de fragmentos de rochas e de poluentes (gases e poeira). • Aumento da disposição/depósito inadequado de resíduos (rejeito/estéril) minerais. • Degradação da flora. • Alteração da paisagem. • Existência de uma situação que ainda permite a adoção de medidas de prevenção, mitigação e/ou compensação dos impactos socioambientais, por meio de técnicas/práticas que resultem em um adequado armazenamento do material, na redução dos rejeitos e no reaproveitamento de resíduos minerais, tais como: <ul style="list-style-type: none"> – uso de rejeito/estéril, para aterrar áreas já mineradas; – recuperação de áreas degradadas; – cuidados especiais na fase da lavra, para evitar o lançamento ou carregamento (via enxurradas) os resíduos (rejeito/estéril) minerais resíduos (rejeito/estéril) minerais no sistema de drenagem; – orientação da frente de lavra e controle da detonação, para minimizar ruídos e vibrações advindos da detonação de explosivos; – descontinuidade física no maciço rochoso, para suavizar os impactos causados pela detonação; – construção de barragens, para contenção dos resíduos minerais controle contra a poluição de cursos de água; – Aproveitamento, ao máximo, dos obstáculos naturais (corredores de vegetação nativa) ou criação de barreiras artificiais, colocando o estoque de material beneficiado ou a ser tratado entre as instalações e as zonas a proteger.
--	---

Fonte: elaboração própria (2023).

Os impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada têm uma inter-relação com os meios físico e biótico, que vão além das proximidades das zonas de lavra. A retirada da vegetação vem gerando impactos significativos no meio físico (água, ar e solo). A perfuração das rochas, o carregamento dos furos com explosivos e suas detonações têm gerado: i) a emissão de gases e poeira, que poluem o ar e a vegetação do entorno; ii) poluição sonora através de vibrações ou ruídos; iii) erosões profundas; iv) alterações paisagísticas; v) fuga de animais (Lima, 2013).

O conjunto de descrições relacionado à mineração em Pedra Lavrada envolve condições ligadas a aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais, e fazem parte do cotidiano dos estudantes da escola. Essas condições propiciam ou podem propiciar a violação dos direitos humanos, em decorrência de desregulações trabalhistas, acidentes, degradações, desastres e/ou adoecimentos. Tais características abrem um amplo espectro de oportunidades para ações pedagógicas para o ensino das Funções Inorgânicas a partir desse tema de relevância social, mediante uma perspectiva de ensino humanizado, que relaciona o desenvolvimento de competências e habilidades ao letramento científico e tecnológico, a partir de um paradigma humano articulado a cidadania.

Zluhan e Raitz (2014) reforçam que, no Brasil, muitas pessoas não atingiram o patamar da cidadania. São pessoas que convivem diariamente com violações de seus direitos, como o analfabetismo, má distribuição de propriedades de terra, desordens sociais e com o desrespeito aos princípios básicos da humanidade e, como entre tantos outros, com as violações aos direitos humanos causados pela atividade mineradora. Por isso, esse e outros autores com esse tipo de compreensão, conforme Oliveira e Queiroz (2016), consideram que apenas a compreensão do conteúdo científico inserido no contexto social, econômico, cultural e tecnológico não se torna capaz de garantir a formação da cidadania por meio da educação.

Segundo Oliveira e Queiroz (2016, p. 79), esse caminho pode “[...] fornecer uma base ética para que, ao compreender os conteúdos de Ciência em seu contexto social, econômico e cultural, o estudante consiga posicionar-se como cidadão”. Os autores também destacam que um aspecto fundamental para a formação cidadã é a capacidade de olhar para os subalternizados, tentando compreender as problemáticas a partir dos seus pontos de vista, pois na presença de assimetrias de poder existe a ausência de diálogo, eixo estruturante da cidadania, afirmando ser:

[...] necessário ir além de discutir o conteúdo de ciências a partir de uma relação entre aspectos sociais, científicos e tecnológicos, mas fazer com que esse conteúdo, relacionado com aspectos sociais, econômicos, tecnológicos, permita e possibilite empoderar os grupos minorizados, encare os direitos como adquiridos e não como “garantias do estado”, desenvolva uma capacidade argumentativa nos estudantes para essa luta por direitos, estimule uma percepção das possibilidades de transformação no mundo e, por fim, resgate a memória das violações de Direitos Humanos para que elas não voltem a acontecer (Oliveira; Queiroz, 2016, p. 95).

EDH ainda é um tema pouco explorado no contexto escolar-acadêmico do ensino de Química (Santos, Mata e Messeder, 2022). Por isso, antes de direcionarmos o olhar à sua relação com o contexto da atividade mineradora, abordaremos um pouco sobre sua recente trajetória no cenário brasileiro.

A EDH, no Brasil, fortaleceu-se como política de Estado a partir da Constituição de 1988 (Adorno, 2010; Carbonari, 2019). Ela se consolidou, mais, com a construção dos três Planos Nacionais em Direitos Humanos (PNDH) e do Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos - PNEDH (Brasil, 2018; Candau *et al.*, 2013).

O Conselho Nacional de Educação aprovou, em 2012, as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos (Brasil, 2012). Em seu artigo 4º, essas Diretrizes reforçam que a Educação em Direitos Humanos possui como base a afirmação de valores, atitudes e práticas sociais que expressem a cultura dos direitos humanos em todos os espaços da sociedade e a formação de uma consciência cidadã capaz de se fazer presente nos níveis cognitivo, social,

cultural e político. Em 2015, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos profissionais do Magistério da Educação Básica reafirmaram o compromisso dos professores da Educação Básica e Superior com a EDH, considerando-a como uma “[...] necessidade estratégica na formação dos profissionais do magistério e na ação educativa em consonância com as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos” (Brasil, 2015, p. 2).

A EDH é um tema complexo, com uma diversidade de significados e enfoques assumidos por diferentes perspectivas (Candau *et al.*, 2013). No entanto, em diferentes concepções, é possível constatar a compreensão da EDH como um processo que articula três dimensões: a) *conhecimentos e habilidades*: no sentido de compreender os direitos humanos e os mecanismos existentes para a sua proteção, assim como incentivar o exercício de habilidades na vida cotidiana; b) *valores, atitudes e comportamentos*: voltando-se ao desenvolvimento de valores e fortalecimento de atitudes e comportamentos que respeitem os direitos humanos; e c) *ações*: buscando desencadear atividades para a promoção, defesa e reparação das violações aos direitos humanos (Brasil, 2018).

Candau e Sacavino conferem um tipo de tratamento articulador entre direitos humanos e educação em direitos humanos. A partir das concepções dessas autoras, percebe-se um arcabouço teórico para a compreensão de que o direito à exploração mineralógica das reservas naturais da região seja estruturante para a garantia e manutenção de diversos outros direitos fundamentais. Para formulação desse entendimento, é necessário considerar os 4 (quatro) pilares da Educação em Direitos Humanos como referência:

[...] a visão integral dos direitos; uma educação para o ‘nunca mais’; o desenvolvimento de processos orientados à formação de sujeitos de direito e atores sociais; e a promoção do empoderamento individual e coletivo, especialmente dos grupos sociais marginalizados ou discriminados (Candau, 2005, p. 7-8).

Sendo um dos pilares para uma EDH na perspectiva de Candau e Sacavino, a visão integral dos direitos não se restringe apenas aos direitos individuais, civis e políticos dos sujeitos. Conforme reforçam Natalino *et al.* (2009), ela também diz respeito à compreensão e a luta pelos direitos sociais, econômicos e culturais. É preciso considerar que os sujeitos estão imersos nas suas culturas e círculos sociais.

Essa perspectiva entende e parte da acepção ampla de cultura, ou seja, de caráter antropológico, como processo contínuo de (re)criação coletiva, com sentidos sendo constantemente atribuídos, de interpretações por meio do que se vivencia no cotidiano (Candau *et al.*, 2013). Assim, a cultura não é considerar como mera erudição ou letramento, mas:

A cultura é um fenômeno plural e multiforme, configura profundamente nosso modo de ser e de situar-nos no mundo, bem como a maneira como cada grupo humano organiza a vida; manifesta-se nos gestos mais simples da vida cotidiana, configura mentalidades, imaginários e subjetividades. (Candau *et al.*, 2013, p. 36).

Diante disso, é nesse cenário que se defende a importância da educação. Acredita-se que ela pode contribuir para a estruturação de novas perspectivas e leituras do mundo, além de possibilitar a compreensão dos sujeitos alheios da nossa realidade e identidade de vida-mundo na sociedade. A respeito do desenvolvimento de uma cultura permeada pelos direitos humanos, os autores afirmam que ela

[...] pressupõe uma formação que vai além da sensibilização e da informação. Exige o desenvolvimento de processos formativos que permitam mudanças de mentalidades, valores, comportamentos e atitudes dos diferentes sujeitos que deles participam (Candau *et al.*, 2013, p. 36).

Desse modo, não é suficiente, ainda que necessário, informar sobre a existência e importância dos direitos humanos. Faz-se necessário compreender os processos de criação, manutenção e luta para que tais direitos se façam presentes no cotidiano de todas as pessoas. Por meio da cultura, comentam Candau *et al.* (2013), fortalece-se a compreensão da importância das relações entre saberes e conhecimentos de diversificados povos, inseridos em diferentes culturas, além de legitimar e reconhecer os saberes de grupos sociais marginalizados, negados ou subalternizados ao longo da história, de onde emerge um dos pressupostos da EDH, o reconhecimento do outro como sujeito de direito.

O segundo pilar toma como referência o compromisso com a Educação para o “nunca mais”. Candau e colaboradores (2013) afirmam que a promoção e criação de uma cultura fundamentada pelos direitos que contribua para a afirmação da cidadania e dos processos democráticos, é, desde sua origem, em meados da década de 1980, um importante aspecto da Educação em Direitos Humanos. A busca pela manutenção dos processos democráticos também diz respeito a manter viva a história, incluindo suas conjunturas mais sombrias (como escravidões, ditaduras, colonizações, etc., muito presentes na história latino-americana), contrapondo-se à omissão e impunidade destes eventos (Dallari, 2004; Ferreira, 2007; Bittar, 2007). Buscando compreender os fatores que originaram e/ou compunham tais cenários, espera-se uma mobilização de cidadãos, que devem assumir o compromisso com a defesa da democracia e estarem dispostos a não permitir a repetição de tais erros. Esse aspecto se manifesta no PNDH-III, na sua diretriz 23 do eixo orientador VI: “Reconhecimento da memória e da verdade como Direito Humano da cidadania e dever do Estado” (Brasil, 2010). Nesse sentido, é necessário uma contínua tarefa exaustiva, como comentam Bedin e Tosi (2018):

Os Direitos Humanos somente prosperam em um ambiente democrático. Não há democracia sem Direitos Humanos e não há Direitos Humanos sem democracia. Defender a democracia significa defender a vontade da maioria, mas também os direitos das minorias: sem isso a democracia se torna uma tirania da maioria sobre a minoria. [...] Democracia é administração dos conflitos sem recorrer à violência, ou recorrendo à violência legítima do Estado, exercida nos limites da lei (Bedin; Tosi, 2018, p. 299).

As lutas por poder acabaram rompendo as barreiras dos campos econômicos e políticos, e passaram a se expressar mais acentuadamente em outros lócus, tais como o cultural (Candau *et al.*, 2013). Tal posicionamento está em concordância com as ideias apresentadas e defendidas por Carbonari (2007a, p. 6):

Por isso insistimos em dizer que direitos humanos são uma noção complexa e que guarda várias facetas e interfaces que articulam diversas dimensões (jurídica, éticomoral, política e cultural, entre outras), que são complementares entre si e tornam a luta pela efetivação histórica dos direitos humanos um permanente processo de construção.

O terceiro pilar para uma EDH, na perspectiva de Candau e Sacavino (2013), se baseia no desenvolvimento de processos orientados à formação de sujeitos de direitos e atores sociais, nas quais destacam-se, respectivamente, a dimensão individual e a dimensão coletiva. Essa base se relaciona à formação de sujeitos de direitos, capazes de articular a dimensão político-social à ética e a ações sociais comprometidas com a ascensão da democracia, assim como defender e expandir o direito da igualdade de todos, sem deixar de respeitar o direito às diferenças (Candau, 2012).

Carbonari (2007b) afirma que para compreender o “ser sujeito de direito” demanda um entendimento que não ocupa o campo da cientificidade. Esse tipo de compreensão requer senso crítico, a partir de um ponto de vista histórico. Ao analisar tal aspecto, Carbonari (2007b, p.177) afirma que “Os direitos, assim como o sujeito de direitos, não nascem desde fora da relação; nascem do âmago do ser com os outros. Nascem do chão duro das interações conflituosas que marcam a convivência”.

O quarto pilar para uma EDH, na perspectiva de Candau e Sacavino, trata da promoção do empoderamento individual e coletivo, especialmente dos grupos sociais marginalizados ou discriminados. Conforme indicam Candau *et al.* (2013):

[...] os Direitos Humanos são vistos como mediações para a construção de um projeto de sociedade: igualitário, sustentável e plural. Enfatiza uma cidadania ativa, participativa e coletiva sem deixar de considerar os direitos individuais, favorece a organização da sociedade civil, privilegia os atores sociais comprometidos com a transformação social e promove o empoderamento dos grupos sociais e culturais marginalizados e discriminados (Candau *et al.*, 2013, p. 63).

Tal aspecto destaca a importância de se promover a emancipação dos indivíduos envolvidos no processo educativo, em especial aqueles historicamente desfavorecidos e que

ainda sofrem opressões e discriminações em diferentes esferas da vida cotidiana (Candau *et al.*, 2013). Portanto, é necessário, no cenário atual, uma força tarefa para abrandar as consequências das consecutivas violações cotidianas. Não é simples, mas cria a sensação de estarmos constantemente defendendo o óbvio, e embora essas constatações sejam triviais, despendem inúmeras ações do nosso campo de atuação. Defender o óbvio, as subjetividades dos sujeitos e prepará-los para que eles sejam quem são, caminha ao lado da preservação dos direitos humanos, reafirmando exaustivamente o compromisso com a dignidade humana. Desse modo, a EDH deve assumir o compromisso com o empoderamento desses grupos, tanto em sua dimensão pessoal como coletiva.

O respeito ao diferente e a compreensão do seu papel social também são importantes na estruturação da cidadania. Ao reconhecer-se, e reconhecer no outro, o diferente, a possibilidade de ação no contexto social, assume-se concomitantemente o papel de ser cidadão capaz de alterar o contexto social e político em que se encontra.

O centro desse enfoque pedagógico é relacionar o crescimento individual à dinâmica social e à vida pública, desenvolvendo habilidades, conhecimentos e atitudes de questionamento crítico em relação às injustiças e desigualdades, às relações de poder, às discriminações e à mudança social (Candau *et al.*, 2013, p. 38-39).

Tal pedagogia, a do empoderamento, fortalecerá as capacidades dos atores – individual e coletivamente – em níveis local e global, nacional e internacional, público e privado, para que sua afirmação e tomada de decisões, enquanto sujeito, seja dada em sentido pleno, que para Candau e Sacavino (2013), é um processo intransferível.

As dimensões relacionadas a esses pilares estão fortemente entrelaçadas e impassíveis de dissociação, e a escola não é imune a essa realidade e, para tanto, os professores assumem um papel fundamental. Candau *et al.* (2013) propõem um modelo de atuação docente, defendendo que o professor assuma o papel de agente sociocultural e político - ASCP. Apoiando-se em Giroux e McLaren (1994), Candau *et al.* (2013) elencam aspectos referentes ao professor como ASCP, tais como: a adoção de uma ótica contra-hegemônica e capaz de articular reflexões e ações sobre e na realidade, visando modificações de mentalidade. Segundo Candau *et al.* (2013), para ser agente sociocultural e político, o professor deve, em um primeiro momento, propiciar uma sensibilização no olhar para ser capaz de perceber as variadas violações que ocorrem cotidianamente, assim como ser capaz de se posicionar diante de tais violações. Diante desse contexto, para o planejamento da Sequência Didática Investigativa, adotaremos o modelo de professor como agente sociocultural e político, que servirá de base para o planejamento e desenvolvimento das atividades propostas.

Considerando o primeiro artigo da Declaração Universal dos Direitos Humanos, que caracteriza “todos os seres humanos nascem livres e iguais em dignidade e direitos”, pode-se afirmar que todas as pessoas são sujeitos de direito. Entretanto, segundo destacam Candau *et al.* (2013), essa afirmação não é suficiente em contextos como o nosso, semelhante a tantos outros na América latina, em que as sociedades foram erguidas e estruturadas a partir de processos de exclusão do outro, do diferente, sobretudo dos negros, pobres, indígenas, frequentemente considerados inferiores e/ou descartáveis.

Os direitos são associados frequentemente às classes ricas e dominantes, no âmbito do senso comum; aos pobres, aos diferentes, resta apenas a troca de favores e as concessões realizadas pelos governantes de turno ou por pessoas poderosas (Candau *et al.*, 2013). Tais marcas de coronelismo e apadrinhamento, que insistem em se fazer presente na sociedade brasileira, turvam a compreensão de muitos sob sua condição de sujeito de direito, a tal ponto que agradecemos o mínimo que nos é dado.

A fim de desconstruir a mentalidade associada ao direito visto como um favor e fortalecer nossa (auto)consciência de que somos sujeitos de direitos, pelo simples fato de sermos humanos, Candau *et al.* (2013), propõem que os processos educativos que se lancem em direção à tal desconstrução de mentalidade torta, flua em quatro movimentos: i) saber/conhecer os direitos; ii) desenvolver uma autoestima positiva; iii) desenvolver uma capacidade argumentativa e iv) promover uma cidadania ativa e participante. Assim, é necessário pensar sobre as possibilidades que cada área educacional pode contribuir para a defesa dos direitos humanos, assim como para o fortalecimento do caráter cidadão dos envolvidos no processo. Nesse cenário, o ensino de Química pode trazer importantes contribuições a esse respeito.

2.3 Conclusões

Sob essas considerações e os demais aspectos abordados neste capítulo, verificamos que a temática mineração no Seridó Oriental paraibano pode possibilitar um valioso caminho para organizar propostas didáticas no ensino de Química escolar. Considerando os aspectos científicos, tecnológicos, sociais e ambientais reconhecidos a partir do mapeamento realizado, diversos conteúdos químicos podem ser explorados, como as Funções Inorgânicas, já que a composição, a ocorrência, o beneficiamento e as aplicações de diversos minerais pode ser associada a essas funções.

A atividade mineral sobre os recursos naturais estabelece um conjunto de relações entre esses compostos inorgânicos e aspectos CTS(A) e de EDH, de tal modo que se vislumbra sua grande potencialidade para o letramento científico dentro de contextos regionais. Isso pode favorecer a abordagem do caráter humano no ensino-aprendizagem de conteúdos químicos, auxiliando os educadores na promoção de uma educação mais contextualizada, crítica e voltada para a formação de cidadãos conscientes, responsáveis e comprometidos com a construção de uma sociedade mais justa e sustentável.

Referências

ADORNO, Sérgio. História e desventura: o 3º programa nacional de direitos humanos. **Revista Novos Estudos Cebrap**, São Paulo, n. 86, v. 29, p. 5-20, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/nec/a/NGm7p9TXM6QdrJFx45zg5zk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 07 de março de 2023.

ARAÚJO, Mário Henrique Medeiros Cavalcante de; FONSECA, Davi Kennedy Oliveira da. Projeto de incentivo à reutilização de rejeitos minerais para a geração de renda para garimpeiros na região do Seridó Oriental. **Revista Práxis: saberes da extensão**, v. 5, n. 10, p. 98-111, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ifpb.edu.br/index.php/praxis/article/viewFile/1596/754>. Acesso em: 07 fev. 2023.

ASSIS, Heline Fernanda Silva de; BARBOSA, José Aécio Alves; MOTA, Tércio de Sousa. Avaliação dos impactos ambientais provocados pela atividade mineradora no município de Pedra Lavrada-PB. **Revista Âmbito Jurídico**, v.1, n.1, julho/2011. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/avaliacao-dos-impactos-ambientais-provocados-pela-atividade-mineradora-no-municipio-de-pedra-lavrada-pb/>. Acesso em: 25 de julho de 2022.

BARRETO, Maria Laura. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001.

BEDIN, Gilmar Antonio; TOSI, Giuseppe. Direitos Humanos: uma conquista civilizatória. **Revista Direitos Humanos e Democracia**, v. 6, n. 12, p. 297-301, 2018. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/direitoshumanosedemocracia/article/view/8408>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

BEZERRA, Marcelo Soares. **Plano de Desenvolvimento Preliminar - PDP: Arranjo Produtivo Local de minerais de pegmatito do Rio Grande do Norte e Paraíba**. CCT, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/observatorioapl/biblioteca-apl/planos-de-desenvolvimento-dos-apls/pdp-mineral-de-pegmatito-de-rio-grande-do-norte-e-paraiba.pdf>. Acesso em: 19 de out. 2022.

BITTAR, Eduardo Carlos Bianca. Educação e metodologia para os direitos humanos: cultura democrática, autonomia e ensino jurídico. *In*: SILVEIRA, Rosa Maria Godoy; DIAS,

Adelaide Alves.; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; FEITOSA, Maria Luiza Pereira de Alencar Mayer; ZENAIDE, Maria de Nazaré Tavares. (Org.). **Educação em Direitos Humanos: fundamentos teórico-metodológicos**. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2007, p.313-334. Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2014/07/merged.compressed.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2022.

BORGES, Rita de Cássia Canedo Oliveira; BARROS JÚNIOR, José Cerqueira; OLIVEIRA, Fabricio Borges; BRUNHEROTTI, Marisa Andrade; QUEMELO, Paulo Roberto Veiga. Avaliação da função pulmonar e sintomas respiratórios em trabalhadores da mineração de pirocloro. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 42, p. 279-285, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/m5W3YF98zKr7xrzLPcjZn8H/?lang=pt>. Acesso em: 21 de abr. de 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06 – Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022a. Disponível em: https://www.normaslegais.com.br/legislacao/portariamp2175_2022.htm. Acesso em: 29 de març. de 2023.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022b. Disponível em: <https://in.gov.br/web/dou/-/aviso-de-consulta-publica-n-5/2021-361050028>. Acesso em: 29 de março de 2023.

BRASIL. **Plano Nacional de Educação em Direitos Humanos** - Comitê Nacional de Educação em Direitos Humanos. Secretaria Especial dos Direitos Humanos, Ministério dos Direitos Humanos, Brasília: SEDH, 2018.

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República. **Programa Nacional de Direitos Humanos (PNDH-3)** / Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República - rev. e atual. Brasília: SDH/PR, 2010.

BRASIL. **Resolução CNE/MEC nº 2 de 1º de julho de 2015**. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação inicial em nível superior (cursos de licenciatura, cursos de formação pedagógica para graduados e cursos de segunda licenciatura) e para a formação continuada. MEC/ CNE: Brasília – DF, 2015.

BRASIL. **Resolução CNE/MEC nº 1 de 30 de maio de 2012**. Institui as Diretrizes Nacionais para a Educação em Direitos Humanos. MEC/CNE: Brasília – DF, 2012.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Anuário Brasileiro Mineral**. Ministério de Minas e Energia - Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM/DIDEM, 2010.

CANDAU, Vera Maria Ferrão; PAULO, Iliana; ANDRADE, Marcelo.; LUCINDA, Maria da Consolação; SACAIVINO, Susana; AMORIM, Viviane. **Educação em Direitos Humanos e formação de professores (as)**. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2013.

CANDAU, Vera Maria Ferrão. **Educação em Direitos Humanos: principais desafios**. Rio de Janeiro: 2005.

CANDAU, Vera Maria Ferrão. Direito à educação, diversidade e educação em direitos humanos. **Educação & Sociedade**, v. 33, p. 715-726, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/es/a/phjDZW7SVBf3FnfNL4mJywL/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 2 março. 2023.

CANDAU, Vera Maria Ferrão; SACAVINO, Susana Beatriz. Educação em direitos humanos e formação de educadores. **Educação**, v. 36, n. 1, p.59-66, jan./abr. 2013. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/faced/article/view/12319/8741>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

CARBONARI, Paulo César. Os sentidos dos direitos humanos: reflexões nos 70 anos da DUDH. **Revista Interdisciplinar de Direitos Humanos**, v. 7, n.1, 2019. Disponível em: <https://www3.faac.unesp.br/ridh/index.php/ridh/article/view/658/279>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

CARBONARI, Paulo César. A construção dos Direitos Humanos: Uma breve leitura histórica de elementos para a compreensão da institucionalização dos direitos humanos no Brasil. **Rev. Eletrônica Portas**, n. 0, p. 5-14, 2007a. Disponível em: http://www.dhnet.org.br/direitos/militantes/carbonari/carbonari_construcao_dh_leitura_hist.pdf. Acesso em: 12 de maio de 2022.

CARBONARI, Paulo César. Sujeito de direitos humanos: questões abertas e em construção. *In*: SILVEIRA, Rosa Maria Godoy; DIAS, Adelaide Alves.; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; FEITOSA, Maria Luiza Pereira de Alencar Mayer; ZENAIDE, Maria de Nazaré Tavares (Org.). **Educação em Direitos Humanos: fundamentos teórico-metodológicos**. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2007b, p.169-186. Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2014/07/merged.compressed.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

CARNEIRO, Jayson Dagoberto dos Santos. **Aproveitamento de rejeitos do beneficiamento de Mica e Pegmatitos no cultivo de mudas de Moringa (Moringa oleífera Lam) no Seridó Paraibano**. 2020. 137 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Universidade Federal de Pernambuco, 2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. 1986. **Resolução CONAMA 1/86, de 23 de janeiro de 1986 - Dispõe sobre procedimentos relativos a Estudo de Impacto Ambiental**. Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA - Brasil.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. **Relatório Anual**, Ministério de Minas e Energia, 2013.

DALLARI, Dalmo de Abreu. **Direitos humanos e cidadania**. Moderna: 2004.

DANTAS, Jaqueline. **A atuação das cooperativas na atividade mineral no Seridó Paraibano: os casos da coopicuí e coomipel**. 2017. 125 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande/PB, 2017.

DANTAS, Heline Fernanda Silva de Assis. **Relações entre a sustentabilidade mineral e o desenvolvimento sustentável municipal: um estudo no Seridó Paraibano**. 2018. 251 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais,

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2018.

DANTAS, Jaqueline; ANDRADE, Luciano Guimarães; LEITE, Ingrid Rodrigues; TEXEIRA, Ana Luiza Quirino Figueiredo; GOMES, Ramonildes Alves. A trajetória da mineração no Seridó paraibano. *In: Anais do I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido – I CONIDIS*, Campina Grande-PB, 2016. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2016/TRABALHO_EV064_MD1_SA2_ID2098_07102016115305.pdf. Acesso em: 07 fev. 2023.

ESTEVES, Poliana M. da S. Valdevino; ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos de. Abordagens científicas internacionais sobre desertificação: estudo bibliométrico utilizando dados da Web of Science (WOS) entre 2015 e 2020. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15071/14115>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

FARIAS, Carlos Eugênio Gomes; COELHO, José Mario. Mineração e meio ambiente no Brasil, PNUD-Contrato 2002/001604. **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Ciência, Tecnologia e Inovação**. CGEE, 2002.

FERREIRA, Lucas Deleon. **Desenvolvimento de equipamento de laboratório para o estudo de fenômenos eletrocinéticos no processo de adensamento de resíduos de mineração**. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra. Memória e educação em direitos humanos. *In: SILVEIRA, Rosa Maria Godoy; DIAS, Adelaide Alves.; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; FEITOSA, Maria Luiza Pereira de Alencar Mayer; ZENAIDE, Maria de Nazaré Tavares. (Org.). Educação em Direitos Humanos: fundamentos teórico-metodológicos*. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2007, p.313-334. Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2014/07/merged.compressed.pdf>. Acesso em 09 de maio de 2023.

FORTE, José Filgueira. **Cooperativas de Pequenos Mineradores: A Experiência nos Garimpos de Pegmatitos do Nordeste**. 1994. 150 f. Dissertação (Mestrado em Geociência), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1994.

FIANCO, Ana Clara Butelli. **Concentrações de radônio nas águas subterrâneas, rochas e solos de Porto Alegre - RS**. 2011. 99 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FONTANELLI, Silvana Aparecida. **Diretrizes para organização, disseminação e recuperação dos atos normativos da Agência Nacional de Mineração**. 2018. 161 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FRANCISCA, Diego Diegues. **Novo método de avaliação da exposição ocupacional ao gás radônio em ambientes de mineração**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. 143 p.

GALHARDI, Juliana Aparecida. **Geoquímica de radionuclídeos naturais e biomonitoramento em área de mineração de carvão no sul do Brasil**. 2016. 190 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2016.

IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 de março de 2023.

IBGE. **Censo Demográfico 2022: população de domicílios – primeiros resultados**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/pedra-lavrada.html>. Acesso em: 29 de junho de 2023.

INCA. Instituto Nacional de Câncer. **Poeira de Sílica**. Disponível em: <https://www.inca.gov.br>. Acesso em: 21 de abr. de 2023.

KANDARI, Tushar.; ASWAL, Sunita; PRASAD, Mukesh; BOURAI, A. A.; RAMOLA, R.C. Estimation of anual effective dose from radon concentration among Main Boundary Thrust (MBT) in Garhwal Himalaya. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 9, n.3, p. 228-233, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850715001168>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

LARROSSA, Fernando Zoch. **O meio ambiente de trabalho e as normas de proteção: medicina e segurança nas operações em minas de calcário**. 2017. 42 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Pampa, São Gabriel – RS, 2017.

LIMA, Hélder Cordeiro. **A trajetória do setor mineral no município de Pedra Lavrada-PB: uma análise das ações públicas para pensar o desenvolvimento**. 2013. 127 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Estadual da Paraíba, 2013.

MAGALHÃES, Fernanda Mesquita; NOGUEIRA, Victor Matheus Gouveia; VIEIRA, Natália Abre Silva; CISNE, Francisca Irvna Mesquita; OLIVEIRA, Maria Auxiliadora Silva. Silicose: uma Revisão Sistemática. **Revista Ciência e Estudos Acadêmicos de Medicina**, [S. l.], v. 1, n. 12, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/revistamedicina/article/view/4239>. Acesso em: 19 de abr. 2023.

MAIA, Yago Wiglife de Araújo; SANTOS, Caio Leonan Bastos dos; CARVALHO, Hérculys Guimarães; BATISTA, Larissa Santana; DANTAS FILHO, Manoel Domiciano Dantas Filho. Processo de beneficiamento de alguns minerais encontrados na região do Seridó (RN/PB). *In: Anai do II CONRESOL*, Foz do Iguaçu – Paraná, 2019. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/conresol2019/XV-066.pdf>. Acesso em: 21 de abril de 2022

MELO, Rodrigo Otávio Freire de. **A mineração artesanal e de pequena escala em pegmatitos e cerâmica no município de parelhas, região do Seridó/Rio Grande do Norte**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa Regional de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente/Prodema, UFRN, Natal, 2011.

MONTEIRO, Karolinne Souza. **Estudo da fibrose cística: efeitos de um programa de treinamento intervalado de alta intensidade sobre desfechos clínicos e qualidade de vida e**

validação de um instrumento de avaliação do conhecimento sobre a doença. 2019. Tese (Doutorado em Fisioterapia), Programa de Pós-graduação em Fisioterapia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

NATALINO, Marco Antonio; ANDRADE, Carla Coelho; DUARTE, Bruno Carvalho; CASTRO, Paulo. Constituição e política de direitos humanos: antecedentes, trajetórias e desafios. **Boletim de Políticas Sociais** – Acompanhamento e Análise. Brasília: IPEA, n. 17, v.3, 2009. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4326/1/bps_n.17_vol03_diretos_humanos.pdf. Acesso em: 22 de maio de 2023.

OLIVEIRA, Edinete Maria de. **Mineração do caulim como tendência à desertificação no Seridó Paraibano**. 2019. 182 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2019.

OLIVEIRA, Edinete Maria de; PEREIRA, Patrícia Alves. O dilema da semiaridez no Seridó paraibano: causas e consequências. In: **Anais do II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro**, Campina Grande-PB, 2015. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/editora/anais/wiasb/2015/TRABALHO_EV044_MD4_SA1_ID868_23102015153801.pdf. Acesso em: 25 de maio de 2023.

OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. O cotidiano, o contextualizado e a Educação em Direitos Humanos: a escolha de um caminho para uma Educação cidadã cosmopolita. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 71, n. 1, p. 75-96, 2016. Disponível em: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/175631/v.71%20n.1%20p%2075-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de agosto de 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em 04 de abr. 2023.

QUEBRAR pedras ou estudar: uma opção. **Estadão**, 04 de novembro de 2007. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/emails/quebrar-pedras-a-estudar-uma-opcao/>. Acesso em: 05 out. 2023.

RAMOS, Alexandre José Santos. **Mineração e exploração do trabalho na província pegmatítica Borborema-Seridó**. 2017. 297 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, 2017.

RAMOS, Mariana Luiza de Oliveira Santos. **Radônio-222 e a ocorrência de câncer de pulmão em municípios da Região Metropolitana de Recife com afloramentos de fosforito uranífero**. 2020. 147f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

ROLFF, Paulo Anibal Marques de Almeida. **Minerais dos pegmatitos da Borborema**. Boletim do Departamento Nacional de Produção Mineral, Rio de Janeiro, n. 78, p. 23-76, 1946. Disponível em: <https://archive.org/details/boletim-dnpm-dfpm-78-1946/page/n1/mode/2up>. Acesso em: 24 de março de 2023.

SANTOS, Joel Silva dos. **A problemática da desertificação no município de Seridó-PB.** 2005. 127 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2005.

SANTOS, Edilton José dos.; FERREIRA, Cícero Alves; SILVA JR, José Maria F. da. **Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil.** Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. Recife- PE: CPRM, 2002. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/19439/1/proj_serpipe_relatorio.pdf. Acesso em: 24 de mar. 2023.

SANTOS, Beatriz da Silva Esteves dos; MATA, Raquel Carvalho da; MESSEDER, Jorge Cardoso. Química e Educação em Direitos humanos: questões étnico-raciais, História e Cultura Afro-Brasileira e Africana no ensino de Química. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, 2022. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/22/12/quimica-e-educacao-em-direitos-humanos-questoes-etnico-raciais-historia-e-cultura-afro-brasileira-e-africana-no-ensino-de-quimica>. Acesso em: 27 jul.2023.

SANTOS, Bismarck Soares Matos dos; MINETTE, Luciano José; SORANSO, Denise Ransolin. Avaliação dos riscos ocupacionais em áreas de mineração subterrânea. *In*: RUY, Marcelo. (Org.). **Tópicos em Gestão da Produção.** Belo Horizonte - MG: Poisson, p. 71-77, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Wellington-Goncalves-2/publication/324505215_Decision_support_model_for_supplier_selection_through_of_the_Analytic_Hierarchy_Process_AHP/links/5ad0df5aaca272fdaf764501/Decision-support-model-for-supplier-selection-through-of-the-Analytic-Hierarchy-Process-AHP.pdf. Acesso em: 19 de abril de 2022.

SEIDEL, Monique Alessandra; LIMA, Gustavo Ferreira da Costa; SILVA, Edevaldo da. Panorama da mineração na Paraíba: a industrialização como promessa de desenvolvimento. **Geopauta**, v. 6, 2023. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/10953>. Acesso em: 07 out. 2023.

SILVA, André Luiz da; SILVA, Gyovane Santos da; SILVA, Walkimer Santana; ARAÚJO, Lincoln Eloi de. Avaliação da precipitação da microrregião do Seridó Oriental Paraibano. **Geografia**, v. 45, n. 2, p. 213-233, Jul/dez. 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/agegeo/article/view/15085/11945>. Acesso em: 17 de março de 2023.

SILVA NETO, Severino Lucas da; SOUSA, Felipe André Cândido de; BEZERRIL, Franklin Antony Santos; DANTAS, Geovany Pachelly Galdino. A Questão Ambiental na atualidade: o processo de Desertificação em foco. *In*: **Anais do VII CONEPI**, Palmas-Tocantins, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Geovany-Pachelly-Dantas/publication/365621163_A_Questao_Ambiental_na_atualidade_o_processo_de_Desertificacao_em_foco/links/637b89a62f4bca7fd07c4780/A-Questao-Ambiental-na-atualidade-o-processo-de-Desertificacao-em-foco.pdf. Acesso em: 23 de agosto de 2023.

SILVA, José Adailton Lima; DAMASCENO, João; REINALDO, Lédiam Rodrigues Lopes Ramos; GOMES FILHO, Manoel Francisco; MACEDO, Daniel Robson Gomes; PEREIRA, Thais Mara Sousa. Avaliação dos impactos socioambientais advindos da extração mineral em áreas próximas aos centros urbanos: estudo de caso no município de Pedra Lavrada-PB.

Revista Espacios, v. 38, n. 9, 2017. Disponível em:

<https://www.revistaespacios.com/a17v38n09/a17v38n09p32.pdf>. Acesso em: 17 de março de 2023.

SILVA, Gerson Ferreira da. **Redimensionamento e otimização de uma unidade de beneficiamento de feldspato pegmatítico no município de Pedra Lavrada/PB com ênfase nas etapas de britagem e moagem**. 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado em Exploração Petrolífera e Mineral), Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

SILVA, José Adailton Lima. **Avaliação do “Programa Um Milhão de Cisternas Rurais – PIMC”**: aplicação no município de Pedra Lavrada-PB. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais), Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2013.

SILVA, José Adailton Lima; SILVA, C. P.; ALMEIDA, H. A. Diagnóstico socioeconômico e ambiental sobre a extração mineral na jazida Auto Feio no município de Pedra Lavrada-PB. *In: Anais do Encontro Nacional de Geografia-ENG*, São Paulo, 2008.

SOUSA, Valcemir Ribeiro de; FERREIRA, Kaio Vinicius de Oliveira; OLIVEIRA, Maria Aparecida Bezerra; ALBUQUERQUE, Carla Mabel Medeiros de; SOUZA, Alice Andrade. O uso do geoprocessamento para análise comparativa no estado da Paraíba da área susceptível a desertificação com a área de atuação do Programa Nacional Pro-água. **Revista Brasileira de Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 52-57, out.-dez. 2016. Disponível em: <https://docplayer.com.br/64877940-Revista-brasileira-de-meio-ambiente-e-sustentabilidade.html>. Acesso em: 17 de março de 2023.

SOUZA, Francisco de Assis; LIMA SOBRINHO, Antonio de Pádua de. Cooperativismo mineral como propulsor da atividade garimpeira nos pegmatitos de Picuí-PB. *In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa & Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology, Goiânia, Goiás. Anais do XXV ENTMME*, p. 575-581, 2013. Disponível em: <https://artigos.entmme.org/download/2013/eletrometalurgia-electrometallurgy/2355%20-%20SOUZA,%20F.A.-%20COOPERATIVISMO%20MINERAL%20COMO%20PROPULSOR%20DA%20ATIVIDADE%20GARIMPEIRA%20NOS%20PEGMATITOS%20DE%20PICU%C3%8D-PB.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2023.

SOUZA, Yuri Gomes; COBEL, João Lucas Pereira; SILVA, Janaína Barbosa. A mineração e suas consequências no município de Pedra Lavrada-PB: uma perspectiva da legislação ambiental. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 5, p. 23–34, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/17966>. Acesso em: 9 out. 2023.

SPACOV, Isabel Cristina Guerra. **Monitoração de trabalhadores expostos à radiação natural em minas no Seridó do nordeste brasileiro**. 2016. 79 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2016.

UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations. Sources and effects of ionizing radiation, **UNSCEAR report to the United Nations Assembly**, v. 1, p. 1-659, 2000. Disponível em:

https://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf. Acesso em: 21 de abril de 2023.

VASCONCELOS, Santiago Andrade. **O uso do território do município de Pedra Lavrada-PB pela mineração:** elementos de inserção como lugar do fazer no contexto atual da globalização. 2006. 214 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

VASCONCELOS, Santiago Andrade. **Região, globalização e meio técnico-científico-informacional:** modernizações, horizontalidades e verticalidades na Região do Seridó paraibano e potiguar na transição do século XX ao XXI. 2012. 257 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Pernambuco, Recife/PE, 2012.

VEIGA, Lene Holanda Sadler; MELO, Vicente de Paula; AMARAL, Eliana Correa; KOIFMAN, Sergio. Feasibility study for a long-term follow-up in a historical cohort of Brazilian coal miners. **Journal Radiol Prot**, v. 27, n. 3, p. 349-360, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/6072866_Feasibility_study_for_a_long-term_follow-up_in_a_historical_cohort_of_Brazilian_coal_miners. Acesso em: 19 de abril de 2022.

VERÍSSIMO, Gesiele; GUIMARÃES, Raphael Mendonça; MEYER, Armando. Mortalidade de mineiros brasileiros por câncer entre 1979-2005. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 21, p. 281-288, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/342183708_Mortalidade_de_mineiros_brasileiros_por_cancer_entre_1979-2005. Acesso em: 19 de abr. 2023.

ZLUHAN, Maria Regina; RAITZ, Tânia Regina. A educação em direitos humanos para amenizar os conflitos no cotidiano das escolas. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 95, n. 239, p. 31-54, jan./abr. 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeped/a/zrxjQZWMyfQbzTW58rjSJQt/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 1 mar. 2023.

