



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

GABRIEL INÁCIO DA SILVA

**ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA
ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE
QUÍMICA**

**JOÃO PESSOA
2025**

GABRIEL INÁCIO DA SILVA

**ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA
ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE
QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, do Departamento de Química, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior

**JOÃO PESSOA
2025**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586e Silva, Gabriel Inacio da.

Estudo de casos e modelos tridimensionais :
tecnologia assistiva para inclusão de deficientes
visuais no ensino de química / Gabriel Inacio da Silva.
- João Pessoa, 2025.
113 f. : il.

Orientação: Claudio Gabriel Lima Junior.
TCC (Curso de Licenciatura em Química) - UFPB/CCEN.

1. Inclusão. 2. Deficiência visual. 3. Ensino de
química. 4. Modelos tridimensionais. 5. Estudos de
Caso. I. Lima Junior, Claudio Gabriel. II. Título.

UFPB/CCEN

CDU 54(043.2)

GABRIEL INÁCIO DA SILVA

ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, do Departamento de Química, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, como requisito para obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Dr. Claudio Gabriel Lima Junior

Data de aprovação: 28/04/2025

Documento assinado digitalmente
 **CLAUDIO GABRIEL LIMA JUNIOR**
Data: 21/05/2025 16:19:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior (Presidente/Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **ANDREI STEVEEN MORENO RODRIGUEZ**
Data: 21/05/2025 16:50:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Andrei Steveen Moreno Rodríguez (Examinador/Membro Interno)

Documento assinado digitalmente
 **SALOANA SANTINA GOMES SANTOS**
Data: 21/05/2025 18:05:41-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Saloana Santina Gomes Santos (Examinadora/Membro Externo)

JOÃO PESSOA
2025

Dedico este trabalho à vida – a uma vida que, mesmo diante da dor e do silêncio, nunca desistiu de existir em mim. A cada marca, a cada lembrança, e a cada batalha enfrentada, renasci com uma força que não sabia ter. Este, portanto, é um tributo à minha coragem de permanecer.

**“O que faço é uma gota no meio do oceano,
mas sem ela, o oceano será menor.”**
— *Madre Teresa de Calcutá*

AGRADECIMENTOS

A Deus, princípio e fim de todas as coisas, pela dádiva da vida, pelo sustento diário e pela força concedida para concluir esta jornada. Sem sua graça e misericórdia, este trabalho não teria se concretizado.

À minha família, alicerce inabalável em todos os momentos, em especial à minha mãe, cuja dedicação e apoio irrestrito foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À Maria Liz, cuja chegada trouxe luz aos meus dias, renovando minha esperança e fortalecendo meu propósito.

À Edneusa, minha profunda gratidão por ter me ajudado a ressurgir quando tudo parecia desmoronar. Sua escuta, presença e força foram fundamentais em momentos decisivos do meu percurso. Que seu acolhimento e coragem sigam sendo farol para quem cruza seu caminho.

À Damily, parceira essencial nesta trajetória, por sua escuta, seus conselhos sábios, suas lágrimas compartilhadas, seu riso contagiante e até mesmo suas repreensões, que sempre tiveram como intuito meu crescimento pessoal e acadêmico. Você é importante e sabe disso.

À minha amiga Giovanna, cuja amizade se mostrou um seguro, sendo presença constante e apoio inestimável ao longo deste percurso.

Aos meus amigos que fiz na universidade e que se tornaram amigos para a vida toda: Adisson, Bruna, Iasmin, Adrihellen, Wesley, Fábio, Rute, Heloiza, Felipe e Dudu. A convivência com vocês tornou essa jornada mais rica, significativa e leve.

Ao meu orientador, Professor Claudio, por sua dedicação, paciência e comprometimento em guiar este trabalho com maestria. Sua postura ética, sensível e acolhedora foi fundamental não apenas na orientação deste Trabalho de Conclusão de Curso, mas também durante 1 ano e 6 meses em que caminhamos juntos no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Sua escuta atenta, sua disposição em ensinar e seu olhar profundamente humano sobre a formação docente foram, para mim, um verdadeiro exemplo de professor comprometido com a educação pública, crítica e transformadora. A ele, minha sincera gratidão e admiração.

À Professora Cláudia, um agradecimento especial e profundo. Foi ela quem me acolheu no primeiro projeto de ensino que participei na universidade, voltado aos estudos de caso. Tudo o que sei sobre essa abordagem pedagógica devo a ela, que, com generosidade intelectual, paciência e um compromisso inegociável com a formação crítica de professores, me ensinou a aliar teoria e prática com sentido e sensibilidade.

Ao Professor Steeven, pela contribuição intelectual precisa e pelas observações que ampliaram os horizontes deste trabalho, cuja atuação foi crucial na submissão e construção dessa pesquisa, sendo seu saber sobre o ensino de Química uma fonte constante de inspiração.

À Professora Saloana, que escolheu essa nobre missão com consciência e a exerce com admirável excelência. Sua trajetória é fonte de inspiração e reafirma a potência transformadora da escola pública. Suas palavras firmes e acolhedoras reafirmam o valor da docência em todos os níveis da educação.

Aos meus professores do Ensino Médio da ECICRC, que plantaram as primeiras sementes do pensamento crítico, da curiosidade intelectual e do amor pelo saber. Foram vocês que, com dedicação e compromisso, despertaram em mim o desejo de ir além, e me prepararam com firmeza e afeto para os desafios da vida acadêmica, em especial a Lígia Maria.

Aos professores do Departamento de Química, que foram essenciais em minha formação acadêmica. Em especial, ao Professor Wagner, meu orientador de pesquisa, cuja orientação foi determinante para o desenvolvimento das minhas habilidades científicas. Ao Professor Ary, pelo compartilhamento de seu vasto conhecimento, sobretudo de vida. A Professora Elizete, por ser um modelo de profissional humanizado e por ministrar aulas que transcendem o acadêmico, ensinando com sensibilidade e paixão. À Professora Gabriela, por sua delicadeza e percepção aguçada, e às Professoras Kátia, Karen, Dayse e Liliana, por suas valiosas contribuições ao longo de minha formação e por me inspirarem profissionalmente, mesmo que não percebam.

Ao LCCQS, pela oportunidade de crescimento no âmbito da pesquisa científica. De maneira especial, agradeço ao Renato, que demonstra cotidianamente o valor de uma pesquisa de qualidade, além de ter sido um guia no universo da Química de Coordenação.

Ao Zarinha Centro de Cultura, por ter sido um espaço de descoberta e valorização da linguagem. Ali, aprendi a compreender mais profundamente a Língua Portuguesa, a riqueza da Literatura e o poder do discurso – instrumentos que moldam o pensamento, a crítica e a minha atuação no mundo. Em especial a Profa. Zarinha, e a Isis, Lucas e Mirella, que me ajudaram durante minha jornada no Centro de Cultura.

A Marcos Inácio Advogados, por todo o suporte e incentivo ao longo da minha trajetória acadêmica. Agradeço à empresa humanizada, amiga do estudante, por acreditar em mim e contribuir de forma significativa para que esta conquista fosse possível.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB) por ser espaço de resistência, formação e transformação. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas concedidas ao longo da graduação, que não apenas garantiram condições materiais para minha permanência na universidade, mas também representaram o reconhecimento e o incentivo à produção de conhecimento comprometido com o desenvolvimento científico, educacional e social do país.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta caminhada fosse possível, meu mais sincero e profundo agradecimento. Este trabalho é fruto não apenas do meu esforço, mas também do apoio e da dedicação de cada um de vocês.

RESUMO

No contexto brasileiro, avanços legislativos como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015) têm reforçado a importância da inclusão de pessoas com deficiência em todos os aspectos da sociedade, englobando o sistema educacional. No entanto, a implementação efetiva dessas políticas requer não apenas mudanças estruturais, mas também uma preparação adequada dos professores para atender às necessidades individuais dos alunos com deficiência. Nesse sentido, a formação inicial e continuada dos professores emerge como uma questão crítica, destacando a necessidade de abordagens inovadoras e recursos educacionais adaptados para garantir uma educação verdadeiramente inclusiva. Um dos desafios específicos enfrentados pelos educadores é a falta de recursos acessíveis que permitam aos alunos com deficiência visual explorar conceitos abstratos de maneira tangível. Embora a tecnologia de impressão 3D tenha o potencial de superar essa limitação, a disponibilidade de narrativas de estudos de caso em modelos tridimensionais para a educação inclusiva ainda é limitada. Nessa direção, a referida pesquisa, de caráter qualitativa, com abordagem intervencionista, teve como objetivo desenvolver e aplicar um recurso didático inclusivo, fundamentado no ensino de química e na perspectiva decolonial, voltado à participação ativa de estudantes com e sem deficiência visual. O estudo foi realizado em uma escola pública da Paraíba, em que se identificou, previamente, a necessidade de práticas pedagógicas mais efetivamente inclusivas, sobretudo no que diz respeito à acessibilidade aos conteúdos abstratos da ciência. Para isso, foi elaborado um protótipo tridimensional baseado na técnica de litofania, no qual imagens táteis foram integradas a uma narrativa acessível, permitindo a exploração sensorial dos conceitos relacionados à tabela periódica, suas propriedades e implicações socioambientais, com ênfase nos impactos do garimpo ilegal. A sequência didática que acompanhou o uso do protótipo foi estruturada em três etapas: (1) problematização inicial, com o levantamento de hipóteses e percepções dos alunos sobre os elementos químicos e o garimpo; (2) organização do conhecimento, com atividades mediadas por modelos táteis e debates orientados; e (3) aplicação do conhecimento, por meio de dramatizações e simulações de discussões parlamentares sobre mineração e impactos ecológicos. A análise dos dados coletados — via observações, registros em áudio e entrevistas com estudantes — foi realizada com base na Análise de Discurso Crítica (ADC), permitindo identificar os modos como os discursos dos alunos se organizavam em torno de padrões normativos, narrativas hegemônicas e ressignificações provocadas pela intervenção pedagógica. Os resultados apontam que o uso do protótipo possibilitou uma maior apropriação dos conteúdos por parte dos alunos com deficiência visual, ao mesmo tempo em que ampliou o repertório crítico dos demais estudantes em relação às dimensões políticas, ambientais e sociais do conhecimento químico. Notou-se também que a abordagem decolonial, ao confrontar a lógica eurocêntrica do ensino, abriu espaço para reflexões mais profundas sobre os modos de produção e exploração da natureza, tradicionalmente normalizados nos materiais didáticos convencionais. Com base nos dados coletados, conclui-se que a articulação entre tecnologia assistiva, ensino de ciências e análise crítica do discurso contribui significativamente para a construção de práticas pedagógicas mais inclusivas, sensíveis às diversidades e comprometidas com a justiça social e epistêmica.

Palavras-chave: Inclusão, Deficiência Visual, Ensino de Química, Modelos Tridimensionais, Estudos de Caso.

ABSTRACT

In the Brazilian context, legislative advances such as the Brazilian Inclusion Law (Law No. 13,146/2015) have reinforced the importance of including people with disabilities in all aspects of society, including the education system. However, the effective implementation of these policies requires not only structural changes, but also adequate teacher preparation to meet the individual needs of students with disabilities. In this sense, initial and ongoing teacher training emerges as a critical issue, highlighting the need for innovative approaches and adapted educational resources to ensure truly inclusive education. One of the specific challenges faced by educators is the lack of accessible resources that allow students with visual impairments to explore abstract concepts in a tangible way. Although 3D printing technology has the potential to overcome these limitations, the availability of case study narratives in three-dimensional models for inclusive education is still limited. In this sense, the aforementioned research, of a qualitative nature, with an interventionist approach, aimed to develop and apply an inclusive teaching resource, based on the teaching of chemistry and the decolonial perspective, aimed at the active participation of students with and without visual impairments. The study was carried out in a public school in Paraíba, where it was previously agreed upon the need for more effectively inclusive teaching practices, especially with regard to accessibility to abstract science content. To this end, a three-dimensional prototype was developed based on the lithophany technique, in which tactile images were integrated into an accessible narrative, allowing the sensory exploration of concepts related to the periodic table, its properties and socio-environmental implications, with an emphasis on the impacts of illegal mining. The teaching sequence that accompanied the use of the prototype was structured in three stages: (1) initial problematization, with the raising of hypotheses and perceptions of students about chemical elements and mining; (2) organization of knowledge, with activities mediated by tactile models and guided debates; and (3) application of knowledge, through dramatizations and simulations of parliamentary debates on mining and ecological impacts. The analysis of the data found — via observations, audio recordings and interviews with students — was carried out based on Critical Discourse Analysis (CDA), allowing us to identify the ways in which the students' discourses were organized around normative standards, hegemonic narratives and resignifications provoked by the pedagogy. The results indicate that the use of the prototype enabled greater appropriation of the content by students with visual impairments, while at the same time expanding the critical repertoire of the other students in relation to the political, environmental and social dimensions of chemical knowledge. It was also noted that the decolonial approach, by confronting the Eurocentric logic of teaching, opened space for deeper reflections on the modes of production and exploitation of nature, techniques standardized in conventional teaching materials. Based on the data collected, it is concluded that the articulation between assistive technology, science teaching and critical discourse analysis contributes significantly to the construction of more inclusive pedagogical practices, sensitive to diversity and committed to social and epistemic justice.

Keywords: Inclusion, Visual Impairment, Chemistry Teaching, Three-Dimensional Models, Case Studies.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1:	Estágios para formação de habilidades	21
Quadro 2:	Classificação da estrutura da narrativa	24
Quadro 3:	Etapas para produção de um protótipo através da impressora 3D	26
Quadro 4:	Narrativa do Caso	32
Quadro 5:	Momentos Principais da Narrativa	37
Quadro 6:	Sequência Didática para execução do caso	42
Quadro 7:	Concepções sobre o protótipo	46
Figura 1:	Arcabouço lógico-teórico-metodológico para análise da aplicação do caso	30
Figura 2:	Representação da Litofania	36
Figura 3:	Corpo do cubo da narrativa	37
Figura 4:	Imagem representativa do 1º momento gerada por IA	38
Figura 5:	Imagem representativa do 1º momento gerada em 3D	38
Figura 6:	Impressora Bambu Lab A1	40
Figura 7:	QR codes de cada face do cubo, sequencialmente	41
Figura 8:	Litofania com Led desativado	56
Figura 9:	Litofania com Led ativado	56
Figura 10:	Designer da impressão 3D	58
Figura 11:	Elementos em destaque com maior relevo	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada no Problema
ABS	Acrilonitrila butadieno estireno
AC	Aplicação do Conhecimento
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEAR	Centro de Energias Alternativas e Renováveis
CENESP	Centro Nacional de Educação Especial
DESE	Departamento de Educação Supletiva e Especial
FabLab	Laboratório de Fabricação Digital
GPEQSC	Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos
IBC	Instituto Benjamin Constante
IIMC	Imperial Instituto dos Meninos Cegos
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
OC	Organização do Conhecimento
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBL	Problem Based Learning
PI	Problematização Inicial
PLA	Poliácido Láctico
PNEE	Política Nacional de Educação Especial
PPP	Projeto Político-Pedagógico
QSC	Questões Socioambientais Contemporâneas
SENEB	Secretaria Nacional de Educação Básica
STL	Stereolithography
TA	Tecnologia Assistida

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos específicos	15
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	Marcos Históricos e Normativos da Educação Especial para deficientes visuais	15
3.2	Metodologias ativas e inclusivas no ensino de Química	20
3.3	Estudos de caso no Ensino da Química numa perspectiva de educação inclusiva	23
3.4	O uso da impressão 3D para alunos com deficiência visual	25
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
4.1	Organização da abordagem e caracterização da pesquisa	28
4.1.1	Tipo da pesquisa	28
4.1.2	População e Amostra	28
4.1.3	Procedimentos para coleta e análise de dados	28
4.1.4	Aspectos éticos	32
4.2	Da criação do produto educacional	32
4.3	A construção da narrativa	36
4.3.1	Caracterização da Técnica utilizada	36
4.3.2	Geração do cubo e das imagens	37
4.3.3	Da impressão	39
4.3.4	A funcionalidade audiovisual do cubo.....	40
4.4	Da execução do caso	42
5	RESULTADOS	44
5.1	Caracterização da instituição	44
5.2	Da criação do protótipo	46
5.3	Da execução do caso	54
5.4	Da avaliação do protótipo	56
5.5	A potencialidade do estudo de caso para uma compreensão dos paradigmas coloniais	62
5.6	A resolução do caso como prática pedagógica decolonial e inclusiva	69
5.7	Potencialidades e Limitações da pesquisa	77
	CONSIDERAÇÕES	80
	REFERÊNCIAS	80
	APÊNDICES	88
	Apêndice A	88
	Apêndice B	89
	Apêndice C	91
	Apêndice D	93
	Apêndice E	95
	Apêndice F	97
	Apêndice G	99
	Apêndice H	101

1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre a inclusão não são uma questão contemporânea, suas origens são identificadas nas décadas de 1960 e 1970, período marcado por uma crescente consciência global acerca da importância de promover a integração de pessoas com deficiência nos diversos contextos sociais, especialmente no sistema educacional. Esse movimento foi impulsionado por documentações oficiais que destacavam a educação como um direito universal, refletindo uma mudança paradigmática em relação às práticas educacionais segregacionistas que prevaleciam à época (Brasil, 2008). A partir desse período, diversas legislações e políticas públicas passaram a ser implementadas, consolidando a inclusão como um princípio norteador da educação contemporânea.

Assim, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), nº 9.394/1996, constituiu-se como um avanço significativo em relação a legislações anteriores, uma vez que dedica um capítulo específico para o tema da educação especial, explicitado a partir do artigo 58 até o artigo 60. No artigo 59, por exemplo, se estabelece que a educação especial deve garantir a efetiva inserção dos estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação na vida em sociedade e no mundo do trabalho (Brasil, 1996).

No entanto, essa inserção foi, e ainda é, interpretada como o simples acesso à escola, que, por si só, não é suficiente. Ou seja, é fundamental oferecer oportunidades e condições para que esses estudantes possam continuar na escola e participar plenamente do processo educacional. Isso envolve não apenas a mudança arquitetônica, mas a (re)formulação de currículos, métodos de ensino, avaliações e recursos educacionais para atender às necessidades individuais dos alunos com deficiência, contribuindo, assim, para o seu desenvolvimento pessoal, social e profissional (Silva; Pimentel, 2021).

Ao abordar o assunto desde o contexto da deficiência visual, identifica-se a necessidade de uma atenção ainda mais específica. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), estima-se que aproximadamente 1,3 bilhão de pessoas vivam com alguma forma de deficiência visual. Tal condição refere-se a limitação significativa ou ausência total da capacidade de ver, o que pode afetar as interações com o seu redor em suas mais diversas atividades diárias, como ler, escrever, se locomover, considerar rostos e objetos, e participar plenamente de diversas atribuições sociais e profissionais (Oliveira *et al*, 2022).

Paralelamente, nota-se que a efetivação da LDB, em seu artigo 59, é ainda mais desafiadora no contexto do ensino de Química para deficientes visuais. De acordo com Freitas, Bork e Sangiogo (2022), a Química é uma Ciência que lida com a estrutura, composição e transformações da matéria, muitas das quais são invisíveis a olho nu, necessitando de representações visuais complementares que contribuam para a compreensão das características, sejam estruturais, sejam composicionais, da matéria abstrata. Por exemplo, softwares de simulação que podem ajudar os alunos a visualizar processos químicos que ocorrem em escalas microscópicas ou que são difíceis de observar diretamente.

Ocorre que uma das principais barreiras para alunos não-videntes, na Química, é a compreensão de conceitos, moléculas, soluções químicas e gráficos que ilustram dados experimentais que frequentemente são representados com modelos visuais. Assim, uma estratégia eficaz é o uso da Tecnologia Assistiva (TA), por meio de modelos tridimensionais e diagramas em relevo que representam moléculas, átomos e estruturas químicas (Souza *et al*, 2022).

No que tange à uma educação contextualizada, especificamente quando se promove a relação entre conteúdos e situações reais específicas, pode-se afirmar que os alunos devem ser incentivados a refletir criticamente sobre o papel da Química na sociedade e a explorar suas próprias ideias e perspectivas. Isso não apenas promove uma compreensão mais profunda dos conceitos, mas também estimula o pensamento crítico e a criatividade dos alunos (Xavier; Farias, 2022).