Capítulo 3 - PLANEJAMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO PARA A ABORDAGEM DAS FUNÇÕES QUÍMICAS INORGÂNICAS NO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo, apresentamos o planejamento de uma Sequência Didática, um sistema didático, com base na abordagem CTS(A) e na Educação em Direitos Humanos (EDH), para o ensino de conceitos do conteúdo “Funções Inorgânicas”, no Ensino Médio, a partir da temática “Mineração”, sob o contexto regional do Seridó Oriental da Paraíba, em particular a Pedra Lavrada. O texto parte do planejamento de uma SDI como um processo de planejar de desenho de um sistema didático, que é apresentado mediante a articulação de três aspectos principais: i) o estabelecimento de pressupostos teórico-metodológicos gerais para a sua planejar, ii) a seleção dos seus conteúdos, e iii) os elementos de sua estruturação.

3.1 Introdução

O desenho de sistemas didáticos em torno dos conteúdos disciplinares é um dos objetos fundamentais da Didática das Ciências (Penagos e Lozano, 2007). Direcionando-se à estruturação de conteúdos químicos, essa problemática ganhou maior interesse a partir das últimas décadas do século XX (Campanario e Moya, 1999) e tem sido um dos campos de pesquisa da comunidade em Educação Química (Blanchar-Añez, 2019), em decorrência da necessidade do estabelecimento de ligações entre a investigação e a prática educativa sobre os processos e os produtos do desenho, e dos resultados das suas implementações nas salas de aulas (Guisasola *et al.*, 2021).

Um sistema didático abrange diferentes elementos e recursos utilizados no planejamento das atividades educacionais, como currículo, metodologias de ensino, materiais didáticos e estratégias de avaliação (Mendoza e Delgado, 2021). Os saberes contidos em um sistema didático englobam o conhecimento disciplinar, o conhecimento histórico-epistemológico, a psicologia da aprendizagem e o entendimento do contexto escolar (Penagos e Lozano, 2008). Além disso, como destaca Marcelino Jr. (2014), o desenho de um sistema didático está relacionado com o processo de decisão sobre o que será ensinado e reflete as intenções educativas docentes. Enquanto área de pesquisa, situada no contexto de planejamento, o estudo do desenho de sistemas didáticos visa compreender como eles são desenvolvidos, implementados e avaliados, buscando aprimorar a qualidade do ensino-aprendizagem. Corroborando com o autor: “[...] o planejamento do processo de ensino é necessário para a se dirigir cientificamente a aprendizagem” (Marcelino Jr., 2014, p.64). O desenho de sistemas

didáticos pode considerar diferentes aspectos para a sua estruturação, conforme acontece com as Sequências Didáticas.

3.2 Pressupostos teórico-metodológicos gerais para o planejamento da SDI

Os pressupostos teórico-metodológicos gerais para o planejamento da SDI são apresentados em continuidade. Eles envolvem: i) a concepção tomada para a SD, a partir do ensino por investigação; ii) a compreensão de SDI articulada a abordagem CTS(A); iii) o uso de Questões Sociocientíficas (QSC), como um caminho para abordar a temática mineração e para a contribuição para um processo de tomada de decisão e iv) como abordamos alguns aspectos da EDH na SDI.

3.2.1 A concepção de Sequência Didática Investigativa

Existem muitas definições sobre Sequências Didáticas na literatura. Na perspectiva de Guimarães e Giordan (2013, as sequências didáticas (SDs) são importantes para o processo educativo. O planejamento das SDs está relacionado com o ensino-aprendizagem de conteúdos, que conecta atividades para melhorar a compreensão e a aprendizagem dos estudantes, ou seja, “Sequência Didática é um conjunto de atividades articuladas e organizadas de forma sistemática, em torno de uma problematização central” (Guimarães e Giordan, 2013, p. 2).

Adicionalmente, tomando a proposição de Zabala (1998, p. 18), nesta pesquisa, uma SD é considerada como “[...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. De forma similar, Pais (2002, p. 102) afirma que uma SD “[...] é formada por um certo número de aulas planejadas e analisadas previamente para observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática”. A essas compreensões, agregamos aspectos do ensino por investigação.

O ensino por investigação é assumido, como proposto por Carvalho (2013), como uma possibilidade de um ensino consciente, contrapondo-se ao método mecânico e tecnicista ainda predominante nas aulas de Ciências. Concordando com Carvalho (2013) e com Silva Júnior e Coelho (2020) que a natureza e possibilidades das atividades investigativas que podem ser desenvolvidas no ensino de Ciências são diversas, este tipo de SD se vincula às estratégias de investigação-ação, nas quais se utilizam ferramentas de investigação orientada (Furió-Más e Furió-Gómez, 2009). Desse modo, ela se baseia no tratamento de situações problemáticas abertas, estimulando que os estudantes realizem atividades em pequenos grupos, sob a

supervisão da professora, argumentem, proponham soluções e possam desenvolver suas habilidades cognitivas, metacognitivas e sociais. Como Sasseron (2019), assumimos que, na construção de conceitos, a investigação favorece o desenvolvimento de atitudes que aproximam os estudantes, em interação com seus professores, de práticas e normas da cultura científica dentro de um ambiente propício para o levantamento hipóteses, questionamentos, posicionamentos divergentes, diálogos e mudanças de opiniões, pautando as afirmações em análises de dados e não em conjecturas realizadas por terceiros. Nessa direção, em conformidade com Sasseron (2019), toma-se esse um tipo de articulação que não oportuniza ao indivíduo apenas o acesso às informações, mas que seja contributivo para torná-lo um cidadão epistemicamente mais crítico, auxiliando-o a ser menos propício a aceitar notícias falsas, transvestidas de verdades absolutas.

3.2.2 A compreensão de SDI articulada a abordagem CTS(A)

A SDI foi fundamentada na mineração enquanto temática socioambiental relacionada ao cotidiano dos estudantes de Pedra Lavrada, para auxiliar na contextualização e contribuir com a formação cidadã dos participantes, conforme é recomendado nos documentos oficiais da educação do País e do estado (Brasil, 2017; Paraíba, 2019). Considerando proposições nesse sentido, como as de Mortimer, Machado e Romanelli (2000), a estruturação da SDI está pautada em uma abordagem relacional para consolidar o conteúdo químico proposto, evitando o excesso de esquemas classificatórios com categorizações externas ao estudante, mas, vinculando-as à sua realidade, discutindo as características e implicações da extração e beneficiamento de recursos minerais, a partir do vivenciado no contexto local.

Consideramos, tomando por base as concepções de autores sobre o ensino CTS(A), como Santos e Schnetzler (2010) e Santos e Mortimer (2001), uma abordagem que articula a natureza da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade e de suas inter-relações, para que os estudantes possam compreender a interdependência entre essas áreas, a partir de uma perspectiva social. Nesse contexto, consideramos a perspectiva de Torres Merchán (2014), uma SD como uma estratégia didática no âmbito da educação científica formal que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado com o entorno e o cotidiano, assim como compreender criticamente a natureza da Ciência e desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento crítico. A compreensão de SDI tomada busca se alinhar àquelas destacadas por seus papéis positivos em aplicar o ensino investigativo, utilizando temas que propiciem o levantamento de problemáticas relacionadas a abordagens

contextualizadas e atentas aos conhecimentos prévios dos estudantes. Inclui-se, nesses pressupostos, a busca por uma alfabetização científica, na direção de formação de sujeitos pensantes, críticos socioambientalmente engajados, no sentido tomado por algumas propostas com abordagem CTS(A) voltadas a um letramento científico.

Como em Auler e Delizoicov (2006) e em Castro e Motokane, (2017), pretendemos que a dimensão da alfabetização científica na SDI proporcione a democratização dos conhecimentos científicos e a formação cidadã dos estudantes para a atuação na sociedade. A alfabetização científica visa fornecer um componente epistemológico para a realização de estratégias didáticas nas quais os estudantes tenham acesso aos signos compartilhados pela comunidade científica, que possam auxiliá-los em suas leituras de mundo e a construir sentidos e significados à luz do conhecimento científico. Para tanto, serão tomados os eixos estruturantes da alfabetização científica descritos por Sasseron e Carvalho (2011): i) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; e ii) o entendimento das relações CTS(A) existentes e que auxilia a demarcar um problema sociocientífico a ser investigado. Esses eixos são compatíveis com os fundamentos do letramento científico, no que diz respeito à(ao): i) contribuição à compreensão e reflexão crítica sobre as relações entre a Ciência, a Tecnologia, a Sociedade e o Ambiente, quando da utilização de diferentes dimensões do conteúdo químico-escolar Funções Inorgânicas, e ii) incentivo a discussões sobre valores morais, interesses e opiniões, e ao auxílio à tomada de decisão e ação sobre características e implicações da atividade mineradora. Com esse estabelecimento, a SDI deve procurar estimular os estudantes, com base nos princípios da Educação em Direitos Humanos, a avaliarem criticamente os valores e os interesses envolvidos nas relações CTS(A) em torno da mineração no Seridó Oriental paraibano, com ênfase na cidade de Pedra Lavrada, e a se engajarem em ações para a promoção de uma sociedade mais justa e ambientalmente mais sustentável.

A proposta em CTS(A) aqui almejada corrobora com as concepções acima apresentadas, acrescidas às de outros autores, cujas opções pedagógico-didáticas priorizam o raciocínio lógico e reconhecem a relevância de outros fatores relacionados à tomada de decisão, como as emoções e os valores, para o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. Especificamente quanto a esses últimos aspectos, com base em autores como Conrado (2013), Conrado e Nunes-Neto (2018), a abordagem CTS(A) proposta estará vinculada à inclusão de questões sociocientíficas.

3.2.3 *Utilizando Questões Sociocientíficas (QSC): desvelando um caminho para abordar a mineração e a contribuição para a tomada de decisão*

As questões sociocientíficas contribuem para inserir aspectos morais e éticos de assuntos científicos, sendo construídas a partir de problemas sociais complexos que envolvem tanto conhecimentos científicos, como aspectos sociais, culturais, políticos, econômicos e éticos na busca de sua resolução (Zeidler; Nichols, 2009). O uso de questões sociocientíficas tem o potencial de promover um letramento científico crítico e, assim, de formar cidadãos capazes de tomar decisões socioambientalmente responsáveis, reconhecendo seu papel ativo na mudança de valores para um mundo mais justo (Hodson, 2004). De acordo com Silva e El-Hani (2014), ao considerar o papel de conhecimentos científicos em problemas sociais e/ou ambientais e na formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, o uso de questões sociocientíficas no ensino tem o potencial de promover a aprendizagem não somente de Ciências, mas também sobre a Ciência e as dimensões éticas do trabalho científico. Além disso, conforme ressalta Conrado (2017), a prática de ações sociopolíticas e iniciativas de ativismo são apontadas como objetivo final de uma estrutura curricular condizente com a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

Conrado e Nunes-Neto (2018) propõem que a promoção da educação CTS(A) nas aulas de Ciências ocorra a partir de questões sociocientíficas decorrentes de temas polêmicos e controversos. De acordo com esses autores:

[...] são problemas ou situações geralmente complexos e controversos, que podem ser utilizados em uma educação científica contextualizadora, por permitir uma abordagem de conteúdos inter ou multidisciplinares, sendo os conhecimentos científicos fundamentais para a compreensão e a busca de soluções para estes problemas (Conrado; Nunes-neto, 2018, p. 87).

Assim como outros autores, como Sá e Queiroz (2010), Lima e Linhares (2008), Velloso *et al.* (2009) e Conrado *et al.* (2012), Conrado e Nunes-Neto (2018) têm vinculado as propostas de ensino baseadas abordagens sociocientíficas, incluindo QSC, ao estudo de caso. Os casos são narrativas, construídas como histórias curtas, podendo conter diálogos e personagens que se aproximam do(s) contexto(s) sociocultural(is) dos estudantes (Conrado, 2013). De acordo com Faraco (1992), essas narrativas possuem alguns elementos constituintes: i) enredo; ii) pessoas ou personagens; iii) lugar da ocorrência dos fatos; iv) narrado; e v) foco narrativo. O foco narrativo se associa ao ponto de vista do narrador, podendo ser um personagem da história ou alguém que não participa da história. Do ponto de vista de Santos e Carmo (2015) as narrativas são recursos didáticos que possibilitam o diálogo e a articulação entre os conteúdos de diferentes áreas do conhecimento, que tem relação com um modo de explicitar diferentes

interpretações, pontos de vista, crenças e juízos de valor dos estudantes (Conrado; El-Hani; Nunes-Neto, 2015), além de contribuir para a sensibilização e seus engajamentos nas atividades (Zeidler *et al.*, 2005; Levinson, 2006).

Zeidler *et al.* (2005) e Kahn e Zeidler (2016) atribuem que, além de aumentar o interesse dos estudantes pela Ciência, contextualizada em situações cotidianas, o uso de casos sobre questões sociocientíficas potencializa a promoção de habilidades de pensamento crítico e de desenvolvimento moral. Para esses autores, essa estratégia auxilia na configuração de um ambiente para a promoção de empatia e engajamento, tanto no discurso, como na reflexão sobre relações entre a CTS(A). Autores com essa linha de concepção recomendam que, para promover adoção de posição dos estudantes e discussão sobre valores envolvidos no caso, tais narrativas precisam direcioná-los a tomarem decisões, discutindo relações CTS(A) envolvidas (Conrado; Nunes-Neto, 2018). Conrado (2017), citando Rachels (2006) e Singer (2011), destaca que, além dos conhecimentos científicos e tecnológicos, e dos conhecimentos não científicos e não tecnológicos, na discussão sobre razões que influenciam a tomada de decisão, o professor pode incluir elementos da ética. Nesse sentido, Conrado (2013) defende que o uso de casos permite observar possíveis tomadas de decisão, que envolverão também os elementos da dimensão atitudinal.

A inclusão de estudo de caso com abordagem CTS(A) tem sido bem avaliada. No entanto, quanto a esse aspecto, Conrado (2013) faz uma ressalva, o caso por si só pode ser mal ou subutilizado para o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes. A autora enfatiza que, por ser amplo e complexo, um caso pode dificultar o alcance dos objetivos de aprendizagem pelos estudantes. Por isso, na mobilização de determinados aspectos presentes no caso, especialmente dos problemas sociocientíficos, ela e outros autores têm sugerido a utilização de questões orientadoras, também denominadas de questões orientadoras ou mobilizadoras (Conrado; Nunes-Neto, 2018; Conrado; El-Hani; Nunes-Neto, 2015).

Conrado (2013) associa as questões orientadoras a perguntas sobre o caso e/ou sobre aspectos globais que podem estar incluídos ou relacionados ao caso. Elas orientam a investigação, o desenvolvimento de argumentos e a tomada de decisão pelos estudantes. As questões orientadoras se constituem como um meio para fomentar processos dialógicos e de argumentação em ambientes de aprendizagem, especialmente quando relacionam o caso aos objetivos de aprendizagem, previamente definidos. Conrado *et al.* (2012) e Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2014) indicam o uso de questões orientadoras para mostrar complexidades, múltiplas perspectivas e diferentes escalas - pessoal, local, nacional, global, etc. Elas também podem ter diferentes graus de profundidade sobre a discussão de determinados aspectos do

caso. Desse modo, inicialmente, os estudantes poderão responder questões mais gerais sobre o caso, e, se ocorrerem discussões que sugerem o aprofundamento de alguns conteúdos, questões mais específicas poderão ser elaboradas pelos estudantes e/ou sugeridas pelos professores, segundo os objetivos de aprendizagem estabelecidos. As respostas às questões orientadoras podem contribuir para a elaboração de componentes de um argumento sobre o caso.

A discussão sobre questões sociocientíficas em sala de aula é considerada como um dos aspectos contributivos ao desenvolvimento de habilidades relacionadas à capacidade de tomada de decisão. De acordo com Ferraz e Sasseron (2017) e com Santos e Maldaner (2011), a tomada de decisão decorre da necessidade de se desenvolver posturas críticas de julgamento e de criar justificativas para sustentar um determinado ponto de vista. Nesse sentido, entende-se que “[...] são as justificativas que conferem força e validade a um argumento, podendo ser incorporadas por meio de ações orais ou produções escritas, por pessoas situadas em diferentes contextos que articulam diferentes evidências de natureza conceitual ou empírica” (Ferraz; Sasseron, 2017, p. 7).

As tomadas de decisão vinculadas a aspectos sociocientíficos permeado por questões ambientais podem ser tomados a partir de vivências em atividades planejadas e desenvolvidas para promover o debate e a reflexão crítica sobre valores, normas, atitudes e pontos de vista. Junto a isso, Bispo Filho *et al.* (2013) propõem que as análises do papel da ética no ensino de Ciências devem estar articuladas com o fomento do raciocínio lógico e do pensamento crítico. Esse tipo de concepção corrobora com as posições de Villa e Poblete (2007) com relação ao pensamento crítico, eles consideram que o pensamento crítico vai além das habilidades de análise, destacando que o indivíduo o desenvolve à medida que questionam as coisas e se interessam pelos fundamentos que sustentam as ideias, as ações, as valorações e os juízos, sejam eles próprios ou não.

hooks (2020), discutindo sobre o desenvolvimento do pensamento crítico, destaca que apesar de ser fundamental respeitar e tolerar diferentes pontos de vista, isso não significa que qualquer e toda decisão deva ser aceita. Tal concepção se alinha com os posicionamentos Levinson (2006), ao afirmar que, mesmo sendo essencial a abertura para discussão em sala de aula, não se deve propor uma aceitação acrítica em relação aos pontos de vista dos outros, mas submeter a questionamentos todos os pontos de vista possíveis.

É importante também discutir sobre os posicionamentos assumidos pelo professor frente a problemas dessa natureza. Especialmente quando se trata de se efetuar um posicionamento neutro ou a uma não tomada de decisão frente a questões controversas. Quanto a esses aspectos, Conrado (2017) destaca o termo “imparcialidade comprometida”, de Hodson (2011; 2013) que

significa assumir uma posição, porém, sem deixar de considerar mais possibilidades. Deste modo, por um lado, o professor pode se posicionar e se comprometer, mostrando a importância de assumir posicionamentos, porém, sem impor sua posição aos estudantes, indicando as possibilidades, da forma mais equilibrada possível. Também, como colocam Colucci-Gray *et al.*, (2006), o professor pode considerar argumentos e tolerar outros pontos de vista, desde que não violem os direitos humanos ou agridam essa ideia e/ou sejam intolerantes a algum aspecto relacionados a ela, numa discussão crítica, devemos considerar atitudes relacionadas à empatia e à não-violência, portanto, não tolerar a intolerância.

É dentro da perspectiva tecida acima que pretendemos realizar a articulação da temática mineração no Seridó Oriental paraibano. Esse tema tem um grande potencial para serem evidenciadas as inter-relações dos aspectos CTS(A), e, na formação dos estudantes, propicia condições para o desenvolvimento de atitudes de tomada de decisão.

3.2.4 Aspectos da Educação em Direitos Humanos assumidos na SDI

A organização da SDI foi pautada em uma sistematização com base em EDH, nos quais serão utilizados diferentes recursos e estratégias. Nesse contexto, o processo de ensino-aprendizagem foi planejado considerando processos dialógicos, a partir da concepção de Freire (2022), de que nessa dialogicidade compreendemos que há o pensar crítico, fruto de reflexões conscientes. Desse modo, a concepção de Educação em Direitos Humanos assumida nesse processo considera a concepção de que a EDH não tem um papel informativo sobre os direitos humanos, mas pressupõe seu aspecto essencialmente formativo. Corroborando com Santos e Mortimer (2001), pensando-se a cidadania nesse aspecto formativo, há um alinhamento com os processos de formação do sujeito crítico com a conscientização para a vida em uma sociedade democrática.

Oliveira e Queiroz (2016) propõem que a Educação em Direitos Humanos seja transversal à educação. Com isso, a educação Química pela via da Educação em Direitos Humanos não necessita levar apenas a compreender os aspectos sociais que se relacionam com o conhecimento científico. É necessário procurar modos de desenvolver no estudante a capacidade de enxergar vias de transformar o mundo, sobretudo de enxergar em si as potencialidades de fazer do mundo um local menos agressivo e mais tolerante. Um local adequado para desenvolver esses aspectos é na escola.

No que diz respeito aos aspectos metodológicos de uma Educação em Direitos Humanos, Calissi (2014, p. 111) discute a importância do papel docente. Primeiro, ela afirma

que é preciso compreender que “Formar em e para os Direitos humanos pressupõe procedimento metodológico crítico e consciente e estratégias adequadas pra que o/a aluno/a compreenda, reconheça, reelabore, expresse e utilize os seus direitos como cidadãos/ãs.”

Ela propõe procedimentos metodológicos a partir de quatro 4 etapas, sendo elas: 1) ativação e problematização do conhecimento prévio; 2) mediação e aprofundamento do conhecimento; 3) execução e aplicação do conhecimento e 4) mobilização de saberes. Calissi (2014) pontua que a primeira fase demanda uma escuta ativa dos sujeitos (estudantes), ouvi-los de forma adequada e, somente após isso, levantar problematizações reais, ou seja, isso requer processos dialógicos no ensino-aprendizagem de uma abordagem temática ou caso. Nela, o docente precisa reconhecer o que os estudantes sabem sobre os direitos humanos para depois aprofundar discussões. Uma recomendação para essa fase é que o docente utilize estratégias capazes de promover a sensibilização para as questões dos direitos humanos, propondo que o docente assuma a posição de “ensinar a ver”, como uma possibilidade para ver o mundo, essa perspectiva evoca “uma visão livre, interdisciplinar, democrática, sensível e acima de tudo, plural.” (Calissi, 2014, p. 110). Nessa vertente, segundo Calissi (2014) aprender a ver se constitui como um direito humano, que também é desenvolvido na sala de aula.

A segunda fase, da mediação e o aprofundamento do conhecimento, recomenda-se que o docente articule os conhecimentos prévios dos estudantes para trabalhá-los junto ao conteúdo disciplinar, permitindo que construam novos saberes relacionados ao tema de discussão. Nessa fase, a autora discute a mediação a partir da ideia de potencialização da construção do conhecimento pelo estudante, visto que o estudante precisa enxergar “benefícios das experiências de aprendizagem para a sua vida” (Calissi, 2014, p. 125). Essa mediação pressupõe uma interação que “permite um aprendizado menos hierarquizado e mais rico” (Calissi, 2014, p.125), pois considera o que o estudante já construiu acerca do objeto de conhecimento.

Na terceira, precisa ser possível verificar como o estudante reconheceu, organizou e se apropriou dos conhecimentos, logo, “o educando é requisitado (a) a refletir, de forma contextualizada, sobre os valores e atitudes extraídos dos conhecimentos sistematizados e sobre os significados que determinados valores/conhecimentos têm para ele/a, para a comunidade escolar, para a sociedade.” (Calissi, 2014, p. 126). Na última fase, a mobilização de saberes, contribui para que esses conhecimentos sejam postos em prática, principalmente para a resolução de problemas sociais. Sendo assim, os aspectos relacionados a esses procedimentos metodológicos reelabora a dimensão pessoal e reflete sobre a dimensão coletiva.

Esses procedimentos é um convite para pensar o processo de ensino-aprendizagem de Química a partir do desenvolvimento de competências em e para os direitos humanos, visto que

o espaço escolar é, muitas vezes, o único local onde os estudantes encontram a oportunidade de edificarem atitudes, saberes, comportamentos e compromissos que se alinhem com o exercício da paz e dos discursos defendidos pelos direitos humanos (Zluhan; Raitz, 2014). Por isso, especialmente pela junção do ensino de Ciências com a EDH, o tempo-espaço das aulas de Ciências/Química é tomado como um campo de grande potencialidade para a edificação e fortalecimento do caráter cidadão do estudante. Para tanto, os professores são convidados a refletir, organizar e viabilizar atividades fomentadoras nessa direção. Por exemplo, Candau *et al.* (2013) sugerem o uso de oficinas pedagógicas em direitos humanos. No entanto, podem ser visualizadas diferentes possibilidades como forma de organização de abordagens de conteúdos químicos que tenham a Educação em Direitos Humanos como eixo central.

3.3 Seleção de conteúdo para a SDI

A unidade básica da estrutura proposta para o conjunto de atividades da SDI foi direcionada à construção de um caminho interacional entre relações CTS(A) em torno da atividade mineradora no contexto local e dos objetos de conhecimentos relacionados aos conteúdos dentro da EDH.

A seleção de conteúdo para a SDI se fundamentou nas condições concretas da realidade pedagógica dos estudantes participantes da pesquisa. A SDI não envolve apenas questões químico-conceituais em torno das Funções Inorgânicas e, seguindo uma concepção recomendada para o ensino de Química, conforme reforçado por Chassot (1993, p. 39), busca avaliar “[...] não a evocação de fatos, fórmulas ou dados, mas a capacidade de trabalhar o conhecimento”. A SDI visa desenvolver uma articulação nas aulas de Química preocupada em solucionar as problemáticas relacionadas a aspectos da CTS(A) sobre a atividade mineradora, dentro da realidade local, no Seridó da Paraíba, na qual sejam contemplados aspectos relativos aos direitos humanos. Portanto, não se pretende utilizar o tempo-espaço da aula de Química para se ter uma aula voltada aos aspectos em CTS(A) ou em direitos humanos, com minimização ou ausência da Química.

Nesse sentido, a seleção de conteúdo foi iniciada a partir de dois critérios principais: i) os resultados de pesquisas em Educação Química, que apontam problemas envolvendo Funções Inorgânicas nas abordagens escolares, conforme apresentado na parte inicial do projeto; e ii) as recomendações educacionais oficiais para o ensino de Química, que podem estar relacionadas com a atividade mineradora, tanto em nível nacional, quanto estadual, respectivamente, na Base

Nacional Comum Curricular (Brasil, 2017) e na Proposta Curricular do Ensino Médio da Paraíba (2019).

O Quadro 10 apresenta as relações entre: habilidades e objetos de conhecimento químico, que consideramos estarem associados a conceitos relacionais, dentro da temática mineração.

Quadro 10 - Relação entre habilidades e objetos de conhecimento, da BNCC, que se associam à temática mineração.

Habilidades de Área	Química	
	Habilidades específicas	Objetos de conhecimento
Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	Compreender e analisar as transformações ocorridas nos sistemas químicos, a partir das propriedades das substâncias que os compõem, articulando os conceitos, princípios e leis que as regem para prever efeitos que garantam a preservação da vida em todas as suas formas.	Matéria e suas propriedades: estados físicos e mudanças de estado, conceito de energia, corpo, objeto.
		Diferenciação entre as transformações químicas e físicas.
		Tipos de substâncias, tipos de misturas, processos de separação de misturas em escala laboratorial e industrial.
		Propriedades dos materiais, sua disponibilidade, usos, degradação, reaproveitamento e reciclagem, na perspectiva da sustentabilidade.
Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.	Delimitar um problema e suas variáveis (podendo envolver projetos), elaborando hipóteses, realizando experimentos, avaliando dados, validando ou não os pressupostos no enfrentamento das demandas que envolvam as temáticas Matéria e Energia, Vida e Evolução e Terra e Universo, sob a perspectiva científica e de sustentabilidade.	Metodologia científica. Noções básicas de instrumentação e experimentação de laboratório. Sustentabilidade. Reações químicas.
Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo.	Correlacionar origem, natureza, propriedades, combinações e atual classificação dos elementos químicos, destacando o estudo da tabela periódica e seus elementos, vinculando-os ao meio ambiente.	Tabela periódica. Constituição elementar do meio ambiente. Ligações químicas e reações.
Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	Discutir a importância dos materiais a partir de fatores como origem, reserva, essencialidade, utilização, aproveitamento, reaproveitamento e extinção de elementos químicos, relacionando-os às suas propriedades, às suas disponibilidades, custos e usos, promovendo uma intervenção consciente e responsável sobre a vida e fenômenos naturais e de	Propriedades, disponibilidades e extinção dos elementos químicos. Fenômenos naturais do movimento elementar e os efeitos da interferência humana. Tecnologias que minimizem efeitos nocivos à vida e ao ambiente.

	interferência humana empregada na vida e no meio ambiente.	
--	--	--

Fonte: elaboração própria (2023).

Do mesmo modo, descrevemos objetos de conhecimento, as habilidades e objetivos de aprendizagem, contidos nos Parâmetros Curriculares do Estado da Paraíba, nas orientações para o 1º ano do Ensino Médio (Quadro 11). Optou-se por essa etapa de escolaridade no documento paraibano porque, após análise dos seus Parâmetros Curriculares, verificou-se que Funções Inorgânicas constam como objetos de conhecimento do 1º ano, sendo cumulativo para demais séries do Ensino Médio.

Quadro 11 - Relação entre habilidades, objetos de conhecimento e objetivos de aprendizagem, que se associam à temática mineração, contidos nos Parâmetros Curriculares do Estado da Paraíba, nas orientações para o 1º ano do Ensino Médio

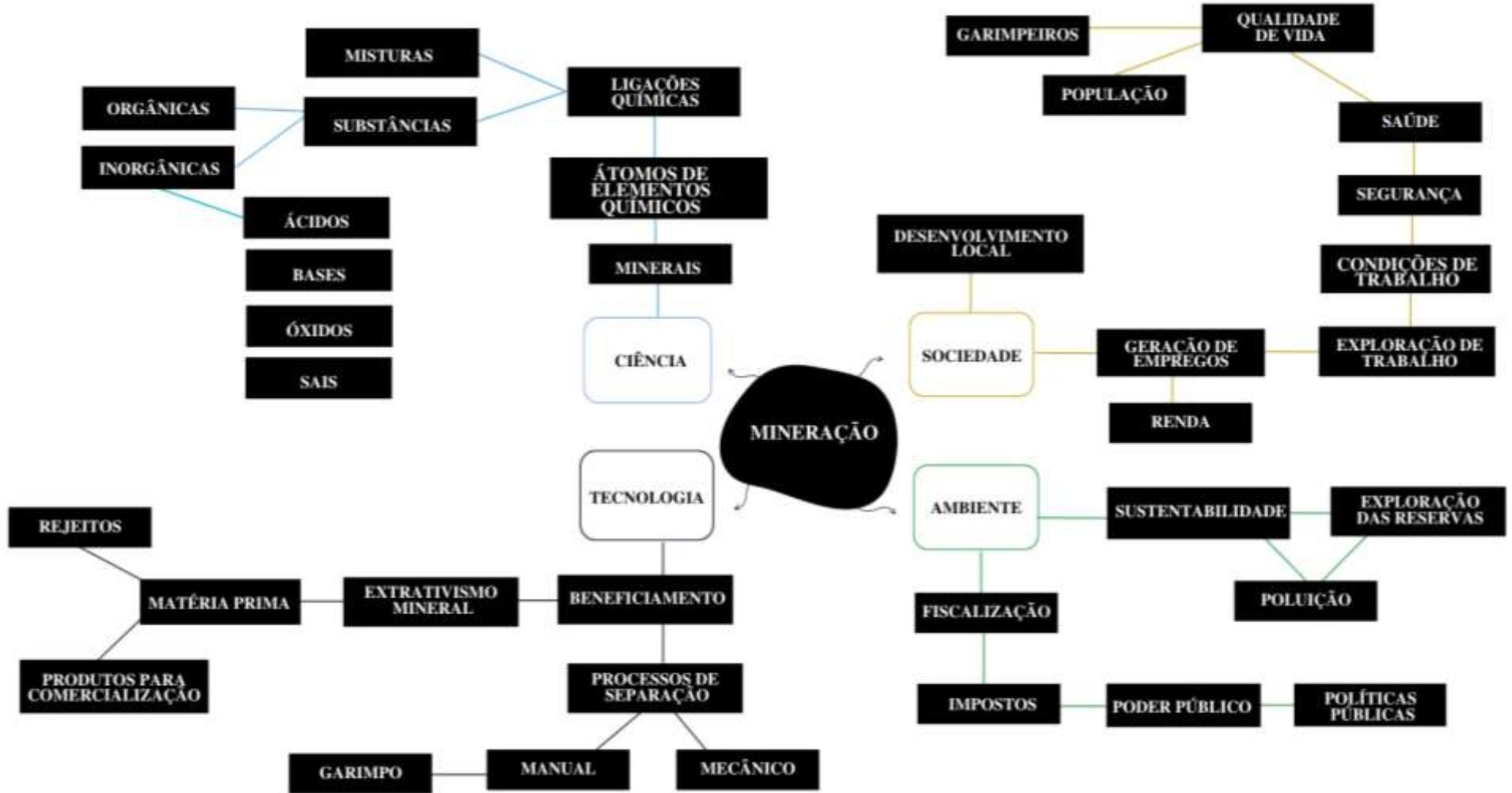
Objetos de conhecimento	Habilidades de área	Objetivos de aprendizagem
Matéria e suas transformações	EM13CNT101 EM13CNT104 EM13CNT203 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT309	- Reconhecer aspectos relevantes das transformações da matéria presentes nos diversos sistemas produtivos identificando etapas, rendimentos ou implicações sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção. - Reconhecer as responsabilidades sociais decorrentes da aquisição de conhecimento na luta pela redução da poluição causado pelo consumismo.
Propriedades dos materiais	EM13CNT104 EM13CNT106 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT309	- Reconhecer propriedades químicas de materiais ou substâncias presentes em nosso cotidiano como efervescência, fermentação, combustão, oxidação, corrosão, toxidez; degradabilidade, polimerização, acidez, neutralidade e alcalinidade. - Reconhecer as responsabilidades sociais decorrentes da aquisição de conhecimento na luta pelo uso racional de recursos naturais.
Substâncias e Misturas	EM13CNT101 EM13CNT104 EM13CNT301 EM13CNT302	- Conhecer alguns métodos mecânicos de separação de misturas, como decantação, destilação e filtração e compreender em que se baseiam. - Reconhecer no cotidiano o emprego de diferentes métodos de separação de misturas como filtração, decantação, catação, peneiração.
Modelos Atômicos	EM13CNT104 EM13CNT107 EM13CNT201 EM13CNT205 EM13CNT301 EM13CNT302	- Analisar o resultado de experimentos que trazem informações sobre a estrutura atômica. - Reconhecer e compreender a Ciência e a tecnologia química como criação humana, inseridas, portanto, na história e na sociedade em diferentes épocas. - Compreender os conceitos de número atômico, isotopia e número de massa. - Identificar as características do átomo. - Utilizar a representação simbólica das transformações químicas e reconhecer suas modificações ao longo do tempo. - Compreender os limites da Ciência e o significado das suas dimensões sociais e políticas, como as relações e violências de gênero existentes em seu meio. - Compreender a Ciência não como um corpus rígido e fechado, mas como uma atividade aberta, que está em contínua construção, a qual não é justificada somente por critérios racionais e cognitivos, pois esses critérios são também construídos socialmente.
Elementos Químicos e Classificação Periódica	EM13CNT101 EM13CNT104 EM13CNT201 EM13CNT205 EM13CNT207 EM13CNT301	- Conhecer o histórico evolutivo da tabela periódica até a classificação periódica atual. - Compreender os princípios da Lei Periódica e reconhecê-lo como fundamental para o estabelecimento da classificação atual. - Relacionar a periodicidade das propriedades dos elementos com sua configuração eletrônica.

	EM13CNT302 EM13CNT309	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o conceito de elemento químico e as suas formas de representação por meio de símbolos. - Compreender e identificar o significado de informações e conceitos que envolvem elementos químicos na tabela periódica tais como grupo, família, classificação em metais, não-metais e gases nobres, número atômico, massa atômica, configuração eletrônica.
Modelos moleculares e Ligações Químicas	EM13CNT104 EM13CNT205 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT309	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer e compreender a fundamentação dos modelos para ligações iônicas, covalentes e metálicas. - Compreender a maior estabilidade de átomos de certos elementos químicos e da maior interatividade de outros, em função da configuração eletrônica. - Compreender ligações químicas como resultantes das interações eletrostáticas que associam átomos e moléculas para dar às moléculas resultantes maior estabilidade. - Empregar e interpretar códigos e símbolos próprios da Química na representação de substâncias por meio de suas fórmulas.
Notações Químicas	EM13CNT101 EM13CNT104 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302	<ul style="list-style-type: none"> - Empregar e interpretar códigos e símbolos próprios da Química na representação de substâncias por meio de suas fórmulas, transformações químicas na forma de equação química e grandezas da química como massa atômica, molar, molecular e mol. - Descrever e verter as transformações químicas em linguagens discursivas e simbólicas.
Compostos Inorgânicos	EM13CNT101 EM13CNT107 EM13CNT104 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302	<ul style="list-style-type: none"> - Conceituar ácidos e bases, segundo a Teoria de Arrhenius, Brønsted - Lowry e Lewis. - Conhecer os principais grupos de compostos inorgânicos e suas características. - Reconhecer e classificar as substâncias de acordo com a função inorgânica. - Verter e empregar linguagem simbólica da química referentes à nomenclatura de substâncias inorgânicas. - Representar em linguagem simbólica reações químicas envolvendo ácidos, bases, óxidos e sais. - Compreender o conceito de pH como uma possibilidade de classificar ácidos e bases.

Fonte: elaboração própria (2023).

Essas delimitações, junto com características socioambientais presentes na atividade mineradora em Pedra Lavrada, permitiram compor uma teia de conceitos orientadores para a seleção do conteúdo da SDI, segundo apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Teia de conceitos orientadores para a seleção do conteúdo da SDI na temática mineração, com ênfase na abordagem CTS(A) e na EDH.



Fonte: elaboração própria (2023).

A BNCC dá autonomia aos entes federativos na organização dos currículos, com o intuito de respeitar as características regionais e locais. Sendo assim, a partir da seleção efetuada nesse documento e nos Parâmetros Curriculares da Paraíba, e com a teia de conceitos orientadores estabelecida, foram definidos um conjunto de categorias e objetivos para a estruturação da SDI, de acordo com as funções ácido, base, óxido e sal. O Quadro 12 apresenta o resultado dessa seleção.

Quadro 12 - Conteúdos selecionados para a SDI

Categoria	Descrição
Objetos de conhecimento	Compostos inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.
Habilidade generalizada a ser formada	Classificar as substâncias/compostos inorgânicos, de acordo com as funções ácido, base, óxido e sal.
Competência a ser desenvolvida	Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações envolvendo recursos minerais, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
Habilidades específicas a serem desenvolvidas	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes recursos e produtos minerais, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. • Elaborar hipóteses, previsões e estimativas, e representar e interpretar modelos explicativos para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema relacionadas à atividade mineradora, por meio da abordagem CTSA e na perspectiva da Educação em Direitos Humanos.
Aspecto CTSA	Objetivos temáticos
Ciência	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o conceito de elemento químico, suas formas de representação e sua relação com os recursos minerais. - Compreender os fundamentos dos modelos para ligações iônicas, covalentes e metálicas existentes nos minerais. - Compreender a maior estabilidade de átomos de certos elementos químicos e da maior interatividade de outros, em função de suas configurações eletrônicas, e suas implicações para a composição química dos minerais. - Utilizar linguagem simbólica, própria da química, na representação de minerais e substâncias inorgânicas, por meio de suas fórmulas e nomenclaturas. - Classificar as substâncias inorgânicas em ácidos, bases, óxidos e sais, de acordo com suas características - Conceituar ácidos e bases, segundo a Teoria de Arrhenius. - Compreender o conceito de pH como uma possibilidade de classificar ácidos e bases. - Reconhecer propriedades químicas de materiais presentes ou decorrentes da atividade mineradora, como: efervescência, combustão, oxidação, corrosão, toxidez; degradabilidade, acidez, neutralidade e alcalinidade. - Classificar os recursos minerais em rocha, mineral, minério, mineral-minério e ganga; e suas fontes extrativas em depósito mineral, jazida e mina. - Conhecer os principais minerais produzidos e comercializados na cidade. - Classificar os principais minerais presentes em depósitos do Seridó, de acordo com suas aplicações, em: metálicos, não-metálicos e radioativos. - Classificar compostos presentes ou derivados de minerais existentes, produzidos e/ou comercializados em Pedra Lavrada, de acordo com as classes das Funções Inorgânicas.
Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender a mineração como criação humana, inserida na história e na sociedade em diferentes épocas, e sua relação com a Ciência e a tecnologia química.

	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer aspectos relevantes da conservação e da transformação de recursos minerais, identificando tecnologias, rendimentos e implicações econômicas, sociais e/ou ambientais da obtenção e beneficiamento de minerais em jazidas e minas do Seridó Oriental. - Compreender a importância e as limitações do conhecimento técnico-científico dos garimpeiros na atividade mineradora.
Sociedade	<ul style="list-style-type: none"> - Relacionar atividade mineradora às necessidades humanas e ao consumismo. - Compreender o impacto da atividade mineradora no desenvolvimento local, incluindo a geração de emprego e renda. - Conhecer os direitos humanos relacionados à mineração, incluindo a proteção à integridade física e a exploração da força de trabalho, e suas possíveis violações no contexto local. - Descrever os impactos dessa atividade na saúde e na qualidade de vida de mineradores e da população. - Entender o papel e a atuação do poder público diante da fiscalização e da arrecadação de impostos relacionados à extração e comercialização de minérios. - Avaliar como os impactos causados pela mineração afetam a comunidade. - Elaborar hipóteses e soluções para os problemas sociais relacionados à mineração no âmbito local.
Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer os impactos ambientais da atividade mineradora, de modo geral, incluindo o garimpo. - Conhecer os tipos de poluição e de degradação ambiental relacionados à mineração, relacionando-os às responsabilidades sociais por sua geração e às lutas por sua redução. - Analisar os impactos ambientais causados pela atividade. - Elaborar hipóteses e soluções para os problemas ambientais relacionados a mineração no âmbito local, contendo medidas de prevenção, mitigação e/ou compensação dos impactos socioambientais, por meio de técnicas/práticas que resultem em um adequado armazenamento do material, na redução dos rejeitos e no reaproveitamento de resíduos minerais.

Fonte: elaboração própria (2023).

A seleção efetuada para o conteúdo Funções Inorgânicas permitiu uma abordagem relacional, associando a Química a outros objetos de conhecimentos que também estão ligados à mineração. A partir dessa organização curricular, os objetivos de aprendizagem foram descritos como “objetivos temáticos”, para incorporar e delinear as dimensões CTS(A) e de EDH, de modo que: a “**Ciência**” correspondesse à Química e aspectos mineralógicos da mineração, a partir da busca pelo conhecimento científico em uma perspectiva social; a “**Tecnologia**” como o uso da busca pelo conhecimento científico e outros conhecimentos para resolver problemas da humanidade, ou seja, abrange a compreensão do desenvolvimento, características e aplicação da mineração no contexto social; a “**Sociedade**” como a instituição humana que ocorre as mudanças científicas e tecnológicas, então insere os impactos antrópicos, positivos e negativos, da mineração local, relacionando-os aos direitos humanos e, conseqüentemente, permitindo a articular a EDH; e “**Ambiente**” para ajudar a compreender o cenário em que esses aspectos estão ocorrendo. Embora discriminados por categorias, essas dimensões compõem uma tessitura com inter-relações dinâmicas que envolverão abordagens conjuntas, ora se sobressaindo alguns aspectos, ora outros, mas sempre interligados.

3.4 A estrutura da SDI

A SDI foi estruturada em momentos pedagógicos ordenados e articulados, que objetivam auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio de uma temática central, utilizando-se de problematizações de conceitos científicos, conforme consideram Santos e Galembeck (2018). Sendo assim, a SDI foi proposta para ser desenvolvida ao longo de 7 aulas, com duração entre 40 minutos e 1 hora e 20 minutos, que serão divididas em momentos pedagógicos.

Os momentos didáticos foram planejados pela adaptação das propostas de Carvalho (2013), Sasseron (2019), Conrado (2018) e Torres Merchán (2014) e de Conrado e Nunes-Neto (2018) e Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2020), e das etapas/dimensões do processo metodológico para a EDH proposta por Calissi (2014). Tal perspectiva compreende, de forma indissociável, as etapas, as dimensões e as estratégias para o desenvolvimento de competências e habilidades do estudante em 4 etapas: i) ativação e problematização do conhecimento prévio; ii) mediação e aprofundamento do conhecimento; iii) execução e aplicação do conhecimento; e iv) síntese: mobilização de conhecimentos. No processo ensino-aprendizagem, essas etapas estão distribuídas em momentos pedagógicos diferenciados, mas não-dissociados, portanto, divisão é somente didática, para se destacar a ênfase de cada uma delas no ensino dos conteúdos selecionados previamente para a SDI (Quadro 11), visando o processo de formação de ações, que se convertam em capacidades e em procedimentos intelectuais contributivos para a formação da dos estudantes.

Essa estruturação (Quadro 13) está voltada à realização de um conjunto de atividades para auxiliar os estudantes a solucionarem problemas e um caso de caráter socioambiental sobre a mineração e apresentarem as suas resoluções, verbalmente, por via oral e/ou textual. Ela está desenhada de modo a proporcionar a utilização de estratégias que favoreçam o contato dos estudantes com conteúdos associados a problemas relevantes para o seu contexto. Essa opção pretende auxiliar à formação de um conjunto de habilidades, possibilitando-lhes formular bons posicionamentos sobre os fenômenos e compreensões dos conceitos químicos e mineralógicos, e de suas relações com as dimensões tecnológicas, sociais e ambientais envolvidos na atividade mineradora, assim como a discutir sobre os direitos humanos na mineração. No processo de validação, essa estrutura foi apresentada aos participantes da pesquisa (Apêndice B).

Quadro 13 - Síntese das etapas da SDI

SDI: A QUÍMICA E A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO				
Participantes e contexto				
Caracterização dos estudantes	Os participantes desta pesquisa serão estudantes de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, de uma escola estadual, em Pedra Lavrada, PB, eles residem na zona urbana e na zona rural do município. O terceiro ano foi escolhido pelo entendimento que, nessa fase de escolaridade, os estudantes já deveriam apresentar um pensamento químico mais desenvolvido, expressado pelo domínio de conceitos químicos estruturadores, como propõem Oliveira Neto, Marcelino Jr e Lima (2019).			
Caracterização da escola	A pesquisa será desenvolvida na Escola Cidadã Integral Graciliano Fontini Lordão, localizada na Rua Professor Francisco Ferreira, n.º 13, no centro da cidade. O município está situado no bioma da caatinga, na microrregião do Seridó Oriental do estado da Paraíba, localizado a cerca de 230 km da capital, João Pessoa. A riqueza mineral de Pedra Lavrada a torna conhecida como “A Terra do Minério”, em consequência da grande variedade de rochas e minerais que compõem o seu subsolo. A mineração é uma das principais atividades econômicas da cidade.			
Problematização				
A mineração é uma importante atividade econômica do Seridó da Paraíba, associada a aspectos positivos e negativos. Porém, contraditoriamente, essa temática é desconhecida por muitos moradores e ainda é pouco difundida e explorada nas escolas da região. Nesse sentido, há a necessidades de propostas didáticas que vinculem esse tema à abordagem de conteúdos do currículo escolar, como os conteúdos químicos. Assim, recai a expectativa sobre a proposição de uma Sequência Didática Investigativa (SD) fundamentada na mineração enquanto temática socioambiental, relacionada ao cotidiano dos estudantes de Pedra Lavrada, para auxiliar na contextualização e contribuir com a formação cidadã dos participantes.				
Objetivo geral				
Identificar contribuições e limitações de uma SDI, com abordagem temática sobre a mineração no Seridó Oriental paraibano, concebida na perspectiva do abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e da Educação em Direitos Humanos, para a abordagem do conteúdo Funções Inorgânicas junto a estudantes do Ensino Médio.				
Procedimentos metodológicos				
Aulas	Etapa EDH	Objetivos específicos	Conteúdo	Dinâmica das atividades/ material
1 e 2	Ativação e problematização dos conhecimentos prévios	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar a pesquisa e a SDI. • Avaliar as compreensões dos estudantes sobre: a classificação das Funções Inorgânicas, as classificações dos recursos minerais; e das relações entre os aspectos CTS(A) na atividade mineradora local, incluindo questões em direitos humanos. • Estabelecer uma identificação com a temática e uma motivação para o ensino-aprendizagem. 	Recursos minerais. Minérios. Tipos de minérios. Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussões sobre a proposta. • Resolução de um questionário (perguntas abertas). • Problematização inicial: apresentação do caso. • Introdução da temática, por meio da exibição de imagens fotográficas e de vídeos, e da discussão, em roda de conversa, sobre aspectos CTS(A) presentes na atividade mineradora local.
3	Mediação e aprofundamento do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Abordar características das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais do Seridó Oriental, sob abordagem CTS(A) e 	Recursos minerais. Minérios. Tipos de minérios. Compostos	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas expositivas e dialogadas. • Leitura dirigida do texto “Pedra Lavrada, a terra dos minérios”.

		de suas relações com os direitos humanos, com ênfase científico-tecnológica. • Abordar características das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais do Seridó Oriental, sob abordagem CTS(A) e de suas relações com os direitos humanos, com ênfase socioambiental.	Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.	<ul style="list-style-type: none"> • Resolução de problemas, com pesquisa/levantamento das características geológicas, os principais minerais encontrados na região, os produtos dos seus beneficiamentos, associando-os às suas propriedades e aplicações. • Manipulação de minerais. • Realização de experimentos demonstrativos-investigativos. • Aulas expositivas e dialogadas. • Leitura dirigida do texto “Pedra Lavrada, a terra dos minérios”. • Debate, com a presença de profissionais vinculados ao setor de mineração local.
4 e 5	Execução e aplicação do conhecimento	• Desenvolver ações para classificação das substâncias inorgânicas e avaliação de benefícios e riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes recursos e produtos minerais, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o enfrentamento de problemas relacionadas à atividade mineradora, sob a abordagem CTS(A) e em direitos humanos.	Recursos minerais. Minérios. Tipos de minérios. Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de fluxogramas sobre a relação CTS(A) na atividade mineradora em Pedra Lavrada. • Resolução do caso apresentado inicialmente. • Planejamento da exposição “Feira dos Minérios: Ciência, Tecnologia, meio ambiente, economia e cultura”.
6	Síntese e mobilização de saberes	• Realizar uma culminância para a mobilização de conhecimentos relacionados à habilidade de classificar as substâncias inorgânicas e à atividade mineradora, sob uma perspectiva CTS(A) e em direitos humanos.	Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.	• Promoção da “Feira dos Minérios: Ciência, Tecnologia, meio ambiente, economia e cultura em Pedra Lavrada”.
7		• Avaliação		• A SDI será avaliada pelos estudantes ao final de sua aplicação.
Avaliação da SD				
Os estudantes responderão a um questionário e às atividades para compor os dados para análise da pesquisa.				
Bibliografia				
CALISSI, Luciana. A Escola como espaço de formação/transformação: estratégias metodológicas para educação em/para os Direitos Humanos. <i>In</i> : FLORES, Elio Chaves; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; BARBOSA E MELO, Vilma de Lurdes (Org.). Educação em direitos humanos & educação para os direitos humanos . João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2014, p. 109-139. Disponível em: https://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2017/10/Educa%C3%A7%C3%A3o-em-e-para-DH.pdf . Acesso em: 8 de maio de 2023.				

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas:** fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/n7g56/pdf/conrado-9788523220174.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 84 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2022.

OLIVEIRA NETO, José Olímpio de; MARCELINO-JR, Cristiano de Almeida Cardoso; LIMA, Analice de Almeida. O desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em licenciandos em química. *In: Anais do IV CONAPESC*, v. 4, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conapesc/2019/PROPOSTA_EV126_MD4_ID2306_22072019222600.pdf. Acesso em: 27 de maio de 2023.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QZSvNkKHJHG3Wk6XsSd7Phb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2023.

TORRES-MERCHÁN, Nidia Yaneth. El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. **Zona Próxima**, Barranquilla, n. 14, p. 126-141, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/853/85320028008.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

SANTOS, Veronica Gomes; GALEMBECK, Eduardo. Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do Ensino Fundamental I. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 879-904, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4802>. Acesso em: 05 out. 2023.

Fonte: elaboração própria (2023).

3.4.1 *Explicando as etapas da SDI*

Baseando-se nas propostas de Conrado e Nunes-Neto (2018) e Conrado, Nunes-Neto e El-Hani (2020) para o ensino de Ciências, com base na abordagem CTS(A), e na proposta de Calissi (2014) para a EDH, o conjunto de atividades investigativas está direcionado à construção de um caminho interacional, entre: estudo de caso, fundamentados em questões sociocientíficas; questões orientadoras; e objetivos temáticos.

As estratégias para a implementação da SDI envolvem atividades individuais e coletivas, privilegiando-se trabalhos em grupos, nos quais haverá: investigação, mapeamento e sistematização de relações entre CTS(A); discussões de questões controversas, com base nos problemas e em debates; e reflexões sobre valores e interesses envolvidos na atividade mineradora local. Em todas as etapas, o(a) docente ou pesquisador(a) deve procurar mediar as atividades da SDI, de tal modo a oferecer aos estudantes a oportunidade de exporem suas ideias a respeito de fenômenos e conceitos científicos em um ambiente estimulante que, conforme em Mortimer e Machado (1996, p. 50), contribua para a entrada “[...] numa nova cultura, diferente da cultura de senso comum”. A sugestão é que o(a) docente ou pesquisador(a) auxilie os estudantes na análise da situação vigente e na proposição de possíveis ações sociopolíticas para modificá-la para melhor.

O papel de mediação nesse processo é essencial, fornecendo apoio teórico-prático e emocional nas atividades, e exercendo uma função de consultor(a) crítica, que planeja, orienta, acompanha e facilita a aprendizagem. Os estudantes devem desenvolver atividades com suporte do(a) docente ou pesquisador(a), que buscará aproximá-los das atividades científicas e promover um ambiente em sala de aula no qual a comunicação não seja unilateral. Assim como colocado por Vidrik *et al.* (2020), sugerimos que o(a) docente busque a possibilidade da turma se engajar com as discussões, bem como raciocínios de comparação, análise e avaliação. Ao mesmo tempo, em consonância ao recomendado em propostas dessa natureza, como Santos e Galembeck (2018), os estudantes devem ser estimulados a assumir uma postura de envolvimento nas discussões e nas interações, tanto entre si, quanto com o(a) docente e com os demais profissionais participantes. Seguindo as considerações de Nascimento e Sasseron (2019, p.7), postura será “[...] relativizada por níveis de expertise ou conhecimento, mas não por uma relação vertical de poder entre professor e estudantes, de modo que todos sejam considerados igualmente capazes de contribuir”.

Os momentos pedagógicos devem ser orientados por gerar interesses e fomentar discussões que envolvam os estudantes e lhes despertem curiosidade pelo conhecimento. Nesse

sentido, conforme em Ferraz e Sasseron (2017), eles envolverão situações que oportunizam o debate em sala de aula, permitindo a participação ativa dos estudantes, aproximando-os tanto das práticas relacionadas à cultura científica quanto contribuindo para auxiliar a gerar consciência para assumir atitudes socioambientais, envolvendo o respeito ao meio ambiente e os direitos humanos, que sejam mais responsáveis e sustentáveis. A seguir, é apresentado o detalhamento dos 4 (quatro) momentos pedagógicos, desenvolvidos com base na proposta de Calissi (2014) em EDH.

3.4.2 Ativação e problematização dos conhecimentos prévios

Esta etapa está relacionada com a apresentação da proposta e a ativação e problematização dos conhecimentos prévios. Primeiramente, sugerimos uma apresentação dialogada, com exibição de *slides*, nas quais serão fornecidas explicações e discutidos os aspectos gerais sobre a SDI.

Para contemplar a metodologia descrita por Calissi (2014), a ativação e problematização dos conhecimentos prévios constará de: resolução de um questionário; apresentação do caso e introdução da temática. Em relação ao questionário (sugerido no Apêndice C), sua aplicação está relacionada a verificação dos conhecimentos aprendidos. Ele deverá ser resolvido individualmente e conterá um conjunto de problemas envolvendo algumas inter-relações entre aspectos CTS(A), associados às características e aos impactos da atividade mineradora no âmbito regional, especialmente em Pedra Lavrada.

Tomamos a concepção de Gil-Pérez e Torregrosa (1987) para o desenvolvimento de problemas sob a perspectiva do ensino por investigação, considerando que eles supõem a incorporação de situações nas quais seja necessário pensar cientificamente e que os estudantes se sintam estimulados a investigá-las. A partir das propostas desses autores, será produzido um conjunto de problemas abertos e autênticos, ou seja, problemas que veiculam situações contextualizadas, conflitantes e que não apresentam uma resposta óbvia, as quais os estudantes reconhecem. Junto a isso, como em Gomes, Borges e Justi (2008), as respostas para este tipo de problema não são disponibilizadas diretamente e exigem que o estudante se mobilize, e encontre formas de coletar e analisar dados e informações que o levem a propor soluções plausíveis. Conforme em Carvalho (2013), nessas resoluções, espera-se que os estudantes desenvolvam importantes práticas do fazer científico, tais como as descrições, justificativas, elaboração de hipóteses, explicações, tomadas de decisão e emissão de juízos.

No Quadro 14, descrevemos os aspectos que orientarão a composição de problemas, utilizados neste e demais etapas:

Quadro 14 – Aspectos que orientarão a composição de problemas

Compreensão dos fundamentos conceituais e representacionais, e de algumas aplicações de material inorgânico, no que diz respeito ao estabelecimento das classificações de: elementos químicos, ligações químicas (iônica, covalente e metálica), funções inorgânicas (ácidos, bases, sais e óxidos); recursos minerais (rocha, mineral, minério, mineral-minério e ganga); fontes extrativas de minerais (depósito mineral, jazida e mina); e minerais industriais (metálicos, não-metálicos e radioativos).
Compreensão da atividade mineradora, incluindo a praticada em Pedra Lavrada, como o resultado de uma criação humana, inserida na história e na sociedade em diferentes épocas, que influenciou o desenvolvimento da Ciência e a tecnologia química, as quais continuam se influenciando mutuamente, em virtude de atendimento às necessidades humanas e ao consumismo.
Conhecimento dos principais minerais existentes, extraídos e comercializados no município.
Reconhecimento de aspectos relevantes da conservação e da transformação de recursos minerais, identificando tecnologias e implicações socioambientais da ocorrência, extração e/ou beneficiamento de minerais em depósitos, jazidas e/ou minas do Seridó Oriental e, em particular, Pedra Lavrada.
Reconhecimento e posicionamento frente aos impactos positivos e negativos da atividade mineradora no desenvolvimento local e suas interferências socioambientais.

Fonte: elaboração própria (2023).

Em outro momento dessa aula, o(a) docente ou pesquisador(a) apresentará o caso. A incorporação de questões sociocientíficas na problematização inicial da SDI sobre a mineração em Pedra Lavrada ocorrerá, preliminarmente, pela apresentação e resolução do caso “Os dilemas de Jadissom: um jovem estudante garimpeiro”. Portanto, o caso se configurará como um ponto de partida da proposta. Sua resolução inicial deverá apresentar alguns entraves, pois, para encontrar as respostas para o tipo de problemática veiculada na forma de um problema envolvendo implicações socioambientais da mineração em Pedra Lavrada. Para tanto, o estudante precisará de conhecimentos talvez ainda não apropriados, e terá de se mobilizar e buscar formas de coletar e analisar dados e informações que o levem a propor soluções plausíveis.

Seguindo a concepção de Conrado e Nunes-Neto (2018), um caso é tratado como uma narrativa, construída como história curta, que se aproxima do contexto socioambiental dos estudantes. Foi inclusa a essa concepção elementos da estruturação proposta por Faraco (1992), de modo que essa narrativa possua alguns constituintes: i) enredo; ii) pessoas ou personagens; iii) lugar da ocorrência dos fatos; iv) narrador; e v) foco narrativo. O foco narrativo do caso se associará ao ponto de vista do narrador, alguém que não participa da história. Na qualidade de um recurso didático, tomando o entendimento de Santos e Carmo (2015), pretende-se que a narrativa elaborada possibilite o diálogo e a articulação entre o conteúdo e suscite a participação do estudante sobre os fatos, processos e atividades na perspectiva CTS(A) em EDH. Conforme em Conrado, El-Hani e Nunes-Neto (2015) e em Zeidler *et al.* (2005), pretende-se que o caso explicita diferentes interpretações, pontos de vista, crenças e juízos de valor dos estudantes, além de contribuir para a sensibilização e seus engajamentos nas demais atividades. Desse

modo, espera-se que ele se constitua em um elemento promotor da investigação, associado à habilidade geral, permitindo o surgimento, desenvolvimento e compreensão dos conceitos presentes nos objetivos temáticos.

O Quadro 15 apresenta o caso inspirado na matéria jornalística “Quebrar pedras a estudar: uma opção - Alisson não gosta da escola porque acha que não aprende como deveria”, divulgada no Estadão, em 4/11/2007. A problemática do caso envolve aspectos científico-tecnológicos e impactos significativos - positivos e negativos - advindos da inter-relação entre a atividade mineradora e os meios físico, biótico e antrópico, no que tange à(ao): retirada da vegetação; perfuração das rochas; carregamento dos furos com explosivo; seleção, desbastação e beneficiamento dos minerais; deposição de resíduos; carregamento e transporte dos minerais; e condições de trabalho, envolvendo problemas e riscos à saúde do trabalhador.

Quadro 15 - Caso a ser utilizado na problematização dos conhecimentos prévios

Os dilemas de Jadisson: um jovem estudante garimpeiro

Jadisson é um jovem de 14 (catorze) anos, que reside Pedra Lavrada, Paraíba. O seu pai é garimpeiro, atividade que também já era praticada pelo avô de Jadisson, na qual ele teve de continuar para sustentar a família. Jadisson estuda em uma escola do município e troca os cadernos e livros por um martelo e uma luva de borracha, numa rotina muito dura. Para ajudar na renda de casa, Jadisson precisa ficar com seu pai no garimpo, ajudando-o a quebrar 10 (dez) toneladas de pedras, por semana, para ganhar 2 (dois) salários-mínimos por mês. Essa renda é necessária para a família sobreviver nas condições locais.

O local onde eles e outros pais de família trabalham fica em um amplo depósito mineral, que contém jazidas com diferentes minerais. No passado, lá havia algumas minas que produziam feldspato, quartzo e mica. Essa matéria-prima era comercializada para outros locais, do Brasil e do exterior, e utilizada, principalmente, nas indústrias cerâmicas e de vidros. Também eram testados e beneficiados para gerar vários produtos, dentro de processos que envolviam diferentes compostos, representativos das Funções Inorgânicas. Porém, a mina que Jadisson e seu pai trabalham ficou inativa, mas atividade de continua acontecendo, de forma clandestina, dentro do garimpo, aberto por um comerciante local, que compra a produção deles e dos demais garimpeiros.

Jadisson vai com seu pai ao garimpo diariamente, assim que chega da escola. Eles quebram os pedaços de rochas que foram dinamitadas. Às vezes, eles estão no local quando as ocorrem explosões, cujas vibrações e barulhos afetam residentes e instalações próximas. Em meio ao estrondo, são formadas imensas nuvens de pó branco. Mas, tanto o barulho quanto esse pó fazem parte do dia-dia de Jadisson e de seu pai. Eles utilizam enxadas e marretas para juntar e quebrar as pedras, e essa movimentação também gera um ruído alto e uma suspensão de poeira muito fina. Essa névoa cobre seus corpos e todas as plantas próximas. Eles também inalam diariamente esse pó, pois não utilizam máscaras nem qualquer outro equipamento de proteção individual.

A atividade mineradora deixou a paisagem local não agradável aos olhos. A maioria das plantas foi removida, a fauna se afugentou, crateras gigantescas foram abertas, a erosão mudou o relevo e pilhas de gangas criaram grandes depósitos de rejeitos.

Jadisson permanece trabalhando e preocupado com seu pai, que está doente. O raio-X para investigar um cansaço e tosse persistente indicou que seu pulmão está muito manchado. Os médicos o disseram que ele tem “a doença do pó do alto” e que não poderá mais quebrar pedras, se quisesse continuar vivo. Sem o garimpo, a família não tem renda, pois o pai de Jadisson não tem carteira assinada, muito menos plano de saúde.

Alisson se vê dentro de dilemas complexos, em relação a: i) interromper ou concluir o ensino médio; ii) manter seu pai saudável e produtivo, ou aposentado; iii) continuar ajudando a contribuir com a renda da família fazendo algo diferente, mas ainda dentro da atividade mineradora, com a qual possui muita experiência e afinidade; e iv) lutar para que sejam encerradas todas as atividades nos garimpos do município, e evitar que outras pessoas passem pelo que seu pai tem passado.

Após ler o caso, considerando os aspectos científico-tecnológicos e socioambientais a ele relacionados, e refletir sobre o cenário vivido por Jadisson, qual decisão você tomaria?

Fonte: elaboração própria (2023).

Os estudantes precisarão analisar e propor soluções por meio de aplicações do conhecimento científico/químico e tecnológico, e de suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens própria da Química, para propor ações individuais e coletivas, contendo medidas de prevenção, mitigação e compensação dos impactos socioambientais, na perspectiva dos direitos humanos, que aperfeiçoem esse processo produtivo, minimizem seus impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local.

Fundamentadas proposições de Conrado (2017) e Conrado, El-Hani e Nunes-Neto (2015), sugerimos a discussão com os estudantes sobre o caso será guiada pelas questões orientadoras apresentadas no Quadro 16.

Quadro 16 - Questões orientadoras do caso

Questões orientadoras
1 - Qual a decisão tomada por você com relação ao caso? Por quê?
2 - Que conhecimentos científicos e tecnológicos são relevantes para a compreensão e a tomada de decisão sobre o caso?
3 - Que condicionantes sociais e ambientais são relevantes para a compreensão e a tomada de decisão sobre o caso?
4 - Quais as consequências socioambientais de sua decisão?
5 - Você acredita ser possível conciliar interesses da natureza não-humana (flora, fauna, solo, rochas, minerais etc.) com interesses humanos (trabalho, segurança, saúde, geração de renda etc.)? Justifique.
6 - Como minimizar os impactos socioambientais e melhorar as condições de vida em âmbito local?

Fonte: elaboração própria (2023).

Essas atividades visam a introdução da temática e a motivação dos estudantes para participação e engajamento nos demais momentos da SDI. A introdução de temas por meio de imagens e vídeo se alinha às concepções, como a de Belchior (2021), que a utilização dessa mídia audiovisual permite a exibição de materiais que ilustrem ideias e motivem os estudantes, tornando os processos de comunicação mais participativos e a relação de ensino-aprendizagem mais interativa. As imagens serão figuras representativas da paisagem local, de manchetes de notícias e fragmentos de textos divulgados em veículos de comunicação (jornais e *sites*). Elas comporão mosaicos que indicarão impactos da mineração no contexto mundial, nacional, regional e local em um cenário controverso. Um exemplo de slides contendo imagens com essas descrições é apresentada na Figura 10, que destaca aspectos positivos relacionados a mineração. Elas descrevem a riqueza mineral de Pedra Lavrada, iniciativas de empresas do ramo relacionada a promoção da sustentabilidade, incluindo o reaproveitamento de resíduos. Essa estratégia pode ser utilizada para construir um espaço de diálogo, no contexto local e nacional, identificar o que os estudantes sabem sobre a própria realidade e ajudá-los a perceber quais direitos humanos são garantidos a partir dessas notícias.

Figura 10 - Destaque a impactos positivos da atividade mineradora - Exemplo de *slide* a ser utilizado na introdução da temática, dentro do momento de ativação e problematização dos conhecimentos prévios

Goiás reestrutura setor da mineração e promete crescimento com sustentabilidade

Com novo Plano Estadual de Mineração e participação de institutos de pesquisa científica, estado pretende renovar o setor.

Moçambique: Indústria extrativa tornou-se mais transparente

A avaliação é de especialistas do setor. Mas ainda há muito por fazer para aumentar a transparência - especialistas dizem que há muita informação sobre a exploração que ainda não é disponibilizada ao público.

Desempenho da mineração tem queda em 2022, mas setor cria mais empregos e aumentará investimentos para US\$ 50 bi até 2027

Apesar dos resultados inferiores aos de 2021, as mineradoras vão ampliar os investimentos no país, principalmente socioambientais - de US\$ 4,2 bilhões para US\$ 6,8 bilhões em cinco anos, aponta o **ABRAM - Mineração do Brasil**. Setor gerou mais de 8 mil vagas abertas e quase metade das municípios apresenta atividade mineral relevante em 2022.

Maria Gabriela da Costa Melo
Mestranda em Ensino de Química
PPGCEM UEPB
Universidade Estadual da Paraíba

Fonte: elaboração própria (2023).

Na Figura 11, estão evidentes aspectos negativos da mineração, expressando um cenário que viola alguns direitos humanos. Essa atividade pode ser utilizada para provocar os estudantes a identificarem quais direitos estão sendo violados. Essa estratégia busca evidenciar o caráter controverso da temática, possibilitando um debate que permita aos estudantes construir ou emitirem suas opiniões e/ou reelaborarem suas percepções quanto ao tema.

Figura 11 - Destaque a impactos negativos da atividade mineradora - Exemplo de *slide* a ser utilizado na introdução da temática, dentro do momento de ativação e problematização dos conhecimentos prévios

Operação de combate ao trabalho escravo resgata 39 pessoas em área de mineração ilegal no Pará

Após uma procuradoria promover duas operações em Itaipava (PA), mineração a partir do município. Duas associações indígenas foram queimadas.

Pó de sílica ameaça a saúde dos paraibanos

Balsas de garimpo ilegal voltam a se aglomerar no Rio Madeira sete meses após operação da PF

Empresas controladas pelo empresário brasileiro denunciado em 2017 e apreensão de embarcações e de mineração ilegal no rio Madeira, no Estado do Amazonas.

Doença respiratória atinge cerca de 500 mil trabalhadores da mineração

Nova Lima inteira cotidianamente vítimas de silicose; falta de indenização e ónus ao Estado são "heranças" da mineração

Pesquisa da UFMG mostra impacto da mineração na saúde e como áreas verdes podem diminuir o problema

Estudo revelou que áreas verdes podem reduzir em 20,7% a exposição de trabalhadores.

Mariana: tragédia completa 7 anos de impunidade e atrasos na reparação às vítimas

Crise de falta de registros de mineração ilegal, 13 pessoas mortas, doenças e Rio Doce e longo debate ambiental e corporativo no Rio de Janeiro de 2015. Primeiro mineral a ser extraído em fase de decomposição de reassentados.

Brumadinho: quatro anos após tragédia, três vítimas ainda não foram localizadas

Pesquisa técnica de forense e polícia recuperou boneco e trabalho de cadáver das vítimas cobertas ao longo quebra da falha da Mina do Córrego do Itiúba

Maria Gabriela da Costa Melo
Mestranda em Ensino de Química
PPGCEM UEPB
Universidade Estadual da Paraíba

Fonte: elaboração própria (2023).

O(a) docente ou pesquisador(a) deverá exibir 3 vídeos, descritos no Quadro 17, de curta-duração, sobre a atividade mineradora em Pedra Lavrada, com discussão, em roda de conversa, sobre aspectos CTS(A) presentes.

Quadro 17 - Descrição dos vídeos que serão utilizados no primeiro momento pedagógico

Título do vídeo/autoria	Descrição
<p>Vídeo 1 – Salvamento arqueológico da Pedra de Retumba, Pedra Lavrada-PB. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=L7gLVi52wh8 (acesso em: 5/10/2023). Produção do historiador Ian Cordeiro, com 3:15min de duração, para concorrer a 34ª edição do Prêmio Rodrigo Melo Franco Andrade 2021, do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Brasil) – IPHAN.</p>	<p>Traz uma descrição da Pedra de Retumba, principal patrimônio cultural de Pedra Lavrada e relata uma ação de resgate do painel arqueológico da Pedra de Retumba, contendo várias imagens rupestres, realizada em 2019. A pedra ficou submersa por um açude construído na bacia do riacho e, posteriormente, o estouro de uma cadeia de outras barragens provocou o assoreamento deste açude e, conseqüentemente, o soterramento da pedra. No relato, o historiador também faz uma síntese de duas ações posteriores, que foram impulsionadas pelo resgate: o lançamento de um livro contando a história do Sítio; e a instalação do Museu Histórico e Geográfico Francisco Retumba, em referência ao engenheiro de minas que encontrou a pedra em 1886. No museu, há fósseis de animais gigante, materiais arqueológicos e minerais encontrados na região.</p>
<p>Vídeo 2 – Rota - Pedra Lavrada 2. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=8RAaFJRteN8 (acesso em: 5/10/2023). Reportagem do quadro Rota Pedra Lavrada, do Programa Diversidade Cultural, com duração de 4:37min, produzida em 2011, pela Rede ITA, emissora de brasileira de televisão, sediada em Campina Grande, PB, que opera no canal 18 UHF digital e é afiliada à TV Cultura.</p>	<p>A equipe do programa visitou Alto Feio, um pegmatito diferenciado com grande núcleo de quartzo róseo, de excelente qualidade, onde se localiza uma das minas em atividade no município. Há exibição de entrevistas com: garimpeiros; um membro da COOMIPEL, que apresenta os processos de beneficiamento de minerais na cooperativa; lapidadores de minerais; e artesãos, que confeccionam diferentes tipos de artesanato em minerais e rochas.</p>
<p>Vídeo 3 - Desmonte de rocha! Pedra Lavrada! Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/sharon-fernandes-6aa6b040_desmonte-de-rocha-pedra-lavrada-o-in%C3%ADcio-activity-6839323450423681024-jKYQ?trk=public_profile_like_view (Acesso em: 5/10/2023). Publicação de Sharon Fernandes na rede social LinkedIn.</p>	<p>O vídeo de 13s mostra, em visão panorâmica, a detonação de rochas em um depósito, na Caatinga, e a formação de uma grande nuvem de poeira.</p>

Fonte: elaboração própria (2023).

A proposta de discussão em roda de conversa se ampara na metodologia citada em Vieira (2015), na qual a sua execução percorre um circuito de 5 etapas: organização, inspiração, reflexão, sistematização e avaliação. Seguindo as proposições de Machado e Sasseron (2012), propomos alguns tipos de questionamentos no Quadro 18:

Quadro 18 - Natureza dos questionamentos para a roda de conversa

Tipo de pergunta	Pergunta
Pergunta de problematização	Por que isso acontece? Como explicar isso/esse fenômeno?
Pergunta sobre dados/ações	O que acontece quando você/se faz...? O que foi importante para que isso acontecesse? Como isso se compara a ...?

Perguntas exploratórias sobre o processo	O que você acha disso? Como será que isso funciona? Como chegou a essa conclusão?
Perguntas de sistematização	Você conhece algum outro exemplo para isso? O que disso pode servir para este outro...?

Fonte: elaboração própria (2023).

As discussões também contribuirão para a retomar a discussão sobre o caso, que será reexaminado a partir de informações veiculadas nas imagens e nos áudios. Assim como em Carvalho (2013), tanto neste quanto nos demais momentos da SDI, serão estimulados o diálogo e a liberdade intelectual, intencionando que os estudantes desenvolvam importantes práticas do fazer científico, tais como: elaborações argumentativas: explicações, descrições, justificativas e generalizações. Com isso, busca-se auxiliá-los a pensar, debater e justificar suas ideias, aplicando seus conhecimentos em outras situações.

3.4.3 *Mediação e aprofundamento do conhecimento*

As atividades propostas para os ciclos do momento de mediação e aprofundamento do conhecimento, tem como pressuposto as aulas expositivas e dialogadas. Uma aula expositiva dialogada é tomada, com base em Paz e Leão (2018), como uma estratégia que se caracteriza para introduzir, explicar e/ou exemplificar diferentes aspectos do conteúdo, com a participação ativa dos estudantes, considerando seus conhecimentos, e com o(a) docente ou pesquisador(a) atuando como mediador(a) de um processo que os estimule a questionar, investigar, interpretar e discutir o objeto de estudo. Assim, o(a) docente ou pesquisador(a) deve estimular o pensar, debater e justificar suas ideias, aplicando seus conhecimentos envolvidos na mineração, tanto em Pedra Lavrada quanto em outras situações.

Esse momento o(a) docente ou pesquisador(a) poderá utilizar o texto “Pedra Lavrada: aqui não temos bauxita, mas temos feldspato, somos a terra dos minérios!” (Apêndice D), desenvolvido para essa SDI. O texto traz uma discussão inicial sobre o alumínio e a bauxita, minerais que são sua principal fonte de exploração. A partir desses aspectos, apresenta-se a riqueza mineral de Pedra Lavrada, tomando-se como ponto de partida o feldspato, mineral abundante no município, explorado há anos e utilizado principalmente nas indústrias de vidro e de cerâmica. O transcorrer do texto traz uma visão sobre algumas das principais características das dimensões CTS(A) das inter-relações dos impactos da mineração local.

Tomou-se por base para realização da leitura dirigida alguns critérios utilizados em disciplinas escolares, inclusive em propostas de ensino investigativo de Química, como em Broietti e Arrigo (2021), que desenvolve a leitura coletiva do texto. Previamente, o(a) docente ou pesquisador(a) deve fornecer uma ideia do assunto a ser lido. A leitura será realizada

individualmente pelos participantes, com supervisão para comentar os pontos a serem destacados, que correspondem aos objetivos temáticos da SDI e que estão sintetizados nos aspectos científicos-tecnológicos e socioambientais orientadores da composição dos problemas utilizados nos momentos pedagógicos. Ao final, o(a) docente ou pesquisador(a) faz um resumo, ressaltando as inter-relações, na perspectiva CTS(A) e em direitos humanos.

Com base no texto, o(a) docente ou pesquisador(a) deverá instruir os estudantes a preencher 5 quadros (Apêndices E, F, G, H e I), adicionando-lhes informações correspondentes a: i) classificação de termos relacionados à ocorrência e extração de minérios; ii) classificações de minérios baseadas na importância econômica que eles exercem na sociedade; e iii) classificações de compostos representativos das Funções Inorgânicas, presentes e/ou utilizados no contexto mineralógico. Para ajudá-los nessas atividades, o(a) docente ou pesquisador(a) poderá contar ainda com um texto complementar (Apêndice J), que pode ser entregue aos estudantes.

Em relação a resolução de problemas, serão desenvolvidos, com base em concepções descritas para a etapa 1. Em que presem os aspectos socioambientais, a ênfase estará nos aspectos inorgânicos dos recursos minerais, em associação com as características geológicas, os principais minerais encontrados na região, os produtos dos seus beneficiamentos, associando-os às suas propriedades e aplicações. Esses problemas estarão diretamente relacionados ao conteúdo do texto “Pedra Lavrada: aqui não temos bauxita, mas temos feldspato, somos a terra dos minérios!”, estimulando os procedimentos de pesquisa e análise nos estudantes, para contribuição à formação de habilidades dos estudantes.

Outras duas estratégias podem ser utilizadas nesse momento: um conjunto didático com minerais e experimentos demonstrativos-investigativos, apresentados aos estudantes para conhecer alguns dos principais tipos de minerais e seus usos e, associando suas características e aplicações à(s): representação química, propriedades químicas, densidade relativa, dureza, traço, brilho e propriedades magnéticas. Serão utilizados minerais coletados na região e aqueles que fazem parte da Coleção Didática de Minerais e de Rochas (Figura 12) de um professor de geografia, em uma escola em Pedra Lavrada. A Figura 12 foi feita em uma das palestras que aconteceram no mês de novembro de 2023, durante o evento “Festa do Minério”.

Figura 12 - Kit de minerais que será utilizado na SDI.



Fonte: arquivo pessoal (2023).

Os experimentos sugeridos deverão ser realizados em sala de aula. Eles serão concebidos com base em Silva, Machado e Tunes (2010), que sugerem sua realização em espaços que não sejam necessariamente um laboratório. Os autores descrevem que atividades de Ciências na perspectiva demonstrativa-investigativa, facilitam a visualização do fenômeno investigado e contribuem no processo investigativo dos estudantes, mas enfatizam que a mediação docente nessa atividade oportunize a contextualização de conhecimentos, para que os estudantes relacionem a teoria do fenômeno em estudo e a prática do experimento e sua relação com a teoria, assim eles podem testar hipóteses e desenvolver habilidades cognitivas por meio do teste de hipóteses. Sendo assim, eles se configurarão pelo estabelecimento de articulações dinâmicas entre teoria e prática, de modo que as atividades práticas permitam ricos momentos de estudo e discussão e não serão apenas uma demonstração ou apresentação de um fenômeno, mas um processo investigativo.

As atividades experimentais serão realizadas em experimentos únicos pelo(a) o(a) docente ou pesquisador(a), utilizando equipamentos de segurança individual e mantidos os protocolos para segurança coletiva, inclusive com a presença de um extintor de incêndio (CO₂)

no local. Os estudantes estarão no mesmo ambiente, mas devem manter uma distância segura, que os habilite a observações e registros. As atividades experimentais também envolverão problemas e questões orientadoras, para as quais os estudantes formularão hipóteses.

Quadro 19 - Síntese dos experimentos demonstrativos investigativos

Experimento	Objetivos do experimento
Investigação 1 – Minerais e não minerais: quartzo (SiO_2), feldspato ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3$), parafuso, granito, pedaço de madeira e âmbar ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$).	- Diferenciar um mineral (composto inorgânico, cristalizado e formado naturalmente por processos geológicos) de um material orgânico (madeira e âmbar) encontrado na natureza e de um objeto metálico (pedaço de ferro, que, apesar de conter um mineral, sofreu uma transformação tecnológica). - Verificar fragmentos de rochas constituídas basicamente por: i) um tipo de mineral, o quartzo (mineral mais abundante na Terra, perdendo apenas para o grupo de feldspato); e ii) resultantes da união natural de alguns minerais, o granito, (minerais quartzo, mica e feldspato, nessa rocha os minerais apresentam cores variadas compondo a rocha).
Investigação 2 – Propriedades físicas e químicas de gemas: topázio imperial ($\text{Al}_2\text{SiO}_4(\text{OH},\text{F})$), berilo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$), muscovita (mica) ($\text{X}_2\text{Y}_4\text{-}6\text{Z}_8\text{O}_{20}(\text{OH},\text{F})_4$), turmalina (preta-shorlita) ((Na, Ca)(Li, Mg, Al)(Al, Fe, Mn) $_6(\text{BO}_3)_3(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{OH})$), quartzo (SiO_2), hematita (Fe_2O_3) e magnetita (Fe_3O_4 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)).	- Entender que uma gema natural é um tipo de mineral não-metálico, um cristal, de ocorrência com aspecto áspero e/ou irregular, e são transformados pelo ser humano em objetos lapidados e atrativos, geralmente empregados em joias, cujo valor mercadológico se deve às suas propriedades físico-químicas.
Investigação 3 – Princípio de Dureza: talco ($\text{Mg}_3(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$), gipsita ($\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), quartzo, fluorita (CaF_2), topázio e calcita (CaCO_3).	- Compreender o conceito de dureza, a resistência que o mineral apresenta ao ser riscado (utilizando-se a escala de Mohs). Utilizar minerais para riscar outros minerais.
Investigação 4 - Traço (a propriedade de o mineral deixar um risco de pó, quando friccionado contra uma superfície não polida de porcelana branca: pirita (FeS_2) e hematita (Fe_2O_3)).	- Identificação o traço dos dois minerais. O estudante perceberá que o traço não corresponde, necessariamente, à cor do mineral. A pirita também conhecida vulgarmente como “ouro de tolo”, possui brilho metálico, por causa disso alguns esquemas sistemáticos de identificação de minerais utilizam o tipo de brilho – metálico e não metálico – como o primeiro critério de identificação. A pirita apresenta a cor de traço negro e a hematita cor de traço de castanho-avermelhado à vermelho.