Dessa maneira, surgem os estudos de casos, uma estratégia que trata-se de uma metodologia variante do método Aprendizagem Baseada no Problema (ABP), em que se tem uma narrativa, com personagens, contexto e um problema a ser resolvido (Queiroz; Sacchi, 2020).

A principal problemática observada diz respeito à transposição da narrativa química para o sistema braille, especialmente quando se migra do texto linear para representações bidimensionais ou tridimensionais, como esquemas, gráficos e estruturas moleculares. No formato linear, o braille mantém sua funcionalidade plena ao seguir uma sequência de leitura contínua e clara, respeitando a lógica da linguagem escrita. No entanto, ao adentrar o campo das representações visuais da química, que exigem espacialidade, relações geométricas e simbolismos gráficos, o sistema enfrenta limitações significativas. Os pontos em relevo, que inicialmente cumprem a função de caracteres

legíveis ao toque, passam a ser utilizados de forma híbrida, ora como elementos da escrita, ora como traços figurativos, gerando confusão tátil e semântica.

Essa ambiguidade compromete a comunicação eficaz do conteúdo, especialmente em um campo como a química, em que a visualidade das estruturas, proporções espaciais e direcionalidade das ligações químicas desempenham papel fundamental para a compreensão conceitual. Por compreender que esse é o ponto nevrálgico da proposta, é essencial que a explicação dessa limitação seja tratada com maior cuidado, detalhando os desafios da conversão de códigos visuais em recursos táteis acessíveis. Um aprofundamento conceitual e metodológico nesse aspecto enriquece a proposta e oferece caminhos mais sólidos para o desenvolvimento de soluções inclusivas, como o uso de tecnologias complementares, como impressão 3D.

Outro aspecto que merece atenção é a ausência de uma preparação dos alunos videntes no que diz respeito ao sistema braille. Em muitas instituições, o ensino do braille é restrito aos estudantes com deficiência visual, o que resulta em um desconhecimento generalizado por parte dos colegas videntes. Esse desconhecimento não é apenas técnico, mas também simbólico, pois reforça barreiras de comunicação e dificulta a construção de um ambiente verdadeiramente inclusivo e colaborativo. Quando se propõe uma atividade ou narrativa em que o braille assume papel central, portanto, torna-se imprescindível que todos os participantes compreendam minimamente sua lógica e estrutura, de modo que possam interagir com equidade.

Diante disso, é necessário criar um ambiente de aprendizagem acessível e significativo, principalmente com as ferramentas mencionadas: estudos de casos e modelos tridimensionais, que ainda não foram unidos em uma perspectiva da educação inclusiva para DV. Sob esse viés, este trabalho surge da seguinte questão de pesquisa: quais são os impactos da utilização de modelos tridimensionais na representação de narrativas de estudos de caso na formação de um ambiente de aprendizagem acessível, inclusivo e emancipatório para estudantes com deficiência visual?

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos da aplicação de um produto educacional baseado em impressão 3D, desenvolvido a partir da narrativa de um estudo de caso, na promoção de práticas inclusivas e sensoriais no ensino de Química, com ênfase na participação

conjunta de alunos cegos e videntes e na desconstrução de paradigmas visuais e paradigmas eurocentrados do conhecimento científico.

2.2 Objetivos específicos

- Construir um protótipo educacional multissensorial, impresso em 3D, que articule elementos narrativos, táteis e auditivos de um estudo de caso envolvendo problemáticas ambientais e sociais;
- Integrar o protótipo a uma sequência didática com foco na inclusão, nos saberes sensoriais e na reconfiguração do espaço discursivo da sala de aula;
- Analisar as percepções de alunos cegos e videntes quanto à acessibilidade, compreensão conceitual e participação nas atividades propostas com o uso do protótipo;
- Avaliar, por meio da Análise do Discurso Crítica, como o produto educacional promove deslocamentos discursivos sobre as concepções de inclusão, Química e decolonialidade.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Marcos Históricos e normativos da Educação Especial para Deficientes Visuais

A Declaração dos Direitos das Pessoas com Deficiência (1975), emitida pela Organização das Nações Unidas (ONU), define as pessoas com deficiências como aquelas que possuem total ou parcial limitações para garantir por si mesmas as necessidades de uma vida individual ou social considerada funcional, seja por uma deficiência congênita, seja por uma deficiência adquirida, incluindo capacidades físicas ou mentais. Isto é, pessoas que podem enfrentar barreiras em sua participação plena na sociedade, devido às limitações em suas habilidades. A ONU ainda destaca a importância de proteger e promover os direitos dessas pessoas para garantir sua inclusão e igualdade de oportunidades (ONU, p.1).

No entanto, desde eras anteriores, a conjuntura das pessoas cegas no Brasil reflete uma realidade marcada pela exclusão/marginalização. Orientados pela mentalidade da época, muitos indivíduos cegos eram, e ainda são, considerados incapazes de se desenvolverem psicossocialmente e vistos como indesejados pela sociedade. Essa visão

discriminatória resulta(va) na exclusão desses alunos do ambiente escolar, privando-os do acesso à educação e contribuindo para sua marginalização social (Oliveira, 2023).

A marginalização para com os deficientes era fundamentada na crença de que apenas aqueles que atendiam aos padrões de “normalidade” estabelecidos eram dignos de participar plenamente da vida social, enquanto aqueles que não se encaixavam nesses padrões eram estigmatizados e excluídos. Essa perspectiva revela as profundas injustiças e preconceitos enfrentados pelas pessoas cegas ao longo da história, destacando a importância de lutar por uma sociedade mais inclusiva e igualitária, em que todos tenham a oportunidade de participar e contribuir na sociedade, independentemente de suas características ou habilidades (Santos, 2022).

Nesse sentido, diversas discussões sobre inclusão foram levantadas, a fim de mitigar o revés. No entanto, embora a democratização da educação, através de normativos, tenha ampliado o acesso formal às escolas, persiste um paradoxo de inclusão/exclusão, em que se continuam excluindo indivíduos e grupos que não se encaixam nos padrões homogeneizadores da escola. Esse fenômeno é observado através de processos de segregação e integração que, de formas distintas, perpetuam a exclusão e naturalizam o fracasso escolar¹, atribuindo-o muitas vezes a características individuais dos alunos, em vez de reconhecer suas origens sistêmicas e estruturais (Leal, 2021).

A seguir, descreve-se o desenvolvimento da política da educação especial no Brasil, e como esta possui marcos normativos cada vez mais consolidados em relação ao acesso educacional de deficientes, mas, ao mesmo tempo, revela um sistema frequentemente marcado por barreiras físicas, atitudinais e comunicacionais, que limitam o acesso equitativo e a participação plena desses indivíduos (Sousa, 2020).

Em 1835, uma proposta revolucionária, vinda do então deputado Cornélio Ferreira França, representante da Província da Bahia, que se manifestou na forma de um projeto de lei, pleiteava a criação de classes específicas para pessoas cegas, tanto na capital do Império quanto nas províncias. Esta iniciativa histórica não apenas demonstrou um reconhecimento pioneiro da necessidade de educação especializada para indivíduos com deficiência visual, mas também refletiu um compromisso essencial com a igualdade de acesso às oportunidades para todos os cidadãos brasileiros (Pletsch, 2020).

¹O fracasso escolar refere-se ao desempenho acadêmico insatisfatório ou abaixo do esperado por parte dos alunos em seu ambiente educacional. Esse fracasso pode se manifestar de várias maneiras, incluindo notas baixas, evasão escolar, repetência de ano, falta de participação em atividades escolares e problemas comportamentais. O problema é que muitas instituições não levam em consideração que esse fracasso é resultado de uma interação complexa de fatores individuais, familiares, sociais e estruturais (Fornari, 2012).

De acordo com Garcia e Kuhnen (2020), o projeto de França estabeleceu um precedente significativo, pavimentando o caminho para futuras políticas e programas educacionais destinados a atender às necessidades únicas da comunidade cega no Brasil. Ao propor medidas concretas para combater os desafios enfrentados por pessoas cegas em acessar a educação formal, França demonstrou uma preocupação genuína com a igualdade e o avanço social, lançando as bases para uma abordagem mais inclusiva e compassiva em relação à educação no país.

Embora o projeto de Lei tenha sido um importante avanço na luta da comunidade cega, Santos (2020) aponta que a ausência de interesse político culminou no arquivamento desta política pública e levou quase duas décadas para que uma instituição oficial de atendimento aos cegos fosse estabelecida: o Imperial Instituto dos Meninos Cegos (IIMC). Este foi fundado em 1854 por Dom Pedro II, e se consolidou como instituição pioneira dedicada à educação de crianças cegas no país, hoje denominado de Instituto Benjamin Constant (IBC).

De acordo com a discussão de Oliveira (2023), o IIMC era caracterizado por uma abordagem residencial, mantendo seus alunos em um ambiente segregado e afastado do convívio comunitário. Esse modelo pode ser associado à crença generalizada de que esses indivíduos eram incapazes de progredir no sistema educacional convencional, o que resultou no não acesso às aulas regulares nas escolas.

Embora a Declaração de Salamanca (1994) tenha representado um avanço paradigmático na defesa de uma educação inclusiva, seu impacto imediatamente revelou-se limitado no que tange à implementação efetiva de suas diretrizes, especialmente no acesso de estudantes com deficiência a salas de aula regulares. O ideal proclamado, que projeta adaptações curriculares e metodológicas para abarcar as singularidades de cada aprendiz, colidiu com a realidade de sistemas educacionais pouco preparados e alicerçados em práticas excludentes. Assim, a promessa de inclusão universal foi, em grande medida, comprometida pela ausência de infraestrutura adequada, de formação docente especializada e de políticas públicas robustas, perpetuando a segregação daqueles que necessitavam de suportes específicos para seu pleno desenvolvimento educacional.

No que tange aos normativos, o primeiro marco é descrito na alteração da LDBEN, de 1961, pela Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971, que estabelece que alunos com deficiências físicas ou mentais, os que estão consideravelmente atrasados em relação à idade regular de matrícula e os superdotados devem receber tratamento especial, de acordo com as normas estabelecidas pelos órgãos competentes de Educação. Essa

legislação reconhece a necessidade de oferecer atenção diferenciada a esses grupos de alunos, garantindo-lhes acesso a uma educação que leve em consideração suas necessidades específicas (Abbeg; Trzaskos; Abbeg, 2023).

Em 1973, foi instituído o Centro Nacional de Educação Especial (CENESP) com o objetivo de ampliar o atendimento às pessoas "excepcionais". O CENESP representou um avanço na estrutura da educação especial, abordando-a de forma mais abrangente e vinculado ao IBC. No entanto, em 1990, com o surgimento da Secretaria Nacional de Educação Básica (SENEB), o CENESP foi extinto, dando lugar ao Departamento de Educação Supletiva e Especial (DESE), que passou a assumir as responsabilidades específicas relacionadas à educação especial (Pletsch; Souza, 2021).

Durante esse período histórico, que abrangeu grande parte da ditadura militar no Brasil, a educação de alunos com deficiência não foi integrada de forma eficaz ao sistema educacional regular. Em vez disso, o foco estava em políticas específicas, distintas das políticas gerais de educação. Isto é, a falta de iniciativas sob o assunto refletiu em uma concepção de que a educação para pessoas com deficiência deveria ser tratada de maneira separada e especial, em vez de ser integrada ao sistema educacional como um todo (Drago; Gabriel, 2020).

A Política Nacional de Educação Especial (PNEE) de 1994, ao adotar o conceito de integração instrucional, estabeleceu critérios que, na prática, acabaram por condicionar o acesso de alunos com deficiência às classes regulares somente àqueles que pudessem acompanhar o ritmo dos alunos considerados "normais". Isso reflete uma abordagem baseada em padrões homogêneos de aprendizagem, o que é problemático, pois nem todos os alunos têm as mesmas habilidades ou necessidades (Brasil, 1994).

O assunto ganhou mais destaque com a Constituição Federal de 1988, que, no artigo 206, inciso I, enfatiza o princípio da igualdade de condições de acesso e permanência na escola. Assim, como dever do Estado, a Constituição garante a oferta de Atendimento Educacional Especializado (AEE), preferencialmente na rede regular de ensino (art. 208), tornando-se um dispositivo específico de base legal para a promoção da inclusão educacional e o combate à discriminação no sistema educacional brasileiro (Brasil, 1988).

As Diretrizes Operacionais para o AEE na Educação Básica, estabelecidas pela Resolução CNE/CEB 04/2009, delimitam o público-alvo da Educação Especial, abrangendo estudantes com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação. Estas diretrizes ressaltam que o AEE possui um caráter

complementar e/ou suplementar ao ensino regular, destacando a importância de sua integração no Projeto Político-Pedagógico (PPP) da escola, visando garantir uma abordagem inclusiva e colaborativa, para assegurar o apoio adequado e individualizado aos alunos com necessidades educacionais especiais dentro do ambiente da escola comum (Brasil, 2009).

Nesse cenário, a Lei Brasileira de Inclusão, conhecida como Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), estabelece os direitos fundamentais das pessoas com deficiência no Brasil. Entre esses direitos, estão a garantia de acesso à educação, transporte, saúde, informação, comunicação e o uso de tecnologias assistivas, representando um marco importante na promoção da inclusão e na garantia da igualdade de oportunidades para as pessoas com deficiência, além de reconhecer suas necessidades específicas e promover medidas para eliminar barreiras e discriminações que possam limitar sua participação plena na sociedade (Brasil, 2015).

O Decreto nº 10.502/2020, que institui a nova Política Nacional de Educação Especial: Equitativa, Inclusiva e com Aprendizado ao Longo da Vida, assegura às famílias e ao público-alvo da educação especial o direito de escolher a instituição de ensino mais adequada às necessidades individuais dos estudantes. Embora tal medida aparente valorizar a diversidade e a inclusão, conferindo às famílias autonomia na decisão educacional de seus filhos com deficiência ou necessidades educacionais especiais, pode também ser interpretada como um retrocesso ao reforçar a segregação educacional, haja vista que, ao enfatizar a separação em contextos escolares especializados, o decreto contraria os princípios de inclusão plena, ao invés de fomentar a convivência em ambientes educacionais verdadeiramente inclusivos, capazes de atender às demandas de todos os estudantes em um espaço comum. (Brasil, 2020).

Nesse contexto, verifica-se que, embora a educação especial no Brasil tenha registrado avanços importantes nas últimas décadas, ela ainda enfrenta entraves substanciais que comprometem a efetivação plena de seus princípios norteadores. Entre os desafios mais prementes, ressalta-se a formação insuficiente de professores, que se revela como um fator limitante tanto para a identificação e atendimento das necessidades específicas dos estudantes com deficiência quanto para a implementação de práticas pedagógicas inclusivas. Esse déficit formativo, frequentemente associado à ausência de políticas públicas que priorizem capacitações contínuas e especializadas, repercute diretamente na qualidade do ensino oferecido, evidenciando uma lacuna entre o discurso inclusivo e a prática educacional. (Matos; Cruz; Araújo, 2023).

3.2 Metodologias ativas e inclusivas no ensino de Química

A natureza visual da química, com sua ênfase em representações e observações de fenômenos submicroscópicos, apresenta desafios significativos para a inclusão de alunos com deficiência visual, e, por isso, os professores enfrentam uma preocupação em como engajar efetivamente esses alunos nas aulas de química. Nesse sentido, para superar esse obstáculo, é essencial adotar estratégias pedagógicas inclusivas, como o uso de descrições detalhadas, modelos táteis, demonstrações práticas e tecnologias assistivas (Silva *et al*, 2023).

Por outro lado, é comum os professores relatarem falta de preparo para lidar com a diversidade presente em suas salas de aula. Embora a legislação propague o ideal da educação para todos, a verdadeira integração vai além de simplesmente admitir alunos com deficiência em instituições escolares regulares; requer a implementação de estratégias pedagógicas que permitam a esses alunos acessar um sistema educacional que esteja alinhado com suas habilidades intelectuais e motoras (Gritti; Oliveira; Galli, 2022).

Nesse panorama, é cada vez mais evidente que as novas demandas e realidades contemporâneas estão redefinindo as expectativas em relação à formação dos professores. Os olhares estão voltados para os requisitos de uma educação de qualidade para todos, guiados por uma perspectiva emancipadora. Isso significa que os professores precisam estar preparados para enfrentar desafios diversos e atender às necessidades individuais de cada aluno, promovendo não apenas a transmissão de conhecimento, mas o desenvolvimento de habilidades críticas, criativas e colaborativas que permitam aos estudantes se tornarem agentes ativos em suas próprias aprendizagens e na sociedade (Deimling; Reali; Rodrigues; 2020).

Uma dessas demandas consiste em incorporar metodologias ativas² para promover uma educação mais engajadora, inclusiva e eficaz, que vêm se consolidando como ferramentas pedagógicas fundamentais na contemporaneidade, já que permite que os

²Fundamentadas nas teorias de Piaget (1896), Vygotsky (1934) e Freire (1995), as metodologias ativas reconhecem o conhecimento como construção social, dependente da interação entre sujeitos e da problematização da realidade. Freire (1996) enfatiza que ensinar exige responsabilidade, escuta e compromisso ético, reafirmando o papel fundamental do professor como agente de transformação. Autores como Bacich e Moran (2018) também ressaltam que, ao articular teoria, prática e diálogo, essas metodologias favorecem aprendizagens mais críticas, colaborativas e conectadas ao cotidiano dos estudantes. No ensino de Química inclusiva, esse paradigma se fortalece ao integrar tecnologias como a impressão 3D, estudos de caso e recursos sensoriais, promovendo o acesso equitativo ao conhecimento científico sem abrir mão da mediação pedagógica intencional.

alunos sejam protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, haja vista que essas abordagens rompem com o modelo tradicional, centrado na transmissão de conhecimento pelo professor, e colocam o estudante em uma posição de autonomia e interação com o conteúdo. No ensino de Química, a adoção dessas metodologias é particularmente relevante, considerando que essa disciplina frequentemente lida com conceitos abstratos, fenômenos submicroscópicos e representações simbólicas, os quais exigem estratégias diversificadas para facilitar a compreensão.

Assim sendo, a Cultura Maker³ e a Aprendizagem baseada em problemas (ABP), por exemplo, oferecem oportunidades para os alunos explorarem o conteúdo através de diferentes modalidades sensoriais, como a audição e o tato, e desenvolverem habilidades práticas e criativas (Silva; Lima; Pontes, 2023).

Uma das principais contribuições dessas metodologias está na possibilidade de diversificar os recursos pedagógicos, transformando conteúdos abstratos em experiências concretas e multissensoriais. A ABP, por exemplo, fundamenta-se na resolução de problemas reais como ponto de partida para o aprendizado, incentivando os alunos a desenvolverem habilidades críticas e colaborativas, e promovendo um ambiente de aprendizagem dinâmico, no qual os desafios apresentados exigem uma construção gradual de conhecimento. Além disso, a ABP é eficiente para estimular a autonomia e a participação ativa dos estudantes, permitindo-lhes assumir um papel central no processo educacional, o que é crucial em contextos de inclusão (Mori; Cunha, 2020).

Acerca disso, Munhoz (2015) descreve que a ABP possui 3 estágios:

Quadro 1 - Estágios para formação de habilidades

Estágio	Descrição
1	desenvolver soluções claras baseadas em argumentos e em informações para a solução do problema;
2	capacitar pessoas para acessar e avaliar dados de diferentes fontes;
3	criar aptidão para definir claramente como será realizada a solução de um problema.

Fonte: Munhoz (2015) (adaptada).

³Para Martín (2015), a cultura maker na educação representa uma oportunidade de reimaginar as escolas como espaços de invenção, em que os alunos desenvolvem habilidades cognitivas, emocionais e técnicas de maneira integrada. Martínez e Stager (2013) destacam que o fazer manual aliado à reflexão crítica permite não apenas a construção de artefatos, mas também a construção de conhecimento significativo, desafiando o modelo tradicional de ensino. No entanto, essa abordagem só se concretiza pedagogicamente quando há intencionalidade, mediação docente qualificada e conexão com os contextos culturais dos alunos.

Isto posto, percebe-se que a relação da ABP com a inclusão educacional está diretamente ligada ao seu caráter flexível e centrado no aluno, permitindo que estudantes com diferentes capacidades e necessidades sejam ativos no processo de aprendizagem. No Estágio 01, os alunos podem explorar diferentes formatos sensoriais e linguagens acessíveis para contribuir com suas perspectivas. Já no Estágio 02, a capacitação para acessar e avaliar dados de diversas fontes abre espaço para o uso de ferramentas e tecnologias assistivas, como leitores de tela, materiais táteis ou conteúdos em áudio, garantindo que a diversidade de perfis seja contemplada. Por fim, no Estágio 03, a clareza na definição das soluções de problemas incentiva o trabalho colaborativo, no qual estudantes trocam conhecimentos e fortalecem competências, promovendo a inclusão como prática integrada à educação.

No que tange a Cultura Maker, também caracterizada como uma metodologia ativa, percebe-se um grande potencial para a inclusão no ensino de Química para que se engajem ativamente no processo de aprendizagem por meio do "faça você mesmo". Essa abordagem promove a construção de conhecimento de forma prática e colaborativa, utilizando ferramentas como impressoras 3D para a criação de modelos moleculares táteis, experimentos manipuláveis e recursos personalizados que atendam às necessidades específicas dos estudantes. Assim, pode-se afirmar que, ao explorar conceitos químicos por meio de diferentes modalidades sensoriais, como o tato e a audição, a Cultura Maker não só amplia a acessibilidade ao conteúdo, mas também estimula habilidades criativas, práticas e investigativas, tornando a experiência educacional mais significativa e inclusiva.

Assim, observa-se que essa abordagem promove o estímulo de uma postura ativa por parte dos alunos no contexto da educação científica, ampliando a interação, participação e engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem, além de envolver um trabalho abrangente que se relaciona diretamente com a realidade cotidiana do aluno (Raimondi; Razzoto, 2020). Nele, os desafios são apresentados inicialmente, e à medida que os questionamentos são levantados, os conceitos e habilidades são desenvolvidos progressivamente, extinguindo a pedagogia do medo⁴, obtendo como resultado que resulta em um ambiente de sala de aula em que os alunos são incentivados

⁴A expressão pedagogia do medo refere-se a uma abordagem educacional que utiliza o medo como instrumento de controle e disciplina dentro do ambiente escolar. Essa abordagem pode se manifestar de várias formas, incluindo a aplicação de punições severas, ameaças de reprovação, críticas constantes e reforço negativo, que tende a criar um ambiente de aprendizagem tenso e desmotivador, no qual os alunos se sintam inseguros e receptivos de cometer erros (Texeira; Texeira; Maia, 2020).

a apenas responder quando autorizados, em vez de participar ativamente do processo de aprendizagem.

3.3 Estudos de caso no Ensino da Química numa perspectiva de educação inclusiva

Os estudos de caso são uma variante da ABP, que tiveram sua origem na Universidade de McMaster, no Canadá, em que sua aplicação se dava aos estudantes das Ciências da Saúde: o aluno se deparava com um problema, denominado de caso clínico, e teria que resolver este problema, isto é, dar um diagnóstico e/ou tratamento adequado, conforme a descrição do problema na narrativa (Queiroz, 2010).

No que tange à aplicação da metodologia no Ensino da Química, Salete LinharesQueiroz, Professora da Universidade de São Paulo, e integrante do Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC), desde os anos 2000, busca integrar esta metodologia nas Ciências exatas e da Natureza. Sua aplicação não diferencia de suas origens: o professor disponibiliza uma narrativa, com fonte de inspiração de artigos, jornais, notícias e documentários, em que se tem um problema que afeta o cotidiano do sujeito, e que, por isso, precisa ser abordado e resolvido.

Sá; Francisco; Queiroz (2007), acerca disso, descrevem que para um bom caso, a narrativa deve contemplar os seguintes aspectos:

- narrar uma história;
- despertar o interesse pela questão;
- ser atual;
- criar empatia com os personagens centrais;
- incluir diálogos;
- ser relevante ao leitor;
- ter utilidade pedagógica;
- provocar um conflito;
- forçar uma decisão;
- ter generalizações;
- ser curto.

De acordo com Queiroz e Sacchi (2020), em relação à narrativa, os estudos de caso são classificados em: caso estruturado, mal-estruturado e de múltiplos problemas, conforme destaque no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação da estrutura da narrativa

Classificação	
Estruturado	caracterizados pela clareza na apresentação do problema a ser solucionado dentro do contexto da narrativa. Dentro desse cenário, os estudantes se deparam com diversas alternativas de resolução, cabendo a eles a responsabilidade de analisá-las cuidadosamente e selecionar aquela que se mostrar mais viável.
Mal-estruturado	caracterizados pela ausência de uma definição clara do problema central que está presente no caso. Nesse sentido, cabe aos estudantes a responsabilidade de identificar o problema a ser investigado e analisar as possíveis alternativas para solucioná-lo.
Múltiplos problemas	são diferentes dos demais pelo fato de não apresentarem um problema único e claramente definido a ser resolvido. Torna-se evidente a percepção de que é necessário resolver outros problemas que estão relacionados ao problema principal, e são diferentes dos demais pelo fato de não apresentarem um problema único e claramente definido a ser resolvido. Torna-se evidente a percepção de que é necessário resolver outros problemas que estão relacionados ao problema principal.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Além disso, de acordo com o modelo Normativo de Tomada de Decisão de Kortland (1996), para resolução do caso, deve-se considerar os seguintes aspectos: identificação do problema; a produção de critérios, que envolve a pesquisa das características do problema; o julgamento de valor, que avalia a gravidade do problema descrito no caso; a geração de alternativas; a avaliação das alternativas, que pesquisa as características das medidas e questiona se elas são suficientes para resolver o problema e, por fim, a escolha da solução, destacando as vantagens específicas das opções escolhidas em relação às outras soluções possíveis (Cancela, 2023).

O problema da metodologia é evidenciado quando se olha para a perspectiva da educação para cegos, uma vez que a narrativa é usualmente descrita por texto digitado, com fonte Times New Roman e espaço entre linhas de 1,5cm. Uma das iniciativas poderia ser a produção dessas narrativas no sistema braille, que também funciona, mas demanda

o treinamento dos professores e dos alunos tanto no sistema braille quanto nas sutilezas do braille para química.

Outro problema da produção da narrativa em braille, seria a segregação dos alunos cegos em salas de aula regulares, uma vez que os videntes não possuem um currículo adaptado para atender a inclusão destes alunos. Assim, os estudos de caso ajudariam os alunos na produção de uma resolução para determinada problemática, mas não dariam autonomia para realização da leitura do problema, uma vez que não leriam e/ou tocariam, o que se perde, ou pelo menos é diferente, quando apenas se ouve.

Nesse sentido, numa perspectiva de integrar, de fato, uma educação especial inclusiva, isto é, que os alunos com deficiência frequentem e realizem as mesmas atividades que os demais alunos, desenvolver protótipos, por impressão 3D, usando a técnica da litofania, para apresentar narrativas de estudos de casos, mostra-se uma ferramenta valiosa para integração efetiva desses alunos no ensino de química.

3.4 O uso da impressão 3D para alunos com deficiência visual

Vygotsky (1989), em sua teoria sociocultural, destaca a importância de considerar as diferenças no desenvolvimento entre crianças com e sem deficiência. Ele argumenta que a educação deve fornecer um sistema de signos e símbolos culturais que auxiliem na adaptação às necessidades dos alunos com deficiência. Isso significa que é essencial fornecer suportes e recursos que permitam aos alunos com deficiência acessar e participar plenamente do ambiente educacional, garantindo assim uma educação inclusiva e adaptada às suas necessidades individuais (Pereira; Oliveira; Moura, 2022).

Devido às limitações visuais, os alunos podem apresentar dificuldades no tátil, uma vez que precisam manipular cuidadosamente as formas para perceber todos os detalhes e propriedades apresentadas. Isso significa que o desenvolvimento tátil dos alunos deve ser estimulado pelos professores, garantindo a importância de explorar outros sentidos além da visão, especialmente no ensino de disciplinas das Ciências Exatas e da Natureza, em que as representações são essenciais, e o uso da exploração tátil se torna necessário para garantir que os alunos tenham acesso ao conteúdo adequado (Silveira; Aguiar; Frizzarini, 2023).

Nesse sentido, a impressão 3D surge como um recurso tecnológico significativo para a ressignificação da aprendizagem de alunos cegos, uma vez que o uso desta TA proporciona a criação de representações táteis e tridimensionais de conceitos abstratos e oferece uma oportunidade única para os alunos explorarem e compreenderem de forma

tangível o conteúdo acadêmico, permitindo-lhes uma participação mais ativa e engajada no processo de aprendizagem (Lima; Araújo; Pires, 2023).

Embora o termo “Impressão 3D” possa parecer novo, essas tecnologias estão disponíveis no mercado desde 1984, quando o engenheiro Chuck Hull desenvolveu a primeira impressora 3D utilizando resina fotossensível solidificada por luz ultravioleta, que funcionava por meio de um processo de adição, em que camadas finas de resina eram solidificadas, sucessivamente, para construir objetos tridimensionais. Mesmo rudimentar em comparação com as impressoras 3D modernas, essa inovação está localizada nas bases para o desenvolvimento subsequente da tecnologia de fabricação aditiva (Figueiredo; Cesar, 2022).

A seguir, descrevem-se as etapas necessárias para a obtenção de um objeto através da impressão 3D, de acordo com Júnior *et al* (2020) (Quadro 3).

Quadro 3: Etapas para produção de um protótipo através da impressora 3D

Impressão 3D	
Etapas	Descrição
Preparação do Modelo 3D	Criação ou obtenção de um modelo digital tridimensional do objeto a ser impresso. Pode ser feito através de software de modelagem 3D ou repositórios online.
Preparação do Arquivo de Impressão	Conversão do modelo 3D em um arquivo de impressão compatível com uma impressora 3D. Inclui a divisão do modelo em camadas finas.
Configuração da Impressora	Definição dos parâmetros de impressão, como temperatura, velocidade, material e ajuste da mesa de impressão.
Início da Impressão	Início do processo de impressão, em que a impressora 3D deposita camadas sucessivas do material de impressão de acordo com o arquivo de impressão.
Pós-processamento	Tratamentos adicionais que podem ser necessários após a impressão, como remoção de suportes de material, acabamento superficial ou tratamento térmico.

Fonte: Júnior *et al* (2020) (adaptado).

Diversas são as técnicas que se utilizam em determinadas impressoras. Uma delas é a sinterização seletiva, que utiliza um laser de dióxido de carbono especializado para fundir minúsculas partículas de material em pó, resultando na criação das peças desejadas, tendo como vantagem sua matéria-prima, já que o pó utilizado não precisa ser de natureza rara ou especial; na prática, basicamente qualquer material que possa ser limitado a pó pode servir como matéria-prima para esse tipo de impressão (Caruso; Silva; Marcondes, 2023).

Outra técnica muito utilizada é a modelagem por deposição fundida, que envolve a distribuição de material derretido em camadas pré-determinadas pelo software durante o processo de impressão. Geralmente, o material utilizado é plástico e, no processo, há os filamentos do material: inicialmente, esses filamentos são pendurados e, ao passarem pelo bocal da impressora, são aquecidos e fundidos. No estado líquido, a impressora utiliza o modelo definido pelo software para depositar o material de forma gradual e precisa em que for necessário (Bonfim; Nassar, 2020).

No âmbito educacional, essas técnicas tem se destacado como ferramentas facilitadoras nos processos de ensino e aprendizagem dos alunos, devido ao fato de serem artefatos tecnológicos que possibilitam aos estudantes e professores criarem objetos complexos que envolvam o uso de conceitos contidos em sala de aula, especialmente nas aulas de química. Com esses produtos tecnológicos, os alunos têm a oportunidade de manipular modelos tridimensionais que representam moléculas, estruturas químicas e outros conceitos abstratos, o que facilita a compreensão e a internalização dos conteúdos (Ferreira; Santos, 2020).

Nessa perspectiva, os modelos tridimensionais não apenas são facilitadores de aprendizagem para estudantes não-videntes, especificamente no ensino de Química, como também os videntes, haja vista que a abordagem estimula a participação e a interação dos alunos, oferecendo uma experiência de aprendizado mais personalizada e adaptada às suas necessidades individuais, proporcionando assim uma educação mais inclusiva e significativa (Ferreira *et al*, 2024).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Organização da abordagem e caracterização da pesquisa

4.1.1 Tipo da pesquisa

Trata-se de uma pesquisa com abordagem qualitativa e intervencionista, desenvolvida a partir da criação e avaliação de um protótipo educacional no contexto da educação inclusiva.

4.1.2 População e Amostra

A pesquisa foi conduzida com uma população composta por professores da área de educação inclusiva e professores de química, além de alunos cegos e alunos videntes. A seleção desses participantes ocorreu de forma estratégica, e buscou representar uma amostra diversificada e representativa dos contextos educacionais inclusivos e das interações entre alunos cegos e videntes em sala de aula. Os professores foram escolhidos com base em sua experiência nas áreas de educação inclusiva e de química, enquanto os alunos foram selecionados considerando sua idade (de 14 a 18 anos) e seu atual nível educacional (Ensino Médio).

4.1.3 Procedimentos para coleta e análise de dados

Além do pesquisador, que participou efetivamente nas atividades realizadas com os professores e alunos durante a utilização do protótipo educacional, observando as interações, o engajamento dos participantes e quaisquer desafios enfrentados durante o processo, foram conduzidas entrevistas semi-estruturadas (apêndice A) com os professores e alunos envolvidos, a fim de obter compreensão sobre suas percepções, experiências e opiniões em relação ao protótipo educacional. Os resultados das entrevistas e da aplicação do caso foram gravadas e, posteriormente, transcritas para análise.

A presente análise foi conduzida com base nos pressupostos teórico-metodológicos da Análise do Discurso Crítica (ADC), cuja abordagem compreende a linguagem como forma de prática social, profundamente imbricada nas relações de poder e nos processos ideológicos que atravessam a vida em sociedade. Inspirada sobretudo nas contribuições de Fairclough (2008), esta abordagem permite examinar como estruturas discursivas refletem e, ao mesmo tempo, produzem realidades sociais, sobretudo em contextos em que as disputas simbólicas se articulam a interesses políticos e econômicos. No caso em questão, a temática do garimpo foi tomada como eixo articulador dos

discursos analisados em um ambiente educacional, tensionado pelas contradições entre desenvolvimento, preservação ambiental e justiça social.

A escolha por uma lente crítica, contudo, não se limitou aos marcos estabelecidos pela ADC em sua vertente anglo-saxônica. A análise foi enriquecida pela perspectiva bakhtiniana do discurso, que, ao enfatizar o caráter dialógico da linguagem, permite compreender os enunciados não como unidades isoladas, mas como respostas a enunciados anteriores e antecipações de réplicas futuras. Acerca disso, Bakhtin (2011) afirma que todo discurso é atravessado por múltiplas vozes, sendo, portanto, um campo de embate entre diferentes posicionamentos sociais e ideológicos. Essa concepção amplia a noção de interdiscursividade presente em Fairclough (2005), ao situar o sujeito falante como um agente que habita e (re)configura os discursos sociais por meio de sua inserção histórica e cultural.

É importante destacar que Bakhtin não é o criador da ADC, tampouco seu trabalho se insere originalmente nesse campo. Suas reflexões emergem de um contexto filosófico e literário específico, centrado no estudo do romance e da linguagem como fenômeno ideológico. No entanto, suas contribuições foram posteriormente apropriadas por estudiosos do discurso crítico que buscaram refinar os instrumentos de análise, incorporando a noção de dialogismo⁵, polifonia⁶ e heterogeneidade enunciativa⁷ à leitura dos discursos sociais. A intenção dessa adaptação foi justamente superar modelos reducionistas e lineares de comunicação, ressaltando a complexidade dos enunciados como respostas a contextos sociais multifacetados.

Nesse sentido, a investigação concentrou-se não apenas nas recorrências temáticas dos discursos sobre o garimpo, mas, sobretudo, na forma como essas falas se estruturam, se relacionam e se materializam em práticas educacionais. Para que fosse possível observar, no decorrer das aulas e das discussões promovidas no contexto da Conferência Nacional do Meio Ambiente, como se emergem diferentes posições discursivas: algumas alinhadas às narrativas hegemônicas, que legitimam o garimpo como motor econômico nacional, outras mais críticas, que evocam os impactos socioambientais e as violações de direitos de populações tradicionais.

⁵ Ideia de que todo enunciado é construído em resposta à outros e está sempre em relação com discursos anteriores e futuros.

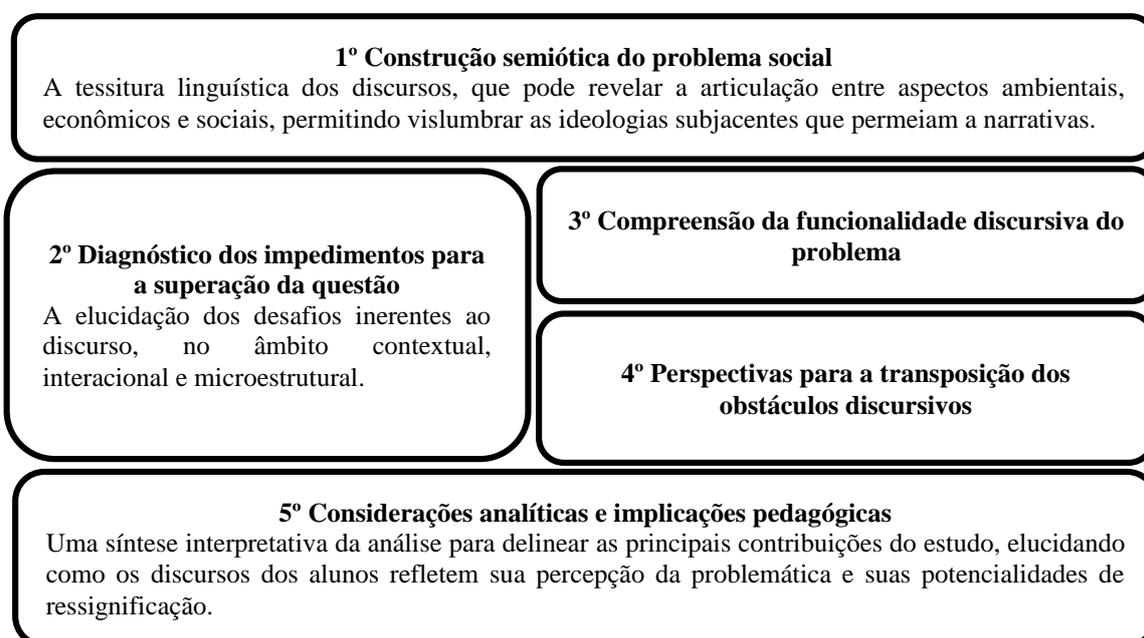
⁶ Presença de múltiplas vozes em um mesmo discurso, evidenciando diferentes pontos de vista ou posições sociais.

⁷ Coexistência de marcas linguísticas que revelam a influência de diferentes sujeitos ou discursos na construção do enunciado.

Da mesma maneira, essa dinâmica evidencia o potencial formativo do discurso, sobretudo quando a escola se constitui como um espaço de escuta, problematização e confronto de sentidos. A partir da perspectiva bakhtiniana, entende-se que a sala de aula pode se tornar um evento discursivo, no qual as vozes marginalizadas ganham espaço para desafiar os discursos centrados no poder. Já na visão da ADC, esse processo representa uma oportunidade de deslocamento das práticas ideológicas dominantes, promovendo a conscientização crítica dos sujeitos envolvidos.

A seguir, descreve-se um arcabouço da análise que será alvo desta pesquisa (Figura 1)

Figura 1 – Arcabouço lógico-teórico-metodológico para análise da aplicação do caso.



Fonte: Elaboração Própria, 2025.

Além disso, destaca-se que as entrevistas foram realizadas paulatinamente desde as etapas iniciais de concepção do protótipo até a execução do estudo de caso, garantindo um processo contínuo de avaliação e aprimoramento. A coleta de percepções dos participantes permitiu ajustes estratégicos na modelagem e usabilidade do cubo, garantindo que a experiência fosse tão acessível quanto imersiva. Durante o desenvolvimento das aulas, foram considerados aspectos como a legibilidade tátil das litofanias, a ergonomia do fato e a clareza da sequência narrativa, possibilitando refinamentos antes da apresentação final da história.