Fonte: elaboração própria (2023).

Sugerimos a realização de 4 experimentos demonstrativos-investigativos, adaptando-se propostas do uso de minerais no ensino de Ciências de Nascimento, Freitas e Silva (2023), o Quadro 19 descreve esses experimentos. Desenvolvidas essas atividades, o momento de mediação e aprofundamento do conhecimento vai se direcionar mais sobre as características das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais do Seridó Oriental, por meio da abordagem CTS(A) e de suas relações com os direitos humanos, dentro de uma ênfase socioambiental. Junto a leitura do texto, também será realizado um debate.

O(a) docente ou pesquisador(a) deverá iniciar o debate como um recurso que buscará se efetivar como uma estratégia didática mais criativa e motivadora para o contexto escolar,

visando auxiliar aos estudantes o desenvolvimento de uma formação cidadã e da habilidade da argumentação, com a presença de profissionais inseridos no contexto da mineração em Pedra Lavrada: minerador/garimpeiro local e um professor de geografia. Eles discutirão seus posicionamentos sobre as características e pontos de vistas sobre os impactos da mineração no Seridó Oriental, especialmente em Pedra Lavrada.

3.4.4 Execução e aplicação do conhecimento

Este momento é dedicado à execução e aplicação do conhecimento. Os estudantes desenvolverão novas ações para classificação dos compostos inorgânicos e recursos minerais. Elas envolverão a avaliação de benefícios e riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes recursos e produtos minerais. Intenciona-se, mais diretamente, estimulá-los a se posicionarem criticamente e propor soluções individuais e/ou coletivas para o enfrentamento de situações relacionadas à atividade mineradora, sob a abordagem CTS(A) e da Educação em Direitos Humanos. Para tanto, foram planejadas as atividades: construção de fluxogramas e resolução do caso.

A construção dos fluxogramas será de forma colaborativa, que exprima uma trama entre aspectos orientadores da relação entre Funções Inorgânicas e a temática mineração, com ênfase na abordagem CTS(A) e na EDH. A escolha da estratégia de construção de fluxogramas considerou a sua adequação de propostas com essa vertente, como em Santos e Pauletti (2022), uma vez que esse recurso tem contribuído para a(o): organização dos conhecimentos, aprofundamento dos conceitos e estruturação e avaliação do conhecimento aprendido.

O(a) docente ou pesquisador(a) dará início a construção do fluxograma no quadro, a partir do esquema orientador apontado na Figura 13. Esse esquema é um pequeno fragmento de uma rede de conceitos atribuídas ao tema mineração.

Figura 13 - Esquema orientador para construção dos fluxogramas.



Fonte: elaboração própria (2023).

Essa atividade objetiva estimular os estudantes a debater sobre os diferentes aspectos, científicos, tecnológicos, sociais e ambientais em torno do tema mineração em diferentes contextos, mas principalmente em Pedra Lavrada. Eles serão estimulados, com participação ativa, a listarem e interligarem os impactos resultantes da mineração e desafiados a formular soluções para os problemas suscitados. Sob mediação docente, eles realizarão a proposição de termos (temas/tópicos/conceitos) para cada aspecto da CTS(A), incluindo o olhar para os direitos humanos. Será reforçada a necessidade de inclusão das classes das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais, como estratégia para desenvolvimento da habilidade de classificar.

Essa atividade também será oportunidade de (re)construção conceitual. Por exemplo, no processo de apropriação dos conceitos, possa ser que algum estudante não tenha adquirido repertório para debater o tema e isso pode ser uma limitação. Nesse caso, a colaboração poderá apresentar grande potencial por não estar limitada apenas a um sujeito.

Em seguida, os estudantes resolverão o caso apresentado inicialmente, agora dispendo de mais conhecimento sobre os aspectos e relações CTS(A) contidos na problemática apresentada. Após a resolução do caso, a turma será dividida em 5 grupos, utilizando critérios para viabilizar a heterogeneidade deles. Cada grupo ficará responsável por uma temática para a atividade de culminância, segundo apresentado no Quadro 20, em continuidade.

Quadro 20 - Organização das temáticas para atividade de culminância

Grupo	Tema	Descrição/Objetivo
Grupo 1	Geoturismo Virtual em Pedra Lavrada	Apresentar imagens de sítios arqueológicos, recursos minerais, jazidas, minas e rochas da localidade, e representativas a uma coleção de minerais de Pedra Lavrada, de outras regiões do Seridó e do Brasil, vinculados a QR Codes. Com isso, em qualquer momento e local, ao se aproximar um smartphone de um QR Code, ele deverá ser convertido em um texto, locado em uma <i>Uniform Resource Identifier</i> (URI), isto é, em uma página da internet. As descrições sobre a rocha ou mineral deverão conter: nome, composição química majoritária, locais onde podem ser encontradas, propriedades gerais e aplicações. Essa produção utilizará a experiência do uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) desenvolvida pela turma em atividades escolares anteriores.
Grupo 2	Acervo mineral de Pedra Lavrada	Produzir um <i>kit</i> de exibição, composto por uma caixa contendo amostras de rochas e minerais de Pedra Lavrada e de outras regiões do Seridó Oriental, e de outras regiões do País. Haverá rochas referentes a cada tipologia (ígnea, metamórfica e sedimentar) e minerais, contendo suas respectivas descrições petrográficas básicas simplificadas (nome da rocha, minerais constituintes, cor e peso). O kit será projetado, tomando como base o modelo de kits didáticos visto em Béramo <i>et al.</i> (2017), Santos Costa <i>et al.</i> (2021) e Nascimento <i>et al.</i> (2023). A descrição do conteúdo da caixa será impressa em um folheto avulso à caixa, contendo: nome do mineral, descrição, representação da composição química (fórmula química) e ocorrência.
Grupo 3	Minerais comercializados de Pedra Lavrada	Apresentar e os minerais industriais de Pedra Lavrada: reservas naturais e produtos.
Grupo 4	Impactos da Mineração	Apresentar e discutir os impactos socioambientais da mineração em Pedra Lavrada.

Grupo 5	Pedra Lavrada é joia	Apresentar possibilidades e produções locais em diferentes tipos de artesanato em minerais e rochas: objetos usados para adornos pessoais, decoração/arte de ambientes e objetos/utensílios de uso cotidiano.
---------	----------------------	---

Fonte: elaboração própria (2023).

3.4.5 *Síntese e mobilização de saberes*

O momento pedagógico final, a síntese das atividades, constará de uma culminância e de uma avaliação da SDI. Os estudantes apresentarão suas produções no evento escolar “Feira dos Minérios: Ciência, Tecnologia, meio ambiente, economia e cultura em Pedra Lavrada”. Ele atuará como uma culminância para a mobilização de conhecimentos relacionados à habilidade de classificar as substâncias inorgânicas e à atividade mineradora, sob uma perspectiva CTS(A) e em EDH.

A avaliação da SDI deverá ser realizada ao final de toda intervenção. Assim como proposto por Jorba e Sanmarti (2003), o fechamento do ciclo da unidade do período formativo envolverá um balanço sobre as atividades desenvolvidas e as habilidades gerais trabalhadas. Os estudantes podem responder um questionário avaliativo da SDI e, em roda de conversa, apresentarão suas impressões e sugestões quanto as potencialidades e limitações da SDI.

3.5 Conclusões

Ao finalizar este capítulo, é importante ressaltar a importância do planejamento de um sistema didático enquanto uma parte importante desta pesquisa. O desenho da SDI proposta é um processo desencadeado desde o primeiro capítulo da pesquisa. Esse processo cuidadoso que precede sua aplicação é uma etapa fundamental, que estruturou de forma organizada a articulação de práticas pedagógicas significativas e contextualizadas sob a abordagem CTS(A) e da EDH. É imprescindível destacar a importância dos fundamentos teórico-metodológicos nesse processo, uma vez que forneceram embasamento sólido para o desenvolvimento de atividades de relacionadas à investigação, reflexão crítica e articulação dos conceitos químicos e mineralógicos propostos.

As estratégias pedagógicas centradas no ensino por investigação, aliadas aos princípios da CTS(A) e da EDH, desempenharam um papel fundamental no desenho da SDI. Ao integrar essas ideias, acreditamos em uma oportunidade de criar um ambiente de aprendizagem dinâmico e significativo, que estimula o pensamento crítico, a tomada de decisão informada e a consciência social e ética dos estudantes, além dos aspectos formativos relacionados à construção da cidadania. Dessa forma, a SDI sobre a mineração no Seridó Paraibano emerge

como uma ferramenta que não está relacionada apenas ao ensino das Funções Inorgânicas, mas também para desenvolver habilidades e reflexões visando a preparação dos estudantes para lidar com desafios complexos em sua realidade.

Referências

- AULER, Décio; DELIZOICOV, Demétrio. Educação CTS: articulação entre pressupostos do educador Paulo Freire e referenciais ligados ao movimento CTS. **Seminário Ibérico CTS no ensino das ciências: *Las relaciones CTS em la Educación Científica***, v. 4, p. 1-7, 2006. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/fisica/educ_cts_delizoicov_auler.pdf. Acesso em: 30 de mar. 2023.
- BELCHIOR, Celle Cristianne Mendes Evangelista. **Sequência Didática em Educação Financeira**: uma abordagem com vídeos em rodas de conversa. 2021. 108f. Dissertação – (Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica – PROFEPT - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Acre - IFAC. Campus Rio Branco, 2021.
- BISPO FILHO, Djalma de Oliveira; MACIEL, Maria Delourdes; SEPINI, Ricardo Pereira; ALONSO, Ánge Vázquez. Alfabetização científica sob o enfoque da ciência, tecnologia e sociedade: implicações para a formação inicial e continuada de professores. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 313-333, 2013. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_2_5_ex649.pdf. Acesso em: 06 out. 2023.
- BLANCHAR-AÑEZ, Francisco Javier. Características da prática pedagógica em el área de Química. **Revista Científica**, n. 37, p. 30-57, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/cient/n37/2344-8350-cient-37-30.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 05 abr. 2023.
- BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias; ARRIGO, Viviane. **Propostas de atividades experimentais para o ensino de Química I**. Londrina: EDUEL, 2021.
- CALISSI, Luciana. A Escola como espaço de formação/transformação: estratégias metodológicas para educação em/para os Direitos Humanos. *In*: FLORES, Elio Chaves; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; BARBOSA E MELO, Vilma de Lurdes (Org.). **Educação em direitos humanos & educação para os direitos humanos**. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2014, p. 109-139. Disponível em: <https://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2017/10/Educa%C3%A7%C3%A3o-em-e-para-DH.pdf>. Acesso em: 8 de maio de 2023.
- CAMPANARIO, Juan Miguel; MOYA, Aida. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. **Enseñanza de las ciencias**, v. 17, n.2, p. 179-192, 1999.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. *In*: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Org.). **Ensino de**

ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20, 2013.

CASTRO, Rafael Gil de; MOTOKANE, Marcelo Tadeu. A alfabetização científica e o ensino por investigação como pressupostos teórico-metodológicos para a elaboração de uma sequência didática investigativa sobre biodiversidade. *In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, p. 1-10, 2017. Disponível em: <https://www.fernandosantiago.com.br/afabet.pdf>. Acesso em: 05 out. 2023.

COLUCCI-GRAY, Laura; CAMINO, Elena; BARBIERO, Giuseppe; GRAY, Donald. From scientific literacy to sustainability literacy: An ecological framework for education. *Science Education*, v. 90, n. 2, p. 227-252, 2006. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.20109>. Acesso em: 06 out. 2023.

CONRADO, Dália Melissa. **Uso de conhecimentos evolutivo e ético na tomada de decisão por estudantes de biologia**. 2013. 220f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

CONRADO, Dália Melissa. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA:** contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 2017. 237f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2017.

CONRADO, Dália Melissa; EL-HANI, Charbel Niño. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. *In: II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia*, 2010, Ponta Grossa. Atas... Ponta Grossa: UTFPR, 2010.

CONRADO, Dália Melissa; LEAL, Felipe Braga; CARVALHO, Ítalo Nascimento de; CRUZ, Leonídia Maria S.; SOUZA, Maíra Miele O. R. de; ALMEIDA, Tiago P. de; MOURA, Uelen O.; SEPULYEDA, Claudia; EL- HANI, Charbel Niño. Uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão de estudantes do ensino médio sobre questões socioambientais. *Revista Contemporânea de Educação*, Rio de Janeiro, n. 14, p. 345-368, ago./dez. 2012. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/rce/article/view/1675>. Acesso em: 1 out. 2023.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei Freitas; EL-HANI, Charbel N. Argumentação sobre problemas socioambientais no ensino de biologia. *Educação em Revista*, v. 31, p. 329-357, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edur/a/VJ8XMCcp7kYcYg4nqbqVyGb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 2 out. 2023.

CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. **Questões sociocientíficas:** fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/n7g56/pdf/conrado-9788523220174.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2023.

FARACO, Carlos Alberto. **Trabalhando com a narrativa**. 2.ed. São Paulo: Ática, 1992.

FERRAZ, Arthur Tadeu; SASSERON, Lúcia Helena. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em Ensino de**

Ciências, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 42–60, 2017. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/312>. Acesso em: 3 out. 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 84 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2022.

FURIÓ MÁS, Carles; FURIÓ GÓMEZ, Cristina. ¿Cómo diseñar una secuencia de enseñanza de ciencias con una orientación socioconstructivista?. **Educación Química**, v. 20, p. 246-251, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v20s1/v20s1a6.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

GOMES, Alessandro D. T.; BORGES, Antônio Tarcísio.; JUSTI, Rosária. Processos e conhecimentos envolvidos na realização de atividades práticas: revisão da literatura e implicações para a pesquisa. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 187–207, 2016. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/439/257>. Acesso em: 10 out. 2023.

GIL PÉREZ, Daniel; TORREGROSA, Joaquín Martínez. Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista de aprendizaje de las ciencias. **Investigación en la Escuela**, n. 3, p. 3-12, 1987. Disponível em: <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/9323>. Acesso em: 6 out. 2023.

hooks, bell. **Ensinando pensamento crítico: sabedoria prática**. Rio de Janeiro: Editora elefante, 2020.

HODSON, Derek. Going Beyond STS: towards a curriculum for sociopolitical action. **The Science Education Review**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 2-7, 2004. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1057995>. Acesso em: 1 out. 2023.

HODSON, Derek. **Looking to the Future: Building a Curriculum for Social Activism**. Auckland: Sense, 2011.

HODSON, Derek. Don't Be Nervous, Don't Be Flustered, Don't Be Scared. Be Prepared. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, v.13, n.4, p.313-331, 2013. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1080/14926156.2013.845327>. Acesso em: 6 out. 2023.

JORBA, Jaume; SANMARTI, Neus. A função pedagógica da avaliação. **Avaliação como apoio à aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, p. 23-45, 2003.

KAHN, Sami; ZEIDLER, Dana L. Using our Heads and HARTSS*: Developing Perspective-Taking Skills for Socioscientific Reasoning (*Humanities, ARTs, and Social Sciences). **Journal of Science Teacher Education**, v. 27, n. 3, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/297656378_Using_our_Heads_and_HARTSS_Developing_Perspective-Taking_Skills_for_Socioscientific_Reasoning_Humanities_ARTs_and_Social_Sciences. Acesso em: 2 out. 2023.

LEVINSON, Ralph. Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socioscientific Issues. **International Journal of Science Education**, v.28, n.10, aug. 2006, p.1201-1224. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/248974822_Towards_a_Theoretical_Framework_For_Teaching_Controversial_Socio-Scientific_Issues. Acesso em: 2 out. 2023.

LIMA, Gerson Zanetta de; LINHARES, Rosa Elisa Carvalho. Escrever bons problemas. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Rio de Janeiro, n. 32, v. 2, p. 197-201, 2008.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbem/a/4wX6t9wjCtwj3j5PR5Nbm9h/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 out. 2023.

MARCELINO JÚNIOR, Cristiano de Almeida Cardoso. **Desenvolvimento de um sistema didático para a formação da habilidade de explicar as propriedades dos isômeros, em licenciandos em química, na perspectiva da teoria de P. YA. Galperin**. 2014. 317 f. Tese (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. **Internacional Journal Science and Educacion**, v. 26, n. 5m p. 515-535, abril de 2004. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500690310001614762?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 20 dez. 2023.

MENDOZA, Héctor José García; DELGADO, Oscar Tintorer. **Contribuições do sistema didático Galperin, Talízina e Majmutov para resolução de problemas**. Ensino Desenvolvimental: Sistema Galperin-Talízina. 1ª ed. Guarujá-São Paulo: Editora Científica Digital LTDA, p. 226-242, 2021. Disponível em:

<https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/210705493.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2024.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/QZSvNkKHJHG3Wk6XsSd7Phb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2023.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. A Linguagem em uma Aula de Ciências. **Presença Pedagógica**, v. 2, n. 11, p. 49-57, 1996.

NASCIMENTO, Luciana de Abreu; SASSERON, Lúcia Helena. A constituição de normas e práticas culturais nas aulas de ciências: proposição e aplicação de uma ferramenta de análise. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 21, 2019.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/epcc/a/fLbzyCjDZmTrw8js4DLHfDx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 09 out. 2023.

NASCIMENTO, Gleide Alencar do; FREITAS, Wiverson Wesley da Silva; SILVA, Carlos André Maximiano da. Oficina de mineralogia como recurso didático no ensino. **Brazilian Journal of Development**, v. 9, n.3, p. 11170-11188, març. 2023. Disponível em:

<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/58186>. Acesso em: 05 out. 2023.

OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. O cotidiano, o contextualizado e a Educação em Direitos Humanos: a escolha de um caminho para uma Educação cidadã cosmopolita. **Revista iberoamericana de educación**, v. 71, n. 1, p. 75-96, 2016. Disponível em:

<https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/175631/v.71%20n.1%20p%2075-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de agosto de 2023.

PAIS, Luiz Carlos. **Didática da Matemática**: uma análise da influência francesa. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PARAÍBA. **Proposta Curricular do Estado da Paraíba**: Ensino Médio. Secretaria de Estado da Educação e da Ciência e Tecnologia da Paraíba. 2018. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1q7hNWJL7ScfzW26dAjqXai9oUVpLs4Zf/view>. Acesso em 07 abr. 2023.

PAZ, Ivoneide Dias da; LEÃO, Marcelo Franco. O uso de estratégias de ensino diferenciadas para promover aprendizagens significativas em aulas de química. **Revista Educação-UNG-Ser**, v. 13, n. 1, p. 45-58, 2018. Disponível em:

<http://revistas.ung.br/index.php/educacao/article/view/2760>. Acesso em: 10 out. 2023.

PENAGOS, William Maniel Mora; LOZANO, Diana Lineth Parga. Tramas histórico–epistemológicas en la evolución de la teoría estructural en química orgánica. **Tecné, Episteme y Didaxis**, v. 21, p. 100-118, 2007. Disponível em: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/370/375>. Acesso em: 22 fev. 2024.

PENAGOS, William Maniel Mora; LOZANO, Diana Lineth Parga. El Conocimiento Didáctico del Contenido en Química: De las Tramas Histórico/Epistemológicas a las Tramas de Contexto/Aprendizaje. **Tecnè, Episteme y Didaxis**. TED, n. 24, p. 54, 2008. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/6142/614265306005.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

SÁ, Luciana Passos; QUEIROZ, Salete Linhares. **Estudo de casos no ensino de química**. Campinas: Átomo, 2010.

SANTOS, Veronica Gomes; GALEMBECK, Eduardo. Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do Ensino Fundamental I. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 879-904, 2018. Disponível em:

<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4802>. Acesso em: 05 out. 2023.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MALDANER, Otavio Aloisio. (Orgs.). **Ensino de química em foco**. Ijuí: Unijuí, 2011.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n.1, p. 95-111, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100007. Acesso em: 30 mar. 2023.

SANTOS, Douglas Guerhart dos; PAULETTI, Fabiana. Possibilidades de uso do software CMAP TOOLS: construção de mapas conceituais para uma aprendizagem de funções

inorgânicas. **Revista ENCITEC**, v. 12, n. 2, p. 51-70, 2022. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/737>. Acesso em: 7 out. 2023.

SANTOS, E. L.; CARMO, Ricardo Santos do. Histórias explicativas para o ensino de fotossíntese e abordagem da natureza da ciência no ensino médio de biologia. *In: Atas do X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC*. Águas de Lindóia, SP, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Sobre ensinar ciências, investigação e nosso papel na sociedade. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 563-567, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/d5mWbk4cxM9hWfdQhntSLFK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2023.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n.1, p. 59–77, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/14584/mod_resource/content/1/AC%20Revisa%cc%83o%20bibliogra%cc%81fica.pdf. Acesso em: 05 out. 2023.

SILVA, Silvana do Nascimento.; EL-HANI, Charbel N. A abordagem do tema Ambiente e a formação do cidadão socioambientalmente responsável. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 225–234, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4363>. Acesso em: 2 out. 2023.

SILVA JÚNIOR, João Mauro; COELHO, Geide Rosa. O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 51-78, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8086211>. Acesso em: 05 out. 2023.

VELLOSO, Ana Maria de Souza; SÁ, Luciana Passos; MOTHEO, Artur de Jesus; QUEIROZ, Salete Linhares. Argumentos elaborados sobre o tema “corrosão” por estudantes de um curso superior de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 593-616, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Artur-Motheo-2/publication/28319846_Argumentos_elaborados_sobre_o_tema_corrosao_por_estudantes_d_e_um_curso_superior_de_Quimica/links/09e4150dc472f1e7c6000000/Argumentos-elaborados-sobre-o-tema-corrosao-por-estudantes-de-um-curso-superior-de-Quimica.pdf. Acesso em: 1 out. 2023.

VILLA, Aurelio; POBLETE, Manuel. Aprendizaje basado en competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. **Estudios sobre Educación**, v. 16, p. 197, 2007. Disponível em: <https://revistas.unav.edu/index.php/estudios-sobre-educacion/article/view/23342>. Acesso em: 3 out. 2023.

VIDRIK, Elisandra Chastel Francischini; ALMEIDA, Willa Nayana Corrêa; DA SILVA MALHEIRO, João Manoel. As contribuições de uma sequência didática com enfoque investigativo para o ensino de química. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 15, n. 1, p. 488-498, 2020. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/574>. Acesso em: 27 set. 2023.

VIEIRA, André Marie Louise de Ridder. **Rodas de conversa também são boas estratégias para os adultos**. Blog Sustentabilidade na Escola, Curitiba, 02/02/2015. Disponível em: <https://gestaoescolar.org.br/conteudo/1197/rodas-de-conversa-tambem-sao-boas-estrategias-para-os-adultos>. Acesso em: 25 set. 2023.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZEIDLER, Dana L.; NICHOLS, Bryan H. Socioscientific issues: Theory and practice. **Journal of elementary science education**, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03173684>. Acesso em: 3 outubro de 2023.

ZEIDLER, Dana L.; SADLER, Troy D.; SIMMONS, Michael L.; HOWES, Elaine V. Beyond STS: A Research-based Framework for Socioscientific Issues Education. **Science Education**, n.89, p.357-377, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.20048>. Acesso em: 2 out. 2023.

Capítulo 4 – DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE UM INSTRUMENTO PARA VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA SOBRE A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO

Este capítulo apresenta uma pesquisa realizada para validação da Sequência Didática Investigativa proposta com base na abordagem CTS(A) e na Educação em Direitos Humanos (EDH), para o ensino de conceitos do conteúdo “Funções Inorgânicas”, no Ensino Médio, a partir da temática “Mineração”, sob o contexto regional do Seridó Oriental da Paraíba, em particular do município de Pedra Lavrada. A partir de ideias gerais de algumas linhas teóricas que orientam esse tipo de procedimento, explanamos as concepções assumidas nesta pesquisa para o processo de validação. Em seguida, apresentamos os procedimentos metodológicos utilizados, e discutimos os resultados do desenvolvimento e da utilização do instrumento da avaliação da SDI junto a professores-pesquisadores de Química.

4.1 Introdução

Destacamos, anteriormente, a potencialidade da temática “Mineração no Seridó Oriental da Paraíba” para o ensino do conteúdo Funções Inorgânicas, no Ensino Médio, dentro da abordagem CTS(A) e da EDH, e estruturamos uma Sequência Didática Investigativa (SDI) dentro dessa perspectiva. Considerando tais aspectos, esta parte da dissertação traz uma pesquisa que teve o objetivo realizar a validação da SDI, pela análise dos dados de um instrumento, desenvolvido com essa finalidade e aplicado junto a professores do Ensino Médio-pesquisadores em Educação Química.

A SDI é uma das possibilidades de Sequência Didática (SD). Apesar de ser um termo amplo e sem consenso no meio educacional quanto à sua definição, há certa admissão em compreender a SD como a ferramenta principal dos professores para planificar o processo de ensino-aprendizagem de um tema ou conteúdo específico. Além disso, as SD apresentam um duplo caráter, podendo ser, ao mesmo tempo: um produto e um objeto de investigação (Couso, 2011).

Há vários modelos para o desenho de SD, porém, o mais reconhecido, especialmente na Didática das Ciências, é a proposta de investigação baseada em desenho (Revilla, 2020). Nesse paradigma, as investigações didáticas giram em torno do desenho e/ou validação de SD para apoiar a aprendizagem do estudante quanto a um tema específico (Guisasola e Oliva, 2020). Condicionada à avaliação, a validação é uma das fases mais importantes do processo de desenho da SD, apesar de ainda vir recebendo atenção discreta (Guisasola *et al.*, 2017).

A validação é um processo avaliativo que investiga a possibilidade do desempenho de um material didático para sua eficácia e garantir a confiabilidade de seus resultados (Guimarães e Giordan, 2012). Desse modo, o processo de validação e construção de um instrumento de validação da SD emerge como um elemento crucial neste capítulo.

4.2 Suscitando elementos para a validação da SDI

A validação de uma SD é um processo complexo que requer uma análise criteriosa de diversos elementos para assegurar sua eficácia e adequação aos objetivos educacionais. A seguir, discutiremos algumas linhas teóricas que fornecem paradigmas para validação de SD, seja de forma geral, seja especificamente das SD.

4.2.1 A linha da Engenharia Didática

A linha teórica da Engenharia Didática desempenha um papel importante na elaboração e validação de SD. Originária da Didática da Matemática, essa linha se concentra na concepção, implementação e avaliação de sequências de ensino, por meio de uma validação interna de análises, *a priori* e *a posteriori* (Almouloud e Silva, 2012).

Em relação a validação interna, Guimarães e Giordan (2013) descrevem quatro fases: análise prévia, validação *a priori*, experimentação e análise *a posteriori*. Na primeira fase, é indicado que antes da elaboração de uma SD, aconteça uma análise detalhada do conteúdo e das características do público-participante, considerando os conhecimentos prévios, os interesses e as dificuldades dos estudantes (Amaral, 2010).

A segunda contribuição diz respeito à “análise *a priori*”. Esse tipo de análise pode ser considerado como a escolha das variáveis didáticas (as estratégias e abordagens que viabilizem o ensino-aprendizagem do conteúdo) ou pela criação de situações-problema, pois uma das ênfases da Engenharia Didática é a promoção da resolução de problemas como estratégia de ensino (Amaral, 2010). Isso implica a criação de situações-problema desafiadoras e contextualizadas, capazes de estimular a reflexão, o raciocínio crítico e a investigação por parte dos alunos. Essa articulação contribui para tornar as SD mais envolventes e alinhadas com uma aprendizagem ativa.

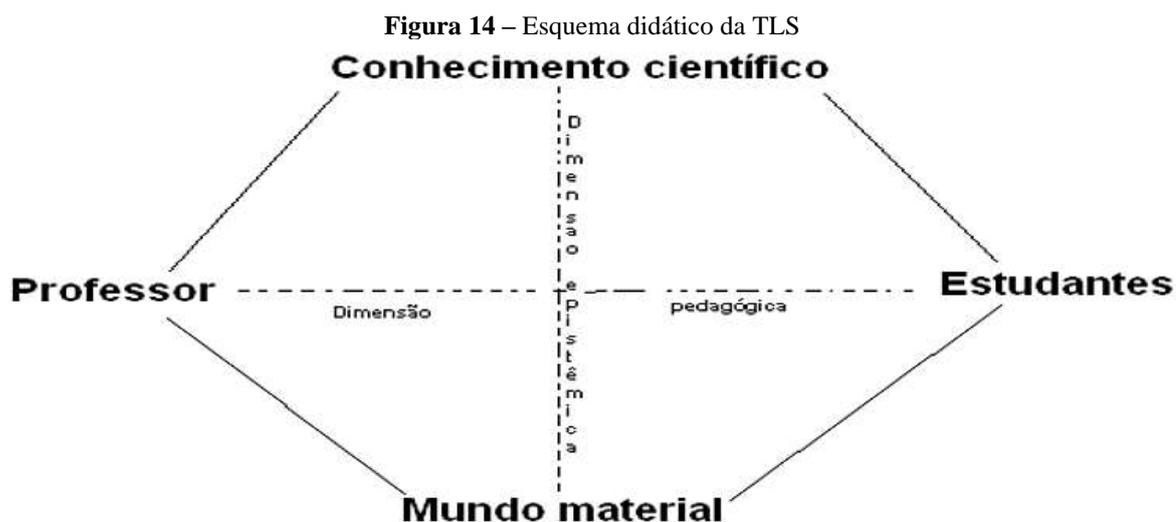
A terceira fase propõe um ciclo interativo de experimentação e avaliação, permitindo que os professores testem suas propostas em sala de aula, por essa razão é chamada de validação interna, e promovam ajustes contínuos (Amaral, 2010). Esse processo dinâmico contribui para a melhoria constante das sequências didáticas, adaptando-as às necessidades reais dos alunos e

às nuances do ambiente educacional. Na quarta, a análise a posteriori e validação, acontece uma revisão das intenções de ensino junto aos dados coletados na fase de experimentação.

A Engenharia Didática valoriza a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, em todas as fases. Ao incorporar estratégias que incentivam a exploração, a experimentação e a construção coletiva do conhecimento, as SD se tornam mais interativas e propiciam um ambiente de aprendizagem mais colaborativo.

4.2.2 A linha *Teacher Learning Sequences* (TLS)

A linha *Teacher Learning Sequences* (TLS) ou de sequência de ensino-aprendizagem é um tipo de SD na perspectiva de Méheut e Psillos (2004). Trata-se de uma linha de investigação ou uma tendência baseada na investigação científica. A TLS está relacionada com quatro elementos: professor, estudantes, mundo material e o conhecimento científico, organizados nas dimensões epistêmica e pedagógica (Figura 14).



Fonte: Barros e Ferreira (2013).

Esse esquema didático visa proporcionar aos professores uma compreensão mais abrangente dos conteúdos científicos, das concepções dos estudantes e das estratégias de ensino. Ela é concebida para ser implementada ao longo do tempo, permitindo uma evolução gradual do conhecimento e das práticas pedagógicas dos professores.

Méheut e Psillos (2004) explicam que a dimensão epistêmica está relacionada em como o conhecimento funciona em relação ao mundo material e a dimensão pedagógica sobre as escolhas adotadas pelos professores(as) e os papéis desempenhados por ele(a) e pelos estudantes. Na perspectiva desses autores, a validação pode ser feita mediante a avaliação dos próprios estudantes, comparando o estado cognitivo inicial e ao final da sequência de ensino, a

partir dos objetivos educacionais pretendidos pelo professor. Por outro lado, esses autores comentam que não se trata apenas da avaliação da ferramenta, mas também uma forma contributiva para identificar as dificuldades dos estudantes em relação a algum objetivo. Isso nos leva à associação que a TLS promove uma abordagem mais reflexiva, que acaba incentivando os docentes a considerarem as ideias dos estudantes e a adaptarem suas estratégias de ensino de acordo com essas concepções.

4.2.3 A linha *Educational Design Research*

A linha *Educational Design Research* ou Pesquisa em *Design* Educacional é definida como uma metodologia que une os aspectos educacionais teóricos e aspectos práticos da aprendizagem (Kneubil e Pietrocola, 2017), que busca soluções para os problemas da prática educacional e melhorar os conhecimentos relacionados a prática, gerando conhecimentos aplicáveis ao contexto real da sala de aula.

Apesar de alguns aspectos serem similares as outras linhas teóricas mencionadas, a *Educational Design Research* enfatiza um ciclo iterativo de desenvolvimento, implementação e avaliação. Isso significa que as sequências didáticas não são consideradas produtos, mas sim protótipos ou modelos teóricos que podem ser aprimorados com base nas observações e nos resultados obtidos durante a implementação.

Outros pesquisadores, segundo Conrado (2017), acreditam que a avaliação do modelo corresponde ao aperfeiçoamento do modelo teórico, que poderá ser realizado de forma contínua. Essa avaliação é tomada como mais uma fonte de dados, que ajudará no alcance dos objetivos propostos, retroalimentando uma abordagem interativa e contributiva para a validação contínua da SD.

Outro ponto bastante importante nesse processo cíclico é a contribuição entre pesquisadores e profissionais da educação. Isso é particularmente relevante na elaboração de SD, pois os educadores podem se beneficiar do domínio dos pesquisadores, enquanto estes obtêm percepções valiosas sobre a implementação prática de suas teorias. No caso das SD, isso implica não apenas criar materiais com caráter instrucional, mas também avaliar como essas sequências impactam o aprendizado dos estudantes.

4.2.4 Processo *Elaboração-Aplicação-Reelaboração (EAR)* para a validação da SDI

Bego, Alves e Giordan (2019) discutem um panorama teórico para validação de SD a partir da perspectiva de planejamento da atividade docente. Esses autores comentam que,

muitas vezes, as atividades são pautadas apenas na experiência do senso comum docente. Pensando nesse aspecto, eles apontam a necessidade de o planejamento estar ancorado em teorias e abordagens de ensino. Com base nessas questões, Guimarães e Giordan (2013) apresentam um instrumento para validação de SD fundamentado no processo Elaboração-Aplicação-Reelaboração (EAR). O processo EAR é descrito como um método de elaboração e validação de SD, considerando processos de análise sistematizados e avaliações dos elementos que constituem uma SD, na perspectiva da terceira geração da Teoria da Atividade (Guimarães e Giordan, 2013).

A elaboração (E) é o momento em que a SD é planejada, desde seus elementos básicos, como título, conteúdo, público-alvo, objetivos, seguindo fundamentações teóricas que orientam a prática docente e as escolhas relacionadas aos elementos básicos. A aplicação (A) trata da avaliação da SD, a partir de quatro etapas de validação: I) Validação por Especialistas; II) Validação por Pares; III) Validação por Professores Coordenadores; e IV) Aplicação em sala de aula (equivalente à fase de experimentação). Nesse processo de validação, a SD é aprimorada com as ideias e propostas dos profissionais colaboradores e o docente pode revisá-la a todo momento (Guimarães e Giordan, 2013). Além disso, Guimarães e Giordan (2013) destacam a necessidade de um instrumento para validação.

A última fase de validação segundo a EAR corresponde à reelaboração (R). Nessa etapa, ocorre um confronto das informações e concepções obtidas nas fases anteriores, ou seja, dos dados obtidos desde a elaboração até a validação, pois muitas informações, ideias e concepções apontadas ou concebidas inicialmente podem ainda existir ou não. Assim, esse movimento se constitui como o aprimoramento da SD e da ação docente (Guimarães e Giordan, 2013). Uma síntese dessas etapas e dimensões da EAR para validação de SDI são descritas na Figura 15.

Figura 15 – Processo EAR para validação de Sequência Didática



Fonte: Guimarães e Giordan (2013).

A partir dessas etapas e dimensões, Guimarães e Giordan (2012) apoiando-se em Artigue (1996) sugerem que a validação acontece por meio de quatro etapas: 1) a análise prévia, 2) validação a priori, 3) experimentação e 4) análise a posteriori. Em seu modelo, Guimarães e Giordan (2012, p.5) as descrevem da seguinte forma: 1) a Análise Prévia - fundamenta teoricamente a elaboração da SD, segundo a perspectiva sociocultural, e permite ao professor levantar hipóteses orientadoras da elaboração e validação das sequências; 2) descrevem os quatro tipos de validação, onde cada uma visa analisar dimensões diferentes da SD como questões teóricas que envolvem sua elaboração, as especificidades e dificuldades da realidade da sala de aula e às relações entre as intenções de ensino e a proposta educacional da escola; 3) a experimentação é a aplicação em sala de aula; e 4) a avaliação da SD em sala de aula.

Além dessas percepções, Creswell (2014) considera a validação consensual como um processo de concordância entre indivíduos capacitados para avaliar e sugerir alterações nos instrumentos de coleta. Nesse contexto, a validação refere-se à avaliação sistemática e criteriosa

do conjunto de atividades, recursos e estratégias didáticas propostas, visando assegurar que atendam aos objetivos educacionais estabelecidos e promovam uma aprendizagem concreta e adequada para o público-participante. Diante disso, podemos afirmar que a ação de validar é crucial no processo de pesquisa da ação pedagógica, uma vez que contribui para a melhoria do ensino-aprendizagem.

4.2.5 Aspectos teóricos para a construção do instrumento de validação da SDI

A validação busca confirmar que a SD possui o desempenho que sua aplicação requer. Entre os elementos necessários à validação, destaca-se a construção do instrumento de validação, que pode ser entendida como uma das etapas do processo de validação (Guimarães e Giordan, 2012).

A importância de instrumentos de validação reside na capacidade de proporcionar uma análise mais objetiva e abrangente da SDI. Esses instrumentos permitem avaliar não apenas a aderência ao conteúdo curricular, mas também aspectos como a clareza dos objetivos, a adequação às diferentes formas de aprendizagem dos estudantes e a estimulação do pensamento crítico.

A construção do instrumento de validação está relacionada com diferentes elementos constitutivos da SD. Guimarães e Giordan (2012) os descrevem e os agrupam associados às seguintes categorias: i) Estrutura e Organização; ii) Problematização; iii) Conteúdos e Conceitos; e iv) Metodologias de Ensino e Avaliação (Quadro 21). Esses elementos podem atuar como a base de critérios que constituem a validação de uma SD, enfatizando que é necessário que os critérios estejam alinhados à SDI, às necessidades dos estudantes e ao contexto educacional.

Quadro 21 – Elementos constituintes do instrumento de validação

Categoria 1 – Estrutura e Organização
1- Qualidade e originalidade da SD e sua articulação com os temas da disciplina
2- Clareza e inteligibilidade da proposta
3- Adequação do tempo segundo as atividades propostas e sua executabilidade
4- Referencial teórico/Bibliografia
Categoria 2 – Problematização
1- O problema: sua abrangência e foco
2- Coerência interna da SD
3- A problemática nas perspectivas social/científica
4- Articulação entre os conceitos e a problematização
5- Contextualização do problema
6- O problema e sua resolução
Categoria 3 – Conteúdos e Conceitos
1- Objetivos e conteúdos
2- Conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudinais
3- Conhecimento coloquial e científico

4- Organização e encadeamento dos conteúdos
4- Tema, fenômeno, conceitos
Categoria 4 - Metodologias de Ensino e Avaliação
1- Aspectos metodológicos
2- Organização das atividades e a contextualização
3- Métodos de avaliação
4- Avaliação integradora
5- Retorno sobre a avaliação

Fonte: Guimarães e Giordan (2013).

Compreendemos o processo de validação e a construção do instrumento de validação no contexto do desenho da SDI como um processo essencial para garantir a eficácia e a adequação das práticas pedagógicas propostas, pois permite avaliar a coerência, a pertinência e a viabilidade das atividades planejadas em relação aos objetivos educacionais e aos fundamentos teórico-metodológicos adotados.

É importante ressaltar que a validação da SDI representa uma melhor adaptação de sua estrutura às especificidades do contexto educacional, às teorias de ensino e às práticas educativas. Ao submeter as sequências didáticas ao processo de validação é importante acreditar no aprimoramento de suas estratégias de ensino, considerando as características e necessidades dos alunos, bem como os princípios pedagógicos e as orientações curriculares vigentes. Além disso, a construção de instrumentos de validação e o diálogo por pares durante esse processo contribuem significativamente para a compreensão de aspectos epistêmicos e teórico-metodológicos envolvidos no planejamento da SDI.

4.3 Metodologia

Esta seção traz o percurso metodológico utilizado para a validação da SDI. Após sua caracterização, são descritos o contexto e os participantes, a coleta por meio do instrumento utilizado na validação da SDI, a descrição das etapas do tratamento e da análise dos dados.

4.3.1 Caracterização da pesquisa

A investigação aqui proposta se alinha às pesquisas educacionais com abordagem qualitativa, orientadas pelo pressuposto teórico da investigação social, e motivadas pelo contexto de mudança sociais, corroborando com Bogdan e Biklen (1994). Particularmente, é uma pesquisa em Educação Química que busca identificar e analisar contribuições e limitações de uma Sequência Didática Investigativa com abordagem temática sobre a mineração no Seridó Oriental paraibano, concebida na perspectiva da abordagem CTS(A) e da Educação em Direitos Humanos, para o ensino-aprendizagem de conteúdos químicos e mineralógicos com professores

pesquisadores de Química. Quanto aos objetivos propostos, pode-se dizer que se trata de uma pesquisa exploratória, pois esse tipo de pesquisa busca promover maior familiaridade com o problema de pesquisa, com a intenção de torná-lo mais compreensível e desenvolver hipóteses (Gil, 2017) para poderem esclarecê-las e subsidiar futuras investigações sobre o tema.