4.1.4 Aspectos éticos

Este estudo está comprometido com os padrões éticos na condução da pesquisa com seres humanos. Todos os participantes foram plenamente informados sobre os objetivos, procedimentos e possíveis riscos e benefícios da pesquisa por meio de um termo de consentimento (para professores e pais) e termo de assentimento, além da carta de autorização do departamento e carta de anuência da escola, estas última não preenchida no apêndice para garantir o sigilo dos participantes (apêndice B, C, D, E e F, respectivamente). Além disso, ressalta-se que os participantes foram esclarecidos sobre sua liberdade para participar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem penalidade.

Os riscos associados à participação, corresponderam ao potencial emocional ao discutir questões sensíveis sobre educação inclusiva, que foram devidamente considerados e minimizados. Para tanto, foram adotadas estratégias como a mediação sensível das discussões pelo pesquisador, assegurando que os participantes se sentissem confortáveis ao compartilhar suas experiências e percepções. Além disso, os benefícios incluem a oportunidade de contribuir para o avanço do conhecimento sobre práticas educacionais inclusivas e a possibilidade de melhorar esses recursos para alunos cegos.

É importante ressaltar que este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro de Ciências da Saúde, da UFPB, garantindo que todos os aspectos éticos sejam adequadamente avaliados e cumpridos, conforme comprovada na certidão emitida pelo Comitê de Ética (apêndice G).

4.2 A construção da narrativa

A elaboração da narrativa fundamentou-se na necessidade de problematizar a história da exploração mineral e suas implicações socioambientais a partir de uma perspectiva decolonial. Esse viés foi adotado em razão de que o discurso sobre a exploração de recursos naturais foi construído sob um viés eurocêntrico, que posiciona a ciência química como uma invenção exclusivamente europeia, desconsiderando os conhecimentos empíricos e técnicas desenvolvidas pelas culturas originárias ao longo de milênios (Chamizo, 2013).

Esse apagamento epistemológico reforça a colonialidade do saber, que refere-se à persistência de estruturas epistemológicas eurocentradas que, mesmo após o fim do colonialismo formal, continuam a hierarquizar os conhecimentos, desvalorizando ou

invisibilizando saberes produzidos por povos indígenas, africanos e outras culturas subalternizadas, sendo, portanto, um dos pilares do pensamento moderno ocidental, que hierarquiza os conhecimentos e marginaliza as epistemologias nativas.

Dessa forma, a narrativa proposta, bem como sua aplicação na sequência didática, buscou (re)construir criticamente essa história, evidenciando não apenas os impactos ambientais da mineração, mas as dinâmicas de poder que perpetuam a exploração dos territórios dos povos originários (Quadro 4). Isto é evidenciado, por exemplo, quando se olha a presença dos Wajãpi na narrativa, que permite visibilizar a luta histórica desses povos contra o garimpo, que não se restringe apenas a questões ecológicas, mas também envolve direitos territoriais, identidade cultural e autonomia política. A abordagem decolonial do caso problematiza, portanto, a narrativa oficial da problemática em questão, que tradicionalmente legitimou o extrativismo em função da economia global, e propôs um olhar mais crítico sobre os impactos dessa atividade e as resistências locais que a contestam.

Quadro 4 - Narrativa do estudo de caso

Trilhando o Caminho Verde: conflito entre o garimpo ilegal e a proteção ambiental

Recentemente, houveram discussões, por parte da bancada ruralista no Congresso, sobre a possível legalização do garimpo dentro de reservas extrativistas, como forma de gerar empregos e estimular o desenvolvimento econômico na região. No entanto, essa proposta levanta preocupações sobre os impactos ambientais e sociais da atividade mineradora. Os Wajãpi, por exemplo, já têm experimentado os efeitos prejudiciais do garimpo ilegal em suas terras, especificamente na contaminação de rios com mercúrio, utilizada no processo de eliminação do ouro, e no desmatamento causado pela atividade de destruição da biodiversidade local, ameaçando espécies de plantas e animais que são essenciais para a subsistência dos povos originários.

Nesse sentido, Carlos, um engenheiro químico e consultor ambiental, foi contratado, pelo Ministério do Meio Ambiente, para avaliar os impactos do garimpo ilegal na reserva e propor medidas para mitigar esses impactos. Ele está ciente dos riscos ambientais associados ao garimpo, incluindo a contaminação do solo e da água por produtos químicos tóxicos, como mercúrio e cianeto.

Luiza, representante do governo, está encarregada de elaborar políticas de gestão ambiental e regulamentação do setor de mineração na região. Ela reconhece a

importância de intensificar a proteção do meio ambiente, mas enfrenta desafios para encontrar soluções que atendam às necessidades das comunidades locais e garantam a sustentabilidade.

- Carlos, estamos preocupados com a possibilidade de legalização do garimpo em nossa reserva. Sabemos dos danos que essa atividade pode causar ao nosso meio ambiente e à nossa saúde. Disse Amanajara, integrante da Wajãpi.

- Compreendo suas preocupações, Amanajara. Os impactos do garimpo ilegal podem ser devastadores, especialmente devido ao uso de produtos químicos tóxicos na extração de minérios. Precisamos encontrar maneiras de proteger esta terra e os recursos naturais! Afirma Carlos.

- Discordo veementemente da ideia de legalizar o garimpo. Os supostos benefícios econômicos não justificam os graves danos ambientais e sociais que essa atividade causa. A exploração mineral desenfreada e irresponsável resulta em desmatamento, contaminação da água e do solo, além de conflitos sociais e violações dos direitos das comunidades locais. Acrescenta Luiza.

Esse projeto tem grandes chances de ser aprovado, já que a bancada ruralista é uma das maiores e com mais força no Congresso. Assim, cabe o governo se organizar, montando equipes para orientar contra o projeto, por meio do Ministério do Meio Ambiente.

Suponha que integrará a equipe de Carlos e Luiza. Elabore documentos com informações técnicas e evidências científicas sobre os riscos ambientais e sociais associados ao garimpo, a fim de serem apresentadas e discutidas na Conferência Nacional do Meio Ambiente.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

É importante mencionar que a construção da narrativa também tem um caráter inclusivo, não apenas em termos epistemológicos, mas também no que se refere à acessibilidade de pessoas com deficiência visual. Para tanto, a história foi materializada em um cubo tridimensional, utilizando a técnica da litofania para possibilitar sua leitura tátil. Essa escolha rompe com a hegemonia do ensino exclusivamente visual, permitindo que alunos cegos e videntes compartilhem a mesma experiência de aprendizagem de maneira equitativa. O uso da litofania também dialoga com o conceito de

multimodalidade⁸ no ensino, ao oferecer uma forma não convencional de engajamento com os conteúdos científicos, tornando o aprendizado mais sensorial e interativo.

Nesse sentido, conforme destacado anteriormente, a não abordagem de tal temática, considerando o ensino de Química que, muitas vezes, enfatiza a matematização dos fenômenos naturais em detrimento das suas dimensões sociais, históricas e políticas, resulta na desconsideração das epistemologias nativas e na ausência de um pensamento mais crítico sobre as relações entre ciência, sociedade e meio ambiente.

Outro fator relevante é que a colonialidade, enquanto estrutura que persiste para além do colonialismo, continua a impactar diretamente os povos originários, especialmente no que concerne à exploração de seus territórios e à negação de seus conhecimentos. O garimpo ilegal e sua legalização progressiva representam uma continuidade da espoliação colonial, na qual o extrativismo predatório se sobrepõe aos direitos dos povos originários. Isso significa que, ao desconsiderar suas práticas de manejo sustentável dos recursos naturais e sua relação simbiótica com a terra, tais discursos reforçam uma visão utilitarista da natureza, que privilegia a exploração econômica em detrimento da preservação ambiental e cultural.

Além de seu caráter crítico e inclusivo, considerou-se a potencialidade didática-pedagógica da narrativa, para contribuição de tais abordagens em questões socioambientais contemporâneas no ensino de Ciências. Acerca disso, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino médio enfatiza a necessidade de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos para propor ações que minimizem impactos socioambientais (Brasil, 2018). Ao trazer o estudo de caso do garimpo para a sala de aula, os alunos, então, foram incentivados a refletir sobre as consequências ambientais e sociais da mineração, promovendo debates fundamentados e alinhados às competências exigidas pela BNCC. No contexto específico da Paraíba, a Proposta Curricular do Ensino Médio também contempla o estudo de problemas socioambientais e econômicos, estimulando a participação ativa dos estudantes na busca por soluções sustentáveis .

A abordagem do garimpo no ensino de Ciências é ainda mais relevante quando se considera o impacto direto dessa atividade sobre comunidades indígenas. Para isso,

⁸ Multimodalidade refere-se à compreensão de que a comunicação humana e a construção de sentidos não ocorrem apenas por meio da linguagem verbal, mas envolvem múltiplos modos semióticos — como imagem, som, gesto, cor, textura, movimento e espaço. Segundo Kress e Leeuwen (2006), cada modo possui um potencial expressivo próprio, sendo socialmente configurado para realizar determinadas funções comunicativas. Assim, a produção de significados é vista como um fenômeno multimodal, em que diferentes modos interagem de forma integrada para constituir o discurso.

Dutra-Pereira (2023) argumenta que a exploração mineral e os desafios enfrentados pelos povos originários não podem ser negligenciados no contexto educacional, uma vez que muitos alunos podem se deparar com essa realidade em suas próprias vivências. Ignorar essa problemática, assim, significaria omitir a responsabilidade educacional de fomentar a consciência crítica e o respeito pelos direitos humanos e pela diversidade cultural. Dessa forma, a narrativa se apresenta como um instrumento essencial para engajar os alunos em discussões que transcendem a teoria científica e os conectam com problemáticas sociais urgentes.

Nesse panorama, observa-se que a ausência dessa abordagem crítica no ensino de Química não apenas reforça o apagamento histórico das contribuições dos povos originários para com o conhecimento científico, mas também perpetua uma visão tecnicista da ciência, que desconsidera suas implicações sociopolíticas. A exploração mineral na América Latina, ainda, não pode ser discutida sem levar em conta as relações de poder que historicamente favoreceram a espoliação dos territórios indígenas. Dessa forma, inserir essa perspectiva no ensino de Ciências é uma forma de combater a colonialidade do saber e do poder, além de promover um ensino que valorize múltiplas epistemologias.

Como fonte de inspiração, foram empregadas notícias reportadas e amplamente divulgadas na mídia, que evidenciam a expansão do garimpo ilegal e os retrocessos na pauta ambiental. Uma delas, a reportagem no site G1, por exemplo, relatou a devastação de 680 m² quadrados próximos à Terra Indígena Wajãpi, evidenciando os danos irreparáveis causados pela extração mineral desregulada. Além disso, a notícia de que teríamos a aprovação de políticas que fragilizam os mecanismos de proteção ambiental reforça a urgência de se discutir essa problemática no ambiente escolar. Dessa maneira, a narrativa não apenas reflete uma realidade atual, mas funciona como um alerta para a necessidade de políticas públicas mais efetivas na defesa dos povos originários e do meio ambiente.

Ao integrar todas essas perspectivas, a narrativa se consolida como uma potencial ferramenta pedagógica, para a promoção de uma educação científica crítica, inclusiva e socialmente engajada. Sua estrutura, portanto, possibilita que os alunos compreendam a ciência não apenas como um conjunto de conceitos abstratos, mas como um campo permeado por disputas políticas e éticas. Dessa forma, a narrativa cumpre um papel essencial na formação de cidadãos mais conscientes, aptos a refletir sobre os desafios socioambientais contemporâneos e a agir de maneira responsável e informada.

4.3 A criação do produto educacional

4.3.1 Caracterização da Técnica utilizada

Para a materialização tridimensional da narrativa, utilizou-se a técnica da litofania, recurso que permitiu a transposição da narrativa para um modelo visualmente tangível e sensorialmente acessível. A litofania, cuja origem remonta à escultura em cerâmica ou porcelana translúcida, foi cuidadosamente aplicada para esculpir, em baixo-relevo, como imagens representativas do estudo de caso, possibilitando a reprodução fiel dos elementos simbólicos da temática abordada (Scott, 2020). Sob posterior iluminação, a incidência de luz através das diferentes espessuras do material revelado, com notável profundidade e detalhamento, as nuances da narrativa, confere-lhe um aspecto tridimensional que enriquece a experiência imersiva dos participantes (Figura 2).

Figura 2 - Representação da Litofania



Fonte: Scott, 2020.

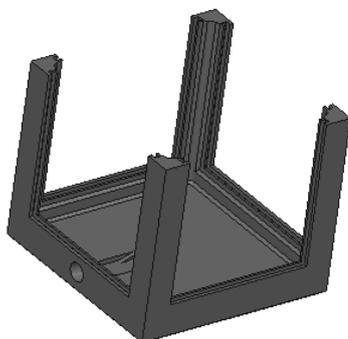
A criação do produto foi realizada nas dependências do Laboratório de Fabricação Digital (FabLab) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), um espaço vinculado ao Departamento de Engenharia Elétrica e ao Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR), que, mais do que um mero ambiente de fabricação, se consolidou como um espaço de experimentação colaborativa e desenvolvimento criativo, em que a sinergia entre estudantes e docentes potencializou a concepção de soluções aplicáveis a desafios tanto locais quanto globais. Em consonância com os preceitos do movimento *Maker*, que fomenta a cultura do "Faça você mesmo!", o FabLab proporcionou a infraestrutura e os recursos tecnológicos necessários para a materialização do projeto. Com o trabalho de impressora 3D e cortadoras, as etapas de prototipagem e refinamento do modelo foram

realizadas de maneira precisa e eficiente, permitindo a concepção de um produto final que alia inovação, funcionalidade e acessibilidade.

4.3.2 Geração do cubo e das imagens

No que diz respeito à criação das imagens representativas do caso, recorreu-se a um gerador de imagens por inteligência artificial para a concepção de cinco ilustrações, posteriormente integradas à estrutura tridimensional do cubo. O número de imagens incompatíveis com o número de faces presentes em um cubo refere-se às especificidades do modelo, disponibilizadas pelo próprio site <https://3dp.rocks/lithophane/> (Figura 3), cuja base permanece fechada, exigindo um planejamento visual que otimize a legibilidade e a expressividade das imagens a partir de múltiplos ângulos. Assim, a geração das ilustrações foi meticulosamente ajustada para garantir que os relevos e contrastes fossem aprimorados perceptíveis sob iluminação posterior, potencializando a experiência imersiva e sensorial fornecida pelos artefatos.

Figura 3 – Corpo do cubo da narrativa



Dessa forma, a história foi segmentada em momentos-chave, de modo que cada face do cubo materializasse uma cena ou representação visual significativa desse percurso narrativo (Quadro 5). A estrutura tridimensional possibilitou que o aluno interagisse com a narrativa, girando o cubo para acessar e vivenciar cada parte da história de maneira sequencial. Considerando a base fechada, as imagens foram concebidas estrategicamente para garantir sua plena compreensão por meio do relevo e da variação de espessura, tornando-se perceptíveis tanto pela visão quanto pelo tato (Figura 4 e 5).

Quadro 5 - Momentos principais da narrativa

Face do cubo	Momento	Descrição da imagem
--------------	---------	---------------------

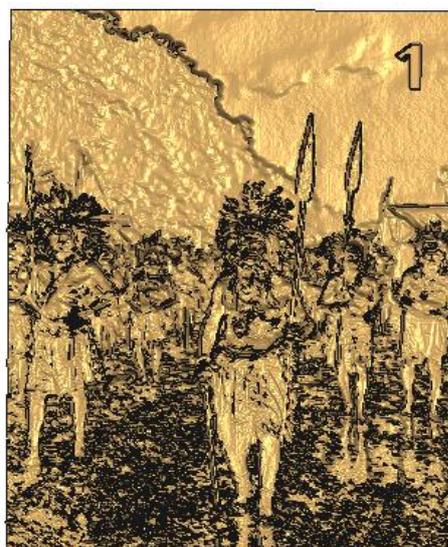
1	Caracterizando o título e descrevendo o problema	Comunidade dos povos originários enfrentando a invasão do garimpo ilegal, representando o conflito central da história.
2	Analisando a situação e os impactos ambientais	Engenheiros e técnicos inspecionando a área afetada pelo garimpo ilegal, avaliando a contaminação do solo e da água.
3	Preocupações e Reconhecimento dos Riscos	Amanajara expressando preocupações sobre os danos ambientais e sociais causados pelo garimpo, em conversa com Luiza.
4	Debate sobre as Implicações	Um representante da comunidade observa a estrada de garimpo, enquanto ao fundo veículos pesados simbolizam a ameaça iminente do avanço da mineração.
5	Preparação para a solução	Luiza discursando em uma conferência sobre a necessidade de regulamentação ambiental e políticas de proteção às comunidades afetadas.

Fonte: Elaboração própria, 2024.

Figura 4- Imagem representativa do 1º momento gerada por IA.



Figura 5 - Imagem representativa do 1º momento em 3D.



No que concerne a tridimensionalidade das imagens, foram processadas por meio da plataforma <https://3dp.rocks/lithophane/>, uma ferramenta digital que viabiliza a criação de litofanias personalizadas com precisão e eficiência. O procedimento envolveu o corpo das ilustrações definidas, seguido de ajustes minuciosos em intervalos essenciais, como dimensões, espessura da relevo, estrutura da base e demais configurações externas à otimização da percepção visual e tátil das representações narrativas. Uma vez alcançado o resultado esperado, o modelo tridimensional foi exportado no formato *Stereolithography* (STL), amplamente desenvolvido na impressão 3D devido à sua capacidade de descrever a geometria dos objetos de maneira compacta e funcional. Assim, a conversão digital garantiu a materialização fiel das imagens em litofanias, garantindo que cada face do cubo transmitisse, de forma acessível e imersiva, os momentos-chave do estudo de caso.

4.3.3 Da impressão

A técnica de impressão 3D empregada foi a Fabricação por Filamento Fundido (FDM), utilizando Poliacido Láctico (PLA) como material-base, devido à sua biodegradabilidade, resistência mecânica e excelente precisão na reprodução de detalhes. O processo iniciou-se com o carregamento do filamento de PLA na impressora 3D, onde foi submetido a um sistema de aquecimento controlado, atingindo a temperatura ideal para fusão e extrusão. Uma vez fundido, o material foi direcionado para a bico extrusora, que, por meio de coordenadas computacionais, se moveu ao longo dos eixos X, Y e Z, depositando o filamento derretido em camadas sucessivas. Cada camada, ao ser extrudada, solidificou-se rapidamente por resfriamento, garantindo a adesão precisa à camada anterior e fornecimento de estabilidade estrutural ao modelo. Esse processo se repetiu sequencialmente, camada por camada, até a formação completa da litofania tridimensional.

Para a produção dos modelos tridimensionais utilizados nesta pesquisa, foi empregada a impressora 3D Bambu Lab A1 (Figura 6), escolhida por sua alta precisão, facilidade de operação e excelente custo-benefício. O equipamento opera com a tecnologia FDM que aquece e extrusa filamento plástico camada por camada. A A1 possui extrusora direta, nivelamento automático da base e suporte ao sistema AMS (Automatic Material System), que permite a troca automática de até quatro filamentos diferentes

Figura 6 - Impressora Bambu Lab A1



Durante o desenvolvimento do protótipo e dos recursos didáticos — como a tabela periódica em 3D, o solo em camadas e os elementos ampliados de mercúrio e ouro — a Bambu Lab A1 demonstrou grande estabilidade e confiabilidade. Nesse sentido, seu sistema de calibração automática e interface intuitiva reduziram o tempo de preparo e permitiram a produção de peças com detalhes bem definidos, facilitando a exploração tátil dos modelos. Além disso, o uso combinado do software Bambu Studio possibilitou ajustes de escala, preenchimento e espessura, adequando cada peça às necessidades sensoriais e pedagógicas do projeto.

4.3.4 A funcionalidade audiovisual do cubo

Com o objetivo de ampliar a acessibilidade do protótipo e garantir maior autonomia aos estudantes — especialmente aos alunos cegos —, cada face do cubo narrativo impresso em 3D foi acompanhada de um QR Code, que direcionava para áudios referentes a cada fase do cubo que se apresenta em relevo. Esses áudios foram produzidos com o auxílio do aplicativo CapCut, um editor multimídia gratuito que permite a gravação, edição e inserção de efeitos sonoros e trilhas, facilitando a criação de materiais acessíveis e dinâmicos.

Figura 7 – QR codes de cada face do cubo, sequencialmente



A escolha por esse formato partiu da necessidade de oferecer uma experiência de leitura sonora mediada pela tecnologia, mas não dependente do professor em tempo integral, favorecendo a escuta individual e personalizada do conteúdo. O QR Code, por sua vez, funciona como um ponto de ativação, ou seja, uma ponte entre o objeto físico e a narrativa auditiva que o contextualiza.

A utilização dos QR Codes no cubo promoveu um deslocamento importante na lógica da mediação escolar. Ao invés de depender exclusivamente da leitura oral do professor ou da descrição de colegas videntes, os alunos cegos passaram a acessar diretamente as informações por meio de seus próprios dispositivos móveis, reforçando uma postura ativa e investigativa. Isso não apenas fortaleceu a autonomia dos estudantes com deficiência visual, mas também desestabilizou a hierarquia sensorial que tradicionalmente privilegia a visão como principal canal de aprendizado.

Outro ponto a destacar é que, para garantir a correta associação entre a face do cubo e seu respectivo QR Code, cada código foi numerado em alto-relevo, assim como cada face do próprio protótipo, o que permitiu que os alunos cegos conseguissem se localizar com precisão no dispositivo, sem mediação alheia.

4.4 Da execução do caso

No que tange à execução do caso, recorreu-se aos três momentos pedagógicos, orientados das discussões de Delizoicov; Angotti; Pernambuco (2011), designados como Problematização Inicial (PI), Organização do Conhecimento (OC) e Aplicação do Conhecimento (AC), os quais delinearão uma abordagem holística e mais dialógica do processo de ensino-aprendizagem. Na PI, a sessão didática teve início com a exposição de uma problemática, que foi capaz de instigar a curiosidade e fomentar uma reflexão crítica por parte dos discentes. Na OC, propiciou-se a sistematização e edificação do saber pertinente à questão inaugural, mediante a realização de atividades investigativas, leituras analíticas e debates construtivos. Finalmente, na AC, ensejou-se a transposição e materialização do conhecimento assimilado na resolução da problemática, promovendo o desenvolvimento de competências práticas e a aplicação do aprendizado a contextos concretos e multifacetados.

Nesse sentido, para um melhor delineamento da construção do saber acerca da problemática do caso, o Quadro 6 descreve como foram abordados os assuntos em cada um dos 5 encontros, com duração de 50 min por aula.

Quadro 6 - Sequência didática para execução do caso

Aula	Tópicos/tema	Objetivo	Recursos didáticos
1 (PI)	<ul style="list-style-type: none">➤ Leitura do Caso;➤ Discussão sobre a temática para conhecimento prévio.	Despertar a curiosidade dos alunos sobre o tema, levantando questões sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos do garimpo.	Litofania da narrativa
2 (OC)	<ul style="list-style-type: none">➤ Consequências ambientais do garimpo.	Posicionar-se criticamente acerca dos processos químicos da extração de minérios e suas	Modelos táteis representando as substâncias químicas envolvidas na contaminação, areia, pedra, fio de lã e

		consequências ambientais.	glitter, para auxiliar na exploração e compreensão da textura e a composição do solo.
3 (OC)	➤ Impacto Social e Econômico	Analisar os impactos sociais e econômicos do garimpo, considerando as implicações para as comunidades locais e a economia regional.	Aplicativo de transcrição de áudio, para os textos informativos sobre os impactos sociais e econômicos, além de vídeos de depoimentos de moradores locais afetados pelo garimpo
4 (OC)	➤ A Química dos processos de extração	Compreender o processo de lixiviação por cianeto na extração de minerais, enfatizando os princípios químicos envolvidos e os impactos ambientais associados	Pilha de lixiviação através de modelos táteis
5 (AC)	Alternativas e soluções	Propor soluções e políticas eficazes para mitigar esses impactos nas áreas afetadas.	Simulações de debate parlamentar para discutir propostas de legislação relacionadas ao garimpo, brainstorming para gerar ideias de ações práticas a serem implementada

Fonte: Elaboração própria, 2024.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização da instituição

O PPP da escola traz em seu cerne uma proposta formativa pautada pela inclusão, valorização das diferenças e compromisso com uma educação de qualidade para todos. Nele, destaca-se a importância da escuta sensível, da empatia e da construção de práticas que promovam a equidade. Nessa linha, ao reconhecer a diversidade como elemento constitutivo do espaço escolar, o PPP propõe uma escola em que todos os estudantes, com ou sem deficiência, possam aprender e conviver em um ambiente acolhedor, respeitoso e acessível.

Na vivência cotidiana, contudo, é possível observar desafios para a concretização plena desses princípios. Ainda que haja esforços por parte da equipe gestora e pedagógica, algumas práticas podem não estar completamente alinhadas ao ideal de inclusão proposto pelo PPP. Isso não significa necessariamente uma negação do compromisso institucional, mas evidencia, conforme Libâneo (2012) descreve, a complexidade de transformar diretrizes político-pedagógicas em ações concretas no cotidiano da escola, especialmente quando se trata de mudanças que envolvem aspectos culturais, estruturais e formativos. A implementação da inclusão, como projeto institucional, demanda tempo, intencionalidade e formação continuada, além do engajamento de toda a comunidade escolar.

Um exemplo que merece reflexão é a forma como os atendimentos educacionais especializados são organizados. Em determinadas situações, os estudantes são encaminhados para espaços de atendimento distintos no espaço do AEE, conforme o tipo de deficiência. Estudantes com deficiência visual, por exemplo, são acompanhados por uma professora também cega, enquanto os demais são atendidos por outra profissional. Ainda que essa divisão possa ter sido pensada com base em experiências e formações específicas, ela acaba reforçando uma segmentação que dificulta o diálogo entre os diferentes sujeitos envolvidos no processo educativo.

Essa organização, ainda que não seja má-intencionada, pode levar à formação de pequenos núcleos separados, limitando a convivência entre os estudantes e enfraquecendo a ideia de uma aprendizagem compartilhada. Embora todos estejam no mesmo ambiente físico, a interação entre os grupos não se concretiza de forma efetiva, o que pode transmitir uma impressão de inclusão, sem, no entanto, promover uma real integração das vivências e saberes.

Tal lógica contradiz o modelo social da deficiência, amplamente defendido por autores como Mantoan (2006) e Ainscow (2005), que compreendem a deficiência como uma construção social e relacional, e não como algo intrínseco ao sujeito.

Acerca disso, Mantoan (2006) afirma, ainda, que a escola inclusiva é aquela que reconhece a singularidade de todos os estudantes e se reorganiza para acolher essas diferenças como constitutivas da vida escolar. Isso exige repensar não apenas os espaços físicos, mas, principalmente, os fundamentos pedagógicos que sustentam o fazer docente. Quando os atendimentos especializados são realizados à parte, sem articulação com o trabalho em sala de aula, corre-se o risco de reforçar práticas segregacionistas e de responsabilizar exclusivamente o professor do Atendimento Educacional Especializado (AEE) pela aprendizagem dos estudantes com deficiência.

Observa-se, nesse contexto, a presença de traços de uma abordagem ainda inspirada no modelo médico e assistencialista de compreensão da deficiência, em que o foco recai mais sobre o diagnóstico do que sobre as potencialidades do estudante. Tal perspectiva, historicamente enraizada, pode dificultar a construção de um olhar mais pedagógico, que valorize o sujeito em sua totalidade e reconheça as possibilidades de aprendizagem em contextos diversos e interativos.

Além disso, quando as ações inclusivas ficam concentradas em determinados profissionais ou setores, corre-se o risco de que a responsabilidade pela inclusão seja atribuída apenas a alguns, em vez de ser compreendida como tarefa de todos. Isso pode gerar, ainda que de forma não intencional, um distanciamento entre as práticas inclusivas e o trabalho pedagógico cotidiano da sala de aula, o que tende a limitar o impacto dessas ações no conjunto da comunidade escolar.

Outro aspecto importante a ser considerado diz respeito às adaptações pedagógicas nas aulas regulares. Ainda são raras as situações em que os materiais e metodologias são planejados desde o início com acessibilidade. Em algumas turmas, por exemplo, estudantes com deficiência visual dependem de transcrições improvisadas ou do uso pontual de leitores de braille, o que evidencia a necessidade de uma maior atenção ao desenho universal da aprendizagem e ao planejamento colaborativo entre os docentes.

Ao repensar essas práticas, é possível ampliar a compreensão de que a inclusão não se resume à presença física do estudante na escola, mas implica sua participação plena, ativa e significativa nos processos de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, é importante que a escola como um todo se mobilize para garantir condições que favoreçam o pertencimento, a escuta mútua e a valorização de todas as formas de aprender.

A convivência escolar é uma dimensão fundamental da formação humana. E para que ela ocorra de maneira efetiva, é necessário criar intencionalmente espaços de interação, trocas e experiências compartilhadas. Isso exige mais do que sensibilidade: exige formação continuada e, sobretudo, um compromisso coletivo com os princípios do PPP, que devem servir como guia prático e ético para o dia a dia da escola.

Em vez de tratar a inclusão como uma responsabilidade isolada ou como um setor à parte, é necessário integrá-la à essência da prática pedagógica. Esse movimento exige tempo, diálogo e construção coletiva, mas é justamente por meio dele que se pode avançar para uma escola que não apenas acolhe, mas que convida todos os estudantes a participarem de maneira plena, reconhecendo suas singularidades como parte legítima do processo educativo.

5.2 A (re)construção discursiva da Inclusão baseada no protótipo educacional

No primeiro momento, é importante ressaltar que as entrevistas realizadas com os três professores se deram antes da aplicação do estudo de caso, com o objetivo de analisar não apenas suas percepções sobre o protótipo desenvolvido, mas para entender o que eles compreendem sobre inclusão no contexto educacional. Sendo assim, os professores receberam informações apenas sobre a construção do protótipo, ou seja, sobre os recursos sensoriais incorporados (táteis e auditivos), da proposta de fornecer uma experiência de aprendizado mais rica e diversificada. Não foi fornecida a sequência didática completa das aulas para que as opiniões dos professores não fossem influenciadas por uma estrutura pedagógica já definida.

Essa escolha metodológica permitiu uma análise profunda das percepções iniciais dos professores sobre o que significa inclusão e como eles visualizam a aplicabilidade de recursos, como o protótipo desenvolvido nesta pesquisa, para alunos com deficiência visual. Ao não lhes apresentar o contexto pedagógico específico da aula, foi possível identificar os conceitos implícitos que os professores associam à inclusão: será que estão mais focados em uma adaptação superficial (como a entrega de materiais acessíveis), ou buscam realmente promover uma participação equitativa e autônoma de todos os alunos no processo de aprendizagem?

Com base nisso, os discursos foram transcritos para análise, conforme observa-se no Quadro 7.

Quadro 7 – Concepções sobre o protótipo

Professores	Concepção/Percepção
--------------------	----------------------------

<p>P1</p>	<p>"Acredito que o protótipo cumpre a função de tornar a narrativa mais acessível e envolvente. Só que a relação entre as imagens táteis e os conceitos químicos precisa ser bem estruturada. Veja, a representação tridimensional é inovadora, mas sem uma mediação clara, pode ser que fique difícil para os alunos cegos interpretarem a informação de forma precisa, e isso compromete o aprendizado. A química é uma ciência abstrata, como sabemos, e esse tipo de recurso é útil para materializar esses conceitos. Mas, a inclusão não pode se limitar a oferecer diferentes formas de acesso ao mesmo conteúdo. A gente precisa garantir que todos os alunos, especialmente os cegos, tenham oportunidades de aprendizagem. Caso contrário, o protótipo pode acabar se tornando uma adaptação meio que superficial, sem garantir uma verdadeira inclusão no aprendizado. Se eu fosse integrar esse protótipo em uma abordagem de aprendizagem baseada em problemas, sugeriria que os alunos explorassem ativamente o cubo, identificando elementos químicos e suas relações dentro do estudo de caso. A interação entre alunos com e sem deficiência visual seria fundamental para a troca de perspectivas, mas há o risco de que os alunos videntes assumam um papel dominante. É crucial garantir que os alunos cegos não fiquem à mercê das descrições dos colegas videntes, mas sim, que possam explorar e aprender de maneira independente."</p>
<p>P2</p>	<p>"Eu vejo que esse protótipo é uma proposta interessante para tornar a narrativa mais envolvente, mas me questiono se os alunos cegos conseguirão realmente reconstruir a história de forma independente apenas com os estímulos táteis e auditivos. Dependendo da complexidade das imagens e da história, talvez fosse necessário o apoio contínuo de um professor ou até mesmo de colegas para garantir que a experiência seja completa e precisa para todos. Embora a acessibilidade tenha sido avançada, é preciso lembrar que a inclusão vai além da disponibilização de materiais diferenciados. Precisamos garantir que todos os alunos, cegos ou videntes, possam construir conhecimento de maneira ativa. Se um aluno cego depende de explicações externas, isso pode comprometer a autonomia dele no aprendizado, o que significa que a inclusão ainda não seria efetiva. Para integrar o protótipo de forma mais eficaz, eu sugeriria criar um roteiro investigativo em que os alunos tivessem que explorar o cubo por conta própria, resolvendo questões relacionadas aos conceitos químicos. Isso estimularia a aprendizagem ativa, mas ainda vejo uma dificuldade com a adaptação do protótipo para alunos com deficiência visual total, especialmente se o modelo não for claro o suficiente em termos de referências espaciais."</p>
<p>P3</p>	<p>"A proposta do protótipo com estímulos táteis e auditivos que você mostrou é interessante, de fato, e favorável à acessibilidade sensorial. No entanto, fico com a dúvida sobre como os alunos cegos irão processar as imagens táteis. Caso não compreendam a imagem corretamente, será que o áudio será suficiente para garantir que eles realmente entendam a relação entre os elementos apresentados? Eu apresentaria o caso sem o uso do LED."</p>

	<p>O impacto na compreensão dos conceitos-chave é positivo, mas é essencial que as informações não sejam fragmentadas. Quando os alunos cegos compreendem os conceitos através do áudio e os videntes através do LED, será que estamos realmente promovendo a inclusão equitativa, ou apenas permitindo experiências diferentes? Porque você tem que ver que a verdadeira inclusão exige uma experiência de aprendizado integradora, onde todos possam acessar e interpretar o conteúdo de forma independente e autônoma.</p> <p>Para integrar o protótipo de forma mais inclusiva, eu sugeriria uma abordagem colaborativa em que os alunos videntes descrevessem as imagens táteis para os colegas cegos, enquanto estes, com base no áudio, poderiam trazer suas próprias interpretações. No entanto, é crucial evitar que os alunos cegos se tornem passivos na atividade, confiando exclusivamente nas explicações dos colegas."</p>
--	--

Isso explicitado, é perceptível que a fala do professor 1 envolve uma representação de elementos sensoriais como significantes, isto é, as formas (táteis e audiovisuais) são os significantes, que têm um significado para os alunos. Entendemos que a ideia de narrativa aqui é construída por diferentes signos: o toque, o áudio, a imagem, que formam uma rede de sentidos. Segundo Barthes (2006), os signos podem ser denotativos, quando se referem diretamente ao conteúdo, ou conotativos, em que carregam camadas culturais, emocionais e sociais.

Neste caso, a "*mediação bem estruturada*", mencionada pelo professor, remete à ideia de que os signos precisam ser decodificados de maneira clara, o que sugere uma certa falta de confiança nas capacidades dos alunos cegos em construir um significado autônomo a partir desses signos. Esta falha no reconhecimento da autonomia pode ser interpretada como uma continuidade do paradigma de deficiência que trata o aluno cego como um receptor passivo da informação.

Culturalmente, essa visão reflete uma representação enraizada de que a deficiência é uma barreira e, portanto, o aluno cego precisa de um guiamento constante. Isso está intimamente relacionado ao que Bourdieu (2007) denomina de *habitus*; os modos de pensar e agir adquiridos culturalmente. A concepção de que o aluno cego não pode interpretar sem a ajuda de um mediador é um reflexo dessa doxa educacional, em que a deficiência é vista como algo que precisa ser corrigido ou ajudado.

Além disso, quando se olha para o trecho discursado pelo professor 2, que relata "*reconstruir a narrativa sozinho*" é interessante porque ela implica que a narrativa — enquanto estrutura ou enredo, como diria Todorov (2007) — deve ser desconstruída e/ou reconstruída pelo aluno.

Porém, quando se observa: “*dependendo da complexidade da história e das imagens representadas, talvez fosse necessário o apoio contínuo de um professor ou até mesmo de colegas para garantir que a experiência seja completa e precisa para todos*” remete à ideia de que o saber é uma construção que depende de representações que, na visão do professor, podem ser simplificadas para garantir a compreensão. Isso sugere um padrão de ensino no qual o conhecimento é tomado como algo complexo e único, que precisa ser traduzido para as diferentes formas de acesso. Essa ideia reflete a dificuldade cultural em integrar os alunos cegos como participantes ativamente autônomos do processo de construção do conhecimento.

Já o professor 3, traz uma pergunta crítica válida sobre a desigualdade na forma como os alunos acessam a informação: “*será que estamos realmente promovendo a inclusão equitativa, ou apenas permitindo experiências diferentes?*”. Todavia, tal discurso ignora que não se deve, dentro de um ensino inclusivo, tentar tornar a experiência do aluno cego idêntica à do vidente, seria um fracasso anunciado. Deve-se planejar uma abordagem mais inclusiva que reconheça que diferentes formas de apreensão do conhecimento podem ser igualmente válidas, sem que uma seja considerada um reflexo imperfeito da outra. Isto é, o problema não está apenas na fragmentação das informações, mas na própria ideia de que o aprendizado deve seguir um modelo único, centrado em determinados sentidos. Assim, a questão fundamental não é apenas se a inclusão é equitativa, mas se o próprio conceito de inclusão está sendo pensado a partir de uma perspectiva verdadeiramente acessível ou apenas como uma adaptação dentro de uma estrutura já excludente.

No que se refere às entrevistas dos alunos acerca do protótipo, é válido pontuar que, dado o número de alunos entrevistados (37), não foi possível analisar todas as percepções individualmente. No entanto, os discursos que emergem ao longo das respostas revelam avanços e limitações tanto na apropriação do protótipo como ferramenta de aprendizagem quanto na concepção dos alunos sobre inclusão.

Em relação à utilidade do protótipo na compreensão da narrativa do estudo de caso, a maioria dos alunos destaca sua eficácia na visualização e na organização das informações. Os alunos videntes relatam que a manipulação do modelo físico facilita a assimilação da história, como evidenciado na fala de um aluno cego: “*Eu consigo entender como tudo se conecta, o que torna mais fácil lembrar os detalhes*”. Já alguns alunos cegos indicam que o recurso de áudio é um diferencial importante, mas ainda apontam desafios na navegação tátil do modelo. Como destaca: “*O áudio me ajuda a*

entender onde estou no modelo, mas às vezes demora para eu associar o que estou ouvindo ao que estou sentindo”.

Por outro lado, determinado aluno vidente naturaliza a primazia da visão no aprendizado ao afirmar que *"o protótipo é muito legal, não sabia que dava pra fazer isso, apesar de que olhar para um esquema no quadro ou no livro sempre funcionou bem, mas entendo a necessidade com os alunos cegos"*. O uso da expressão *“sempre funcionou bem”* demonstra como o ensino ocularcentrista se legitima sem ser questionado, tornando invisível a necessidade de métodos alternativos de aprendizagem.

Ainda acerca de tal discurso, percebe-se que ao reconhecer que *“entendo a necessidade com os alunos cegos”*, o aluno adota uma postura de empatia, mas ainda dentro de um enquadramento normativo que coloca a acessibilidade como uma exceção e não como um direito estruturante. O problema desse discurso é que trata a inclusão como um ajuste para atender a um grupo específico, e não como um princípio fundamental para a diversidade de aprendizes. Assim, a acessibilidade aparece como algo pontual, destinado a "outros" e não como uma estratégia de ensino que poderia beneficiar todos os estudantes.

Sendo assim, a primazia da visão na educação científica não é apenas uma escolha metodológica neutra, mas um reflexo de um modelo positivista que privilegia a objetividade visual em detrimento de experiências sensoriais múltiplas. Esse modelo não apenas exclui alunos cegos, mas também limita as possibilidades pedagógicas ao restringir a aprendizagem à codificação visual da informação.