Ela também se caracteriza como uma pesquisa participante, na qual almejamos apreender diferentes perspectivas e o processo interessa mais do que os resultados. Seguindo a concepção de Demo (2008), pretende-se que ela esteja imersa na dimensão política e vise a produção de um conhecimento politicamente engajado, seguindo o devido rigor científico e o comprometimento com mudanças concretas. Nessa direção, de modo similar ao que acrescentam Brandão e Borges (2008), busca-se a plena participação dos sujeitos envolvidos, com o intuito de motivar que os participantes possam construir uma análise crítica da sua realidade. Pensando nisso, a imersão da pesquisadora será essencial, já que se constitui como principalmente instrumento de coleta (Bogdan; Biklen, 1994).

4.3.2 Contexto e participantes da pesquisa

No planejamento e elaboração da SDI foi realizada uma diagnose para melhor caracterizar aspectos relacionados às questões pedagógicas relacionadas ao ensino-aprendizagem de Química do público participante ao qual a SDI se destina. O diálogo com a professora de Química permitiu estreitar vínculo e compreender a dinâmica da turma, contribuindo para o diálogo sobre quais estratégias seriam interessantes utilizar na SDI. Entre as informações repassadas, constava a participação dos estudantes em uma disciplina eletiva intitulada “Terra do Minério”. Ela aconteceu de forma interdisciplinar, com a participação de professores da escola e de membros de uma associação de turismo local, e abordou múltiplos aspectos relacionados à mineração, com ênfase na atividade local. Também foi informado que a turma havia iniciado sua formação no Ensino Médio no momento mais restritivo da pandemia. Portanto, abordar o conteúdo das Funções Inorgânicas dentro de uma proposta temática, a princípio, seria importante para: i) resgatar o conteúdo ministrado de forma remota; ii) auxiliar a (re)construir relações científicas, tecnológicas, sociais e ambientais mais significativas diante do conteúdo; iii) evidenciar a diversidade e aplicabilidade dos minerais, especialmente aqueles presentes na região.

Utilizamos nesta pesquisa de validação de SDI os recursos relacionados à “análise *a priori*”, já que nos concentramos no desenho da SDI e sua avaliação e escolhemos a validação por pares. A primeira etapa da validação por pares da SDI contou com a participação de dois

especialistas em Educação Química, com experiência na docência em Química escolar, no Ensino Médio. Essa primeira etapa ocorreu em um encontro via *Google Meet*, na qual foram apontadas algumas sugestões para a SDI. A principal sugestão versou sobre a dinâmica de uma atividade, sobretudo no campo teórico de sua execução, que prontamente foi acordada pela pesquisadora. Após isso, o projeto foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Estadual da Paraíba, sendo apreciado e aprovado sob o protocolo de número 75311823.0.0000.5187.

A segunda etapa da validação foi realizada por pares, com professores-pesquisadores, membros do Grupo de Pesquisa em Educação Química Metodologias para (GPMEQ), da UEPB/Campina Grande. No diretório do GPMEQ consta um total de 32 membros, entre pesquisadores e estudantes. No entanto, 7 membros participaram da pesquisa..

Na análise dos discursos presentes no instrumento de validação, partimos da perspectiva de que não há uma verdade objetiva e nos aproximamos da ideia de busca por superar modelos científicos determinísticos, buscando valorizar a pesquisadora como autora das compreensões emergentes do trabalho (Moraes, 2020; Zambam, 2020). Nesse contexto, é importante lembrar que buscamos descrever e interpretar alguns dos sentidos nas falas dos participantes da pesquisa a partir do objetivo da pesquisa, a saber: avaliar contribuições e limitações de uma sequência didática investigativa, concebida na perspectiva da abordagem CTS(A) e da EDH, para o ensino-aprendizagem de conteúdos químicos e mineralógicos relacionados a temática mineração.

Os professores-pesquisadores realizaram a avaliação, sob a perspectiva da realidade social e cognitiva do público participante ao qual a SDI se destina. Foi nessa etapa que os dados foram coletados. Os dados foram lidos várias vezes, organizados e analisados conforme as categorias elencadas no instrumento de validação da SDI a luz da Análise Textual Discursiva.

Todos os participantes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (Apêndice A), que destaca a confidencialidade, os riscos e benefícios e a privacidade do participante, de forma que não lhe possam causar prejuízos, atendendo assim às normas do CONEP/CNS/MS017/2011. Ao longo da realização do estudo, foram respeitadas as diretrizes e normas regulamentadoras das pesquisas envolvendo seres humanos, prezando pela garantia do sigilo relacionado aos dados confidenciais, das instituições e comunidades escolares envolvidas na pesquisa. Igualmente, foi respeitado o direito à liberdade dos membros de se recusar a participar ou de retirar o seu consentimento.

4.3.3 Coleta, tratamento e análise dos dados

Esta seção apresenta os instrumentos e procedimentos que foram utilizados para a coleta, tratamento, análise e apresentação dos dados a pesquisa.

4.3.3.1 Coleta de dados: o instrumento de validação

A coleta de dados ao longo da validação da SDI foi tomada como um processo de avaliação e, considerando o posicionamento de Sampieri, Collado e Lucio (2013) consistiu em obter as perspectivas e os pontos de vista dos participantes. Para tanto, elaboramos um instrumento para validação da SD mediante orientações desenvolvidas por Guimarães e Giordan (2011) e baseada no processo Elaboração-Aplicação-Reelaboração (EAR) de Guimarães e Giordan (2013), realizando modificações necessárias para o contexto da concretização desta pesquisa.

A partir desses pressupostos e orientados pela integração entre pesquisa e prática (Bego; Alves; Giordan, 2019), elencamos 25 itens (questões) distribuídos em três categorias para a validação da sequência didática, tomando como parâmetro alguns encaminhamentos de Conrado (2017) na elaboração das questões que integraram o instrumento de coleta. O instrumento foi disponibilizado aos professores-pesquisadores participantes através de um formulário online.

As três categorias selecionadas para compor o instrumento foram a **estrutura e organização**, **elementos de ensino-aprendizagem** e **metodologias de avaliação**. Os participantes responderam às perguntas com “**Suficiente**”, quando os critérios foram atendidos na SD, “**Moderado**” quando os critérios foram atendidos parcialmente na SD e “**Insuficiente**”, quando houve pouca ou nenhuma relação da SD com as questões associadas ao item, aproveitando para comentar alguma sugestão de alteração no item que está sendo avaliado na seção “**Justificativa**”.

Na primeira categoria foram elaboradas 7 questões para o instrumento de validação, as quais foram dispostas no Quadro 22.

Quadro 22 – Questões abordadas no formulário relacionadas a categoria 1

Categoria 1 - Estrutura e organização				
Pergunta	Parecer			Justificativa
	Suficiente	Moderado	Insuficiente	
1.1 Considerando os aspectos organizacionais (objetivo, conteúdo, recursos), você considera que há clareza nesses elementos?				

1.2 Você considera a SD capaz de promover o interesse dos sujeitos participantes sobre a temática?				
1.3 Você considera a SD adequada para estudantes do 3º ano do Ensino Médio?				
1.4 Considera o tempo previsto para realização suficiente para o desenvolvimento da SD?				
1.5 Há clareza quanto aos procedimentos em sala de aula?				
1.6 Há coerência entre os aspectos organizacionais e as descrições processuais da SD?				
1.7 O referencial teórico é adequado para a proposta, tema e conteúdo?				

Fonte: elaboração própria (2023).

Na categoria 2, foram elaboradas 15 itens sobre os elementos de ensino-aprendizagem, estão descritas no Quadro 23.

Quadro 23 – Questões abordadas no formulário relacionadas a categoria 2

Categoria 2 – Elementos de ensino-aprendizagem				
Pergunta	Parecer			Justificativa
	Suficiente	Moderado	Insuficiente	
2.1 Há alguma questão inadequada para trabalhar com participantes?				
2.2 Os conceitos estão articulados com os objetivos?				
2.3 Você considera que a abordagem relacional no ensino-aprendizagem das Funções Inorgânicas é capaz de mobilizar conceitos e teorias de Química?				
2.4 A temática fornece elementos para análise de situações sociais sob a perspectiva científica?				
2.5 Você considera que a SD é capaz de contribuir para que os estudantes identifiquem relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente?				
2.6 É evidente a relação entre o tema e os aspectos relacionados a Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente?				
2.7 A SD tem potencial para promover a formação do pensamento crítico dos estudantes?				
2.8 Você considera que a SD contribui para o letramento científico e tecnológico no ensino de Química?				
2.9 Você considera a mineração como uma QSC significativa?				
2.10 Você considera o caso apresentado relevante para a abordagem do conteúdo?				
2.11 Você considera que a SD pode contribuir para que os estudantes discutam e explicitem seus valores e juízos éticos em relação a temática do caso?				

2.12 Você considera que a SD permite que os estudantes desenvolvam habilidades para abordar criticamente controvérsias e elaborar um juízo ético para o problema?				
2.13 Você considera que que a SD contribui para que os estudantes desenvolvam a capacidade de tomada de decisão socioambientalmente responsável?				
2.14 Você considera as estratégias metodológicas para uma Educação em Direitos Humanos adequadas para a SD?				
2.15 O tema é capaz de mobilizar a conscientização para uma cultura em direitos humanos?				

Fonte: elaboração própria (2023).

Na última categoria, metodologias de avaliação, foram elaboradas 3 questões, no Quadro 24 estão dispostas.

Quadro 24 – Questões abordadas no formulário relacionadas a categoria 3

Categoria 3 – Metodologias de avaliação				
Pergunta	Parecer			Justificativa
	Suficiente	Moderado	Insuficiente	
3.1 Você considera as estratégias adotadas adequadas para avaliar os participantes?				
3.2 Você considera que a SD permite que os estudantes elaborem e discutam propostas de ações sociopolíticas?				
3.3 Você considera que os instrumentos de coleta são suficientes para compreender como os estudantes incorporam as relações da atividade mineradora no Seridó oriental nas dimensões CTS(A)A e as suas conexões com os direitos humanos?				

Fonte: elaboração própria (2023).

A elaboração das questões dessas três categorias compôs o instrumento utilizado pela pesquisadora para a validação.

4.3.3.2 Tratamento e metodologia da análise dos dados

A análise dos dados será tratada na perspectiva interpretativa, como recomendado em Sampieri, Collado e Lucio (2013). Nessa direção, enquanto procedimento de uma pesquisa qualitativa, buscamos compreender o significado das ações dos sujeitos da pesquisa por meio das contribuições dos significados nos textos e/ou discursos coletados na validação da SDI. Esses significados compõem o *corpus* analisado através da técnica da Análise Textual

Discursiva (ATD), de Moraes e Galiazzi (2006, 2020), que consideramos essa técnica seria adequada para encontrar significados relacionados as vantagens, dificuldades e os desafios da proposta da SDI, ela possibilitou uma interlocução empírica e teórica, adicionando as interpretações da pesquisadora. Mediante esse equilíbrio, vislumbramos que a ATD deu conta em contribuir na compreensão dos elementos avaliados da SDI.

A ATD será realizada em 3 etapas: unitarização, categorização e a produção de metatextos. As duas primeiras etapas organizam o *corpus*, de acordo com a percepção analítica da pesquisadora. A unitarização foi realizada para cada formulário, identificado por códigos, com a inicial P, de professor(a), seguida de numerações, por exemplo, P1, P2, P3... Após a identificação dos formulários, ocorreu a unitarização de textos, realizando-se a desfragmentação das unidades textuais em unidades de sentido, nomeando-as e codificando-as para posterior agrupamento em categorias iniciais, das quais oriunda as categorias emergentes e por fim, as categorias finais, definidas *a posteriori*. Moraes e Galiazzi (2020, p. 115) esclarecem que:

[...] as unidades de análise podem ser entendidas como elementos destacados dos textos, aspectos importantes destes que o pesquisador entende mereçam ser salientados, tendo em vista sua pertinência em relação aos fenômenos investigados [...].

Desse modo, compreendemos que a definição de categorias externaliza a subjetividade e o olhar crítico da pesquisadora, ou seja, o olhar de quem analisa. Buscando operacionalizar as recomendações para a técnica, esse processo corresponderá a

[...] simplificações, reduções e sínteses de informações de pesquisa, concretizados por comparação e diferenciação de elementos unitários, resultando em formação de conjunto de elementos que possuem algo em comum (Moraes; Galiazzi, 2020, p.75).

A unitarização inicial apontou para aspectos que possuem sentidos similares, resultando da nomeação das unidades de sentido, que teve como critério de escolha a relação, e a proposição das categorias iniciais. De modo geral, o movimento foi a análise de textos maiores (ou múltiplos sentidos) originando pequenos textos ou unidades de sentidos, sintetizando de forma minuciosa as narrativas dos participantes. Esse processo ocorreu em cada uma das categorias da validação da SDI.

Para as unidades de sentido foram elaboradas unidades teóricas. Assim, em todas as questões, após identificar as unidades de sentido foram apontados autores que corroboram com os sentidos expressos, que podem ser reescritos sob o ponto de vista da pesquisadora. Nessa proposição, os sentidos encontrados nas narrativas dos professores-pesquisadores em cada um dos itens foram analisados visando novos agrupamentos textuais. Por exemplo, na primeira categoria, para entender o código Q1.1.P1.01, quer dizer que um determinado excerto é

proveniente da questão 1.1 do instrumento, que pertence ao professor(a) P1 e a unidade extraída da questão respondida, que podem ser mais de uma, como no exemplo abaixo.

Quadro 25 – Definição das unidades de sentido relacionadas a questão 1.2

Categoria 1 - Estrutura e organização		
Fala dos participantes	Unidades de sentido	Categorias iniciais
<i>Acredito que, ao estabelecer aproximações com uma temática local, a SDI proposta pode despertar o interesse dos estudantes, o qual deve ser fortalecido durante o desenvolvimento das atividades. Observo que há preocupação da pesquisadora em enfatizar a cultura local em todos os momentos didáticos propostos, o que demonstra esforços para manter o envolvimento ativo dos estudantes.</i> (P6)	Q1.2.P6.01 – Desperta o interesse - “a SDI proposta pode despertar o interesse dos estudantes” Q1.2.P6.02 – Adequação da SDI a cultura local - “enfatizar a cultura local em todos os momentos didáticos propostos, o que demonstra esforços para manter o envolvimento ativo dos estudantes.” Q1.2.P6.03 – Desperta o interesse - “...esforços para manter o envolvimento ativo dos estudantes.”	Relação entre a temática e o contexto dos estudantes; Relação entre a temática e a realidade dos estudantes; Identificação dos estudantes com a temática; Fortalecimento da cultura local

Fonte: elaboração própria (2023).

Para dar sentido as categorias iniciais, definimos as unidades teóricas, atribuímos códigos que organizam os trechos das citações diretas, por exemplo, o código A1.01, refere-se à referência bibliográfica do Autor 1, seguida da unidade teórica, referindo-se à citação direta. O código A1.01R refere-se a reescrita da unidade, ou seja, é a citação indireta. Um exemplo desse processo é descrito no Quadro 26.

Quadro 26 – Definição das unidades teóricas relacionadas a categoria 1

Categoria inicial	Referência	Unidade teórica	Reescrita da unidade
Contextualizando a temática mineração à realidade dos estudantes	SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v.1, n.1, p. 109-131, mar. 2008.	A2.01 - [...] <i>o papel do professor não está em revelar a realidade dos educandos, mas de ajudá-los a desvendar a realidade por si só.</i> (p.125)	A2.01R - A afirmação destaca que a responsabilidade do professor não reside em simplesmente apresentar a realidade aos educandos, mas sim em auxiliá-los no processo de descobrir e compreender a realidade por meio de seus próprios esforços e investigação pessoal. A ênfase recai na promoção da autonomia e na capacidade dos alunos de explorar e interpretar o mundo ao seu redor.
	BRASIL. Base Nacional Comum Curricular . Brasília, DF: MEC, 2018.	A3.01 - <i>“A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é fundamental para que elas sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Na BNCC, portanto, propõe-se também discutir o papel</i>	A3.01R - A contextualização social, histórica e cultural da ciência e da tecnologia é essencial para que sejam percebidas como

		<i>do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.” (p. 549)</i>	atividades humanas e sociais. Esses aspectos são discutidos na BNCC, propondo o aprofundamento sobre o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, questões ambientais, saúde humana e formação cultural, ou seja, analisar as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
	WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e contextualização no ensino de química. Química Nova na Escola , v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013.	A4.01 – “ <i>Uma prática pedagógica baseada na utilização de fatos do dia a dia para ensinar conteúdos científicos pode caracterizar o cotidiano em um papel secundário, ou seja, este servindo como mera exemplificação ou ilustração para ensinar conhecimentos químicos.</i> ” (p.85)	A4.01R - Uma abordagem educacional que se fundamenta na aplicação de eventos cotidianos para ensinar conceitos científicos pode implicar na relegação do cotidiano a um papel secundário. Isso significa que o cotidiano seria utilizado principalmente como uma forma de exemplificar ou ilustrar, em vez de ser reconhecido como um elemento central para a compreensão dos conhecimentos químicos.

Fonte: elaboração própria (2023).

Analisar produções textuais exige uma imersão interpretativa muito complexa. Moraes (2003, p. 194) explica que textos não carregam apenas um significado a ser identificado, mas “...são significantes exigindo que o leitor ou pesquisador construa significados com base em suas teorias e pontos de vista”. Para isso, é necessário o desmonte dos textos, a desconstrução dos detalhes e elementos que o compõem (Moraes, 2003).

Ao realizar minuciosamente todas essas etapas nas categorias de validação, temos a aglutinação das categorias (iniciais e intermediárias), resultando em 3 categorias finais, são elas: Crítica aos aspectos gerais da SDI; A mineração na realidade estudantil: conexões CTS(A) e reflexões socioambientais e Mineração e o desenvolvimento de habilidades para a vida social: Educação em Direitos Humanos e abordagem CTS(A). Por fim, realizamos a produção dos metatextos a partir dessas categorias finais, apresentadas na seção a seguir.

4.4 Resultados e Discussão

Nesta seção, apresentamos os resultados e discussão obtidos através do instrumento de validação da SD junto aos participantes da pesquisa.

4.4.1 *Construindo significados: crítica aos aspectos gerais da SDI*

Na análise referente aos aspectos gerais da SDI, emergiu uma perspectiva elucidativa sobre os elementos que compõem o instrumento de validação. A compreensão aprimorada das falas dos participantes contribuiu significativamente para um diálogo mais oportuno sobre a formulação de estratégias para o aprimoramento da SDI, por isso, apresentamos algumas das falas dos participantes. As discussões fornecem uma visão interpretativa sobre a SDI, cujo diálogo visa não apenas identificar deficiências, mas também delinear possíveis caminhos para uma abordagem mais eficaz e contextualizada.

Inicialmente, buscamos identificar o perfil profissional dos participantes da validação, questionando-os sobre a área de atuação, foram apontadas as alternativas: professor(a) de Ensino Médio, professor(a) de Ensino Tecnológico e professor(a) de Ensino Superior. Entre essas alternativas 71,4% dos participantes estão vinculados ao Ensino Médio e 28,6% ao Ensino Superior. Essa característica contribui para ampliar as discussões teórico-metodológicas relacionadas a SDI, visto que o público-alvo a qual se dirige é a terceira série do Ensino Médio, e, ao mesmo tempo, oportunizando a construção de novos olhares para os elementos estruturadores da SDI.

Santos e Schnetzler (2010) comentam que os educadores químicos têm dificuldades em trabalhar propostas baseadas na educação CTS(A). Pensando nessa situação, articular a CTS(A) à perspectiva da Educação em Direitos Humanos, também se constitui como um desafio, pois ambas exigem uma atuação que transita em vários papéis exercidos pela docência. Nesse sentido, acionamos uma ideia de Méheut e Psillos (2004), que afirmam que a produção de uma sequência didática pode conduzir o docente a encontrar duas categorias de desfechos possíveis: identificar o valor pragmático (viabilidade, eficácia, entre outros) e/ou desdobramentos concernentes à validade científica (compreensão de processos de aprendizagem, teste de teorias de aprendizagem). Consideramos essa percepção em trechos como crítica aos aspectos gerais da SD:

Q1.1.P1.01 – *“Mas seria mais interessante que os objetivos fossem voltados para o que você espera dos estudantes.”*

Q1.6.P7.01 – “...falta de clareza em alguns recursos...”

A estrutura da SDI foi desenvolvida considerando a viabilidade de sua aplicação. Em termos de aspectos teóricos-metodológicos, seus aspectos constituintes apresentam coerência em relação ao objetivo, recursos e conteúdo. Ao avaliar esses aspectos, 85,7% dos participantes consideraram ser suficientes na SDI e 14,3% consideraram insuficientes. No entanto, identificamos algumas sugestões e as definimos também como limitações da SDI, alguns exemplos são percebidos nas falas dos participantes:

Q1.1.P7.03 – “... nota-se uma confluência de objetivos, alguns dos quais aparentam ser de cunho pedagógico, enquanto outros se configuram como objetivos de pesquisa. Seria recomendável delinear de forma mais precisa os propósitos inerentes a cada categoria de objetivo, a fim de proporcionar uma compreensão mais clara e consistente do trabalho realizado.”

Em duas falas percebemos a interação de ideias de outros participantes, destacando nesse momento a recomendação de adequação do objetivo para o contexto da SDI. Giordan e Guimarães (2013) afirmam que os objetivos delineiam as intenções educacionais de uma proposta de ensino. Portanto, é crucial verificar se esses objetivos são explicitamente comunicados, se estão relacionados à problemática e aos conceitos apresentados, e se estão efetivamente direcionados para facilitar a aprendizagem dos conteúdos propostos. Essa análise garante a congruência entre os objetivos educacionais e os elementos centrais da abordagem pedagógica.

Em relação aos recursos, o tempo desempenha um papel crucial nas atividades educacionais, sendo, ao mesmo tempo, um fator restritivo nas situações de sala de aula. Portanto, é fundamental avaliar se o tempo designado é apropriado para as atividades e metodologias propostas, considerando as limitações temporais comuns ao ambiente educacional (Guimarães e Giordan, 2013). No questionamento, 42,9% o consideraram como suficiente, 28,6% como moderado e 28,6% como insuficiente. Percebemos a relevância da articulação das atividades e o tempo necessário para desenvolvê-las nas falas a seguir:

Q1.1.P1.04 – “O tempo de uma aula para a aula 03, penso que fica insuficiente. Que tal deixar uma aula para o momento 1 e 2, e duas aulas para o momento da aula 03?”

Q1.4.P4.01 – “Se for apenas uma aula cabe uma observação, pois o quantitativo de atividades nesta etapa é grande demais para apenas uma aula.”

Q1.4.P6.01 – “Destaco apenas a etapa *Mediação e aprofundamento do conhecimento*, a qual envolve um elevado número de atividades para um tempo muito reduzido.”

Q1.4.P7.01 – “alocar duas aulas para a primeira etapa aparenta ser excessivo.”

Embora esse aspecto pudesse ser comentado em uma questão específica, observamos nas falas dos participantes que essa unidade se destacou em várias falas dos participantes ao longo do instrumento, como pode ser percebido em excertos anteriores, como em excertos posteriores de outras questões do instrumento. Essa frequência nos sinaliza uma necessidade de reavaliar o tempo proposto para o desenvolvimento das atividades ou reordená-las.

Outro recurso analisado foi o instrumento de coleta de dados da SDI. No caso, o questionário de conhecimentos prévios.

Q1.1.P4.01 – *“Está bem estruturado a proposta, só acrescentaria uma descrição para o questionário de sondagem dos conhecimentos prévios (Já tem as questões?)”*

Na SDI o questionário não foi descrito, apenas na pesquisa. De modo similar, outros recursos foram mencionados pelos participantes, que poderiam ser mais descritos na SDI. Enquanto material didático, pensando também no caso de ser utilizado ou readaptado para outros contextos, um exemplo disso mostra-se na fala do excerto Q1. 1.P1.03, *“Na situação hipotética de um professor querer reproduzir a sua SD não fica muito claro o como ele faria”*. Ainda nesse contexto, em relação à clareza dos procedimentos a serem realizados em sala de aula, 42,9% apontaram como sendo suficiente, 42,9% moderado e 14,3% como sendo insuficiente. Nos elementos descritos na justificativa dos participantes, notamos que alguns aspectos não foram contemplados no instrumento de validação da SDI, mas são descritos na pesquisa, por exemplo, em relação aos experimentos demonstrativos-investigativos, eles são comentados na estrutura da SDI avaliada pelos participantes, mas não são descritos quais e como serão realizados. Outra fala que explicita foi encontrada no excerto Q1.5.P6.01, *“poderiam ser inseridos, em anexo, os experimentos demonstrativos-investigativos a serem desenvolvidos em sala de aula.”*

Em síntese, as análises críticas aos aspectos gerais da SDI revelam importantes sugestões para aprimorá-la, tendo em vista sua eficácia e efetividade pedagógica. Uma necessidade de elucidar claramente seus objetivos destacou-se como um ponto central, para que seja proporcionado uma base mais sólida para sua implementação, além disso, sugerindo uma adaptação da SDI enquanto uma ferramenta clara e objetiva, pois essas sugestões acabam por maximizar seu impacto educacional no contexto de ensino-aprendizagem de Química, considerando a experiência dos participantes. Dessa forma, a adequação de informações ausentes no instrumento de coleta de dados também se configurou como uma consideração relevante para garantir uma avaliação mais abrangente. Sendo assim, os resultados indicam que a SDI apresenta lacunas que necessitam de uma descrição mais detalhada, refletindo limitações em relação a esses aspectos específicos. Essas observações orientam para aprimoramentos

futuros na concepção e implementação da SDI, visando uma abordagem mais completa e efetiva no ambiente educacional. Portanto, a partir dessa sequência lógica, vislumbramos limitações da SDI quanto as descrições dos objetivos, do conteúdo e dos recursos.

4.4.2 Mineração na realidade estudantil: conexões CTS(A) e reflexões socioambientais

Santos (2008) afirma que a responsabilidade do professor não reside em simplesmente apresentar a realidade aos educandos, mas em auxiliá-los no processo de descobrir e compreender a realidade por meio de seus próprios esforços e investigação pessoal. Além dessa ideia, partimos também do pressuposto de educação problematizadora subsidiada em Freire, como um “esforço de propor aos indivíduos dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica lhes possibilite reconhecer a interação de suas partes” (Freire, 2022, p. 134). A partir dessa discussão, observamos que recai uma ênfase na promoção da autonomia e na capacidade dos estudantes de explorar e interpretar o mundo ao seu redor.

Nesse contexto, a temática mineração abordada na SDI revelou-se extremamente positiva para favorecer compreensões mais profundas acerca dos impactos dessa atividade na realidade dos estudantes. A análise contribuiu para compreendemos que ao conectar a mineração aos contextos da CTS(A), proporcionamos uma visão abrangente que transcendeu as barreiras do conhecimento isolado. Planejar a abordagem temática ressaltou a importância crucial de abordar temas emergentes da realidade dos estudantes no ensino-aprendizagem de Química, promovendo uma educação contextualizada a partir da relevância e da aplicabilidade do aprendizado na vida cotidiana.

Ao explorar a mineração de maneira integrada, as práticas pedagógicas podem efetivamente engajar e motivar os estudantes e contribuir para a formação de uma consciência crítica em relação aos desafios contemporâneos. A mineração transcende a simples concepção de uma atividade econômica, revelando-se como uma prática intrinsecamente humana. Realizada por comunidades em determinadas regiões, ela não apenas fornece meios de subsistência, mas também se torna parte fundamental de suas identidades culturais. Essas comunidades não apenas extraem recursos naturais, mas também compartilham conhecimentos ancestrais sobre as técnicas mineradoras e as propriedades dos minerais locais. A mineração, nesse contexto, é uma atividade que molda as tradições, a forma de vida e as perspectivas dessas pessoas, criando uma intrincada teia de conexões entre a atividade extrativa, a identidade local e a sustentabilidade socioeconômica. Ao considerar a mineração como uma prática humana multifacetada, podemos compreender melhor seu papel na interseção entre a história, cultura e

subsistência das comunidades que a praticam. Essa compreensão acompanha todo o processo de elaboração da SDI, evidenciando a concepção de Ciência na qual ela foi estruturada.

Essas características nos levam a debater um tema relevante, o interesse dos estudantes pelo tema. Despertar o interesse dos estudantes sobre essas relações apresentou-se como uma contribuição importante da SDI. Todos os participantes responderam de forma positiva quanto a SDI ser capaz de despertar o interesse dos participantes sobre a temática. Consideramos alguns trechos que explicitam esse sentido:

Q1.2.P6.01 – *“a SDI proposta pode despertar o interesse dos estudantes”*

Q1.2.P6.02 – *“ênfatar a cultura local em todos os momentos didáticos propostos, o que demonstra esforços para manter o envolvimento ativo dos estudantes.”*

Q1.2.P7.01 – *“estou convicto de que a SD possui o potencial de suscitar o interesse desses participantes”*

Q2.3.P3.01 – *“A temática tem potencial para promover o interesse dos alunos...”*

Cabe destacar uma aproximação dessas características ao contexto do currículo do Ensino Médio, a BNCC (Brasil, 2017) aponta que em todas as áreas, a contextualização é compreendida como uma parte de grande relevância do trabalho docente, na perspectiva de uma contextualização social, histórica e cultural da Ciência e da Tecnologia, essencial para serem percebidas como atividades humanas e sociais. Embora a BNCC não discorra⁵ sobre a abordagem CTS(A), esses aspectos são discutidos propondo o aprofundamento sobre o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e formação cultural, ou seja, nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Por isso, faz-se necessário compreender que uma abordagem para o ensino-aprendizagem que se fundamenta na aplicação de eventos cotidianos para ensinar conceitos científicos pode implicar na relegação do cotidiano a um papel secundário. Isso significa que o cotidiano seria utilizado principalmente como uma forma de exemplificar ou ilustrar, em vez de ser reconhecido como um elemento central para a compreensão dos conhecimentos químicos (Wartha, Silva e Bejarano, 2013).

Outro ponto bastante interessante nos resultados da validação, versa sobre uma confusão entre a Alfabetização Científica Tecnológica (ACT) e a CTS(A). Ao serem questionados sobre a SDI contribuir para o letramento científico e tecnológico no ensino de Química, 71,4% dos participantes responderam como sendo suficiente e 28,6% como moderado, por exemplo, no trecho a seguir.

⁵ Em uma palestra do Grupo de Estudos em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (GECTSA), o professor Dr. Leonir Lorenzetti argumentou que a BNCC não tem sustentação teórica para discutir Alfabetização Científica Tecnológica ou Educação CTS, pois se trata de um documento prescritivo, com foco nas competências e habilidades.

Q2.8.P7.01 – “A SD abrange elementos que, quando mais claramente elucidados, podem possibilitar a percepção de que os estudantes estão efetivamente desenvolvendo letramento científico.”

Strieder e Kawamura (2017) discutem que a CTS(A) tem contribuído com várias abordagens CTS(A), mas pontuam discussões comuns entre elas que giram em torno da racionalidade científica, do desenvolvimento tecnológico e da participação social. A ACT e a CTS(A), embora inter-relacionadas, abordam dimensões distintas da aprendizagem científica (Santos, 2008).

Os aspectos epistemológicos convergentes entre a ACT e a Educação CTSA estão centrados na compreensão da natureza do conhecimento científico e tecnológico e as duas perspectivas reconhecem a Ciência e a Tecnologia como empreendimento humano, enfatizando a importância de uma visão crítica e reflexiva sobre a produção e aplicação desses conhecimentos, reconhecendo que a Ciência e a Tecnologia não existem isoladas, mas estão entrelaçadas com fatores sociais, culturais e ambientais, salientando que esse conhecimento está sujeito a revisões e deve ser democratizado. Ambas buscam promover uma interação interdisciplinar, o engajamento dos estudantes (a partir do interesse), ressaltando seu protagonismo e o papel do professor como problematizador de uma compreensão mais profunda e contextualizada da Ciência e Tecnologia, promovendo uma visão crítica que ultrapassa a mera aquisição de fatos para explorar as implicações sociais, éticas e ambientais desses campos do conhecimento (Santos, 2008; Geraldo e Lorenzetti, 2022; Rosa e Strieder, 2018; Strieder e Kawamura, 2017).

No entanto, nosso propósito não foi acionar suas distinções epistemológicas, mas compreendemos que a CTS(A) pode ampliar a abordagem da ACT ao incorporar as interações complexas entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, ou vice-versa. Nesse contexto, a discussão deve explorar as conexões entre essas perspectivas, identificando como a ACT pode ser aprimorada por meio da integração efetiva de conceitos CTS(A), promovendo uma compreensão mais abrangente e contextualizada da Ciência e Tecnologia no ensino-aprendizagem de Química.

Ainda em relação ao ensino CTS(A), Santos e Schnetzler (2010) ressaltam uma relação de interação interdisciplinar como uma característica frequente no ensino CTS(A). Essa interação busca uma visão mais abrangente do ensino, e situando a temática mineração nesse contexto, podemos afirmar que é possível abordá-la em diferentes perspectivas e para o ensino de diferentes conceitos, tal qual mapeamos na construção do referencial teórico da pesquisa. Essas conexões ficaram evidentes nas perguntas sobre a SDI estar adequada para a terceira série

do Ensino Médio e sobre a temática fornecer elementos que contribuem para análise de situações sociais sob a perspectiva científica, em trechos como:

Q1.3.P4.01 – “*Sim, embora o conteúdo de Funções Inorgânicas esteja direcionado para as turmas iniciais do EM, pode-se aproveitar para interligar e explorar as Funções Orgânicas (ácidos, bases e sais orgânicos).*”

Q2.4.P5.01 – “*Sim. A mineração é uma atividade que tem implicações sociais significativas, incluindo questões de emprego, economia, meio ambiente e saúde pública.*”

Q2.4.P7.01 – “*A mineração é uma temática que pode ser visualizada por diferentes pontos de vista (científica, econômica, política, histórica), que podem se beneficiar entre si para uma melhor compreensão dos impactos dessa na vida humana.*”

Quanto aos aspectos CTS(A) estarem bem definidos e explícitos e a SDI ser capaz de contribuir para que os estudantes identifiquem esses aspectos, 85,7% dos participantes a analisaram como suficiente e 14,3% como moderado. Alguns trechos que demonstram essa ideia são:

Q2.5.P5.01 – “*Sim, a SDI pode ajudar os estudantes a entender como a ciência e a tecnologia influenciam e são influenciadas pela sociedade e pelo ambiente.*”

Q2.6.P5.01 – “*Sim, a temática pode explorar como os avanços científicos e tecnológicos têm impacto na economia, na política, no meio ambiente e em outros aspectos da vida social.*”

Racionalizando essas ideias, nos baseamos em Santos e Schnetzler (2010) e descrevemos a partir dos nove aspectos CTS(A), no Quadro 26, relacionados a mineração de forma mais incisiva que a descrita no escopo do referencial teórico do planejamento da SDI.

Quadro 27 - Exemplos sobre a mineração a partir dos nove aspectos da abordagem CTS(A)

Aspectos de CTS(A)	Exemplos sobre a mineração
Natureza da Ciência	O conhecimento químico ajuda a compreender a ocorrência dos minerais, desde a sua composição, da disposição dos átomos de elementos químicos que fazem parte da formação dos milhares de minerais já reconhecidos pelo ser humano na natureza. A mineralogia contribui para compreender as propriedades desses minerais e aplicá-los nos diferentes segmentos a partir do conhecimento historicamente construído.
Natureza da Tecnologia	A mineração é uma criação humana, inserida na história como resultado de uma demanda social de diferentes épocas.
Natureza da Sociedade	No mundo globalizado, a política do consumismo e os interesses econômicos têm ditado o desenvolvimento da mineração. O capital produzido pela extração mineral revela os interesses dos grupos e companhias de mineração que lucram com a exploração da força de trabalho e com escassa atuação do poder público diante da fiscalização e da arrecadação de impostos relacionados à extração e comercialização de minérios.
Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	O desenvolvimento científico tem ajudado no desenvolvimento de recursos menos dependentes do trabalho braçal e a reduzir o impacto ambiental causado pela exploração predatória em áreas vulneráveis, que acabam por ajudar a contribuir com processos mais sustentáveis.
Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A extração de minerais garante a produção de diferentes componentes metálicos e não-metálicos utilizados em diferentes tipos de indústrias, necessários para a sociedade.

Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Há um movimento em diferentes segmentos da sociedade e da comunidade acadêmica que questiona a violação dos direitos humanos, a exploração de trabalho, os impactos dessa atividade na saúde e na qualidade de vida de mineradores e da população.
Efeito da Ciência sobre a Sociedade	Conhecer os diferentes impactos causados pela atividade mineradora e as discrepâncias entre o que é extraído e os impostos pagos pelas grandes companhias de mineração tem aumentado a preocupação da sociedade sobre as condições de trabalho de mineradores e a questionar o papel do poder público diante da arrecadação de impostos utilizados para a criação de políticas públicas, ainda de forma pontual.
Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	A demanda social em diferentes áreas de consumo e produção de bens contribui para elevar a necessidade por matéria-prima, promover o desenvolvimento de processos de lavra menos predatórios e mais sustentáveis.
Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	Os recursos tecnológicos no segmento da mineração contribuem para o progresso científico, alguns exemplos são: equipamentos sustentáveis, sistemas de informação geográfica para produção de dados geoquímicos e hidrológicos e gerenciamento de resíduos, realidade virtual e/ou aumentada softwares de dados geoespaciais, robótica e inteligência artificial.

Fonte: elaboração própria (2023).

Essa caracterização evidencia a abordagem interdisciplinar relacionada a SDI, percebida e escrita no excerto Q1.5.P5.01, “*todas baseadas em inserção de atividades diferenciadas de um currículo tradicional*”. Desse modo, o ensino de Química é concebido como uma ferramenta para educar para a vida, conectando os conhecimentos da sala de aula com o cotidiano dos alunos, objetivando formar cidadãos capazes de refletir, compreender, discutir e agir em relação à sociedade em que vivem (Livramento *et al.*, 2021).

4.4.3 Mineração e o desenvolvimento de habilidades para a vida social: Educação em Direitos Humanos e abordagem CTS(A)

O desenvolvimento de habilidades para a vida social, como a tomada de decisões dos estudantes, emergiu como uma das possibilidades formativas relacionadas a temática mineração, tanto relacionada à abordagem CTS(A), como a perspectiva da Educação em Direitos Humanos. Esta seção visa descrever de que maneira a temática pode contribuir para a formação da cidadania a partir dessa habilidade, incorporando princípios e valores relacionados aos direitos humanos. Ao considerar a mineração não apenas como uma atividade econômica, mas como um fenômeno intrinsecamente ligado a questões sociais, éticas e ambientais, buscamos compreender como essas abordagens podem servir como um veículo significativo para promover a tomada de decisões dos estudantes e a construção de uma consciência crítica.

Diante disso, identificamos trechos relacionados a formação da tomada de decisão, como no excerto a seguir:

Q2.7.P7.01 – “... os autores não apresentam de maneira explícita a proposta de desenvolver a habilidade de pensamento crítico/pensamento reflexivo nos estudantes, o que torna inviável uma análise aprofundada desse aspecto na abordagem proposta. O desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, tomada de decisão etc., pode ser uma decorrência da participação dos estudantes na SD. No entanto, como não há a explicitação desse objetivo, não há como afirmar que a SD foi preparada para desenvolver tal habilidade.”

Esse trecho é uma resposta para o questionamento sobre se a SDI tem potencial para contribuir para a formação do pensamento reflexivo dos estudantes, 85,7% responderam como suficiente e 14,3% como moderado. Aqui, já estabelecemos uma conexão entre o pensamento reflexivo e a tomada de decisão relacionado a abordagem CTS(A). Quanto ao pensamento reflexivo, Leitão (2007) descreve-o como um processo metacognitivo, que se desenvolve quando um indivíduo toma suas próprias concepções, o seu conhecimento, sobre fenômenos do mundo como objeto de reflexão, examinando cuidadosamente as bases que sustentam essas concepções e os limites que as condicionam.

Entre os objetivos do ensino CTS(A) estão a compreensão da natureza da Ciência e seu papel na sociedade, e o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Nesta última, é proposto dois contextos: solução de um problema escolar e solução de problemas na vida real. Adicionalmente, Santos e Schnetzler (2010) citando Zoller (1982) descrevem que a capacidade de tomada de decisão está relacionada com a preparação do indivíduo a participar ativamente na sociedade democrática, corrobora com essa ideia o Santos e Mortimer (2001), mas destacando a busca de solução de problemas relacionados aos aspectos sociais, tecnológicos, econômicos e políticos.

Para que o ensino seja significativo no desenvolvimento da tomada de decisão, os autores Santos e Schnetzler (2010) ainda citando Zoller (1982), descrevem que é preciso considerar quatro características: a) facilitar decisões sensíveis e equilibradas em cenários conflituosos, b) promover uma atuação produtiva da sociedade em todas as esferas, visando a minimização de conflitos sociais, c) aprimorar as perspectivas de sobrevivência em nível coletivo e individual, e d) auxiliar indivíduos na compreensão, apreciação e avaliação das decisões tomadas por outros.

Embora o ensino CTS(A) vise desenvolver a alfabetização científico-tecnológica, capacitando os cidadãos a tomarem decisões responsáveis na sociedade contemporânea (Livramento *et al.*, 2021), a ênfase recai na promoção da responsabilidade social em questões relacionadas à ciência e tecnologia, dada a crescente influência desses elementos no cotidiano. Por isso, é essencial transcender a simples abordagem do conteúdo científico para incluir uma interconexão entre aspectos sociais, científicos e tecnológicos (Oliveira e Queiroz, 2016).

A capacidade da tomada de decisão não é mencionada apenas como uma habilidade relacionada ao ensino CTS(A), mas também é mencionada de forma sutil na BNCC (Brasil, 2017, p. 325-326):

[...] Dessa forma, é importante salientar os múltiplos papéis desempenhados pela relação ciência-tecnologia-sociedade na vida moderna e na vida do planeta Terra como elementos centrais no **posicionamento e na tomada de decisões** frente aos desafios éticos, culturais, políticos e socioambientais.

Desse modo, compreendemos que o pensamento reflexivo antecede a tomada de decisão e é permeado por outros processos, como o da argumentação, primordial para que um indivíduo possa se posicionar. Leitão (2007) afirma, a partir de Vygotsky, que é o engajamento em argumentação que possibilita o desenvolvimento da reflexão. Por isso, o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão no ensino de Química não fortalece apenas as habilidades cognitivas dos estudantes, mas contribui para a formação de cidadãos críticos e responsáveis no contexto científico e tecnológico, tal qual é descrito na própria BNCC.

Diferentemente do pensamento reflexivo, o pensamento crítico ou a criticidade é considerada um valor e não simplesmente uma habilidade, refletindo a ênfase na formação de uma consciência crítica mais ampla. É um valor que permeia o ensino CTS(A), enfatizando a importância de questionar, analisar e avaliar informações, decisões e práticas relacionadas à Ciência e Tecnologia.

A criticidade como valor no ensino CTS(A) implica uma atitude reflexiva (vem do pensamento reflexivo) e proativa (vem da capacidade da tomada de decisão) por parte dos estudantes, que não envolve apenas a aplicação de conhecimentos aprendidos, mas também a capacidade de questionar premissas, reconhecer implicações éticas e sociais, e contribuir para discussões informadas. Ao destacá-la como um valor, o ensino CTS(A) busca cultivar uma mentalidade crítica contínua que vai além das habilidades técnicas, incentivando uma abordagem questionadora e reflexiva diante dos avanços científicos e tecnológicos e suas interações com a sociedade.

Articulando essas habilidades a uma perspectiva da CTS(A), o uso de casos relacionados as questões sociocientíficas também pode ser relacionado com a Educação em Direitos Humanos, pois compreendemos que essa perspectiva não diz respeito apenas a aquisições de informações referentes ao tema mineração, mas se trata da busca pelo fortalecimento e pela preservação da dignidade humana a partir da temática, tendo em vista a construção coletiva dos valores que demarcam nossa existencialidade. Fatores que são discutidos a partir das Questões sociocientíficas, como a ética e a moral. Aliás, Santos (2008, p.112) salienta que “o movimento CTS auxilia o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar

decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões”.

Outra contribuição a partir dessas discussões, diz respeito aos valores ensinados e aprendidos a partir da abordagem CTS(A). Nessa contribuição, Souza e Valadares (2022) afirmam que ela:

[...] implica na produção de juízos de valores, enquadrados por uma educação de cunho humanista e cidadã, preocupada com as questões e os desastres ambientais, fome e miséria do mundo, biodiversidade, processos de industrialização, desemprego, uso e produção de alimentos geneticamente modificados, crise de energia, enfim, com problemas sociais de complexidades diversas (Souza; Valadares, 2022, p.3).

Dessa forma, a formação da cidadania e a tomada de decisão devem ser acompanhadas pela formação de valores. Logo, a tomada de decisão também é um elemento crucial na Educação em Direitos Humanos. Oliveira e Queiroz (2016) reforçam que é necessário pensar em uma abordagem capaz de relacionar o conteúdo com as dimensões sociais, econômicas e tecnológicas, eles afirmam que:

[...] fazer com que esse conteúdo, relacionado com aspectos sociais, econômicos, tecnológicos, permita e possibilite empoderar os grupos minorizados, encare os direitos como adquiridos e não como “garantias do estado”, desenvolva uma capacidade argumentativa nos estudantes para essa luta por direitos, estimule uma percepção das possibilidades de transformação no mundo e, por fim, resgate a memória das violações de Direitos Humanos para que elas não voltem a acontecer (p. 95).

Nessa citação, podemos discutir sobre a participação ativa como fruto do pensamento reflexivo e da tomada de decisões. Chassot (2014) reforça que a vida em sociedade exige uma participação ativa, porque dela decorre as tomadas de decisões, que podem impulsionar melhorias na qualidade de vida na sociedade. Além disso, ele destaca a importância da Ciência, especialmente no contexto do ensino de Química, como um instrumento para viabilizar o exercício pleno da cidadania. Essa conexão pode ser percebida na interseção entre o ensino, a tomada de decisão e a formação de valores no processo educacional. O ensino de Ciências, ao incluir aspectos críticos e aplicados, capacita os estudantes não apenas com conhecimentos, mas também com as habilidades necessárias para analisar informações, compreender implicações éticas e tomar decisões informadas. A tomada de decisão, por sua vez, torna-se um elemento-chave na formação de valores e, na prática da cidadania, pois os estudantes aprendem a considerar diferentes perspectivas, avaliar evidências científicas e contribuir ativamente para questões sociais, ambientais e éticas. Assim, o ensino, a tomada de decisão e a formação de valores entrelaçam-se de maneira a fortalecer a capacidade dos indivíduos de participar ativamente na sociedade, exercendo uma cidadania plena e crítica.

No contexto da Educação em Direitos Humanos, essas perspectivas podem ser compreendidas como estimular “[...] processos que articulem teoria e prática, elementos cognitivos, afetivos e envolvimento em práticas sociais concretas” (Candau, 2008, p.82). Além disso, Candau *et al.*, (2013) corroboram a afirmação de que:

O centro desse enfoque pedagógico é relacionar o crescimento individual à dinâmica social e à vida pública, desenvolvendo habilidades, conhecimentos e atitudes de questionamento crítico em relação às injustiças e desigualdades, às relações de poder, às discriminações e à mudança social (p. 38-39).

Analisar e elucidar alguns sentidos concernentes à interseção entre o desenvolvimento de habilidades, o processo de tomada de decisão e o pensamento reflexivo, tomando como ponto de partida a temática da mineração e alguns fundamentos da Educação em Direitos Humanos, destaca a relevância intrínseca dessa integração. Nossas considerações reconhecem a importância dessa interconexão como um elemento impulsionador para a formação de cidadãos reflexivos, éticos e ativamente comprometidos com questões sociais, ressaltando a necessidade de promover uma abordagem educacional que transcenda os limites disciplinares e propicie uma compreensão abrangente e crítica dos desafios contemporâneos.

4.5 Conclusões

Neste capítulo, validamos a SDI a partir das contribuições advindas das análises de professores-pesquisadores em Educação Química sobre as vantagens, dificuldades e os desafios da proposta. As três categorias finais refinadas reflete esses três aspectos almejados. Na primeira, percebemos que a troca de experiências e a reflexão conjunta entre os educadores possibilitam uma análise crítica das práticas pedagógicas, favorecendo o desenvolvimento profissional e a busca por abordagens mais eficazes e inovadoras no ensino.

Além de aprimorar a qualidade do desenho do processo e do material pedagógico, nessa categoria compreendemos a necessidade de permitir o aprimoramento das estratégias de ensino, que por sua vez devem estar relacionadas às características e necessidades específicas dos estudantes, com a intenção de tornar o ensino-aprendizagem de Química mais significativo para os estudantes, sem lançar mão de uma construção robusta de aspectos teóricos e epistêmicos coerentes.

Na segunda e terceira categoria, a relação entre os aspectos teóricos, práticos e epistêmicos ficaram mais evidentes. Propomos e consolidamos por meio da SDI uma visão abrangente que transcendeu as barreiras do conhecimento em Química, situamos conexões e inter-relações entre a CTS(A) a partir da temática socioambiental, assim como a importância de viabilizar processos de ensino-aprendizagem que não exijam apenas o domínio científico,

mas que seja possível relacioná-lo no contexto socioambiental, propondo o desenvolvimento de habilidades para além da compreensão dos conceitos químicos.

Dessa forma, compreendemos que o processo de validação e a construção do instrumento de validação representaram etapas fundamentais no processo de elaboração e implementação de práticas pedagógicas de qualidade, contribuindo para a possibilidade de melhoria contínua do ensino e para o desenvolvimento integral dos estudantes. Portanto, ao submeter as atividades planejadas a um processo de validação, acreditamos na oportunidade de identificar possíveis lacunas, ajustar abordagens e incorporar devolutivas relevantes. Isso resulta em um material mais alinhado às necessidades dos estudantes, promovendo a eficácia do ensino e a construção sólida do conhecimento. Além disso, a validação é fundamental para promover a transparência, a confiabilidade do processo educacional ou do processo de pesquisa sobre a prática educacional e a socialização de práticas educativas entre professores.

Referências

ALMOLOUD, Saddo Ag; SILVA, Maria José Ferreira da. Engenharia didática: evolução e diversidade. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**, v.7, n. 2, p. 22-52, 2012.

Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2012v7n2p22/23452>. Acesso em: 26 març. 2024.

AMARAL, Fábio Muniz do. **Validação de Sequência Didática para (Re)Construção de conhecimentos estatísticos por professores do Ensino Fundamental**. 2010. 104 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática), Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo - SP, 2010.

BARROS, Kalina Cúrie Tenório Fernandes do Rêgo; FERREIRA, Helaine Sivini. Uma análise da produção científica nacional em ensino das ciências relacionadas às sequências de ensino aprendizagem (teaching learning sequences – TLS) na perspectiva de Méheut.

Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, n. extra, p. 3520-3525, 2013. Disponível em:

<https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308555/398569>. Acesso em: 20 dez. 2023.

BEGO, Amadeu Moura; ALVES, Milena; GIORDAN, Marcelo. O planejamento de sequências didáticas de química fundamentadas no Modelo Topológico de Ensino: potencialidades do Processo EAR (Elaboração, Aplicação e Reelaboração) para a formação inicial de professores. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 25, p. 625-645, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/z4LpbWvMJK55KwShFHnH7fH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 04 out. 2023.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Tradução Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto (Portugal): Porto Editora, 1994.

BRANDÃO, Carlos Rodrigues; BORGES, Maristela Correa. A pesquisa participante: um momento da educação popular. **Revista de Educação Popular**, Uberlândia/MG, v. 6, n. 1, 2008. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/reveducpop/article/view/19988>. Acesso em: 5 abr. 2023.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

CANDAU, Vera Maria Ferrão. Educação em direitos humanos: questões pedagógicas. *In*: BITTAR, E. (Org.). **Educação e metodologia para os direitos humanos**. São Paulo: Quartier Latin, p. 285-298, 2008. Disponível em: <https://encr.pw/ZbajK>. Acesso em: 30 de jan. 2023.

CANDAU, Vera Maria Ferrão; PAULO, Iliana; ANDRADE, Marcelo.; LUCINDA, Maria da Consolação; SACAVINO, Susana; AMORIM, Viviane. **Educação em Direitos Humanos e formação de professores (as)**. 1 ed. São Paulo: Cortez, 2013.

CHASSOT, Attico. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 6. ed. Ijuí: Unijuí, 2014.

CONRADO, Dália Melissa. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico**. 2017. 237f. Tese (Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia / Universidade Federal de Feira de Santana, 2017.

CRESWELL, John Ward. **Investigação qualitativa e projeto de pesquisa: escolhendo entre cinco abordagens** (3a ed.). São Paulo, SP: Penso, 2014.

DEMO, Pedro. **Pesquisa Participante: saber pensar e intervir juntos**. 2. ed. Brasília, DF: Liber, 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 84 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2022.

GERALDO, Ana Paula; LORENZETTI, Leonir. Aspectos didáticos-pedagógicos da Educação CTS no Ensino Médio: uma análise da prática docente no componente curricular Ciências Aplicadas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 13, n. 1, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/3280>. Acesso em: 16 de jan. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUIMARÃES, Yara A. F.; GIORDAN, Marcelo. Instrumento para construção e validação de sequências didáticas em um curso a distância de formação continuada de professores. *In*: **Anais do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 875-882, 2012. Disponível em: http://www.lapeq.fe.usp.br/textos/fp/fppdf/guimaraes_giordan-enpec-2012.pdf. Acesso em: 04 out. 2023.

GUIMARÃES, Yara A. F.; GIORDAN, Marcelo. Elementos para Validação de Sequências Didáticas. *In*: **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC** Águas de Lindóia, SP, 2013. Disponível em:

https://midia.atp.usp.br/plc/plc0703/impressos/plc0703_aula16_elementos_validacaoSD.pdf. Acesso em: 04 out. 2023.

GUISASOLA, Jenaro; OLIVA, José María. Nueva sección especial de REurEDC sobre investigación basada en el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje. **Revista Eureka sobre enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 17, n. 3, p. 300101-300102, 2020. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/920/92063056003/92063056003.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2024.

GUISASOLA, Jenaro; ZUZA, Kristina; AMETLER, Jaume; GUTIERREZ-BERRAONDO, José. Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. **Physical Review Physics Education Research**, v. 13, n. 2, p. 020139-1/14, 2017. Disponível em: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>. Acesso em: 22 fev. 2024.

KNEUBIL, Fabiana Botelho; PIETROCOLA, Maurício. A pesquisa baseada em design: visão geral e contribuições para o ensino de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 2, p. 01-16, 2017. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/641c/9910dffe37d9fa27f48530360288090a161d.pdf>. Acesso em: 04 de agosto de 2023.

LEITÃO, Selma. Argumentação e desenvolvimento do pensamento reflexivo. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 20, n. 3, p. 454- 462, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prc/a/ybbn9YVRhzTLyZbvWmZdcNf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 18 jan. 2024.

LIVRAMENTO, Gisele do; RIBEIRO, Daniel das C. A.; SIMON, Nathália. M.; STREIT, Livia; PASSOS, Camila Greff. Unidade Temática sobre mineração do carvão: uma proposta para o ensino de termoquímica com enfoque CTS. **Revista Virtual de Química**, v. 13, n. 3, 2021. Disponível em: <http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/RVq240521-a6.pdf>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

MÉHEUT, Martine; PSILLOS, Dimitris. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **Internacional Journal Science and Educacion**, v. 26, n. 5m p. 515-535, abril de 2004. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09500690310001614762?scroll=top&needAccess=true>. Acesso em: 20 dez. 2023.

MORAES, Roque. Avalanches reconstrutivas: movimentos dialéticos e hermenêuticos de transformação no envolvimento com a análise textual discursiva. **Revista Pesquisa Qualitativa, [S. l.]**, v. 8, n. 19, p. 595–609, 2020. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/372>. Acesso em: 4 jan. 2024.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/SJKF5m97DHykhL5pM5tXzdj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 4 jan. 2024.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2020. *E-book*.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. **Ciência & Educação**, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wvLhSxkz3JRgv3mcXHBWSXB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 01 de julho de 2022.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. **Química Nova**, v. 23, p. 273-283, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/QZSvNkKHJHG3Wk6XsSd7Phb/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 05 out. 2023.

OLIVEIRA NETO, José Olímpio de; MARCELINO-JR, Cristiano de Almeida Cardoso; LIMA, Analice de Almeida. O desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em licenciandos em química. *In: Anais do IV CONAPESC*, v. 4, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conapesc/2019/PROPOSTA_EV126_MD4_ID2306_22072019222600.pdf. Acesso em: 27 de maio de 2023.

OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. O cotidiano, o contextualizado e a Educação em Direitos Humanos: a escolha de um caminho para uma Educação cidadã cosmopolita. **Revista iberoamericana de educación**, v. 71, n. 1, p. 75-96, 2016. Disponível em: <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/175631/v.71%20n.1%20p%2075-96.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 04 de agosto de 2023.

REVILLA, Jairo Ortiz. **El desarrollo competencial en la Educación Primaria: efectos de una propuesta STEAM integrada**. 2020. 333 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Doutorado em Educação da Universidad de Burgos, Espanha, 2020.

ROSA, Suiane Ewerling da; STRIEDER, Roseline Beatriz. Dimensões da democratização da ciência-tecnologia no âmbito da educação CTS. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 1, n. 2, 24 ago. 2018. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/8251>. Acesso em: 16 de jan. 2024.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Maria Del Pillar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 5ª ed. Penso: Porto Alegre, 2013.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; SCHNETZLER, Roseli Pachêco. **Educação em Química: compromisso com a cidadania**. 4ª ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira. Educação Científica Humanística em Uma Perspectiva Freireana: Resgatando a Função do Ensino de CTS. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.1, n.1, p. 109-131, mar. 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/37426/28747>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n.1, p. 95-111, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000100007. Acesso em: 30 mar. 2023.

SOUZA, Bruna Costa de; VALADARES, Juarez Melgaço. O ensino de ciências a partir da temática Mineração: uma proposta com enfoque CTS e três momentos pedagógicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 28, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wrqqtgjQtkWx5XvJhkxhYFn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 de jun. 2022.

STRIEDER, Roseline Beatriz. **Abordagens CTS na educação científica no Brasil: sentidos e perspectivas**. 2012. 282 f. Tese (Doutorado em Ciências/Ensino de Física) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

STRIEDER, Roseline Beatriz; KAWAMURA, Maria Regina Dubeeaux. Educação CTS: parâmetros e propósitos brasileiros. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, P. 27-56, 2017. Disponível em:

TRÊS anos após o rompimento da barragem de Brumadinho (MG), atingidos ainda cobram justiça. **ANDES** – Sindicato Nacional dos Doentes das Instituições de Ensino Superior. 25 jan. 2022. Disponível em: <https://www.andes.org.br/conteudos/noticia/tres-anos-apos-o-rompimento-da-barragem-de-brumadinho-mG-atingidos-ainda-cobram-justica1>. Acesso em: 02 out. 2023.

WARTHA, Edson José; SILVA, Erivanildo Lopes da; BEJARANO, Nelson Rui Ribas. Cotidiano e contextualização no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 35, n. 2, p. 84-91, 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/04-CCD-151-12.pdf. Acesso em: 07 de junho de 2023.

ZAMBAM, Rodrigo Eder. A hermenêutica filosófica na ATD. **Revista Pesquisa Qualitativa**, [S. l.], v. 8, n. 19, p. 661–676, 2020. Disponível em: <https://editora.sepq.org.br/rpq/article/view/368>. Acesso em: 4 jan. 2024.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para responder o problema de pesquisa (como articular a abordagem CTS(A) e a EDH em uma proposta de Sequência Didática Investigativa para o ensino-aprendizagem escolar de Funções Químicas Inorgânicas, a partir da temática “Mineração”?), considerando todos os resultados e a discussão do processo de pesquisa realizado, as percepções a seguir são elementos que, somados, devem ser compreendidos como uma, entre outras possibilidades em respondê-lo.

Os caminhos trilhados em cada um dos quatro capítulos serviram para subsidiar a validação da SDI e sua adequação à finalidade proposta, dentro dos limites investigados. Identificamos diferentes aspectos relacionados à mineração e ao ensino de conteúdos químicos, vinculado a essa temática, sob a abordagem CTS(A) e da perspectiva da EDH. Tais fatores incidiram em perspectivas de ensino-aprendizagem e contribuíram para reforçar a compreensão de que é preciso trabalhar com temas sociais mediante um aprofundamento teórico-científico/químico. Com essa concepção, conseguimos explicitar diferentes inter-relações existentes entre as dimensões científicas, tecnológicas, sociais e ambientais em torno da atividade mineradora e os direitos humanos e, dessa forma, suscitar elementos para associar a mineração a uma temática que pode ser trabalhada de forma crítica e abrangente no ensino-aprendizagem, distanciando-se de propostas que a utilizem para ilustrar meros exemplos do cotidiano, sem aprofundamento cognitivo ou socioambiental.

Os resultados obtidos estimulam-nos a acreditar que o processo de ensino-aprendizagem de Química, articulando a abordagem CTS(A) e a EDH, oferece meios indispensáveis tanto para refletir sobre a prática docente diante de questões relacionadas aos direitos humanos e em como abordar essas questões nas aulas de Química, quanto para ajudar a pensar e criar espaços saudáveis que incitem uma cultura dos direitos humanos nos ambientes escolares. Obviamente, não podemos ser ingênuos ao ponto de acreditar que em poucas aulas tal objetivo seria concretizado, mas acredito que seja um caminho de planejamento e aplicação possível, que exige muitos esforços. Desse modo, a proposta da SDI aponta como uma possível contribuição da perspectiva da EDH nos processos de ensino-aprendizagem de conteúdos químicos, auxiliando na formação da cidadania, do pensamento reflexivo e da tomada de decisão. Ao mesmo tempo, essa rica reunião de elementos CTS(A) em torno da atividade mineradora causa preocupações, no sentido de a formação dos jovens os levem a ficarem mais interessados na exploração econômica atrelada a interesses neoliberais, contraditório ao desenvolvimento sustentável e ao bem-estar coletivo.

As práticas pedagógicas no ensino de Química também devem favorecer processos formativos que assegurem condições mínimas de empatia e convivência respeitosa na sociedade. Devem também contribuir para suplantarmos a escassez nos currículos da articulação da inclusão de temas controversos relacionados a Ciência e a Tecnologia que contemplem a esfera sociopolítica.

Não é novidade que na sociedade contemporânea há crescentes violências em várias esferas da sociedade. Ideologias contrárias à democracia, grupos extremistas que incitam o uso da violência, do racismo, de muitos preconceitos de gênero e orientações sexuais, do conservadorismo, do machismo e da intolerância religiosa são exemplos nessa direção. Não raramente ações desse tipo exibem a total violação dos direitos fundamentais dos indivíduos. Ou seja, há pouca ou nenhuma tolerância às diferenças, e tolerar as diferenças é extremamente diferente de discordar. Então, surge um questionamento: como professores(as) de Química podem planejar e atuar nessa realidade? Os professores em exercício e aqueles ainda em formação inicial precisam compreender que planejamento e atitudes nesse campo são atos políticos, tudo é político. Dessa forma, embora seja cansativo, enquanto docentes precisamos combater continuamente essas violências, para não haver maiores perdas na nossa realidade. Por isso, acredito que sendo essa possibilidade, uma responsabilidade, a ser inserida com assertividade nos processos de ensino-aprendizagem de Ciências.

Esses aspectos trazem à tona algumas preocupações. A primeira versa sobre refletir a formação científica construída por meio de um senso humano, pois ela deveria existir sem uma formação humana de valores amparada na cidadania consciente. Não faz nenhum sentido compreender múltiplos conceitos químicos por si, se o indivíduo é descaracterizado de valores que fazem parte do respeito à dignidade humana. Afinal, a quem interessa formar indivíduos assim? Senão o maquinário socioeconômico político conservador e opressor. O segundo ponto, em uma perspectiva coletiva, é sobre quando o indivíduo não tem o entendimento dele ser sujeito de direitos humanos. A construção desse entendimento o encaminhará para uma formação humana mais consciente. Por isso, ele precisa de condições reais para entender-se como sujeito de direitos humanos e esse processo não é só individual, mas também coletivo, principalmente no âmbito escolar e permeia a relação professor-aluno. Esses dois pontos coexistem para apontar a seguinte afirmação: não deveria existir progresso científico sem o mínimo de responsabilidade social.

REFERÊNCIAS

BENEVIDES, Maria Victoria. Direitos humanos: desafios para o século XXI. *In*: SILVEIRA, Rosa Maria Godoy; DIAS, Adelaide Alves.; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; FEITOSA, Maria Luiza Pereira de Alencar Mayer; ZENAIDE, Maria de Nazaré Tavares. (Org.).

Educação em Direitos Humanos: fundamentos teórico-metodológicos. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2007, p.313-334. Disponível em: <http://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2014/07/merged.compressed.pdf>. Acesso em 09 de maio de 2023.

BERNARDO, Rodrigo Antônio; ROSSI, Marco Aurélio de Lima Silva; MOURA, Cristiano Barbosa; MONTEIRO, Bruno Andrade Pinto. A química das Funções Inorgânicas e o conflito das atividades mineradoras: história, trabalho e meio ambiente. *In*: OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. **Conteúdos Cordiais**: Química humanizada para uma escola sem mordanças. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

BEZERRA, Marcelo Soares. **Plano de Desenvolvimento Preliminar** - PDP: Arranjo Produtivo Local de minerais de pegmatito do Rio Grande do Norte e Paraíba. CCT, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/empresas-e-negocios/pt-br/observatorioapl/biblioteca-apl/planos-de-desenvolvimento-dos-apls/pdp-mineral-de-pegmatito-de-rio-grande-do-norte-e-paraiba.pdf>. Acesso em: 19 de out. 2022.

BRASIL. Ministério de Ciência e Tecnologia. Centro de Tecnologia Mineral. **Mineração e desenvolvimento sustentável**: desafios para o Brasil. Editor Maria Laura Barreto. Rio de Janeiro: CETEM; MCT, 2001.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>. Acesso em: 05 abr. 2023.

BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. **Cooperativismo Mineral no Brasil**: o caminho das pedras, passo a passo. Ministério de Minas e Energia - Departamento Nacional de Produção Mineral. Brasília: DNPM/DIDEM, 2008.

BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias / Secretaria de Educação Básica. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf. Acesso em 15 de maio de 2023.

CAMPOS, Reinaldo Calixto; SILVA, Reinaldo Carvalho. Funções da Química Inorgânica...funcionam? **Química Nova na Escola**, n. 9, 1999. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc09/conceito.pdf>. Acesso em 09 de maio de 2023.

CELESTINO, Marcelo Silva. **Uma sequência didática investigativa sobre impactos da mineração**: uma proposta com enfoque CTSA e da Teoria Ator-Rede. 2019. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Ciências Exatas e Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DA PARAÍBA - CINEP. **Minerais**, 2023. Disponível em:

https://www.cinep.pb.gov.br/portal/?page_id=296#:~:text=Foram%20catalogados%20registros%20minerai s%20entre,minerias%20lavrados%20atualmente%20no%20Estado. Acesso em: 23 set. 2023.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil. **Relatório Anual**, Ministério de Minas e Energia, 2013.

DIAS, Ledeny Priscila de Lima. **A pedra de retumba**: escavando uma história. 2012. 20 f. Monografia (Licenciatura em História), Universidade Estadual da Paraíba, 2012.

ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. **Maldição ou Dádiva? Os dilemas do desenvolvimento sustentável a partir de uma base mineira**. 2007. 449 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FIDELIS, Lelise Francisca da Silva. **Ensino de Química com abordagem CTS – elaboração e vivência de uma sequência didática com a temática Mineração**. 2020. 133 f. Dissertação (Mestrado em Química em Rede Nacional - PROFQUI) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 84 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2022.

HALMENSCHLAGER, Karine Raquiel. Abordagem de temas em Ciências da Natureza no Ensino Médio: implicações na prática e na formação docente. 2014. 373 f. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Florianópolis, 2014.

IBRAM - Instituto Brasileiro De Mineração, 2010. **As riquezas minerais da Paraíba**. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/as-riquezas-minerais-da-paraiba/>. Acesso em: agosto de 2022.

LUZ, Adão Benvindo da; LINS, Fernando Antonio Freitas. **Rochas & Minerais Industriais**: usos e especificações. 2.Ed. - Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Disponível em: <http://biblioteca.ifes.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/000013/0000138C.pdf>. Acesso em: 28 set. 2023.

LUZ, Adão Benvindo da; SAMPAIO, João Alvez; FRANÇA, Silvia Cristina Alves. **Tratamento de Minérios**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

NOTA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DO NOVO ENSINO MÉDIO A PARTIR DA BNCC. **Sociedade Brasileira de Química**. 26 de julho de 2021. Disponível em: <https://www.sbq.org.br/ensino/moco es/nota-da-sociedade-brasileira-de-quimica-sobre-implementacao-do-novo-ensino-medio-partir-da>. Acesso em: 11 mar. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Assembleia Geral das Nações Unidas em Paris. 1948. Disponível em: <https://www.un.org/en/about-us/universal-declaration-of-human-rights>. Acesso em: 24 de setembro de 2022.

QUEIROZ, Glória Regina Pessoa Campelo. Humanizando o ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, v. 24, n. 2, p. 263-266, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/W4j3xj7NVncqhDJtTjhDNHx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 de maio 2022.

RAMOS, Elaine da Silva; FRAUZINO, Maysa de Fátima Moraes; LABURÚ, Carlos Eduardo. As teorias ácido-base a partir do referencial dos Multimodos e das Múltiplas Representações. *In: Anais do XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2017. Disponível em: <https://www.abrapec.com/enpec/xi-enpec/anais/busca.htm?query=As+teorias+%E1cido-base+a+partir+do+referencial+dos+Multimodos+e+das+M%FAltiplas+Representa%E7%F5e>s. Acesso em: 09 de maio de 2023.

SANTANA, Isley Kauana Marque de; SIMÕES NETO, José Euzebio; ALVES, Cláudia Thamires da Silva; OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de. Conteúdos Cordiais e o Ensino de Química: unindo a razão e emoção para construção de um ensino mais humanizado. *In: Anais do XIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIII ENPEC ENPEC EM REDES*, 2021. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/76542>. Acesso em: 27 de julho de 2022.

SILVA, Bruna da; CORDEIRO, Márcia Regina; KIILL, Keila Bossolani. Jogo Didático Investigativo: uma ferramenta para o ensino de química inorgânica. **Revista Química Nova na Escola**, v. 37, n. 1, p. 27-34, 2015. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc37_1/06-RSA-12-13.pdf. Acesso em: 8 jun. 2023.

SOUZA, Bruna Costa de; VALADARES, Juarez Melgaço. O ensino de ciências a partir da temática Mineração: uma proposta com enfoque CTS e três momentos pedagógicos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 28, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/wrqqtgjQtkWx5XvJhkxhYFn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 de jun. 2022.

VIANA, Maurício Boratto. **Avaliando Minas: Índice de sustentabilidade da mineração (ISM)**. 2012. 372 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) -Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

Apêndice A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado (a),

Você está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada: “A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: Uma abordagem temática para conteúdos químicos com base na Educação em Direitos Humanos sob o enfoque CTSA”, sob a responsabilidade de: Maria Gabriela da Costa Melo e do seu orientador Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr, de forma totalmente voluntária.

Antes de decidir sobre sua permissão para a participação do(a) filho(a) na pesquisa, é importante que entenda a finalidade da mesma e como ela se realizará. Portanto, leia atentamente as informações que seguem.

O principal objetivo da pesquisa é identificar contribuições e limitações de uma sequência didática temática, concebida na perspectiva do enfoque CTSA e da Educação em Direitos Humanos, para a formação da habilidade de classificar substâncias pertencentes às do conteúdo Funções Inorgânicas, junto a estudantes do ensino médio. A sua participação será muito valiosa para esta pesquisa. Para alcançar esse objetivo, a aluna do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Maria Gabriela da Costa Melo planejou uma Sequência Didática Investigativa sobre o tema motivador Mineração para o estudo do conteúdo de Funções Inorgânicas. No entanto, com a sua participação pretendemos avaliar algumas categorias da Sequência Didática Investigativa sob pressupostos teóricos relacionados a validação de Sequências Didáticas, que visa a validação consensual como um processo de concordância entre indivíduos capacitados para avaliar e sugerir alterações nos instrumentos de coleta. Nessa etapa da pesquisa, será utilizado um formulário com perguntas sobre a Sequência Didática. Esses dados serão analisados pela pesquisadora em sua pesquisa de dissertação, para contribuir com processos de ensino-aprendizagem de química mais humanizados e comprometidos com a formação cidadã. Destacamos que há poucos riscos para você. Salientamos que em nenhum momento o seu nome será divulgado.

A pesquisadora caberá o desenvolvimento da pesquisa de forma confidencial; entretanto, quando for necessário, poderá revelar os resultados ao indivíduo, cumprindo as exigências da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.

O voluntário poderá recusar-se a participar, ou retirar seu consentimento a qualquer fase da realização da pesquisa ora proposta, não havendo qualquer penalização ou prejuízo.

O participante terá assistência e acompanhamento durante o desenvolvimento da pesquisa de acordo com Resolução nº. 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde.

Os dados individuais serão mantidos sob sigilo absoluto e será garantida a privacidade dos participantes, antes, durante e após a finalização do estudo, serão arquivados pela aluna de pós-graduação e pelo seu orientador. Será garantido que o participante da pesquisa receberá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido de forma virtual.

Os resultados da pesquisa poderão ser apresentados em congressos e publicações científicas, sem qualquer meio de identificação dos participantes, no sentido de contribuir para ampliar o nível de conhecimento a respeito das condições estudadas. (Res. 466/2012, IV. 3. g. e. h.)

Em caso de dúvidas, você poderá obter maiores informações entrando em contato com Maria Gabriela da Costa Melo, através dos telefones (083) 98620-9235 e/ou através do e-mail: maria.gabriela.costa.melo@aluno.uepb.edu.br. Caso suas dúvidas não sejam resolvidas pelos pesquisadores ou seus direitos sejam negados, favor recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa, localizado no 2º andar, Prédio Administrativo da Reitoria da Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, Telefone (83) 3315 3373, e-mail: cep@setor.uepb.edu.br e da CONEP (quando pertinente).

CONSENTIMENTO

Após ter sido informado sobre a finalidade da pesquisa “A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO: Uma abordagem temática para conteúdos químicos com base na Educação em Direitos Humanos sob o enfoque CTSA” e ter lido os esclarecimentos prestados no presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Eu, autorizo a realizar a captação, uso, guarda e exibição de textos do formulário na pesquisa e que estou suficientemente satisfeito com as informações sobre a pesquisa, como também dou permissão para que os dados obtidos sejam utilizados para os fins estabelecidos, preservando minha identidade. Desta forma, assino este termo, juntamente com o pesquisador, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do pesquisador.

Campina Grande-PB, _____ de _____ de _____.

Assinatura do participante

Assinatura da Pesquisadora Responsável

Apêndice B – Estrutura da SDI apresentada aos participantes

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA
Discente: Maria Gabriela da Costa Melo Orientador: Dr. Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino Jr

“A Química e a mineração no Seridó Paraibano”

1. Concepções teóricas para elaboração da Sequência Didática Investigativa

Consideramos, tomando por base as concepções de autores sobre o ensino CTS(A), como Santos e Schnetzler (2010) e Santos e Mortimer (2001), uma abordagem que articula a natureza da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade e de suas inter-relações, para que os estudantes possam compreender a interdependência entre essas áreas, a partir de uma perspectiva social. Nesse contexto, consideramos a perspectiva de Torres Merchán (2014), uma SD como uma estratégia didática no âmbito da educação científica formal que permita aos estudantes mobilizar e aprender sobre determinados conteúdos, de modo contextualizado com o entorno e o cotidiano, assim como compreender criticamente a natureza da Ciência e desenvolver habilidades relacionadas ao pensamento crítico. A compreensão de SDI tomada busca se alinhar àquelas destacadas por seus papéis positivos em aplicar o ensino investigativo, utilizando temas que propiciem o levantamento de problemáticas relacionadas a abordagens contextualizadas e atentas aos conhecimentos prévios dos estudantes. Inclui-se, nesses pressupostos, a busca por uma alfabetização científica, na direção de formação de sujeitos pensantes, críticos socioambientalmente engajados, no sentido tomado por algumas propostas com abordagem CTS(A) voltadas a um letramento científico.

Considerando proposições nesse sentido, como as de Mortimer, Machado e Romanelli (2000), a estruturação e aplicação da SDI será pautada em uma abordagem relacional para a formação da habilidade de classificar compostos inorgânicos, evitando o excesso de esquemas classificatórios com categorizações externas ao estudante, mas, vinculando-as à sua realidade, discutindo as características e implicações da extração e beneficiamento de recursos minerais, a partir do vivenciado no contexto local.

A organização da SDI também foi pautada em uma sistematização com base na Educação em Direitos Humanos, mediante procedimentos metodológicos de Calissi (2014) e sua aplicação seguirá momentos pedagógicos, nos quais serão utilizados diferentes recursos e estratégias. A Educação em Direitos Humanos é um tema complexo, com uma diversidade de significados e enfoques assumidos por diferentes perspectivas (Candau *et al.*, 2013). No entanto, em diferentes concepções, é possível constatar a compreensão da Educação em Direitos

Humanos como um processo que articula três dimensões: a) *conhecimentos e habilidades*: no sentido de compreender os direitos humanos e os mecanismos existentes para a sua proteção, assim como incentivar o exercício de habilidades na vida cotidiana; b) *valores, atitudes e comportamentos*: voltando-se ao desenvolvimento de valores e fortalecimento de atitudes e comportamentos que respeitem os direitos humanos; e c) *ações*: buscando desencadear atividades para a promoção, defesa e reparação das violações aos direitos humanos (Brasil, 2018).

As pesquisas que envolvem a EDH surgiram após um cenário político muito transgressor, elas evidenciam que os direitos humanos são reconhecidamente importantes nos processos de ensino-aprendizagem. Essas pesquisas atestam que uma cultura em direitos humanos contribui para a afirmação da cidadania e fortalecimento dos processos democráticos, ou seja, é necessário assegurar que os direitos humanos conduzam práticas docentes e processos formativos na sala de aula, orientados para a construção de uma cultura dos direitos humanos nos espaços escolares (Candau, 2008; 2012a; Bedin; Tosi, 2018; Carbonari, 2007a). Adicionalmente, as pesquisas que incluem a EDH e o ensino de Química pensam os conteúdos a partir de temas com relevância social, mediante uma perspectiva de ensino humanizado, que os relaciona ao letramento científico e tecnológico, e ao desenvolvimento de competências e habilidades, a partir de um paradigma humano (Oliveira; Queiroz, 2017; Queiroz, 2018; Santana *et al.*, 2021; Santos e Schnetzler, 2010).

As discussões realizadas e o levantamento feito junto a base de dados evidenciam que a temática mineração no Seridó paraibano abrange, dentro da perspectiva do letramento científico e tecnológico no ensino de Química relaciona-se com as três dimensões *conhecimentos e habilidades, valores, atitudes e comportamentos e ações* (Brasil, 2018; Bernardo *et al.*, 2017; Celestino, 2019; Fidelis, 2020; Souza e Valadares, 2022). Junto a isso, no que diz respeito aos aspectos metodológicos de uma Educação em Direitos Humanos, Calissi (2014, p. 111) discute a importância do papel docente. Primeiro, ela afirma que é preciso compreender que “Formar em e para os Direitos humanos pressupõe procedimento metodológico crítico e consciente e estratégias adequadas pra que o/a aluno/a compreenda, reconheça, reelabore, expresse e utilize os seus direitos como cidadãos/ãs.”. Ela propõe procedimentos metodológicos a partir de quatro 4 etapas, sendo elas: 1) *ativação e problematização do conhecimento prévio*; 2) *mediação e aprofundamento do conhecimento*; 3) *execução e aplicação do conhecimento* e 4) *mobilização de saberes*. É dentro de um arcabouço dessa natureza que a SDI foi planejada.

Nesse contexto, o processo de ensino-aprendizagem foi planejado considerando processos dialógicos, pois, com base em Freire (2022), na dialogicidade compreendemos que há o pensar crítico, fruto de reflexões conscientes. O Quadro 1 apresenta a organização da SDI.

Quadro 1. Descrição e organização da Sequência Didática Investigativa

SDI: A QUÍMICA E A MINERAÇÃO NO SERIDÓ PARAIBANO				
Participantes e contexto				
Caracterização dos estudantes		Os participantes desta pesquisa serão estudantes de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, de uma escola estadual, em Pedra Lavrada, PB, eles residem na zona urbana e na zona rural do município. O terceiro ano foi escolhido pelo entendimento que, nessa fase de escolaridade, os estudantes já deveriam apresentar um pensamento químico mais desenvolvido, expressado pelo domínio de conceitos químicos estruturadores, como propõem Oliveira Neto, Marcelino Jr e Lima (2019).		
Caracterização da escola		A pesquisa será desenvolvida na Escola Cidadã Integral Graciliano Fontini Lordão, localizada na Rua Professor Francisco Ferreira, n.º 13, no centro da cidade. O município está situado no bioma da caatinga, na microrregião do Seridó Oriental do estado da Paraíba, localizado a cerca de 230 km da capital, João Pessoa. A riqueza mineral de Pedra Lavrada a torna conhecida como “A Terra do Minério”, em consequência da grande variedade de rochas e minerais que compõem o seu subsolo. A mineração é uma das principais atividades econômicas da cidade.		
Problematização				
A mineração é uma importante atividade econômica do Seridó da Paraíba, associada a aspectos positivos e negativos. Porém, contraditoriamente, essa temática é desconhecida por muitos moradores e ainda é pouco difundida e explorada nas escolas da região. Nesse sentido, há a necessidades de propostas didáticas que vinculem esse tema à abordagem de conteúdos do currículo escolar, como os conteúdos químicos. Assim, recai a expectativa sobre a proposição de uma Sequência Didática Investigativa (SDI) fundamentada na mineração enquanto temática socioambiental, relacionada ao cotidiano dos estudantes de Pedra Lavrada, para auxiliar na contextualização e contribuir com a formação cidadã dos participantes.				
Objetivo geral				
Identificar contribuições e limitações de uma SDI, com abordagem temática sobre a mineração no Seridó Oriental paraibano, concebida na perspectiva do abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e da Educação em Direitos Humanos, para a abordagem do conteúdo Funções Inorgânicas junto a estudantes do Ensino Médio.				
Procedimentos metodológicos				
Aulas	Etapa EDH	Objetivos específicos	Conteúdo	Dinâmica das atividades/material
1 e 2	Ativação e problematização dos conhecimentos prévios	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar a pesquisa e a SDI. • Avaliar as compreensões dos estudantes sobre: a classificação das Funções Inorgânicas, as classificações dos recursos minerais; e das relações entre os aspectos CTSA na atividade mineradora local, incluindo questões em direitos humanos. 	Recursos minerais. Minérios. Tipos de minérios. Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.	<ul style="list-style-type: none"> • Exposição e discussões sobre a proposta. • Resolução de um questionário (perguntas abertas). • Problematização inicial: apresentação do caso. • Introdução da temática, por meio da exibição de imagens fotográficas e de vídeos, e da discussão, em roda de conversa, sobre aspectos CTSA presentes na atividade mineradora local.