Seguindo as análises, o discurso de outro aluno cego revela, de maneira contundente, a negligência estrutural do sistema educacional em relação à acessibilidade. Ao afirmar que antes do protótipo precisava *“imaginar tudo na cabeça”*, ele evidencia um fenômeno recorrente na educação de pessoas cegas: a responsabilização individual pela superação das barreiras pedagógicas. Essa declaração, então, aponta para uma lógica meritocrática implícita, em que a adaptação ao modelo educacional excludente é vista como uma responsabilidade pessoal, e não como um direito negligenciado.

O fato de o aluno depender exclusivamente da imaginação para compreender os conceitos reflete uma invisibilização sistêmica da necessidade de recursos táteis e auditivos. Isso reforça uma pedagogia baseada na suposição de que o aluno com deficiência visual pode (e deve) compensar a falta de materiais adequados por meio de um esforço cognitivo extra. Tal perspectiva desconsidera a desigualdade de condições e

naturaliza a exclusão, como se a ausência de acessibilidade fosse uma característica inerente ao aprendizado de alunos cegos, e não uma falha estrutural.

Entretanto, a segunda parte de sua fala – *“agora consigo explorar do meu jeito e tirar minhas próprias conclusões”* – aponta para um deslocamento de paradigma. Aqui, o protótipo surge não apenas como uma ferramenta facilitadora, mas como um dispositivo emancipatório, que rompe com a dependência de descrições alheias e permite ao aluno acessar o conhecimento em seus próprios termos. Esse aspecto é fundamental, pois vai além da simples oferta de um recurso acessível e toca na questão da autonomia intelectual, algo frequentemente negado a pessoas com deficiência.

Após a aplicação do estudo de caso, emergiram transformações significativas na percepção da inclusão por parte dos participantes. Se, anteriormente, a inclusão era vista como um conceito abstrato ou restrito à adaptação de materiais e espaços físicos, a experiência vivenciada permitiu que essa noção se ampliasse para uma perspectiva mais crítica e engajada. Isto é, a interação direta com o protótipo e a sequência didática revelou que a inclusão não se limita a meras estratégias de acessibilidade, mas está intrinsecamente ligada a um processo de ruptura com paradigmas estruturais que perpetuam desigualdades no ensino de Química.

A análise do discurso dos participantes indica um deslocamento do olhar sobre a inclusão, que passou de um entendimento burocrático e normativo para uma concepção mais dialógica e política. Inicialmente, muitos enxergavam a inclusão como um processo de "dar suporte" a alunos com deficiência, mas, ao final da experiência, começaram a compreender a inclusão como um movimento ativo de transformação das práticas pedagógicas e curriculares. Como um dos professores relatou: *"Eu achava que inclusão estava relacionado, por exemplo, em adaptar o material em braille, mas percebi que é muito mais que isso. A forma como ensinamos precisa mudar para realmente considerar todos os alunos"*. A crítica ao ensino tradicional tornou-se mais evidente, e os professores participantes passaram a reconhecer a importância de metodologias não apenas para a inclusão de alunos com deficiência visual, mas que ressignifiquem o próprio ensino de Química para todos.

Outro aspecto fundamental revelado pela análise do discurso foi o impacto da experiência na construção de uma postura reflexiva por parte dos docentes. No início do processo, o discurso da inclusão era frequentemente marcado por um viés assistencialista, no qual a preocupação central girava em torno das dificuldades dos alunos cegos e das estratégias para ajudá-los. No entanto, após a aplicação do protótipo e da sequência

didática, houve uma transição para um discurso de responsabilização coletiva, no qual os próprios professores começaram a se questionar sobre as barreiras que perpetuam a exclusão no ensino. Um dos participantes expressou essa mudança de perspectiva ao afirmar: *"Antes, eu até fazia, sem perceber, claro, que o aluno com deficiência tinha que se adaptar ao que já existe. Agora, entendo que é a escola e o ensino que precisam se transformar, pois foi muito gratificante ver os alunos entenderem o assunto sem o apoiador"*. Tornou-se evidente que o problema não reside nos alunos, mas nas estruturas educacionais que não foram pensadas para a diversidade.

Além disso, observou-se um aumento na percepção da inclusão como um direito inegociável e não como um favor concedido a determinados grupos. Esse aspecto ficou particularmente evidente nas narrativas dos participantes ao discutirem as dificuldades enfrentadas na implementação das práticas inclusivas. Muitos relataram que, antes da experiência, viam a inclusão como algo secundário e dependente de recursos externos, mas, posteriormente, passaram a entendê-la como uma questão intrínseca à qualidade do ensino e ao compromisso ético da docência. *"Percebi que inclusão não é um custo extra ou um esforço a mais, é parte essencial de uma educação de qualidade para todos"*, pontuou um professor. Essa mudança de perspectiva está diretamente associada à tomada de consciência sobre a relação de poder e saber, ou seja, a compreensão de que as bases do ensino tradicional frequentemente invisibilizam sujeitos historicamente marginalizados e reforçam hierarquias epistemológicas excludentes.

A experiência prática também trouxe uma ressignificação do papel do professor na construção de um ambiente verdadeiramente inclusivo. Muitos participantes passaram a entender que não basta apenas seguir diretrizes educacionais ou utilizar materiais adaptados; é necessário um engajamento ativo para desconstruir barreiras pedagógicas. *"Antes, eu achava que era suficiente ter um recurso acessível na sala de aula. Agora, percebo que a inclusão exige um processo contínuo de reflexão e mudança na forma de ensinar"*, destacou um dos professores. Esse reconhecimento reflete uma mudança de mentalidade que ultrapassa a simples adequação curricular e passa a questionar criticamente a estrutura do ensino como um todo.

Além disso, a aplicação do protótipo evidenciou o potencial das tecnologias assistivas como ferramentas para promover uma educação mais inclusiva. Inicialmente, havia certas dúvidas sobre a aplicabilidade desses recursos, mas, ao final do processo, os professores passaram a perceber que a tecnologia, quando aliada a metodologias sensoriais e reflexivas, pode ampliar significativamente as possibilidades de

aprendizagem para alunos com deficiência visual e videntes. *"Eu nunca tinha pensado em como um modelo tátil poderia ajudar tanto na compreensão de conceitos abstratos"*, afirmou um dos docentes, reforçando a importância de práticas inovadoras no ensino de Química.

Outro ponto fundamental foi a desconstrução da ideia de que a inclusão é uma tarefa individual dos professores. Se, antes, muitos acreditavam que cabia a cada docente encontrar soluções isoladas para seus alunos, após a experiência, surgiu uma compreensão mais ampla da necessidade de um esforço coletivo e institucional. *"Não adianta um professor querer inovar sozinho, se a escola como um todo não mudar sua abordagem"*, apontou um participante, enfatizando a necessidade de políticas educacionais que incentivem práticas inclusivas de forma sistemática.

No que tange a reconstrução de discurso por parte dos alunos, percebe-se um processo de desnaturalização do ensino ocularcentrista. A afirmação *"nunca tinha pensado em como a escola é feita só para quem enxerga bem"* evidencia a tomada de consciência sobre a hegemonia da visão como ferramenta principal de mediação do conhecimento. A construção sintática dessa frase sinaliza um deslocamento epistemológico, no qual o aluno, antes imerso na lógica da normalização visual, passa a reconhecer sua arbitrariedade. Isso é evidenciado quando se observa o entendimento do aluno ao discursar que *"há outras formas de aprender que fazem tanto sentido quanto olhar para um quadro"*, haja vista que introduz um questionamento crítico sobre a limitação das abordagens pedagógicas convencionais, ampliando o repertório de possibilidades educacionais.

No entanto, é relevante pontuar que a parte da expressão anterior, marcada por *"quem enxerga bem"*, dita pelo aluno vidente, carrega consigo uma naturalização da visão como estado normativo e desejável, reforçando uma lógica capacitista. O verbo *enxergar* não é neutro, pois ao ser qualificado pelo advérbio *bem*, pressupõe a existência de um padrão ideal de percepção visual, no qual qualquer variação em relação a ele seria uma deficiência, uma carência ou uma limitação. Essa construção silencia outras formas de percepção do mundo, que não apenas existem, mas podem ser igualmente ricas e eficazes.

Na ótica do terceiro relato, essa crítica aprofunda-se ao deslocar a responsabilidade da inclusão do indivíduo para a instituição. Ao afirmar *"sempre achei que os demais alunos poderiam se esforçar mais, mas agora vejo que o problema é a falta de recursos na escola"*, o aluno opera uma inversão no eixo da culpabilização, rompendo com a lógica meritocrática que transfere a responsabilidade da inclusão para o

estudante com deficiência. Essa ressignificação discursiva desmonta a ideia de que a inclusão é um fardo individual e a reposiciona como um compromisso estrutural da sociedade. A inclusão, portanto, deixa de ser compreendida como um desafio pessoal a ser superado e passa a ser reconhecida como um direito negligenciado, cuja implementação depende de políticas educacionais equitativas.

Por fim, a análise do discurso pós-aplicação do estudo de caso evidencia que a inclusão, quando vivenciada de maneira crítica e reflexiva, deixa de ser um conceito distante para se tornar uma demanda concreta e urgente. Os participantes passaram a enxergar a inclusão como um compromisso contínuo, que exige não apenas adaptações pedagógicas, mas também um enfrentamento das estruturas excludentes do ensino de Química e da educação como um todo. Tais discursos transformados refletem a potência das experiências sensoriais e reflexivas na construção de uma educação verdadeiramente acessível e emancipatória.

5.3 A materialização da narrativa e seus tensionamentos discursivos

De início, pontua-se que, o modo como a narrativa foi apresentada não será suficientemente plausível para substituição do termo leitura do caso. Tal escolha se deve não só ao enquadramento da noção de leitura multimodal, como também ao desafio da concepção tradicional de leitura, que é historicamente centrada na decodificação do texto escrito e no princípio da visão como meio legítimo de acesso ao conhecimento. Sendo assim, ao ampliar o conceito de leitura para abarcar experiências táteis, busca-se questionar a normatividade ocularcentrista da educação, que marginaliza aqueles cujas formas de apreensão do mundo não se enquadram no padrão letrado convencional. Essa mudança de perspectiva não é técnica, mas profundamente política, pois explicita como determinados corpos e formas de aprender são sistematicamente invisibilizados.

Dito isso, destaca-se que nas primeiras faces do cubo observou-se uma inquietação por parte de alguns alunos videntes. Estes, acostumados com uma lógica de aprendizagem rápida e visual, demonstraram impaciência ao acompanhar a interpretação dos colegas cegos, que exploravam os relevos e escutavam atentamente os trechos em áudio. Esse incômodo inicial não foi apenas uma questão de ritmo, mas evidenciou uma estrutura educacional moldada para o corpo que vê, que naturaliza a supremacia da visão como canal legítimo de acesso ao conhecimento, deslegitimando outras corporeidades cognitivas.

Com o avançar da leitura e o manuseio das demais faces do cubo, os alunos videntes passaram a demonstrar maior abertura para o tempo sensorial dos colegas. Agora, os alunos que demonstravam inquietação, relataram, seguidamente: “*ah, agora entendi o que ele sentiu*”, e ainda: “*eu não tinha reparado nessa textura antes*”.

Nessa linha, quando se analisa o discurso “*ah, agora entendi o que ele sentiu*” revela, de imediato, uma inflexão no regime discursivo que antes priorizava o olhar como instrumento central de compreensão. A interjeição “ah” funciona como marcador discursivo de surpresa e descoberta, isto é, um índice da passagem de um estado de desconhecimento para um estado de percepção ampliada. O uso do pronome “ele”, ainda na frase, coloca o colega cego no centro da experiência sensorial, reconhecendo sua vivência como legítima e referencial. Há, portanto, um deslocamento de enunciação: o sujeito vidente deixa de se posicionar como modelo universal de aprendizado e passa a tomar o outro como parâmetro de sentido.

Na segunda frase - “*eu não tinha reparado nessa textura antes*” - temos um marcador temporal retrospectivo que evidencia a revisão de um gesto perceptivo anterior. Logo, a construção “*nessa textura*” destaca o objeto tátil como elemento que passou a ter valor semiótico após a mediação do colega cego. Ou seja, a textura, antes invisibilizada na experiência pedagógica do aluno vidente, torna-se significante após a intervenção de um corpo que é, sistematicamente, excluído das dinâmicas escolares centradas na visão.

Já na fala do aluno cego, “*aqui, sente essa parte áspera, é como se fosse o barro seco*”, observamos um comando direto seguido por uma metáfora tátil-visual - “*é como se fosse o barro seco*” - que traduz em linguagem simbólica uma experiência sensorial. Esse enunciado atribui valor pedagógico ao toque, deslocando o centro da aula da visualidade para a corporalidade compartilhada. O uso do deíctico “*aqui*” marca espacialmente a presença do corpo do aluno cego como ponto de referência, enquanto a expressão “*é como se fosse*” introduz uma analogia criativa — um gesto de mediação semiótica que associa a textura do cubo a uma realidade vivida.

Acerca disso, menciona-se, ainda, que a experiência com a litofania foi inicialmente apresentada aos alunos com o LED desligado (Figura 8), de forma intencional. Ocorre que essa escolha metodológica visava suspender, ainda que temporariamente, o protagonismo da visão no processo de aprendizagem, uma vez que todos os estudantes foram convidados a interagir com o objeto por meio da escuta, do toque e da mediação coletiva. A ausência inicial da luz, assim, possibilitou que os alunos

videntes experimentassem uma espécie de desaceleração visual, levados a depender das experiências táteis e da própria narrativa sensorial que o objeto propunha.

Foi somente após o envolvimento tátil, auditivo e relacional dos estudantes que o LED foi ligado (Figura 9), revelando a imagem tridimensional iluminada para os alunos videntes. A sugestão partiu de um dos professores presentes, como explicitado no quadro 7, que percebeu o potencial simbólico dessa transição: a luz acesa, nesse contexto, não representava apenas a visualização plena do protótipo, mas funcionava como metáfora de uma tomada de consciência, um espécie de iluminação crítica, podemos dizer. O que se acende aqui, portanto, não é apenas o LED, mas a percepção de que o conhecimento pode (e deve) ser construído de maneira plural, compartilhada e multissensorial.

Figura 8 – Litofania com Led desativado



Figura 9 – Litofania com Led ativado



5.4 O garimpo e a relação com o conteúdo Químico

Em um primeiro momento, antes de iniciar o conteúdo químico atrelado à problemática, apresentou-se um áudio, cujo link descrito na sequência didática anexada, que trata dos prejuízos sociais da atividade mineradora para as comunidades tradicionais.

Na sequência, o discurso *“é essa a importância do governo: a terra com minério”*, presente no áudio, trouxe contribuições significativas para aula, haja vista que denunciava séculos de política extrativista, colonialismo e genocídio camuflado em discursos de progresso. Isso é evidenciado quando se olha, por exemplo, o enunciado do aluno em: *“Ela não diz que a terra tem valor por causa do minério — ela mostra que, pro governo, só tem valor por isso. É como se tudo o que ela e o povo dela significam fosse apagado pelo que tá enterrado no chão.”*

Com isso, essa leitura revela como o discurso do áudio apresentado rompe com a lógica ocidental de propriedade e recurso natural. Ela, de fato, não reivindica proteção da

terra porque ela vale, pelo contrário, ela denuncia que o valor da terra só é reconhecido quando há possibilidade de exploração. Essa inversão semiótica do valor da terra — de sagrada à lucrativa — é o que o discurso denuncia, e que os alunos sentiram.

Logo após, a frase discutida acima - “*é essa a importância do governo: a terra com minério.*” - foi resgatada como ponto de partida para tensionar os saberes: Que minérios são esses? Onde estão na tabela periódica? O que a Química tem a dizer sobre eles, e o que ela silencia? Ao mobilizar essas questões, o discurso apresentado no áudio deixou de ocupar apenas o papel de mobilização introdutória e passou a funcionar como um marco discursivo capaz de atribuir sentido ao conteúdo químico ministrado. Em outras palavras, foi esse enunciado que deslocou o saber da Química de sua posição abstrata e neutra para a esfera das disputas epistemológicas, políticas e materiais.

Assim, antes de partir para as abordagens com o conteúdo químico, pontua-se que essa articulação não se deu de forma expositiva ou puramente técnica, mas por meio de materiais táteis e experiências sensoriais — como a tabela periódica impressas em 3D, com um relevo maior para os elementos Ouro (Au) e Mercúrio (Hg), que provocou uma reorientação discursiva do saber químico.

Dito isso, a primeira explicação química da aula envolveu a posição do Hg na tabela periódica e suas relações com os metais de transição. Apresentou-se, então, o conceito de propriedades periódicas, destacando que o Hg pertence ao grupo 12, ao lado de elementos como cádmio e zinco. A aula abordou a distribuição eletrônica, os níveis de energia preenchidos e as características comuns do bloco d. A ênfase recaiu sobre o comportamento metálico e o estado físico singular do Hg: líquido à temperatura ambiente, algo incomum para um metal. Essa informação foi apresentada inicialmente de forma conceitual, mas logo ganhou corpo com a tabela periódica em 3D (Figura 9), cujos elementos Hg e Au foram impressos em tamanho ampliado (Figura 10).

Figura 10 – Designer da impressão 3D

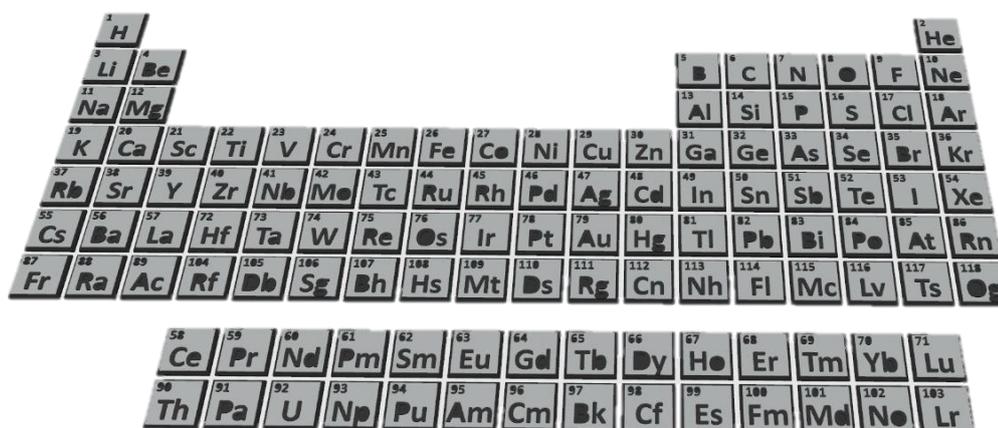


Figura 11 – Elementos em destaque com maior relevo



Para abordar a distribuição eletrônica de maneira inclusiva, utilizou-se um modelo tátil representando camadas concêntricas, em que esferas menores representavam os elétrons. Os estudantes cegos puderam percorrer essas camadas com os dedos, sentindo o número de níveis energéticos e a ocupação progressiva das camadas. A cada camada, era feita uma pausa para discutir o que ela representava. Já os alunos videntes observavam as cores e tamanhos distintos das esferas, facilitando a identificação do nível de energia. Em vez de recitar notações como $6s^2 4f^{14} 5d^{10}$, a explicação valorizou a lógica dos preenchimentos sucessivos e o lugar do mercúrio na tabela, associando a estrutura à sua baixa energia de ligação entre átomos — o que explicou, posteriormente, seu estado líquido à temperatura ambiente.

Como efeito, novos discursos foram produzidos a partir da compreensão da relação química – garimpo, evidenciados, por exemplo, na fala do estudante ao enunciar que: “*ele tem muitas camadas, mas elas seguram pouco entre si*” — que evidencia um esforço ativo de significação, no qual o conhecimento químico é traduzido em uma linguagem acessível, sensorial e relacional. Gramaticalmente, trata-se de uma estrutura composta que opõe duas proposições por meio da conjunção adversativa “*mas*”. A primeira proposição, “*ele tem muitas camadas*”, que identifica o sujeito, isto é, o átomo de mercúrio, e faz referência à sua distribuição eletrônica em diversos níveis de energia. A segunda, “*elas seguram pouco entre si*”, em que se utiliza o verbo “*segurar*” em sentido metafórico, conferindo agência às camadas como se fossem mãos ou objetos tangíveis.