		<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer uma identificação com a temática e uma motivação para o ensino-aprendizagem. 		
3	Mediação e aprofundamento do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Abordar características das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais do Seridó Oriental, sob abordagem CTSA e de suas relações com os direitos humanos, com ênfase científico-tecnológica. • Abordar características das Funções Inorgânicas e dos recursos minerais do Seridó Oriental, sob abordagem CTSA e de suas relações com os direitos humanos, com ênfase socioambiental. 	<p>Recursos minerais.</p> <p>Minérios. Tipos de minérios.</p> <p>Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas expositivas e dialogadas. • Leitura dirigida do texto “Pedra Lavrada, a terra dos minérios”. • Resolução de problemas, com pesquisa/levantamento das características geológicas, os principais minerais encontrados na região, os produtos dos seus beneficiamentos, associando-os às suas propriedades e aplicações. • Manipulação de minerais. • Realização de experimentos demonstrativos-investigativos. • Aulas expositivas e dialogadas. • Leitura dirigida do texto “Pedra Lavrada, a terra dos minérios”. • Debate, com a presença de profissionais vinculados ao setor de mineração local.
4 e 5	Execução e aplicação do conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolver ações para classificação das substâncias inorgânicas e avaliação de benefícios e riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes recursos e produtos minerais, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para o enfrentamento de problemas relacionadas à atividade mineradora, sob a abordagem CTSA e em direitos humanos. 	<p>Recursos minerais.</p> <p>Minérios. Tipos de minérios.</p> <p>Compostos Inorgânicos: ácidos, bases, óxidos e sais.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Construção de fluxogramas sobre a relação CTSA na atividade mineradora em Pedra Lavrada. • Resolução do caso apresentado inicialmente. • Planejamento da exposição “Feira dos Minérios: Ciência, Tecnologia, meio ambiente, economia e cultura”.
6	Síntese e mobilização de saberes	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar uma culminância para a mobilização de 	Compostos Inorgânicos	<ul style="list-style-type: none"> • Promoção da “Feira dos Minérios: Ciência, Tecnologia, meio ambiente,

		conhecimentos relacionados à habilidade de classificar as substâncias inorgânicas e à atividade mineradora, sob uma perspectiva CTSA e em direitos humanos.		economia e cultura em Pedra Lavrada”.
7	Síntese e mobilização de saberes	• Avaliação		• A SDI será avaliada pelos estudantes ao final de sua aplicação.
Avaliação da SDI				
Os estudantes responderão a um questionário e às atividades para compor os dados para análise da pesquisa.				
Bibliografia				
<p>CALISSI, Luciana. A Escola como espaço de formação/transformação: estratégias metodológicas para educação em/para os Direitos Humanos. <i>In</i>: FLORES, Elio Chaves; FERREIRA, Lúcia de Fátima Guerra; BARBOSA E MELO, Vilma de Lurdes (Org.). Educação em direitos humanos & educação para os direitos humanos. João Pessoa: Editora Universitária – Universidade Federal da Paraíba, 2014, p. 109-139. Disponível em: https://www.cchla.ufpb.br/ncdh/wp-content/uploads/2017/10/Educa%C3%A7%C3%A3o-em-e-para-DH.pdf. Acesso em: 8 de maio de 2023.</p> <p>CONRADO, Dália Melissa; NUNES-NETO, Nei. Questões sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas. Salvador: EDUFBA, 2018. Disponível em: https://books.scielo.org/id/n7g56/pdf/conrado-9788523220174.pdf. Acesso em: 16 de maio de 2023.</p> <p>FREIRE, Paulo. Pedagogia do Oprimido. 84 ed. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2022.</p> <p>OLIVEIRA NETO, José Olímpio de; MARCELINO-JR, Cristiano de Almeida Cardoso; LIMA, Analice de Almeida. O desenvolvimento da habilidade de identificar álcoois em licenciandos em química. <i>In</i>: Anais do IV CONAPESC, v. 4, 2019. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/ebooks/conapesc/2019/PROPOSTA_EV126_MD4_ID2306_22072019222600.pdf. Acesso em: 27 de maio de 2023.</p> <p>MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta; ROMANELLI, Lilavate Izapovitz. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. Química Nova, v. 23, p. 273-283, 2000. Disponível em: https://www.scielo.br/j/qn/a/QZSvNkKHJHG3Wk6XsSDI7Phb/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 05 out. 2023.</p> <p>TORRES-MERCHÁN, Nidia Yaneth. El abordaje de situaciones contextuales para la solución de problemas y la toma de decisiones. Zona Próxima, Barranquilla, n. 14, p. 126-141, 2011. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/853/85320028008.pdf. Acesso em: 28 set. 2023.</p> <p>SANTOS, Veronica Gomes; GALEMBECK, Eduardo. Sequência didática com enfoque investigativo: alterações significativas na elaboração de hipóteses e estruturação de perguntas realizadas por alunos do Ensino Fundamental I. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, p. 879-904, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4802. Acesso em: 05 out. 2023.</p>				

Fonte: elaboração própria (2023).

Apêndice C – Questionário da SDI

A MINERAÇÃO NO SERIDÓ ORIENTAL PARAIBANO

QUESTIONÁRIO

- 1** – A mineração é praticada desde a antiguidade e exerce forte influência na sociedade moderna. Indique alguns dos seus impactos positivos e negativos ao meio ambiente e para as pessoas.

Positivos	Negativos

- 2** – Você conhece aspectos históricos relacionados à extração de recursos minerais no Seridó, particularmente em Pedra Lavrada? Exponha alguns deles.

- 3** – Você acha que a mineração tem sido importante para o desenvolvimento de Pedra Lavrada? Por quê? _____

- 4** - Você conhece (direta ou indiretamente) alguém que trabalha em minas ou em garimpos? Se sim, descreva o tipo de relação que você tem com ela. Exemplo: relação parental: pai, mãe, avô, avó, tio, etc.; pessoa que é de outros dos seus ciclos afetivos – pai/mãe de colegas, amigos dos seus parentes.

- 5** – Você conhece rochas, minerais e/ou minérios de nossa região que têm sido comercializados? Se sim, quais e que aplicações eles possuem?

Rocha, mineral ou minério	Aplicação

- 6** – Muitos minerais possuem uma composição química característica de compostos inorgânicos classificados como ácidos, bases, sais e óxidos, e/ou que os utilizam ou produzem em seus beneficiamentos compostos pertencentes a essas Funções Inorgânicas. Dê exemplos de ácidos, bases, óxidos e sais, e indique os critérios que você utilizou para agrupá-los nessas classes.

Ácidos	Bases	Sais	Óxidos

- 7 – Ao pensar na mineração, como você associa aspectos científico-tecnológicos e socioambientais relacionados essa atividade em Pedra Lavrada. Ou seja, ao relacionar Ciência e mineração; Tecnologia e mineração; Sociedade e mineração; Ambiente e mineração.

Científico-tecnológicos	Socioambientais

- 8 - Você acha que a mineração em Pedra Lavrada tem impactado o meio ambiente e a população de modo positivo? Por quê?

- 9 – Qual a sua compreensão sobre a remuneração e a qualidade de vida e saúde dos agentes envolvidos na produção e comercialização de minerais em Pedra Lavrada: garimpeiros, mineradores (com carteira assinada), donos de companhias de mineração, atravessadores/distribuidores e indústrias? Explique.

- 10 - Você acha que, de modo geral, existem violações dos direitos humanos na atividade da mineração? Por quê?

E em Pedra Lavrada, você acha que há exemplos dessas violações? Se sim, como elas afetam as pessoas?

- 11- Caso acredite que a mineração cause impactos em nosso município, ao meio ambiente e às pessoas, o que você sugere para minimizá-los? Caso não acredite, poderia comentar sobre como você chegou a essa conclusão?

Apêndice D – Texto didático para a etapa da mediação e aprofundamento do conhecimento

Pedra Lavrada: aqui não temos bauxita, mas temos feldspato, mica, berilo e muito mais, pois, somos a terra dos minérios!

O alumínio é um elemento químico bastante "popular", pois está presente em quase todas as esferas da atividade humana. Esse metal possui grande importância econômica no mundo contemporâneo e está bem presente no nosso dia-a-dia. Ele é utilizado em variados setores da indústria de transportes, construção civil, eletroeletrônicos, petroquímica, metalurgia e outros, sendo componente de vários produtos: automóveis, aeronaves, trens, navios, móveis, portas, janelas, fachadas, eletrodomésticos, equipamentos elétricos, componentes eletrônicos e de transmissão de energia, brinquedos, utensílios de cozinha, embalagens de alimentos, latas de refrigerantes, produtos de higiene, cosméticos e produtos farmacêuticos.

O alumínio é o terceiro elemento químico e o primeiro metal mais abundante na crosta terrestre (O = 45,5%; Si = 25,7%; Al = 8,3%; Fe = 6,2%; Ca = 4,6%; outros = 9,7% em massa), apesar de constituir apenas cerca de 1% da massa da Terra. Porém, mesmo com sua elevada abundância, não há notícias acerca da ocorrência de alumínio metálico, ou seja, na forma elementar, na natureza. O alumínio chegou a ser considerado um metal tão raro e precioso que foi exibido ao lado de joias da coroa e utilizado em lugar do ouro em jantares da nobreza no século XIX. No entanto, assim como acontece com outros elementos metálicos, os compostos de alumínio servem à humanidade há mais de 4000 anos! Por exemplo, na antiguidade, os egípcios já empregavam o alúmen como mordente e os gregos e os romanos também o usavam para fins medicinais, como adstringente.

Constata-se que essa maior ocorrência do alumínio resulta da sua combinação com outros elementos, principalmente, com o oxigênio. Por causa da sua alta afinidade pelo oxigênio, ele é encontrado como íon Al^{3+} , na forma combinada, em rochas e minerais. Isso contribui para que diversos compostos inorgânicos de íons Al^{3+} também apresentem relevância industrial no mundo atual, como, por exemplo $Al(OH)_3$, Al_2O_3 , $Na[Al(OH)_4]$, $Al_2(SO_4)_3$ e haletos de alumínio. Entre as principais aplicações desses compostos, destacam-se: o tratamento para obtenção de água potável; o tingimento de tecidos; a manufatura de produtos de higiene; e a produção de medicamentos, refratários e catalisadores. O hidróxido de alumínio e o óxido de alumínio, a alumina - $Al(OH)_3$ e Al_2O_3 , respectivamente - são os dois compostos de maior importância econômica de alumínio e são usados para a produção do metal.

O alumínio é encontrado em: i) rochas ígneas, como os feldspatos (aluminossilicatos tridimensionais) e as micas (silicatos lamelares); ii) em minerais, como a criolita ($Na_3[AlF_6]$), o espinélio ($MgAl_2O_4$), a granada ($[Ca_3Al_2(SiO_4)_3]$) e o berilo ($Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$); e no coríndon (Al_2O_3) que é o mineral que apresenta o maior teor de Al (52,9%). Muitas gemas, pedras preciosas, contêm alumínio e algumas são formadas pelo próprio óxido (coríndon). Por exemplo, o rubi e a safira são formas impuras de Al_2O_3 , contendo os íons Cr^{3+} e Fe^{3+} , que conferem a essas gemas as cores vermelha e amarela, respectivamente. No entanto, a fonte natural e minério de importância industrial para obtenção do alumínio metálico e de muitos compostos de alumínio é a bauxita, com o qual forma a alumina (Al_2O_3).

A bauxita foi descoberta em 1821 por Berthier, na localidade de Les Baux, no sul da França. Na segunda metade do século XIX, quase toda a bauxita era produzida nesse país e empregada, basicamente, para fins não metalúrgicos. Naquela época, a produção de alumina destinava-se principalmente ao uso como mordente na indústria têxtil.

Charles Martin Hall e Paul-Louis-Toussaint Héroult (1888), que desenvolveram e patentearam, quase que simultaneamente, um processo de obtenção de alumínio por meio da

redução eletrolítica da alumina dissolvida em banho fundido de criolita. A bauxita é uma rocha de coloração avermelhada, rica em alumínio, na forma de alumina (Al_2O_3). A maioria das bauxitas economicamente aproveitáveis possuem um conteúdo de alumina entre 50 e 55%, e o teor mínimo para que ela seja aproveitável é da ordem de 30% (Anjos e Silva, 1983; Pagin *et al.*, 1983). A proporção dos óxidos de ferro determina a coloração da rocha. Assim, a bauxita branca contém de 2 a 4% de óxidos de ferro, ao passo que, na bauxita vermelha, essa proporção atinge 25%. Portanto, apesar de ser frequentemente descrita como o minério de alumínio, a bauxita não é uma espécie mineral propriamente dita, mas um material heterogêneo composto por uma mistura de minerais de alumínio, formada por oxi-hidróxidos de alumínio, e por impurezas do minério, tais como: óxidos de ferro, argila, sílica, dióxido de titânio, caulinita, quartzo, hematita, goethita, rutilo e anatásio. Os oxi-hidróxidos da bauxita são uma mistura de hidróxidos de alumínio hidratados, cujos minerais constituintes mais importantes são: gibbsita, $\text{Al}(\text{OH})_3$; diásporo, $\text{AlO}(\text{OH})$; e boehmita, $\text{AlO}(\text{OH})$. A diferença principal entre boehmita e diásporo, em relação à gibbsita, está na estrutura cristalina.

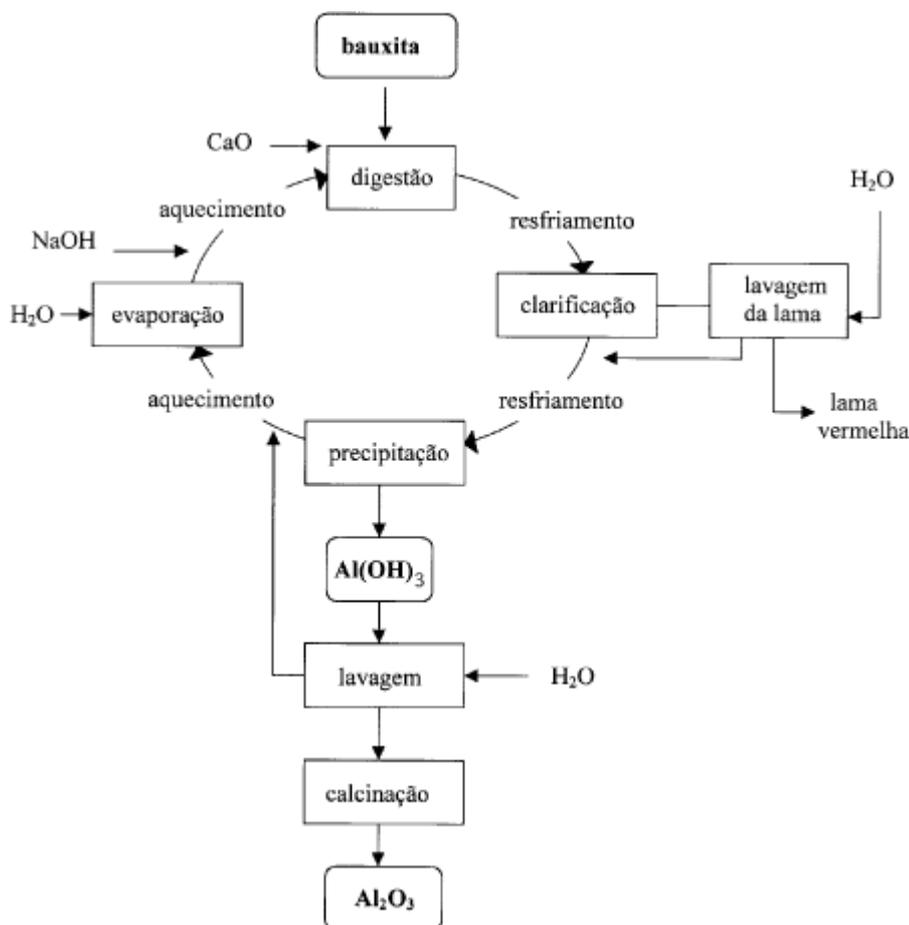
As proporções entre gibbsita, diásporo e boehmita nas rochas variam muito entre os depósitos minerais, conseqüentemente, as proporções entre as três formas dependem da localização geográfica do minério. A bauxita se forma em regiões tropicais e subtropicais por ação do intemperismo sobre aluminossilicatos. As bauxitas mais ricas em boehmita são encontradas em depósitos da França e da Grécia, enquanto aquelas ricas em diásporo, na China, Hungria e Romênia. As bauxitas geologicamente mais novas possuem alto conteúdo de gibbsita e ocorrem em grandes depósitos em áreas de clima tropical, como Jamaica, Brasil, Austrália, Guiné, Guiana, Suriname e Índia. Essas bauxitas com alto conteúdo de gibbsita são as que apresentam maior interesse comercial.

Estima-se que a reserva total de bauxita de deva ser suficiente para a demanda de alumínio no século XXI. As principais reservas são encontradas na América do Sul (33%), perfazendo um total de 55 a 75 bilhões de toneladas. O Brasil ocupa a segunda posição, possuindo grandes reservas, especialmente na região de Trombetas, no Pará, e em Minas Gerais. Nosso País também é um dos maiores produtores do minério, ocupando lugar de destaque no cenário mundial.

Cerca de 85 a 90% da produção mundial da bauxita é usada na obtenção da alumina (Al_2O_3) que é, então, destinada à indústria do alumínio metálico (Al^0). Os 10 a 15% restantes têm ampla aplicação industrial para a manufatura de materiais refratários, abrasivos, produtos químicos, cimento com alto teor de alumina e outros. O processo industrial comercialmente mais importante para a purificação da bauxita é o processo Bayer, que é utilizado para a manufatura de hidróxido e de óxido de alumínio, conforme é apresentado no esquema simplificado mostrado na figura 1.

Esse processo explora uma importante propriedade química comum à gibbsita, à boehmita e ao diásporo: esses compostos se dissolvem em solução de soda cáustica, NaOH , sob condições moderadas de pressão e temperatura, diferentemente da maioria dos demais constituintes da bauxita. A adição de CaO , na etapa de digestão, tem como principal objetivo promover a diminuição, por precipitação, de íons carbonato e fosfato dissolvidos no meio. A etapa seguinte, denominada *clarificação*, consiste na separação do resíduo sólido rico em óxido de ferro (lama vermelha) da solução de aluminato de sódio, $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$. O filtrado é então resfriado e o $\text{Al}(\text{OH})_3$ é precipitado pela adição de partículas de hidróxido de alumínio. Após a remoção do $\text{Al}(\text{OH})_3$, o filtrado alcalino é concentrado por evaporação e retornado à etapa de digestão. A maior parte do hidróxido de alumínio é calcinada para produzir óxido de alumínio, ou seja, a alumina, Al_2O_3 , enquanto uma pequena fração é submetida à secagem e usada como tal.

Figura 1: Esquema simplificado da utilização do processo Bayer para obtenção de alumina Al_2O_3 .



Fonte: Constantino *et al.* (2002).

Outros minerais também são utilizados como fonte de alumínio para produtos industriais. Entre esses minerais industriais destacam-se os feldspatos, muito usados nas indústrias de vidro e de cerâmica. Na indústria de cerâmica, o feldspato é usado no revestimento de piso e parede, louça sanitária, porcelana elétrica, fritas, vidro e esmalte. Age como fluxante, tendo a função de formar uma fase vítrea no corpo, promovendo uma vitrificação e transluzimento.

Feldspato é o termo empregado para denominar um grupo de minerais constituídos de aluminossilicatos de potássio, sódio e cálcio. Os tipos comerciais de feldspatos de potássio devem conter, pelo menos, 10% K_2O e os de sódio 7% Na_2O . No Brasil, até o momento, os pegmatitos e rochas graníticas são a principal fonte de feldspato e entre as principais regiões produtoras, destaca-se o Seridó Oriental do Estado da Paraíba, especialmente Pedra Lavrada.

A Paraíba toda é rica em minerais. O Seridó Oriental paraibano é um importante produtor de minério, apresentando vários tipos de minerais, conforme indicava o levantamento mineralógico realizado por Rolff em 1946, que está indicado no quadro 1. Esse levantamento determinou depósitos contendo 84 (oitenta e quatro) minerais nos pegmatitos da Província Pegmatítica da Borborema-Seridó, mas, nem todos ocorrem em quantidades justificáveis para exploração.

Quadro 1 - Minerais catalogados por Rolff (1946), nos pegmatitos da Província Pegmatítica da Borborema-Seridó, mas, nem todos ocorrem em quantidades justificáveis para exploração.

Minerais			
Afrisita	Carnotita	Ilmenorutilo	Pirolusita

Albita	Cassiterita	Itriotantalita	Pitchblenda
Amblioginita	Caulinita	Lazulita	Policrasita
Anfibólitos	Cimatolita	Lepidolita	Priorita
Antimônio	Clevita	Limonita	Psilomelana
Apatita	Columbita	Magnetita	Quartzo
Arrojadita	Covelina	Malaquita	Raras
Arsenopirita	Djalmaíta	Mangano-tantalita	Rodonita
Azurita	Elsworthita	Microclina	Rutilo
Berilo	Epitodo	Microlita	Samarsquisita
Betalifita	Espodumena	Molibdenita	Sericita
Biotita	Euxenita	Monazita	Sílica hidratada
Bismutinita	Fergusonita	Muscovita	Stibinita
Bismuto	Ferromolibdita	Ocres de Bismuto	Tantalalo complexos
Bornita	Fluorita	Ocres de Ferro	Tantalita
Brogerita	Fosfato de Terras	Ocres de Urânio	Turmalinas
Brostrostrandita	Gigantolita	Oligoclásio	Uraninita
Calcita	Granada	Ortose	Uranofanita
Calcopita	Gumita	Ouro nativo	Vermiculita
Calcosita	Hematita	Pinita	Volframita
Calogerasita	Ilmenita	Pirita	Ziconita

Atualmente, existe uma variedade de minerais, para os mais diversos fins comerciais, contribuindo para que as atividades ligadas à mineração se constituam como uma das principais fontes de renda do Seridó (Souza, 2016). Por causa desses aspectos, o garimpo tornou-se uma opção para a sobrevivência da população e, ao longo de décadas, foi berço da atividade garimpeira, movimentando a economia local (Araújo; Fonseca, 2017).

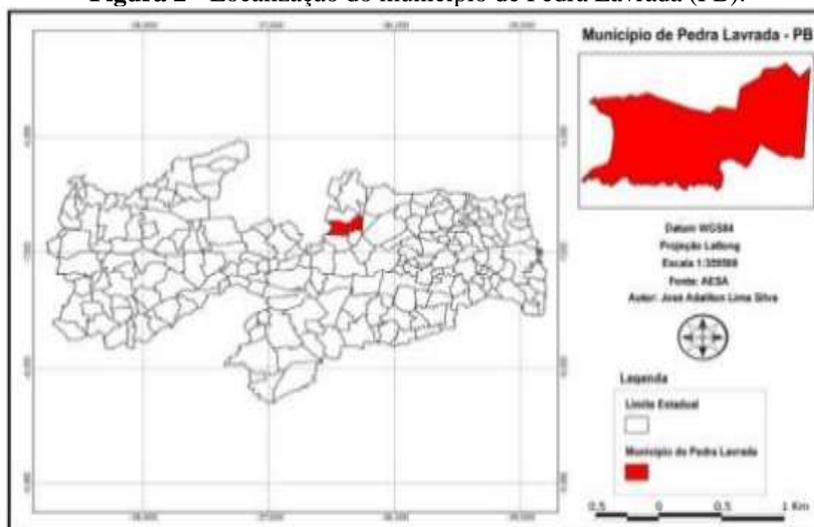
De acordo com Souza e Lima Sobrinho (2013), Melo (2011) e Soares (2004), no Seridó paraibano, na Província Pegmatítica da Borborema, é abundante a ocorrência de pegmatitos ricos em minerais industriais como: quartzo (quartzo branco, quartzo fumê, quartzo róseo, quartzo roxo, quartzo transparente), feldspato potássico, plagioclásio sódico (albita), mica (moscovita, pois a biotita aparece apenas raramente), calcário dolomítico, e caulim; de minerais metálicos como a tantalita-columbita (fontes dos elementos tântalo e nióbio), cassiterita (mineral de estanho) e pelos minerais acessórios: minerais de lítio (lepidolita, zinnwaldita, espodumênio, amblioginita, petalita, eucryptita, trifilita e litiofilita); minerais de berílio (berilo); minerais de céσιο (pollucita e allanita); minerais de boro (turmalina); minerais de fósforo (apatita, arrojadita e triplita); minerais de estanho (cassiterita); minerais de urânio (uraninita, pitchblenda e gumita), entre outros; e gemas, como água marinha, turmalina e berilo; e outros, como granada, quartzito, scheelita, cobre, ouro, ferro, espodumênio, amblioginita, filito, apatita, fluorita, sienito cerâmico, calcedônias e vermiculita.

Dantas (2017) afirma que a região abriga as maiores reservas minerais de argila bentonítica e a maior jazida de ilmenita-zirconita do País, destaque para as reservas de bentonita, que correspondem aproximadamente 49% das reservas nacionais. A autora aponta também que no território se localizam as principais jazidas de minerais industriais como caulim, ferro, scheelita, talco, amianto, minerais de pegmatitos e quartzitos.

Toda a diversidade e abundância de minerais no Seridó têm sido exploradas desde o início do século XX e se tornaram parte integrante da dinâmica econômica da região, com aplicação em escala internacional (Ramos, 2017). É dentro desse contexto que Pedra Lavrada se insere.

O município de Pedra Lavrada está situado no bioma da caatinga, na microrregião do Seridó Oriental do estado da Paraíba, localizado a cerca de 230 km da capital, João Pessoa, e faz limites com os municípios de Nova Palmeira (ao norte), Cubati e Seridó (ao sul), com Sossego e Baraúnas (a oeste), e com o estado do Rio Grande do Norte (a leste) (figura 2).

Figura 2 - Localização do município de Pedra Lavrada (PB).



Fonte: Silva (2013).

Com altitude média de 516 metros acima do nível do mar e as coordenadas geográficas de sede municipal são de $06^{\circ}45'25''$ de latitude-S e $36^{\circ}28'49''$ de longitude-W, o território municipal abrange uma área de 351 km², com um percentual da área da microrregião de 14,76%, representando 0,70% da área do estado da Paraíba (Silva, 2013; Ramos, 2017).

Existem menções na literatura que citam a localidade de Pedra Lavrada desde 1760, sendo uma das mais antigas povoações da região (Vasconcelos, 2006). Presume-se que nessa época, de uma fazenda pertencente à família Gomes Barreto, originou-se a povoação de Itacoatiara, que, quando traduzido do tupi para o português, significa pedra riscada/talhada/lavrada, em associação a um tipo de arte rupestre, localiza em pedras lavradas, distante cerca de 1km da atual área urbana. No entanto, como esclarece Dias (2012), não há documentos que comprovem isso, portanto, há de se ressaltar que o nome Pedra Lavrada já estava relacionado ao lugar como comprovado por Dias (2012), Vasconcelos (2008) em estudos.

Uma das marcas do município de Pedra Lavrada é a grande quantidade de ocorrências pré-históricas, de onde deriva o seu nome, inspirado em um sítio arqueológico localizado atualmente no Complexo Arqueológico Cantagalo, onde fica a Pedra de Retumba. Esse bloco rochoso possui um monumento de grafismos (Itacoatiara), com mais de 300 figuras rupestres pictogravadas, e é uma referência para os moradores locais, e para viajantes e pesquisadores. Atualmente, Pedra Lavrada possui 45 sítios arqueológicos, com várias tradições e datações distintas. Neles, existem pinturas elaboradas pelos nativos que datam de 8.000, 5.000 e 2.000 anos atrás, indicativo que há milhares de anos essa terra já era habitada. Além disso, são encontradas ferramentas líticas utilizadas pelos indígenas, provavelmente pelos Tarairiú.

Outra marca do município são seus sítios paleontológicos. Nesses locais são encontrados materiais fossilizados, como por exemplo, ossos da preguiça gigante e do mastodonte – animais que viveram na região, há pelo menos 30.000 anos.

A economia Pedra Lavrada foi baseada, historicamente, na agricultura e pecuária. No passado, a cultura do algodão foi muito forte e marcou gerações. Atualmente, as práticas agrícolas são de base familiar, de subsistência, com cultivos e a pecuária bovina/caprina supridos com poços artesianos. Uma atividade econômica que vem se desenvolvendo mais recentemente é o turismo. Nessa direção, têm sido realizadas algumas ações como as práticas em turismo rupestre e ecoturismo, que envolvem a visita a pontos marcantes do município, como: a Serra das Flechas, o Complexo Cantagalo, o rio Seridó, o centro histórico e os sítios espeleológicos (cavernas naturais e artificiais). Há também ações voltadas a uma das principais marcas do município e carro-chefe da atividade econômica: a mineração. Exemplos nessa

direção são o turismo de aventura, conforme a “Trilha do Minério”, e a “Festa do Minérios”, realizada em novembro, que se incorporou às festividades tradicionais e se tornou um atrativo turístico do município, apesar de haver ainda certa discordância de sua efetividade quanto ação contributiva ao desenvolvimento da mineração local, por causa da ênfase dada a atividades de lazer e entretenimento, centradas em apresentações musicais.

A riqueza mineral de Pedra Lavrada a torna conhecida como “A Terra dos Minérios”, em consequência da grande variedade de rochas e minerais que compõem o seu subsolo. Da sua população de 7954 habitantes (estimada para 2021), correspondendo a uma densidade demográfica de 21,3 hab/km² (IBGE, 2022), entre 40% e 50% da mão-de-obra está direta ou indiretamente ligada à exploração mineral (Ramos, 2017; Lima, 2013).

Alguns levantamentos mineralógicos, realizados antes da década de 1940, já apontavam para o Seridó como região de ocorrência para diversos minerais, como: mica, prata, quartzo, turmalina, estanho, cobre, feldspato (Vasconcelos, 2006). No entanto, assim como ocorreu nos demais municípios, a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) impulsionou um rápido na Atividade mineradora em Pedra Lavrada, com a abertura das primeiras jazidas (Vasconcelos, 2006). Conforme apresentado no capítulo II, conforme aconteceu em outros municípios do Seridó Oriental, vários minerais eram exportados para suprir as demandas internas dos Estados Unidos, destacando-se a produção de minerais utilizados para fins civis e militares: mica, tantalita-columbita e berilo. No entanto, a atividade mineradora teve mais importância no contexto internacional que nacional e praticamente se restringiu ao período de guerra, até ser “redescoberta” na década de 1980 (Vasconcelos, 2006). Elas ganharam ênfase nacionalmente por causa da produção de minerais industriais, como o feldspato, para as indústrias de cerâmica e vidro, levando à fixação de companhias de mineração e beneficiamento no município.

Pedra Lavrada se situa numa região privilegiada geograficamente: macrorregião do Cristalino, mesorregião da Borborema, microrregião do Seridó Oriental (Assis *et al.*, 2011). Geologicamente, o município integra um dos arcabouços mineralógicos mais diversificados e importantes do Brasil, pois faz parte de uma província mineral, a Província Pegmatítica da Borborema, uma região de ocorrência de corpos “pegmatíticos”, que inclui rochas de granulometria muito grosseira, tendo uma parte constituída pelo granito gráfico, que corresponde ao intercrescimento geométrico cuneiforme epitaxial entre quartzo e feldspato.

As reservas da estrutura geológica de Pedra Lavrada, com predomínio do embasamento cristalino, com a ocorrência de corpos pegmatíticos contendo diversas rochas usadas para fins ornamentais, gemas e minerais industriais, incluindo alguns classificados como de elementos raros, enriquecidos principalmente em Be, Nb-Ta e Li. Seus depósitos minerais levaram à confirmação de jazidas e implantação de minas, que extraem principalmente: sienito, um mineral alcalino, rico em feldspato alcalino ou álcali-feldspatos (> 65%), com composição predominante de feldspatos potássicos (KAlSi₃O₈) e da albita (NaAlSi₃O₈); quartzo (róseo e branco), calcário e mica (Dantas, 2017). Também são extraídos: tantalita, columbita, scheelita, berílio, caulim, calcedônia, albita-prego, granitos, urânio entre outros, e de gemas, como a turmalina elbaíta (Vasconcelos, 2006; Dantas, 2017).

Quadro 2 - Minerais encontrados na Província Pegmatítica da Borborema.

Mineral	Composição	Descrição
Halita	NaCl	É um mineral comum, ocorrendo em camadas extensas ou massas irregulares, precipitadas a partir da evaporação junto com gipsita, silvita, anidrita e calcita., tem seu maior uso na indústria química onde é fonte de sódio e cloro para a fabricação de ácido clorídrico e muitos compostos de sódio.
Fluorita	CaF ₂	Normalmente encontrada em veios hidrotermais nos quais é o mineral primário ou como uma ganga mineral com minerais metálicos, especialmente os de chumbo e prata. A maior parte da fluorita produzida é utilizada na indústria química, predominantemente na produção de ácido fluorídrico e, como um fluxo para a fabricação de vidro

Pirita	FeS ₂	É bastante comum em rochas sedimentares. Associa-se com vários minerais, principalmente esfarelita, calcopirita e galena. É extraída para aquisição de ouro ou cobre que ocorre junto com ela. É utilizada como fonte de enxofre para o ácido sulfúrico e sulfato ferroso.
Arsenopirita	FeAsS	Decompõe-se em ácido nítrico, produz odor alíaceo quando aquecido, traço preto, condutor de eletricidade. Ocorre com os minérios de estanho e de tungstênio nos depósitos hidrotermais de alta temperatura, associados com minério de cobre, prata, galena, esfarelita, pirita e calcopirita. Principal fonte de arsênio. O arsênio é usado principalmente na forma de arsênio branco ou óxido arsenioso, em medicamentos, inseticidas, preservativos, pigmentos e vidro. Sulfetos de arsênio são utilizados em tintas e fogos de artifício.
Aragonita	CaCO ₃	Efervesce na presença de HCl. Possui densidade relativa maior que a calcita. Precipita-se próximo à superfície, em depósitos de baixa temperatura. Pode ser encontrada associada com camadas de gipsita e depósitos de ferro. Usada como corretor de pH em solos ácidos, cimentos.
Dolomita	CaMg(CO ₃) ₂	Efervesce pouco em HCl diluído à frio. Se diluído à quente, solubiliza-se. No entanto, se os grãos forem pulverizados, podem ser solubilizados em ácido frio. Geralmente, é encontrada como constituinte principal de mármore dolomítico e compoendo camadas de rochas sedimentares. Usada como corretor de pH em solos ácidos, matéria de construção e ornamentação, fonte de magnésia, minério de Mg metálico
Magnesita	MgCO ₃	Efervesce pouco na presença de ácido frio, sendo solubilizada em ácido quente. Ocorre em veios, resultado da alteração de rochas magnesianas, principalmente ígneas e metamórficas, quando há percolação de fluidos que possui ácido carbônico. A magnesita calcinada é usada na fabricação de tijolos para revestimento de fornos. Também é fonte de magnésia para utilização na indústria química.
Columbita–Tantalita	(Fe,Mn)(Nb, Ta) ₂ O ₆	Há solução sólida completa entre ferrocolumbita (Fe, Mn)Nb ₂ O ₆ e a ferrotantalita (Fe, Mn)Ta ₂ O ₆ . Aproximadamente, 78.72 % Nb ₂ O ₅ ou Ta ₂ O ₅ e 21.28 % FeO. Ocorre em rochas graníticas, pegmatitos, alúvios, colúvios e elúvios. Uso: Fonte de tântalo (usado em ferramentas, indústria eletrônica, equipamentos químicos) e nióbio (muito usado em aços inoxidáveis, ligas resistentes a altas temperaturas, em aços de alta velocidade soldáveis).
Goethita	FeO (OH)	Solubilidade em HCl. Resulta do intemperismo de minerais de ferro (principalmente sulfetos) em condições oxidantes. Uso como minério de ferro, pigmentos.
Scheelita	CaWO ₄	Encontrada em pegmatitos graníticos, em depósitos de metamorfismo de contato onde calcários são as rochas encaixantes, em veios hidrotermais de alta temperatura associados a rochas graníticas e em placers. Principal fonte de tungstênio

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Entre os minerais industriais explorados em Pedra Lavrada, destacam-se: feldspatos, que representam 82% quanto à produção em toneladas e 54% quanto ao valor da produção; micas (representando 73% do valor nacional); argilas; quartzos; e calcário. Eles são componentes básicos nas indústrias de cerâmica, vidro, tintas, esmalte, porcelanas, elétrica, eletrônica, isolante térmicos, eletrodos, borracha, plásticos, cosméticos (Lima, 2013).

O Quadro 3 indica os segmentos industriais que utilizam os minerais mais explorados em Pedra Lavrada.

Quadro 3 - Segmentos industriais que utilizam os minerais mais explorados em Pedra Lavrada

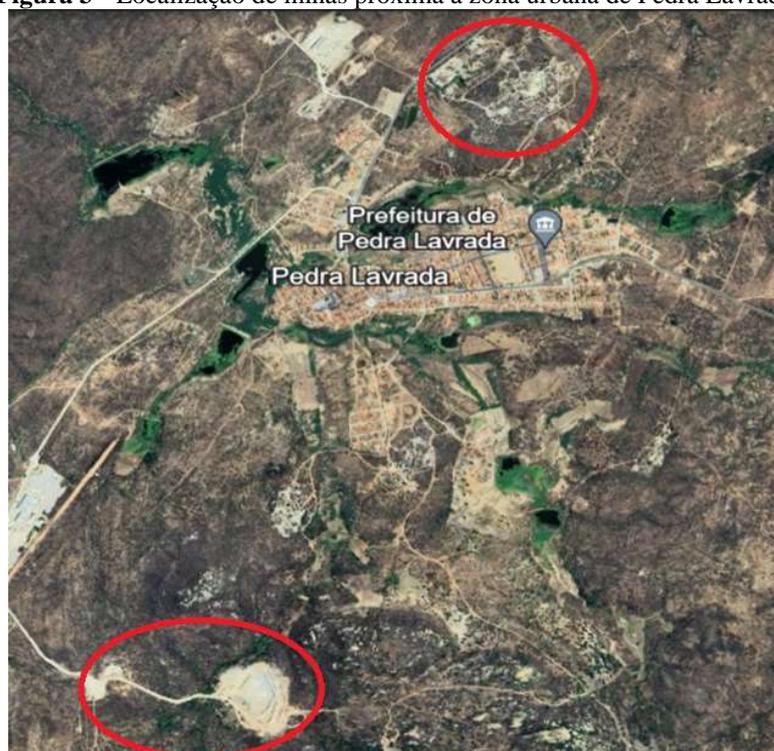
Minerais	Industriais Consumidoras
Sienito	Cerâmica
Feldspato	Cerâmica, vidro, tintas e esmalte, porcelanas, eletrodo para soldas.
Granito	Construção civil.
Mica	Elétrica, eletrônica, isolantes térmicos, eletrodos, tintas, borracha, plásticos e lamas.
Minério de Tântalo	Eletrônica, superligas, produtos laminados e fios resistentes à corrosão e a altas temperaturas.

Calcário dolomítico	Tintas, sabão, cano de PVC, pias sintéticas e corretivo de solo.
Quartzo	Ótica, elétrica, eletrônica, vidraria, cerâmica, refratários, siderúrgica e fundição.
Caulim	Cerâmica, plásticos e tintas, papel, borracha, pesticidas e abrasivos, tecidos, produtos farmacêuticos e medicinais.

Fonte: Bezerra (2022).

Jazidas em Pedra Lavrada têm sido exploradas desde a década de 1940 (Vasconcelos, 2006). Apesar de muitas minas se encontram inativas, há muitas outras distribuídas ao longo de todo território, inclusive, há nas cercanias do centro urbano, segundo mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Localização de minas próxima à zona urbana de Pedra Lavrada.



Fonte: Google Earth (2024).

Existe, atualmente, grande preocupação quanto ao levantamento das reservas minerais existentes no município. Alguns dizem que determinadas jazidas se esgotaram, mas, dados preliminares indicam que os depósitos minerais foram subestimados demasiadamente (Carneiro, 2020). Tal prognóstico fez com que indústrias e mineradores de grande porte solicitassem requerimentos de pesquisas e lavras na quase totalidade das terras municipais (Assis; Barbosa e Mota, 2011). Porém, apesar de levantamentos serem feitos, ainda não se é dado o devido incentivo à produção mineral local, por parte do poder público. Por exemplo, levantamentos da associação dos garimpeiros de Pedra Lavrada asseguram que se investimento um maciço fosse realizado, de maneira correta e responsável, o comércio mineral faria circular no município entre três e quatro milhões de dólares mensalmente (Assis; Barbosa; Mota, 2011). Em meio a essas questões, a economia de Pedra Lavrada se direciona cada vez mais ao extrativismo mineral e as riquezas do seu subsolo.