Do ponto de vista discursivo, essa enunciação revela uma apropriação do saber científico que escapa ao jargão técnico, mas opera com alto valor epistemológico. Ocorre que o aluno não repete a explicação do professor, ele a reconstrói a partir de seu próprio repertório linguístico e corporal. O uso do verbo “*segurar*” remete a um campo semântico tátil, que projeta a coesão atômica como uma ação física, visível, sentida.

Na perspectiva da semiótica social, conforme Kress e Leeuwen (2006), essa metáfora representa uma tradução multimodal do conceito abstrato, em que o corpo é convocado como meio de pensar. O “*entre si*” reforça a ideia de relação interna, fazendo com que o átomo deixe de ser visto como um ponto estático e passe a ser compreendido como rede de forças.

Já a fala do aluno cego — “*é como se tivesse muita coisa, mas fraca... por isso vira líquido*” — é construída em modo subjuntivo, o que nos leva a refletir que o aluno está elaborando uma hipótese, uma forma provisória de explicar o fenômeno. A expressão “*é como se...*” já indica uma tentativa de aproximação imaginativa e afetiva com o objeto de estudo, sinalizando, inclusive, a complexidade cognitiva envolvida nesse tipo de raciocínio. “*Muita coisa*” funciona como substituto indeterminado para as camadas e elétrons, o que mostra que o aluno percebe a multiplicidade de partículas, ainda que não as nomeie segundo a nomenclatura acadêmica.

Ainda nessa linha, a palavra “*fraca*” aparece como adjetivação subjetiva, que não se limita a medir energia de ligação, mas se associa a uma sensação tátil, algo que não resiste, não sustenta, não se mantém unido. A continuação da fala, “*por isso vira líquido*”, demonstra que o aluno foi capaz de estabelecer uma causalidade entre estrutura atômica e estado físico. Além disso, o verbo “*virar*” traduz a mudança de estado com naturalidade e familiaridade, revelando uma internalização do conceito de maneira significativa.

Os alunos, então, não apenas absorvem a informação, mas a reorganizam em uma gramática própria, pautada em relações de sentido que partem do corpo, do tato, da dúvida e da metáfora. Isso rompe com a lógica meritocrática da linguagem formal como única via legítima de aprendizado, e reconhece o direito à construção do saber a partir de outros lugares — especialmente aqueles historicamente excluídos da ciência, como o corpo cego, o corpo não técnico, o corpo periférico.

Essas falas, portanto, não são apenas expressões isoladas: elas constituem práticas discursivas que produzem conhecimento e revelam processos de (re)significação. Quando os alunos dizem que as camadas “*seguram pouco entre si*” ou que o átomo “*vira líquido porque é fraco*”, estão, na verdade, reconfigurando o campo semântico da Química, retirando-o de seu pedestal técnico e aproximando-o da vida, do corpo, da comunidade. Esse deslocamento desafia os limites impostos pela linguagem acadêmica e reposiciona o aluno como sujeito ativo, produtor de ciência.

Com o avanço das aulas, realizou-se uma explicação introdutória sobre o conceito de lixiviação, destacando como os metais pesados, como o Hg, podem contaminar solos e lençóis freáticos. Para isso, foi utilizada uma apresentação oral em conjunto com um material tátil representando o solo em camadas: superfície, subsolo e aquífero. Os alunos, então, exploraram essas camadas com as mãos, percebendo as diferenças de textura entre os estratos, e discutiam como a infiltração do mercúrio poderia ser ocasionada naquele contexto.

Acerca disso, um aluno levanta a mão e reverbera: “*é como se o veneno descesse devagar, mas fosse ficando.*” A abertura da fala com “*é como se...*” aciona uma construção em modo subjuntivo, cuja função discursiva é de produzir uma suposição, uma simulação cognitiva, ou seja, um espaço em que o aluno experimenta sentidos ainda não completamente estabilizados, mas já profundamente significativos. O uso do subjuntivo aqui não é apenas gramatical: é indício de um sujeito em processo de apropriação e tradução de um conteúdo altamente abstrato - a mobilidade de poluentes - para seu repertório semântico e experiencial.

Após isso, discutiu-se o processo de transformação do mercúrio metálico (Hg^0) em metilmercúrio (CH_3Hg^+), que ocorre pela ação de microorganismos anaeróbios em ambientes aquáticos. Essa reação química não apenas altera a estrutura do elemento, como também potencializa sua toxicidade. Para tornar essa informação acessível, utilizou-se um conjunto de peças 3D conectáveis, representando as fases: mercúrio nos sedimentos, transformação química, absorção pelo plâncton, ingestão por peixes e,

finalmente, bioacumulação no corpo humano. Cada peça, ao ser passada entre os alunos, era associada a uma breve descrição oral. A experiência era tátil, sequencial e narrativa.

Acerca disso, destaca-se dois discursos mencionados por alunos cegos, o primeiro: “...o mercúrio sozinho já é perigoso, mas quando ele vira metilmercúrio, ele entra nos bichos e vai subindo pela cadeia. É como se os peixes fossem escadas pro veneno chegar na gente”. O segundo expressou: “disseram que ele muda de nome e entra no cérebro. Mas eu entendi que ele muda de nome pra gente não perceber que é o mesmo veneno”.

Com base nisso, a gramática é útil para analisarmos o que esses discursos representam, dentro de uma tensão sintática. No primeiro discurso, observa-se, na primeira oração, que “*sozinho*” atua como advérbio de modo, reforçando a ideia de que o risco está presente mesmo antes da transformação química. Já o adjetivo “*perigoso*” revela uma atribuição valorativa já no início da sentença, rompendo com a neutralidade técnico-científica.

Na sequência, a frase “*mas quando ele vira metilmercúrio, ele entra nos bichos*”, a oração subordinada temporal “*quando ele vira...*” traz a ideia de transição química, e o uso do verbo “*virar*”, embora informal, representa uma conversão identitária da substância. Além disso, “*entra nos bichos*” desloca a linguagem da Química para o campo biológico e sensorial. O verbo “*entrar*” aqui é de ação direta, corporal, que marca invasão.

Por fim, “*vai subindo pela cadeia*” está no tempo presente contínuo, usando o gerúndio “*subindo*”, que marca movimento constante e silencioso. Percebemos, então, que o aluno compreendeu que tal processo não é algo abrupto: é escalonado, persistente. Já a metáfora final — “*os peixes fossem escadas pro veneno chegar na gente*” — introduz um modo subjuntivo e cria uma imagem espacial clara da bioacumulação: os peixes são degraus, e o corpo humano é o destino final do veneno.

O Segundo discurso, no entanto, observamos que a primeira oração — “*Disseram que ele muda de nome e entra no cérebro*” — começa com um sujeito oculto (disseram) que aponta para uma autoridade externa (professores, cientistas, escola...). A expressão “*muda de nome*” opera como metáfora para a transformação química de Hg^0 em CH_3Hg^+ , traduzindo a ideia de continuidade disfarçada. Já o uso de “*entra no cérebro*” é um índice direto de neurotoxicidade, dito com precisão anatômica, mesmo sem terminologia técnica.

A segunda parte, “*Mas eu entendi que ele muda de nome pra gente não perceber que é o mesmo veneno*”, introduz um deslocamento discursivo potente. A conjunção adversativa “*mas*” marca uma ruptura de interpretação. A aluna questiona a narrativa

oficial. O uso de “*eu entendi*” explicita a agência epistêmica: ela interpreta, ela não repete. A construção final “*pra gente não perceber que é o mesmo veneno*” traz uma crítica implícita: a mudança de nome não é científica: é estratégia de apagamento.

Do ponto de vista gramatical, essa oração condensa o que a ADC chama de microestrutura de resistência⁹: o pronome “*a gente*” universaliza o engano; o verbo “*perceber*” remete à cognição, à consciência; e o predicativo “*é o mesmo veneno*” denuncia a falsa ruptura entre formas químicas. A aluna entende que o risco é o mesmo — o que muda é a linguagem da ciência, não o efeito sobre os corpos.

5.5 A potencialidade do estudo de caso para uma compreensão dos paradigmas coloniais

Na condução dessa proposta pedagógica, optou-se deliberadamente por iniciar o percurso com a abordagem dos paradigmas coloniais que estruturam o ensino, a ciência e a própria percepção que temos sobre os territórios e seus povos. Essa escolha não foi meramente metodológica, foi política. Antes de falar sobre decolonialidade, é preciso que os estudantes compreendam a profundidade das camadas coloniais que nos habitam: por que aprendemos a ver o ouro como riqueza, mas não os povos originários como conhecimento? Por que o solo é ensinado como recurso, mas nunca como símbolo de memória ou de pertencimento?

Foi necessário, portanto, abordar os paradigmas que ainda estão enraizados na contemporaneidade, sobretudo no campo educacional, haja vista que fazer com que os alunos nomeassem a exclusão, sem que reconhecessem os silêncios do currículo, e não identificassem os discursos de apagamento que, muitas vezes, repetimos sem perceber, correria o risco de torná-la apenas um conceito bonito, esvaziado, sem ancoragem afetiva, histórica ou discursiva. Porque, afinal, como imaginar outros mundos se não enxergamos ainda os alicerces coloniais que sustentam o mundo que temos?

Sendo assim, a aula iniciou-se com uma breve reflexão coletiva sobre a relação histórica entre o ser humano e a terra. A pergunta orientadora — “*O que significa viver da terra?*” — abriu espaço para que os alunos pudessem expor suas representações iniciais. As respostas, no entanto, revelaram uma assimetria significativa: enquanto

⁹Segundo Fairclough (2001), mesmo dentro de formações discursivas marcadas por relações de poder assimétricas, há fissuras pelas quais resistências podem emergir — não como enfrentamentos diretos, mas como deslocamentos discursivos que tensionam a ordem estabelecida. Essas microestruturas podem se expressar por meio de escolhas lexicais não convencionais, pausas significativas, metáforas sensíveis ou desvios gramaticais, que carregam sentidos dissidentes em relação à norma escolar ou científica.

alguns mencionaram a agricultura, a maioria associou “*viver da terra*” à extração mineral. Essa associação direta entre território e extração é um indício potente da naturalização de uma lógica colonial, segundo a qual a terra só tem valor se puder ser convertida em recurso. Trata-se, portanto, de uma linguagem que já carrega em sua superfície discursiva a operação ideológica da colonialidade do poder (Quijano, 2005).

Ao problematizar a frase “*tirar minério e vender*”, dita por um aluno, questionou-se a eles: “*Quem pode tirar? E quem sempre teve que sair desses territórios?*” Essa pergunta evidenciou a dimensão política da ocupação dos territórios e expôs o fundo racializado da economia mineral brasileira. Outro aluno discursou: “*Quem tem documento da terra, vai poder tirar esses minérios, né? Então os índios que tão ocupando aquela terra de quem tem o título?.*” A escolha do verbo “*tão*” (estão) no lugar de “*são*” ou “*vivem*” é significativa: reduz os sujeitos originários a uma presença passiva, provisória. Essa gramática do apagamento mostra como o discurso escolar pode reproduzir, ainda que de modo inconsciente, a deslegitimação histórica dos corpos racializados em disputa pelo território.

A intervenção seguinte, para tornar visível o vínculo entre a mineração e a exclusão histórica dos povos originários e quilombolas, foi proposto uma discussão orientada por três perguntas: “*Quem estava nessas terras antes do garimpo? Quem é removido? Quem lucra com isso?*”. As respostas mostraram um primeiro movimento de desnaturalização. Um aluno disse: “*Antes eu achava que garimpo era só trabalho escravo para quem trabalhava, mas agora eu vejo que é além disso, porque desumaniza quem trabalha e quem vive lá, tipo uma expulsão.*”. Essa reformulação do discurso, que se desloca da economia para o conflito social, traduz uma ruptura semântica importante. A palavra “*expulsão*” substitui o eufemismo “*atividade econômica*”, revelando o que a linguagem colonial tende a esconder.

Durante a discussão, um aluno apontou: “*Na televisão, quando mostram garimpo, só aparece o equipamento. Nunca aparece quem “tava” lá antes.*” Essa observação revela uma crítica visual da mídia, que privilegia a técnica e apaga o conflito. Trata-se de um discurso ocularcentrista, no qual a presença das máquinas legitima a ausência dos corpos. A fala do aluno, portanto, tensiona essa estrutura semiótica, ao deslocar a atenção do aparato para a territorialidade invisibilizada, pois altera a lógica da representação social.

Um dos pontos mais significativos emergiu quando o professor perguntou se os alunos sabiam que o Brasil é um dos países com maior índice de invasão de terras

indígenas por garimpeiros ilegais. A reação foi de surpresa: “*Ué, mas não é proibido?*”, disse um aluno. A construção da pergunta, com o marcador de incredulidade “*ué*”, indica uma dissonância entre o discurso normativo (da legalidade) e a realidade histórica (da violência institucionalizada). Essa fratura discursiva é um espaço adequado para a crítica: evidencia que o aparato jurídico do Estado não opera como garantia universal, mas como regulador seletivo da violência colonial.

Outro aluno, após escutar o áudio de um integrante da comunidade indígena, relatando a destruição do rio de sua comunidade, afirmou: “*Nossa, ouvindo assim a gente percebe que, pra eles, o rio é parente. ‘Pra’ gente, é só um lugar.*” O contraste entre “*parente*” e “*lugar*” explicita duas ontologias em disputa: a relacionalidade dos povos originários versus a objetificação da natureza na lógica moderna. Esse enunciado não é apenas uma constatação cultural — é uma crítica implícita ao modelo científico que separa sujeito e objeto, humano e natureza. Como argumenta Maia e Farias (2020), romper com a colonialidade do poder exige reconhecer que existem múltiplas formas de produzir sentido sobre o mundo, e que nenhuma delas é universal por definição.

Em uma fala particularmente incisiva, um estudante cego declarou: “*Eles dizem que o ouro tá na terra. Mas o povo também tá. E ninguém quer tirar o povo, só o ouro.*” A estrutura da frase é sintática e politicamente densa. Ao colocar “*o povo*” e “*o ouro*” como sujeitos concorrentes da terra, o aluno denuncia o projeto colonial como escolha moral. A crítica não está na exploração em si, mas no que (ou quem) é removido para que ela aconteça. O contraste entre os verbos “*tá*” e “*tirar*” evidencia a lógica de expropriação como operação central da modernidade colonial.

Ao longo da aula, foi possível observar que os discursos dos alunos passaram a articular território, identidade e violência. Um aluno disse: “*Se a gente aprendesse história com química, talvez a gente entendesse melhor por que tem tanto veneno no rio.*” A frase tensiona a fragmentação do currículo. Ela revela a consciência de que o conhecimento é parcelado de modo a ocultar as relações estruturais de dominação. O uso da conjunção condicional “*se*” aponta para um desejo de integração epistemológica — um desejo de currículo crítico.

Quando a questão quilombola foi trazida à discussão, surgiram novas camadas discursivas. Ao aprender que muitas comunidades remanescentes são impactadas por mineração clandestina, uma aluna perguntou: “*Mas se o território é deles, por que não têm proteção?*” Essa pergunta, embora ingênua em aparência, revela a eficácia da ideologia jurídica colonial: a ideia de propriedade como documento, e não como

pertencimento histórico. A ausência de proteção, nesse caso, não é falha do Estado — é expressão de sua função estrutural de manter o controle racializado da terra.

Outro aluno comentou: “*Se fosse fazenda de branco, ninguém botava máquina lá.*” O marcador “de branco” é uma nomeação. Nomear o privilégio racial é um ato de resistência, pois torna visível o que a neutralidade do discurso escolar geralmente encobre. A frase performa uma denúncia: a seletividade da violência territorial é racialmente marcada, e essa marca não é ocasional, ela é fundante.

Perguntamos, então: “*Por que o discurso oficial do progresso nunca mostra quem é empurrado pra sair?*” A pergunta acionou o silêncio como estratégia pedagógica. Após alguns segundos, um aluno respondeu: “*Porque quem sai não é notícia. É só obstáculo pra eles.*” A linguagem da exclusão está toda condensada nesse enunciado. O “obstáculo” é o sujeito racializado que atrapalha a fluidez do capital. A gramática do progresso, como afirma Mbembe (2018), é uma gramática de esvaziamento: só existe futuro se os corpos indesejáveis forem apagados.

Durante a atividade, outro aluno disse: “*O Estado trata a terra como se fosse uma gaveta. Abre, pega, fecha. E quem mora lá, que se vire.*” A metáfora da “gaveta” é poderosa: simplifica o território à lógica da armazenagem, da posse privada e da extração sem escuta. Trata-se de uma crítica ao modelo desenvolvimentista que desloca a vida para fora do campo do valor.

Nas falas finais, os alunos foram convidados a registrar o que aprenderam sobre “terra, poder e mineração”, através de áudios, em até 15 segundos. Um dos áudios gravados dizia: “*O garimpo não é só química. É história de quem foi tirado e ficou em silêncio.*” O uso do verbo “ficou” aponta para um estado imposto de silêncio — não um silêncio voluntário, mas produzido pela exclusão. A Química, portanto, foi reposicionada: de ciência da matéria para ciência que precisa reconhecer as marcas dos corpos nos elementos.

Nesse sentido, infere-se que a colonialidade do poder, portanto, foi sentida, dita e desmontada em sala de aula. Não como conceito abstrato, mas como experiência que atravessa corpos, margens e rios. Ao final, o que se viu foi um movimento coletivo de descolonização do olhar: a terra deixou de ser solo e virou sujeito; o ouro deixou de ser elemento e virou escolha política; o corpo deixou de ser invisível e virou testemunho da violência. A Química, enfim, deixou de ser neutra.

Ainda nos paradigmas coloniais, pontua-se a colonialidade do saber que opera, muitas vezes, de forma silenciosa e confortável nos currículos escolares. No ensino da

Química, isso se manifesta na maneira como os conteúdos são apresentados como universais, objetivos e neutros, descolados de contexto, território e historicidade.

Ainda nos paradigmas coloniais, pontua-se a colonialidade do saber que opera, muitas vezes, de forma silenciosa e confortável nos currículos escolares. No ensino da Química, isso se manifesta na maneira como os conteúdos são apresentados como universais, objetivos e neutros, descolados de contexto, território e historicidade.

Isso é evidenciado quando se discute, por exemplo, a estrutura atômica sem vincular isso aos usos históricos da energia nuclear como instrumento de guerra e dominação, ou, dentro do contexto desta pesquisa, estudar os metais sem abordar o extrativismo colonial e o deslocamento forçado de comunidades, haja vista que reitera a lógica que separa forma e conteúdo, ciência e política, corpo e cognição. Ao contrário disso, optou-se por um ensino que reintegra essas dimensões. Quando questionados de onde vinham os minerais usados nos celulares, um dos alunos respondeu: “*Nunca pensei nisso*”. E aí entramos no campo fértil da dúvida, do espanto e da crítica — elementos essenciais de qualquer proposta contra-colonial.

Ao partirmos do que eles sabiam — e não do que o currículo prescrevia —, revelamos o que a colonialidade tenta apagar: que há química nos quintais, nas ervas, nos utensílios domésticos, nas práticas cotidianas que desafiam o discurso hegemônico da ciência. Uma aluna contou que a avó usava “uma pedra branca” para tratar aftas; outro falou da argila usada como cicatrizante. Investigamos juntos e descobrimos ali princípios de adsorção, reações ácido-base, propriedades anti-inflamatórias. Com isso, não simplificamos o saber químico, como muitos poderiam acusar; pelo contrário: complexificamos, situamos e implicamos. O conteúdo ganhou espessura afetiva, epistêmica e territorial. E foi exatamente aí que emergiu a crítica à colonialidade do saber: por que esses conhecimentos não estão nos livros? Por que aprendemos sobre o pH da água, mas não sobre a água contaminada da comunidade dos povos originários?

A escuta dessas histórias gerou desconforto, mas é exatamente aí que a aprendizagem acontece. Um aluno disse: “*Hoje a aula “tá” sendo um volta ao passado*”, e ele foi respondido com: “*Talvez a gente tenha que lembrar, pra poder transformar*”. Essa pedagogia do desconforto é fundamental: desestabiliza o lugar do professor como único portador do saber e convida à construção coletiva. A aula vira território em de construção em que o conhecimento se dá no embate, na fricção entre epistemologias, na negociação entre sentidos.