Os depósitos minerais de Pedra Lavrada têm sido explorados por empresas de diferentes portes e cooperativas responsáveis por sua extração ou beneficiamento (Seidel, 2023). Em que pese a existência de poucas empresas que utilizam tecnologia com maquinários, a extração ocorre principalmente por meio de atividade garimpeira. Em sua maioria, os métodos de

exploração e lavra adotados são empíricos, predatórios e ausentes de orientação técnica da engenharia de minas, utilizando-se técnicas primitivas e rudimentares (Vasconcelos, 2006).

O processo de lavra se dá, em geral, a céu aberto ou subterrâneas (próximas à superfície), normalmente confinadas a pequenas aberturas como acessos para trabalhos subterrâneos (Melo, 2011). As principais etapas dessas atividades são: decapeamento do terreno e retirada da vegetação para a construção de estradas e abertura das lavras; perfuração dos blocos rochosos e posterior desmonte de rochas com uso de explosivos; e seleção, lapidação e transporte dos minerais a serem comercializados. Normalmente, inicia-se com a perfuração com um martelo pneumático, seguido do carregamento dos furos com material explosivo (Ramos, 2017). Após esta etapa, são realizados os processos de detonação, produzindo a fragmentação dos corpos rochosos para posterior seleção, desbastação e transporte dos minerais para serem comercializados, especialmente quartzo, feldspato, mica e albita.

São usados métodos e equipamentos rudimentares, com pouca mecanização. Os instrumentos e ferramentas utilizadas para seleção e lapidação dos minerais, que exigem um enorme esforço físico dos trabalhadores (figura 4). Nesse processo, usualmente, são utilizados: a) enxadas e “ganchos”, para selecionar os minerais fragmentados com as detonações; b) marretas, ponteiros e “martelos”, para perfuração, fragmentação e desbaste dos minerais; c) carroça (carro-de-mão), para transporte dos minerais lapidados até uma “área de depósito”; d) pás e “garfos” para colocar, via lançamento, os minerais dentro dos “caçambões” e caminhões que transportam os minerais comercializados (Ramos; 2017). É raro encontrar uma frente de trabalho que não siga essa lógica explícita, mas acontece, como é o caso da exploração do sienito e do granito, ambas totalmente mecanizadas, desde a remoção até o pré-beneficiamento.

Figura 4 - Garimpeiros em processo de lavra, com quebra e seleção dos minerais sem EPI adequados e utilizando ferramentas rudimentares.



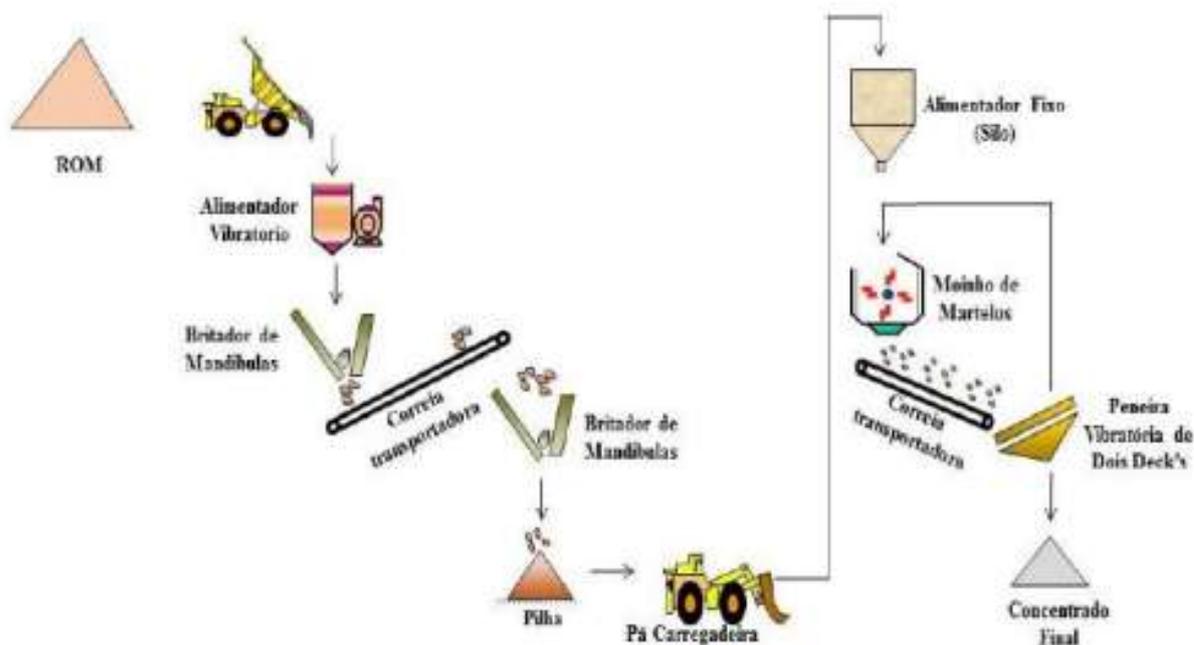
Fonte: Souza, *et al.* (2019).

Grande parte das minas existentes em Pedra Lavrada são pequenas e se dedicam à lavra de feldspato, realizada por garimpeiros. Esse tipo de situação, por exemplo, no pegmatito Alto Serra Branca, que fornece material para a Cooperativa de Pequenos Mineradores de Pedra Lavrada (COOMIPEL). A COOMIPEL possui uma unidade de beneficiamento de minerais pegmatitos, em particular do feldspato. Ele se inicia com as etapas de britagem primária e secundária, posteriormente o material britado vai para pilha e segue para o moinho de martelos, até formar a pilha com granulometria $\leq 1,68$ mm (figura 5). Essa é a granulometria indicada para comercialização, atendendo potenciais clientes, principalmente as indústrias de vidro e de

cerâmica, que demandam especificações físicas e químicas e certo grau de uniformidade no suprimento do produto.

O processo de beneficiamento é realizado distante dos garimpos. Na maioria dos casos, as empresas se localizam no entorno da malha urbana dos municípios. No entanto, a transformação da matéria-prima mineral em bens de consumo é toda realizada em outros polos industriais, integrantes dos setores de cerâmica, vidro, papel, tinta, borracha, isolantes, além de outros de menor expressão no consumo. Desse modo, a comercialização da produção local ocorre em várias regiões do País e até internacionalmente, gerando um importante fluxo de carga na malha rodoviária para escoamento da produção, transportada por rodovia.

Figura 5 –Beneficiamento do feldspato potássico na COOMIPEL, em Pedra Lavrada.



a) Fluxograma do circuito



b) Britador de mandíbulas primário e secundário

c) Moinho de martelos e peneira.

Fonte: VIERA *et al.* (2016).

As necessidades da atividade produção mineral resultaram em algumas implicações no sistema rodoviário do município. Por um lado, houve ganhos para a população pedra-lavradense com a pavimentação de ruas e a interligação com os municípios de Picuí e Soledade, que já estava ligada à malha rodoviária da BR-230. Por outro lado, o aumento da circulação de transportes de grande porte para escoamento da produção das minas e garimpos, como treminhões e carretas, intensificou o tráfego urbano, alterando toda a rotina da pacata cidade,

gerando transtornos no trânsito e causando problemas estruturais às edificações, prediais e viárias. Portanto, apesar de a mineração vir se consolidando como uma atividade econômica contributiva para a geração de emprego e renda, e propiciar a arrecadação de tributos, ela também tem causado impactos sociais desfavoráveis.

Outros problemas sociais que têm permeado atividade mineradora se referem ao fato de a sua dinâmica, historicamente, envolver muita informalidade e outras relações de trabalho conflitantes. A carência de postos de emprego no município e na região, aliada à impossibilitados de desenvolver a agricultura de base familiar ao longo de todo ano, pelas condições naturais do semiárido paraibano, criou os “agromineradores”. Trata-se de pequenos agricultores, quase que exclusivamente homens, que se veem obrigados a trabalhar na extração de minerais (principalmente quartzo, feldspato e mica), em geral, ao menos por seis meses ao ano. Isso facilita o recrutamento de mão de obra no local e em suas proximidades. Como resultado, a mineração no município não apresenta carência de pessoal.

As empresas de extração nem sempre legalizadas junto aos órgãos competentes. Elas fornecem aos garimpeiros as jazidas, os equipamentos de perfuração e os explosivos para o desmonte. Por causa desse fornecimento, a produção dos garimpeiros acaba ficando no controle dessas empresas, que recebem os minerais por um preço inferior ao praticado no mercado. Na prática, são os garimpeiros quem estabelecem e ditam os horários de trabalhos e os métodos de lavra aplicados, apesar de, em alguns casos, ocorrerem intervenções por meios dos técnicos das empresas. Porém, em geral, os trabalhadores são treinados de forma empírica pelos mais experientes nas próprias banquetas. Quando as jazidas não estão localizadas nos domínios territoriais das empresas que adquirem os minerais, os garimpeiros pagam, ao proprietário da jazida, uma porcentagem de 10% do valor bruto de tudo que foi comercializado. Nessa sina, independentemente para quem minerem, alguns precisam, por exemplo, martelar e quebrar 10 (dez) toneladas de blocos de quartzo, por semana, “deixar o mineral branco, de doer os olhos”, para conseguir ganhar um salário-mínimo e meio por mês; enquanto isso, um “azulejo de 500 anos de garantia” é vendido na Espanha a uns R\$ 400,00 (quatrocentos reais) o metro quadrado (Estadão, 2007).

Os garimpeiros também são afetados por outras relações de trabalho inadequadas ou impróprias. Eles mineram por mais de 8 (oito) horas de trabalho diário, sem vínculo empregatício e, portanto, alijados de outros benefícios legais como carteira assinada, transporte alimentação, assistência médica, cobertura previdenciária e equipamentos de proteção individual (EPI). Consequentemente, muitos cidadãos pedra-lavradenses acabam se submetendo a um trabalho que, em muitos casos, é realizado de forma clandestina, sem conhecimentos nem condições de segurança necessários, dentro de uma informalidade que ocasiona altos índices de acidentes e doenças ocupacionais, como silicoses, capazes de resultarem em óbitos.

Um conjunto de inter-relações dos impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada é listado no quadro 4. Elas são bastante conhecidas pela comunidade local e destacadas na literatura, como nos trabalhos de Assis *et al.* (2011), Silva (2013) e Silva *et al.* (2008).

Quadro 4 - Conjunto de inter-relações dos impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada.

Aspecto	Características
Social	<ul style="list-style-type: none"> • Mineração rudimentar e predatória • Principal fonte de trabalho e renda local. • Inexistência de garantia de direitos trabalhistas para os mineradores/garimpeiros (carteira assinada, plano de saúde, etc.). • Promoção de poluição sonora, por meio dos estrondos provocados pelas detonações, que vêm comprometendo o sossego da população local.

	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de riscos à saúde do minerador/garimpeiro e das comunidades, em virtude da geração de poluentes (poeira, gases, sílica, etc.), inclusive com registros de casos de morte por silicose. • Negligência de fiscalização pelos órgãos competentes quanto ao fornecimento e uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI) aos trabalhadores. • Depreciação de imóveis, pela proximidade das minas, implicando que parte da população seja impactada por problemas/prejuízos financeiros, pois as vibrações e abalos sísmicos causados pela detonação dos explosivos vêm atingindo casas e edificações próximas as zonas de lavra, causando rupturas e rachaduras das estruturas. • Produção de transtornos ao tráfego urbano, que alterou toda a rotina de cidade pequena, pelo aumento da circulação de transportes de grande porte, como treminhão e carretas.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuição para um acelerado processo de degradação ambiental, com diminuição espacial da Caatinga, devido às práticas antrópicas deteriorantes. • Favorecimento da redução da biodiversidade e dos habitats naturais da fauna local, em virtude da retirada da vegetação. • Fomento à perda solo superficial e aumento do processo de erosão. • Contribuição para a produção de ruídos e abalos sísmicos, que causam poluição sonora e causam rupturas nas edificações próximas a mineradora. • Ultralanchamentos de fragmentos de rochas e de poluentes (gases e poeira). • Aumento da disposição/depósito inadequado de resíduos (rejeito/estéril) minerais. • Degradação da flora. • Alteração da paisagem. • Existência de uma situação que ainda permite a adoção de medidas de prevenção, mitigação e/ou compensação dos impactos socioambientais, por meio de técnicas/práticas que resultem em um adequado armazenamento do material, na redução dos rejeitos e no reaproveitamento de resíduos minerais, tais como: <ul style="list-style-type: none"> – uso de rejeito/estéril, para aterrar áreas já mineradas; – recuperação de áreas degradadas; – cuidados especiais na fase da lavra, para evitar o lançamento ou carregamento (via enxurradas) os resíduos (rejeito/estéril) minerais resíduos (rejeito/estéril) minerais no sistema de drenagem; – orientação da frente de lavra e controle da detonação, para minimizar ruídos e vibrações advindos da detonação de explosivos; – descontinuidade física no maciço rochoso, para suavizar os impactos causados pela detonação; – construção de barragens, para contenção dos resíduos minerais controle contra a poluição de cursos de água; – aproveitamento, ao máximo, dos obstáculos naturais (corredores de vegetação nativa) ou criação de barreiras artificiais, colocando o estoque de material beneficiado ou a ser tratado entre as instalações e as zonas a proteger.

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Os impactos antrópicos da atividade mineradora em Pedra Lavrada têm uma inter-relação com os meios físico e biótico, que vão além das proximidades das zonas de lavra. A retirada da vegetação vem gerando impactos significativos no meio físico (água, ar e solo). A perfuração das rochas, o carregamento dos furos com explosivos e suas detonações têm gerado: i) a emissão de gases e poeira, que poluem o ar e a vegetação do entorno; ii) poluição sonora através de vibrações ou ruídos; iii) erosões profundas; iv) alterações paisagísticas; v) fuga de animais.

Apêndice E - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SD

Quadro – Termos usuais relacionados à ocorrência e extração de minérios.

Termo mineral	Caracterização
	Concentrações ou depósitos de materiais inorgânicos naturais, sólidos, não renováveis, na crosta da Terra, em quantidade e teor e/ou qualidades, embora não submetidos a avaliações econômicas, mas que, uma vez pesquisados, exibem parâmetros mostrando, de modo razoável, que seu aproveitamento econômico é factível para uso industrial, na atualidade ou no futuro.
	Agregados inorgânicos naturais, consolidados, com um ou, geralmente, mais minerais, presentes em proporções definidas, formados a partir de processos geológicos, e que ocorrem em uma extensão considerável.
	Todo corpo inorgânico de composição química e de propriedades físicas definidas, encontrado na crosta terrestre
	Toda rocha constituída de um mineral ou agregado de minerais contendo um ou mais minerais valiosos, que podem ser aproveitados economicamente
	Esses minerais valiosos, aproveitáveis como bens úteis, são chamados de
	O mineral ou conjunto de minerais não aproveitados de um minério.
	Termo mais usado para designar uma concentração mineral que possa ter importância econômica. Podem adotar quase qualquer forma e aflorar à superfície ou estar a grande profundidade.
	Concentração mineral da qual se tem conhecimento técnico suficiente para ter certeza de que possa ser explorada economicamente. A diferença entre os termos jazida e depósito consiste na quantidade de informação e conhecimento disponível, ou seja, toda jazida mineral se define como um depósito mineral, mas nem todo depósito mineral é classificado como jazida mineral.
	Local onde se faz a extração organizada de minério(s), baseada em estudos geológicos e de engenharia de minas, de uma jazida. É a jazida em lavra, ainda que suspensa
	Conjunto de procedimentos realizados para a produção de minério. A lavra é executada conforme estudos e ensaios de geologia e engenharia de minas que otimizam a extração do minério de um depósito mineral e a preservação do meio ambiente.
	É um tipo de lavra feita por garimpeiros, desorganizada, com um mínimo de equipamentos e sem nenhum estudo geológico ou de engenharia de minas.

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Apêndice F- Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI

Quadro - Classificação dos minerais, baseada na importância econômica que eles exercem na sociedade.

MINERAIS		
Classe	Descrição	Exemplos
Minerais metálicos	Utilizados para a produção de metais metálicos puro.	
• Ferrosos	Usados na siderurgia e formam ligas importantes com o ferro.	
• Minerais não ferrosos	Formam ligas mais resistentes à corrosão e a baixas temperaturas.	
• Preciosos	São raros na crosta, têm alta densidade, são maleáveis e dúcteis.	
• Raros	Obtidos como um subproduto do refino de outros metais (minerais), são essenciais à vida moderna e à indústria.	
Minerais não-metálicos	Minerais abundantes na crosta terrestre, cuja exploração não é motivada por seu conteúdo metálico, ainda que possuam metais em sua composição	
• Rochas e pedras ornamentais	Rochas e pedras serradas e/ou polidas para serem usadas com propósito decorativo.	
• Minerais industriais	Minerais que podem ser utilizados em processos industriais, de modo geral, com múltiplas funções, com maior ou menor valor agregado, ou como aditivo diretamente lavrado, ou após beneficiamento e processamento	
- Estruturais ou para construção civil	Insumos para serem empregados em obras na construção civil, diretamente, sem industrialização, apenas com beneficiamento na mina, ou industrializados,	
- Indústrias químicas	Produção de diversas substâncias.	
- Cerâmicos	Materiais utilizados em tratamento térmico, em temperaturas elevadas, para obtenção de pisos, ladrilhos, pastilhas etc..	
- Refratários	Produtos com a capacidade de suportar altas temperaturas, normalmente acima de 1200°C, sem sofrer qualquer tipo de alteração nas suas propriedades físico-químicas.	
- Fundentes	Minerais metalúrgicos utilizados para diminuir a temperatura de fusão.	
- Isolantes	Minerais utilizados como ou para produzir isolantes elétricos, térmicos e acústicos.	
- Abrasivos	Minerais utilizados para desgastar, polir, lixar ou limpar diversas superfícies como madeira, aço, gesso, latão, mármore e vários outros materiais.	
- Minerais de carga	Utilizados para o enchimento, também prestam funcionalidade ou performance mineral específica aos produtos, na correção de defeitos e em diversas propriedades.	
- Pigmentos	Material colorido, finamente dividido, suspenso em um líquido, que é usado para dar cor, sendo útil também para dar consistência aos produtos.	
- Cosmética	Utilizados em produtos destinados à pele e ao cabelo para limpar, suavizar, encobrir imperfeições e embelezar.	
• Farmacêutica	Composição de excipientes, materiais inertes que determinam a consistência, a forma e o volume das preparações farmacêuticas, sem alterar as propriedades e os efeitos do princípio ativo no organismo.	
• Agrominerais	Minerais e rochas para a agricultura	
• Minerais “ambientais”, ou minerais “verdes”	Utilizados, na forma natural ou modificados, no tratamento de efluentes, na adsorção de metais pesados e espécies orgânicas, ou como dessulfurantes de gases.	

Gemas ou pedras preciosas	Minerais com qualidades para serem usados em joalheria. Segundo especialistas, essa característica independe do valor da pedra, por isso a terminologia “semipreciosas” não deve ser mais usada.	
Minerais energéticos	Minerais utilizados como fonte de energia.	
- Radioativos	Minerais que apresentam em sua composição elementos naturalmente radioativos	

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Apêndice G - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI

Quadro – Compostos representativo das Funções Inorgânicas, presentes e/ou utilizados no contexto mineralógico.

Função inorgânica	Exemplos	Utilização
Ácido		
Base		
Sal		
Óxido		

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Apêndice H - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI**Quadro - Aspectos relacionados aos impactos provocados pela atividade mineradora em Pedra Lavrada**

ASPECTOS RELACIONADOS À ATIVIDADE MINERADORA EM PEDRA LAVRADA		
Aspecto	Aspectos positivos	Aspectos negativos
Social		
Ambiental		

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Apêndice I - Instrumento para coleta de dados nos momentos pedagógicos da SDI**Quadro - Ações para impulsionar o setor mineral em pedra lavrada Pedra Lavrada.**

AÇÕES PARA IMPULSIONAR O SETOR MINERAL EM PEDRA LAVRADA		
Científico-tecnológicas		
Sociais		
Ambientais		

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

Apêndice J – Textos para leituras complementares extra aulas

Quadro – Textos complementares

Texto 1

Paraíba: rica em minérios, pobre em estratégia

Vitrine do Cariri - Jornal Eletrônico do Cariri Paraibano

<http://www.redeaplmineral.org.br/noticias/paraiba-rica-minerios-pobre-estrategia>

Sem agregar valor aos minérios, a Paraíba continua explorando uma das principais riquezas naturais de forma rudimentar e vendendo a matéria-prima sem qualquer beneficiamento. Um dos reflexos diretos da falta de geração de riqueza nos municípios da região do Seridó, onde há maior abundância de minério explorado, são os valores do PIB per capita. Cidades como Várzea (R\$ 4.426), Junco do Seridó (R\$ 3.326) e Pedra Lavrada (R\$ 3.814) possuem PIB per capita ainda muito abaixo da média do Estado (R\$ 6.866), que por sinal não é referência, por ser o quarto mais baixo entre 27 unidades de federação.

A exportação de minérios somou quase US\$ 8 milhões no ano passado, alta de 52% em relação ao ano anterior (US\$ 4,3 milhões) é outro exemplo prático do quanto o Estado perde divisas. Exportamos, anualmente, milhares de toneladas de ilmenita, granito, areias de zircônio, quartzo, quartzitos, bentonita e mica de forma bruta e sem beneficiamento local e possibilitar agregar valor na cadeia produtiva. Exemplos não faltam para ilustrar perdas, principalmente para a pequena mineração que continua fazendo extração de forma manual e não mecânica, o que eleva, inclusive, os riscos. No ano passado, cinco pessoas morreram na exploração do minério na região do Seridó.

Os valores irrisórios pagos pelos atravessadores aos garimpeiros mostram a dimensão de perdas. O metro quadrado do mosaico do quartzito que é vendido na pedra bruta a R\$ 5 passaria para R\$ 130 com a compra de uma trituradora, o que representa um aumento exponencial de 2.500%. O equipamento custa R\$ 150 mil, mas as pequenas cooperativas no Seridó não possuem capital para o investimento. A aquisição também de um simples moinho com capacidade de quatro toneladas elevaria em mais de 250% o faturamento dos trabalhadores na venda do feldspato, minério utilizado na indústria cerâmica. A tonelada que é vendida em forma bruta por R\$ 40 poderia sair por R\$ 140 com a compra do equipamento. A lógica de perda de dinheiro serve para os demais minérios abundantes na região do Seridó como caulim, quartzo, mica, tantalita/columbita, estanho, lítio, berílio, quartzito e as gemas. Na prática, na mesorregião do Seridó, há mais garimpagem e pouca mineração por ausência equipamentos.

“O minério é uma vocação natural da Paraíba, mas ainda não foi transformada em potencial econômico na mesma proporção, simplesmente por falta de prioridade dos governos que não vestiram a camisa do setor. Há 68 anos exploramos minério no Estado, mas pouco construímos dentro do seu potencial. Acredito profundamente na saída pela pequena mineração para gerar trabalho, renda e riqueza nos municípios”, avalia o pesquisador e professor do curso de Engenharia de Minas da UFCG, Antônio Pedro Ferreira, que integra o projeto de Arranjo Produtivo Mineral (APL Mineral), no Seridó, que pode mudar a cara da pequena mineração do Estado.

Um dos avanços do setor nos últimos anos foi a formação de cinco cooperativas no Seridó e a legalização de algumas áreas. Porém, o desafio das entidades como Sebrae e a UFCG vai além da burocracia pela legalização das áreas exploradas, pois os mais de 300 trabalhadores cooperados continuam com os aparelhos manuais.

Apesar de encerrarmos a primeira década no século 21, o nível de exploração de garimpagem no Seridó continua no século 19 porque os recursos dos convênios para

aquisição de equipamentos, serviços de limpeza das frentes de lavra e de qualificação da pequena mineração na mesorregião do Seridó Paraibano nunca foram liberados. Há recursos, por exemplo, prometidos às cooperativas sob convênio no Ministério da Integração Nacional desde 2009 (R\$ 716 mil), no Fundo de Combate e Erradicação da Pobreza (Funcep) do Governo do Estado (R\$ 980 mil) e na Sudene (R\$ 160 mil) que somados, não chegam a R\$ 2 milhões, mas fariam grande diferença na extração e no preço final.

Nem a fama e valorização no mercado internacional que a turmalina Paraíba adquiriu nas últimas décadas como pedra preciosa mais cara que diamante foi capaz de despertar os governantes para transformar a vocação natural dos minérios em riqueza econômica para o Estado. A renda e O PIB (Produto Interno Bruto) continua inexpressivo dos municípios do Seridó diante do potencial econômico que pode agregar valor e gerar emprego e renda.

Para as entidades e pesquisadores, os minérios, farto em pelo menos 17 municípios da meso região do Seridó, são uma das poucas matérias-primas que a Paraíba não precisaria importar para criar uma cadeia produtiva incluindo desde a extração mineral, passando pela lapidação e industrialização no segmento de joias e bijuterias agregando valor com apoio dos cursos da UFCG de design, até chegar à comercialização, o que poderia alavancar a economia dos municípios inseridos numa das regiões mais pobres do Estado: a mesorregião do Seridó.

Menos cobiçadas na região do Seridó, as chamadas pedras semipreciosas podem agregar valor quando usadas na fabricação de peças de bijuterias como colares, pulseiras e anéis. “Temos abundância de quartzito, água marinha, citrilos e ônix e a ideia do projeto é selecionar cerca de 70 jovens de Santa Luzia e Junco do Seridó com perfil empreendedor para fazer um curso completo de lapidação, acabamento e designer para elevar o valor dos produtos na região”, revela o gestor de APL Mineral do Sebrae, Marcos Magalhães, acrescentando que o projeto já foi aprovado pela Sudene e aguarda apenas a liberação do recurso.

Segundo IBGM (Instituto Brasileiro de Gemas e Metais preciosos), o processo de lapidação e produção pode agregar de 50 a 100 vezes o valor da pedra. Segundo Marcos Magalhães, pulseiras bem trabalhadas de quartzito podem render valores bem elevados. ‘Algumas joalherias estão vendendo colares com pedras semi-preciosas que chegam custam até R\$ 2.600. Acredito que esse projeto poderá fazer diferença com esses jovens”, comenta.

Texto 2

A eterna busca de pedras e ilusões

Entre a Paraíba e o Rio Grande do Norte, Seridó alimenta sonhos de caçadores de minérios

https://portal.sescsp.org.br/online/artigo/6018_A+ETERNA+BUSCA+DE+PEDRAS+E+ILUSOES

Rocha ornamental

A história da extração de quartzito em Junco do Seridó, cidade localizada na microrregião do Seridó Oriental Paraibano, a 265 quilômetros de João Pessoa, remete ao final da década de 1980, com a chegada do artesão olindense Lourenço Quirino Mendonça. “Notei que aqui havia muito quartzito ornamental. Como eu era decorador de ambientes de jardim, paisagista, vi que daria um bom negócio”, lembra Mendonça. Junco do Seridó é conhecida por seu grande potencial mineral. O quartzito é encontrado lá nas cores vermelha, verde, ouro-velho, chumbito e salmão. Ciente das possibilidades do empreendimento, Mendonça convidou alguns garimpeiros a trabalhar com ele e fundou a empresa Ita Brasil Mineração.

“Fui fazendo os mostruários e painéis que estão ali na beira da estrada há 20 anos. O mercado foi surgindo e comecei a levar o material para Recife e Olinda”, conta. Logo outras pessoas seguiram o exemplo do artesão e passaram a expor pedras para venda às margens da BR-230. “Só que, diferentemente da Ita Brasil, ninguém se legalizou. Por todo lado havia gente vendendo pedras, sempre na informalidade. Chegou a um ponto em que abandonei a empresa e fiz como os outros”, diz Mendonça. A partir dessa experiência, ele percebeu que a solução seria fundar uma cooperativa, com vistas a organizar a produção e agregar valor ao material. “Naquela situação todos perdiam: o minerador porque passava o produto barato demais e não era reconhecido como trabalhador, e o município porque a mercadoria saía sem nota, sem imposto, sem nada.”

As cooperativas são associações autônomas, em que as pessoas se unem voluntariamente para satisfazer necessidades econômicas, sociais e culturais comuns. Tais sociedades são de propriedade coletiva e devem ser democraticamente geridas. Lourenço Mendonça é fundador da cooperativa de mineradores Cooperjunco, que reúne 140 garimpeiros associados, “só que atuando mesmo contamos uns 30. Isso é muito pouco, porque o município tem, no mínimo, 800 garimpeiros. Se pensarmos na cadeia produtiva, são talvez uns 1,5 mil”, avalia.

A Cooperjunco ainda está em fase de organização. Neste ano ela obteve o alvará de pesquisa, expedido pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM). Previsto no Regime de Autorização do Código de Mineração (decreto de 1967), o alvará é o documento que autoriza a pesquisa para o conhecimento da geologia e a definição do depósito a ser trabalhado. Em junho último, a Cooperjunco recebeu também a licença de operação para uma lavra experimental de quartzito numa área de 10 hectares, fornecida pela Superintendência de Administração do Meio Ambiente (Sudema), órgão ambiental do estado da Paraíba.

Wdirlei de Souza Reinaldo, auxiliar da cooperativa, foi quem acompanhou a reportagem para conhecer a jazida onde trabalha seu pai, José Reinaldo Sobrinho. Com o auxílio de ferramentas simples – marrão (martelo), cunha de abrir, marreta e alavanca –, mas que requerem habilidade de manuseio, o garimpeiro fez demonstrações de como o quartzito é extraído. A rocha ornamental é comercializada em três formatos: laje (ou lajão), cavaco (ou caco) e almofada. Os preços por metro são de R\$ 6, R\$ 2 e R\$ 3,50, respectivamente. “As fissuras da própria pedra determinam o produto final”, diz Sobrinho. Ele conta que a laje sempre tem saída no mercado, mas o cavaco depende das condições climáticas: “Nas capitais está chovendo com força, então a construção civil não funciona nessa época”.

Há 20 anos, Sobrinho abandonou a enxada, na lavoura de Taperoá (PB), e migrou para Junco do Seridó, atraído pelo garimpo, que exerce desde então. Ele trabalha em média dez horas por dia, duas das quais reservadas ao almoço e a um pequeno período de relaxamento antes de retornar à desgastante ocupação: ele chega a tirar de 500 quilos a 1 tonelada de pedra por dia, para um ganho mensal em torno de R\$ 600. “No município de Junco do Seridó, ou você se emprega na prefeitura, que já está inchada, ou trabalha na mineração”, afirma Sobrinho, que deseja proporcionar estudo aos três filhos para que busquem outros caminhos.

Atividade de risco

Quem atravessa o município de Junco do Seridó, viajando pela BR-230, logo vê as montanhas brancas no meio da paisagem verde. As “dunas” são, na verdade, formadas pelo acúmulo de caulim, outro mineral muito presente nos pegmatitos da região. Após a limpeza em unidades de beneficiamento, o caulim pode servir a um vasto espectro de aplicações industriais, principalmente nos setores papeleiro e ceramista. Em menor escala é usado na fabricação de materiais refratários, plásticos, borrachas, tintas, adesivos, fertilizantes e produtos alimentares e farmacêuticos, entre outras aplicações.

Segundo Francinaldo Romão de Lima, secretário da Cooperjunco, o caulim é o principal produto do município. No entanto, o trabalho de centenas de garimpeiros envolvidos em sua extração é aquilo que se pode chamar de “atividade de risco”. Primeiro, pela exposição à sílica: a inalação da poeira desse mineral pode causar silicose, um processo de inflamação nos bronquíolos e alvéolos pulmonares. Trata-se de uma doença silenciosa, que evolui lentamente. No Seridó, quase todos os mineradores conhecem alguém que já morreu ou padece de silicose – a principal causa de invalidez entre as doenças respiratórias ocupacionais.

O segundo maior fator de risco são os acidentes de trabalho: quedas nas fendas de acesso às minas, traumas por objetos que caem e soterramentos. “Infelizmente, tivemos anteontem a morte de um trabalhador. Houve um soterramento que vitimou um jovem de 19 anos”, lamenta Francinaldo Lima. Em sua opinião, mais do que um fato fortuito, esse tipo de ocorrência é resultado da desorganização do setor. A lavra do caulim em Junco do Seridó é marcada pela informalidade, o que intensifica a exploração da força de trabalho e prejudica a saúde do garimpeiro. Lima acredita que a cooperativa pode mudar esse cenário: “Por enquanto os avanços foram poucos, mas substanciais”. Ele diz que, além do empenho na conscientização e regularização dos garimpeiros, a Cooperjunco pretende disponibilizar o equipamento de proteção individual (EPI) aos associados. Entretanto, só a vontade não é suficiente para ultrapassar as limitações econômicas, e por isso muitas vezes eles precisam aguardar o incentivo de órgãos públicos e fazer parcerias para adquirir equipamentos e acessórios.

O próprio Francinaldo Lima fez questão de mostrar como funciona a produção de caulim no município. Durante a longa caminhada, é possível ver, entre os arbustos, verdadeiras montanhas de rejeitos de caulim. Num dos pontos altos da serra começa um rastro horizontal de buracos cavados pelos mineradores. Esse tipo de abertura, que em linguagem técnica é chamado de “trincheira”, na região é mais conhecido por “banqueta” ou “bancada”.

Mais adiante, dois garimpeiros trabalham para retirar a água acumulada no fundo de uma banqueta. Enquanto um deles fica sentado controlando o “guincho” – máquina presa ao chão dotada de um guindaste para movimentar carga na bancada –, o outro esvazia o tonel de água. Como não há energia elétrica, o equipamento funciona com um motor alimentado a óleo. Em outra banqueta, a uns 200 metros, dali dois homens cavam a terra no fosso com pás e colocam o caulim numa caixa, que depois é erguida à superfície, onde uma carreta já aguarda o material. Quando a caçamba está cheia, aparece a figura do intermediário ou atravessador, o “empresário” (entre aspas, pois não se trata de pessoa jurídica) que empresta os equipamentos aos garimpeiros com a condição de ter o monopólio da compra da produção. “Geralmente, a pessoa repassa depois o mineral por um preço bem maior às empresas”, explica Lima.

Dali a carga segue, sem cobertura, para as unidades de beneficiamento de caulim, as quais aproveitam a inclinação do relevo da serra para lavar o produto. O caulim é colocado no primeiro tanque com água, onde é mexido com enxada por um funcionário semissubmerso; a seguir o material atravessa uma tela, ou peneira, rumo ao segundo tanque, que separa as impurezas por decantação; a água é removida, e o produto, retirado manualmente, seca ao ar livre e em fornos. Depois de mais alguns procedimentos, o caulim é embalado para ser encaminhado às indústrias de transformação em outras cidades.

Shopping invisível

Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos pequenos mineradores é o escoamento da produção. Sem ter um mercado consumidor garantido, eles ficam na dependência de atravessadores. A gestão anterior do governo da Paraíba havia projetado a construção do “Shopping das Pedras”, um local que serviria à comercialização de minerais

de pegmatitos. A data de inauguração do local chegou a ser anunciada, mas um desentendimento entre políticos cancelou a iniciativa. “Foi desapropriado um terreno no valor de R\$ 80 mil. O governador fez o cheque, mas ele nunca foi compensado. Ficamos sem o terreno, sem o shopping, e o garimpeiro está aí ainda sofrendo”, afirma Maria Aparecida Batista Lima, diretora comercial da Cooperjunco. A entidade está instalada numa sede provisória, onde funcionaria o prometido centro comercial.

Maria Aparecida reconhece que enquanto todas as autorizações de lavra não forem expedidas, mesmo os garimpeiros filiados à cooperativa continuarão de certa forma trabalhando para os atravessadores, pois não há alternativa de renda. Em sua opinião, a cooperativa está caminhando bem nas negociações com empresas e órgãos oficiais, mas a situação poderia melhorar “se o governo comprasse nossa matéria-prima para a construção civil e diminuísse a burocracia, que é tão grande, para o garimpeiro trabalhar”.

José Dagmar Alves, gerente da Cooperativa dos Mineradores de Pedra Lavrada (Coomipel), diz que o cooperativismo não vai mudar nada se não se fizer também o beneficiamento dos produtos. Fundada em 2005, a Coomipel trabalha com extração de quartzo e feldspato. O quartzo serve às indústrias de vidro, siderúrgica (aços e ligas especiais), de abrasivos, refratários e, dependendo da coloração, como gema para confecção de joias.

Na mina, os garimpeiros quebram as pedras com marretas, depois separam o mineral e fazem a limpeza superficial sob a sombra de pequenas tendas. Devido à facilidade de acesso, a Coomipel já foi muito visitada por fiscais e cumpre todas as normas de legalização e segurança: a parede do escritório está recheada de “alvarás” e a maioria dos mineradores utiliza botas, óculos, luvas e alguns até máscaras de proteção.

O feldspato extraído pela Coomipel é vendido em estado bruto para unidades beneficiadoras e depois repassado às indústrias de vidro e cerâmica. José Dagmar diz que com a aquisição de equipamento a cooperativa poderia agregar valor ao produto e gerar mais renda para os associados: “O garimpeiro recebe hoje R\$ 12 pela tonelada de feldspato. Se conseguirmos moer na malha 200, o preço irá para R\$ 180 ou R\$ 200 a tonelada. O retorno é muito rápido”, comenta ele. No momento, uma de suas metas é trazer para a associação os equipamentos da Mina-Escola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

A Mina-Escola foi instalada em 1977 no município de Santa Luzia (PB), com o objetivo de fornecer suporte didático científico ao curso de engenharia de minas da UFCG. Nela os alunos podiam aprender *in loco* como funcionam diversos equipamentos de mineração e alguns tipos de lavra. Em 1984, passou a operar na escola uma usina de beneficiamento de scheelita. Todavia, em virtude de uma crise no mercado desse mineral, a administração firmou em 1987 uma parceria com mineradores de tantalita, que também não deu certo, e desde 1989 a usina deixou de funcionar. Como não houve mais condições de pagar pela manutenção das instalações, o maquinário se mantém até hoje em desuso. O local continua a receber alunos, esporadicamente, mas só para visitação. “D a pena ver jogados l a equipamentos que poderiam nos ajudar”, comenta Dagmar. Assim como a COOMIPEL, outras associa es estão em busca de novos instrumentos de trabalho, a exemplo da Cooperativa de Garimpeiros do Município de Várzea (Coopevarzea), da Paraíba, que já fez cinco licita es para aluguel e aquisi o de equipamentos. O presidente da Coopevarzea, Carlos Henrique Lopes de Melo, afirma que um dos projetos visa   transforma o dos rejeitos de quartzito em argamassa para uso no rejunte ou assentamento de cerâmicas. Iniciativas como essas indicam certo avanço das cooperativas. Resta saber se elas, de fato, conseguirão cumprir suas metas e melhorar a qualidade de vida dos garimpeiros do Seridó.

Texto 3

<https://www.seridopb.com.br/2013/06/pedra-lavrada-e-regiao-cooperativas.html>

Há seis anos os garimpeiros paraibanos começaram a se unir para fugir da mão dos atravessadores, legalizar a atividade, trabalhar com segurança e agregar valor aos produtos. Com a ajuda do Sebrae Paraíba e do Governo do Estado, já foram criadas sete cooperativas que reúnem 600 trabalhadores. Juntos, eles ganharam força e crédito para dar um novo rumo aos negócios. Duas unidades de beneficiamento e um centro de lapidação estão em fase de conclusão em Pedra Lavrada e Nova Palmeira, dois dos 17 municípios que formam o Arranjo Produtivo de Minério da Paraíba. Na região, são encontrados vários tipos de minérios. Os mais comuns são: feldspato, albita, mica, quartzo, citrino, água marinha, berilo e gemas (pedras semipreciosas). “A indústria da mineração é boa porque não depende de chuvas, pode ser explorada o ano inteiro”.

No Município de Pedra Lavrada, situado na microrregião do Seridó Oriental do estado da Paraíba, a extração mineral é de grande relevância no que tange a geração de empregos e de aquecimento do comércio com a venda da matéria prima para várias atividades desenvolvidas em grandes centros. Este detém a maior jazida de quartzo rosa do mundo, com estoque para 300 anos, na mineração, Alto Feio, situada na propriedade Sítio Salgadinho. Assim sendo, a mineração subterrânea e de superfície, incluindo garimpo, corte de pedras, moagem, lapidação e britagem, corte e polimento de granitos, são as principais atividades realizadas, as quais têm, grande potencialmente de risco para contrair a silicose, considerando-se que, tal doença, é consequência da deposição de pó de sílica.

A produção deve melhorar, pois, planeja-se a construção de uma unidade de beneficiamento de pegmatitos, materiais utilizados na indústria cerâmica. A tonelada bruta de minerais como feldspato, albita e mica, que hoje custa R\$ 20, passará para R\$ 125, depois do processo de melhoramento, realizado em equipamentos de última geração. Nas indústrias de construção, esses minerais se transformam em pisos, louças sanitárias, tintas e porcelanato.

Os garimpeiros do município também decidiram criar um centro de lapidação para fabricação de bijuterias finas, utilizando pedras como quartzo, turmalina, safira, rubi, água marinha, granada, citrino e outros minerais extraídos na região. Com isso, mulheres, irmãs, filhas e primas dos garimpeiros, além de dez jovens aprendizes. A nossa ideia é montar uma linha inovadora, com peças exclusivas. Já temos duas empresas de Minas Gerais interessadas nos produtos. Faremos a venda direta, sem precisar do intermediário dos atravessadores.

Fonte: elaborado pelos autores (2023).