Se a colonialidade do saber estrutura o que se ensina, como se ensina e o que se considera erro ou acerto, então uma pedagogia decolonial exige mais do que mudar conteúdos: exige mudar critérios, escuta e postura.

Quando questionados se conheciam alguma planta ou mineral usado pelos povos indígenas como medicamento, poucos alunos sabiam responder. Alguns mencionaram o uso de cascas de árvores ou folhas para dor, mas sem conseguir nomear nem o povo, nem a substância. Foi o gancho para mostrar como saberes indígenas sobre compostos químicos naturais foram (e são) historicamente desconsiderados ou apropriados sem reconhecimento. Falamos, por exemplo, da copaíba e do breu-branco, usados por diversos povos originários como anti-inflamatórios e cicatrizantes, e como essas substâncias contêm compostos químicos ativos, muitos dos quais hoje são estudados pela indústria farmacêutica.

Nesse ponto, a turma se espantou: “*Então o povo indígena já fazia isso antes de existir farmácia?*” — perguntou um aluno. Essa ideia traça o caminho para uma desconstrução da ideia de que a ciência é algo que só começou com laboratórios europeus. A colonialidade do saber atua justamente aqui: ao fazer parecer que só existe ciência onde há vidro, jaleco e microscópio, ela apaga as formas milenares de conhecimento sobre a natureza. Isso não é um apagamento qualquer — é um silenciamento político que retira desses povos o reconhecimento de sua contribuição epistemológica para o mundo.

Por fim, o que os alunos disseram no encerramento da sequência foi um dos momentos mais potentes de todo o processo. “*Agora eu entendo porque a gente tem que estudar química*”, disse uma aluna. “*Não é só “pra” passar no Enem, é pra entender o que fazem com a gente.*”. Esse reconhecimento do saber como ferramenta de luta, como espaço de crítica e possibilidade, mostra que a Química pode ser sim território decolonial — se for mediada por escuta, implicação e coragem pedagógica. Esse é o deslocamento que nos interessa: um ensino de Química que não apenas informe, mas transforme.

Os discursos que representam uma colonialidade do ser talvez tenha sido os que mais feriram, que tocaram — porque não estava só no conteúdo, mas nos corpos, nas vozes, nas desistências antes mesmo da tentativa. Estava na maneira como os alunos se relacionavam com o próprio direito de saber. Não diziam que não entendiam, diziam: “*isso não é pra mim.*” Quando falávamos em química e ciência ninguém se via, mas também não diziam isso com raiva ou enfrentamento — enunciavam com uma resignação doída, internalizada, como quem já ouviu esse não lugar muitas vezes. E repetia ele em si, como destino.

Um aluno disse: *“Professor, eu sou um preto cego, onde é que eu vou chegar com isso aí? Isso é muito difícil, é coisa de gente inteligente, de laboratório.”* Outro completou: *“Oxe, isso aí é bonito, interessante até, mas não é “pra” gente não”*. E era sempre esse “a gente” que cortava. Esse “a gente”, paradoxalmente, é dito como sinônimo de exclusão, como se o pertencimento fosse impossível, como se a ciência tivesse sido feita — e de fato foi — para outros corpos, outras vozes, outras histórias. A colonialidade do ser agia ali: negando-lhes o direito de imaginar-se como sujeitos do saber, como corpos dignos de existir plenamente na esfera da ciência.

Não era falta de interesse, mas sim falta de permissão histórica. Quando questionado se no futuro se viam como cientistas, um deles respondeu: *“Eu? Pelo menos o senhor é inteligente ... eu sou só um aluno normal”*. Era um tipo de autoexclusão que não vinha de uma reflexão racional, mas de um lugar profundo de desumanização. E é disso que fala a colonialidade do ser: da violência que silencia antes mesmo de haver fala. Da exclusão que antecede qualquer tentativa de inclusão.

Essas falas doeram mais do que qualquer dificuldade de conteúdo. Porque elas não eram resistência ao saber. Eram o efeito de séculos de colonialismo que, primeiro roubou terras, depois calou línguas, depois impôs saberes, e agora impõe identidades deficitárias: *“eu não sou pra isso”*. O que esses alunos estavam dizendo, no fundo, era: eu não existo nesse mundo que me ensina.

Quando foi proposto que pensássemos juntos quem, de suas vidas, lidava com saberes populares sem saber seus mecanismos por trás, começaram a surgir lembranças: a avó que misturava ervas para *“baixar febre”*, a tia que fazia sabão com óleo usado, o vizinho que usava folha de goiabeira para curar infecção. Fomos traduzindo essas práticas em linguagem química, não para validar, mas para mostrar que o saber já estava lá. Que eles já sabiam. Que seus corpos sabiam. E, aos poucos, começaram a mudar o tom: *“Então quer dizer que minha avó faz química (risos)? E que eu posso aprender também?”*. Nisso, estava todo o esforço contra a colonialidade do ser.

A colonialidade do ser se combate com escuta, com presença, com reconhecimento, mas também com tensão. Porque não basta apenas dizer “vocês podem”. É preciso desmontar todo um sistema que ensinou, desde sempre, que não podiam. E é aí que o ensino de química precisa ser outro: afetivo, insurgente, comprometido com a vida e com os corpos que historicamente foram negados por ele mesmo.

Não basta ensinar química. É preciso descolonizar o ensinar. Isso implica não apenas rever os conteúdos, mas os modos de estar em sala de aula. Quem fala? Quem

cala? Quem é ouvido? Quem é silenciado? A colonialidade do ser nos atravessa por esses gestos, essas escolhas. E cabe a nós, como educadores, criar brechas, abrir fendas, permitir que outros modos de existência possam emergir — não como exceção, mas como possibilidade legítima de ser no mundo.

5.6 A resolução do caso como prática pedagógica decolonial e inclusiva

Conforme destacado no plano de aula anexado (anexo H), foi proposta uma simulação de uma Conferência Nacional do Meio Ambiente, que se consolidou como uma experiência-piloto de uma prática pedagógica decolonial. A atividade não teve como objetivo apenas apresentar os riscos sociais e ambientais do garimpo, mas, sobretudo, tensionar as formas de ensinar, comunicar e construir conhecimento em um espaço escolar inclusivo. Desde o início, a proposta foi situada como um exercício de insurgência epistêmica, que deslocasse os saberes eurocentrados e visuais como únicos meios de validação científica, especialmente diante da presença ativa de estudantes cegos.

A articulação da conferência partiu de um estudo de caso elaborado nos moldes recomendados pelo modelo Normativo de Tomada de Decisão de Kortland para resolução do caso, que define esse instrumento como um meio para formar sujeitos que compreendam problemas reais, dialoguem com saberes diversos e busquem soluções coletivas. O caso descrevia uma comunidade amazônica exposta à contaminação por mercúrio devido à atividade garimpeira, afetando, assim, a população local. Os alunos, então, foram convidados a assumir papéis de cientistas, líderes comunitários, ambientalistas e representantes de órgãos públicos, estimulando o desenvolvimento de competências argumentativas, éticas e criativas.

Desde o início, o processo se guiou por uma intencionalidade decolonial. Os estudantes já haviam compreendido em aulas anteriores o que se entende por colonialidades do poder, do ser e do saber, a partir de autores como Quijano (2005) e Reis (2022), Rios-Martins (2023) e Tavares e Gomes (2018) o que os levou a identificar como as narrativas dominantes sobre economia, natureza e tecnologia muitas vezes silenciavam os sujeitos afetados. Esse embasamento teórico permitiu que a conferência não fosse apenas um evento didático, mas um exercício político de reexistência (Souza Santos, 2010), em que a produção de discursos se tornava ato de resistência.

A estrutura da conferência foi organizada em três blocos temáticos: (1) Diagnóstico e compreensão do problema; (2) Elaboração e análise de propostas; (3) Apresentação de soluções e tomada de decisão. Essa divisão permitiu aprofundar

progressivamente a discussão e garantir a participação equitativa de todos os alunos, com atenção pedagógica às especificidades da inclusão de estudantes cegos, caso fosse necessário.

O grupo dos Representantes das Comunidades Tradicionais tomou a palavra com uma postura firme e combativa. Um dos alunos, representando os povos indígenas, iniciou sua intervenção com um grito de resistência, registrado nas gravações das aulas: "*Nosso povo não será silenciado!*" — frase que ressoou pelo auditório não apenas como protesto, mas como denúncia pungente de séculos de violência epistêmica e territorial. Seu discurso foi permeado por um vocabulário de resistência, evocando não só o pertencimento identitário, mas também a indignação diante da continuidade do colonialismo sob novas roupagens, como o garimpo ilegal. O estudante se colocou como corpo-território, isto é, sua própria existência foi afirmada como extensão viva da terra ancestral que vem sendo violada. Ao falar, fez uso de pausas carregadas de tensão, com respirações profundas que interrompiam a fluidez da fala e marcavam o peso de cada palavra dita, criando um efeito semiótico de urgência e sofrimento.

Em meio à tensão instaurada entre os grupos, um aluno interveio com cuidado: "*Gostaríamos de lembrar que este é um espaço de escuta e respeito mútuo. Todos os posicionamentos serão ouvidos com a devida atenção*". Essa tentativa de retomada do controle do debate não diminuiu o fervor das argumentações, mas permitiu que o próximo grupo se manifestasse com mais segurança. Os representantes dos Cientistas e Ambientalistas tomaram a palavra em seguida. Um dos estudantes abriu sua fala com um tom técnico, buscando credibilidade: "*Estudos recentes do Instituto Evandro Chagas revelam altos níveis de mercúrio em populações ribeirinhas do Tapajós. Não se trata de uma questão opinativa, mas de saúde pública*." O aluno, apesar de demonstrar nervosismo no início, logo se firmou em sua argumentação, fazendo uso de termos como "bioacumulação", "efeitos neurológicos" e "contaminação irreversível", o que indicava não só domínio do conteúdo, mas apropriação da linguagem científica.

Essa fala trouxe um novo elemento ao debate: o embasamento técnico. O grupo dos representantes das Comunidades Tradicionais acenou positivamente em alguns momentos, indicando concordância parcial, especialmente quanto aos dados apresentados. Porém, uma das alunas, também representando os quilombolas, ergueu a mão pedindo uma intervenção: "*A gente agradece a preocupação dos cientistas, mas por que só agora olham pra gente? Quando é que nossas falas também viram dados válidos?*" Essa pergunta reverberou como crítica direta ao epistemicídio que por vezes marginaliza

saberes tradicionais em nome de uma suposta neutralidade científica. O auditório, tomado pelos colegas, respondeu com um misto de aplausos e olhares de surpresa — não apenas pela coragem da fala, mas pelo teor profundamente político que ela carregava.

O grupo dos Políticos e Gestores Públicos, que até então se mantinha em silêncio, assumiu o microfone com cautela. Um dos estudantes iniciou sua intervenção com uma fala claramente ensaiada, mas articulada: *“Nosso papel é mediar interesses e garantir que os direitos constitucionais sejam respeitados. Sabemos das falhas na fiscalização, mas também precisamos de propostas que sejam juridicamente viáveis.”* A fala foi recebida com escuta atenta, mas ao mencionar a necessidade de *“modernização da legislação para permitir o desenvolvimento sustentável da mineração”*, imediatamente uma nova questão de ordem foi solicitada pelo grupo indígena: *“Desenvolvimento pra quem?”* — questionou o aluno. *“Porque ‘pra’ gente, o que vocês chamam de desenvolvimento é genocídio.”*

Esse foi outro momento de enorme densidade discursiva e emocional. A linguagem do aluno revelava uma consciência política aguda, e sua escolha vocabular — especialmente o uso da palavra “genocídio” — apontava para um conhecimento mais profundo do que o currículo tradicional costuma contemplar. O uso de termos como “legislação permissiva”, “conivência estatal” e “ausência de consulta prévia” foi recorrente nas falas subsequentes do grupo das comunidades tradicionais, o que evidenciava que a experiência pedagógica transcendeu o espaço escolar, conectando-se com debates sociais mais amplos.

Por sua vez, os alunos do grupo do Setor Econômico tentaram se reposicionar estrategicamente no debate. Em uma nova rodada de falas, uma estudante apresentou dados sobre o PIB gerado pela mineração e as dificuldades econômicas de pequenas cidades que dependem da atividade. *“Não estamos defendendo o garimpo ilegal”*, disse ela, com ênfase na palavra “ilegal”, *“mas precisamos pensar em políticas públicas que ofereçam alternativas reais para essas populações. É preciso olhar o problema sem romantismo”*. Essa tentativa de moderação foi recebida com ceticismo pelos outros grupos. Um novo pedido de palavra foi concedido ao grupo dos Cientistas, e uma aluna, em tom firme, retrucou: *“Mas não existe neutralidade quando se trata de direitos humanos. Não há como colocar na balança o lucro e as vidas”*.

A cada rodada de falas, os estudantes demonstravam não apenas maior domínio do conteúdo, mas também maior capacidade de escuta ativa, de espera pela vez de fala, de resposta argumentativa — elementos essenciais de uma educação dialógica.

Isso é evidenciado quando um aluno representante do grupo discursa: *“Olha, quando a gente fala do garimpo ilegal, não é só uma questão de dinheiro. Tem um lado químico muito sério que muita gente nem imagina. Por exemplo: o mercúrio, que eles usam “pra” separar o ouro, não é qualquer coisa. Ele é um metal superpesado, número atômico 80 na tabela periódica, e como ele tem uma densidade alta, consegue grudar no ouro e formar uma mistura chamada amálgama. Por isso, é tão usado no garimpo. Só que tem um problema gigante: o mercúrio é líquido mesmo na temperatura ambiente, tipo no calor ele evapora com facilidade, ou seja, vira gás tipo no calor normal. Ou seja, as pessoas acabam respirando ou encostando nele sem nem perceber. E pior: quando ele vai parar nos rios, ele contamina os peixes. A gente come esses peixes, e o veneno vai acumulando dentro da gente, a bioacumulação”*. Outra aluna acrescenta: *“O mercúrio ainda pode virar uma forma mais tóxica, chamada metilmercúrio, que é superdifícil de tirar do corpo. Ele ataca principalmente o cérebro, e os efeitos podem ser bem graves, principalmente pra crianças e mulheres grávidas. Isso acontece por causa da forma como os átomos dele se organizam, isso seria a estrutura eletrônica. Então, não é só sujeira visível no rio ou no solo. É uma contaminação que vai entrando devagar, quase escondida, e ficando lá, causando problemas sérios. Por isso, a gente precisa pensar com responsabilidade, com base na ciência, mas também com consciência política. Porque são vidas que estão em jogo, principalmente das comunidades que vivem desses rios e florestas.”*

A fala do estudante começa situando o tema com um tom explicativo e ao mesmo tempo engajado, o que marca sua posição discursiva como alguém que deseja compartilhar conhecimento químico com propósito ético. Ao afirmar *“quando a gente fala sobre os impactos do garimpo ilegal, não é só uma questão de dinheiro”*, o aluno inaugura um posicionamento crítico que rompe com a visão reducionista e economicista da atividade mineradora. A utilização da primeira pessoa do plural ("a gente") cria uma cumplicidade com os ouvintes, tornando o discurso mais inclusivo e relacional, um traço discursivo típico da oralidade juvenil consciente.

A seguir, o aluno faz uso de um exemplo técnico — o mercúrio —, introduzido de forma contextualizada: *“o mercúrio, por exemplo, é usado porque ele é um metal superdenso e consegue se grudar no ouro”*. A forma como o conteúdo químico é mobilizado indica que o falante domina conceitos essenciais como densidade e processo de amálgamação, e os ressignifica a partir de um problema concreto, associando o saber escolar a uma situação de vida. A explicação do mercúrio como metal de transição é feita

de forma informal (“ele tá lá no grupo 12”), mas ainda assim respeita a lógica científica, permitindo que o ouvinte acompanhe o raciocínio sem perder a precisão conceitual.

O trecho “*só que tem um problema gigante*” funciona como marcador discursivo de transição, introduzindo a problematização. Aqui, o aluno passa da descrição técnica para a denúncia, característica típica de discursos críticos. Ele alerta para a volatilidade do mercúrio, que “*vira gás tipo no calor normal*”, conectando uma propriedade físico-química ao risco de exposição ambiental. O uso de “tipo” e “no calor normal” são marcas de uma oralidade juvenil que, longe de fragilizar o discurso, o tornam mais autêntico e dialogante, ampliando o poder de convencimento perante seus colegas.

O trecho “*vai entrando no corpo das pessoas, vai atacando o cérebro, o sistema nervoso*” mobiliza uma linguagem imagética e direta. O verbo “atacar” tem conotação violenta, remetendo ao caráter insidioso da contaminação, e traduz de forma eficaz o conceito científico da neurotoxicidade do mercúrio e seus derivados. A repetição do verbo “vai” marca progressão contínua e cumulativa, ecoando o próprio processo de bioacumulação que o estudante busca descrever. A química é então apresentada como uma lente de leitura da realidade, e não como um saber neutro ou descolado do mundo.

Ao afirmar que o mercúrio se acumula “*tipo nos peixes, aí a gente come e nem percebe*”, o aluno constrói uma cadeia de causalidade que ilustra a bioacumulação de forma simples e eficaz. Ele consegue conectar conceitos químicos complexos, como solubilidade em lipídios e persistência ambiental, a práticas cotidianas de populações ribeirinhas. A oralidade (“aí”, “nem percebe”) não compromete o rigor do discurso, mas o reforça com efeito de realismo e proximidade. Essa parte da fala também indica uma apropriação discursiva do conceito de invisibilidade dos impactos, que se alinha à proposta de análise decolonial da conferência.

A culminância do discurso ocorre quando o aluno diz: “*é uma contaminação que entra devagar, quase escondida, e que afeta comunidades inteiras por anos*”. Aqui, o recurso da metáfora (“entra devagar, quase escondida”) dá corpo a um fenômeno químico invisível, tornando-o sensível e compreensível ao público geral. A escolha lexical (“comunidades inteiras”) remete à coletividade atingida e dialoga com a ideia de justiça ambiental. A contaminação deixa de ser apenas um problema técnico para se tornar uma questão social e ética, conectada diretamente à dignidade humana e aos direitos coletivos.

Na parte final, o aluno retoma sua intenção argumentativa ao dizer “então não é só sobre garimpo, é sobre vidas que estão em jogo, é sobre ciência com responsabilidade”. A repetição da estrutura “é sobre...” dá ênfase à ideia de que a ciência não pode ser neutra

ou omissa diante da destruição provocada por práticas coloniais modernas, como o garimpo ilegal. O estudante propõe, com sua fala, uma visão de ciência comprometida com o bem comum, o que corresponde ao ideal de uma educação química crítica e decolonial. Ele se posiciona discursivamente como sujeito ético e político, que compreende a química não como um fim em si mesma, mas como ferramenta de denúncia e transformação.

A presença de metáforas, repetições e pausas discursivas evidencia a tentativa do falante de provocar reflexão, gerando envolvimento emocional e cognitivo. O discurso se mostra performativo, no sentido de que não apenas informa, mas também convoca, exige atenção e ação. Ele realiza, portanto, a função social da linguagem, indo além da descrição do mundo para transformá-lo. Essa potência discursiva é fundamental para o ambiente da conferência, cujo objetivo maior é justamente permitir que os sujeitos escolares assumam voz ativa na problematização das colonialidades do saber e do ser, a partir do conhecimento químico.

Além disso, o professor, atuando como facilitador, intervinha pontualmente para assegurar o andamento da conferência, mas os alunos se apropriaram da dinâmica de maneira surpreendente, inclusive sugerindo formas de organização do tempo e das falas. Em determinado momento, uma das alunas sugeriu a divisão do microfone por dois minutos para cada grupo, sem interrupções, a fim de garantir equidade na participação. A proposta foi acatada de forma coletiva.

A intensidade dessa fala gerou um momento de silêncio no ambiente. O grupo do setor econômico esperou a autorização do professor para contrapor-se. Um dos seus representantes, ao pegar o microfone improvisado, iniciou com uma retórica de conciliação: "*Compreendemos os dilemas apresentados, mas é preciso reconhecer que a mineração é uma das principais fontes de sustento para milhares de famílias brasileiras.*" Um novo pedido de questão de ordem foi solicitado, e a aluna que representava uma comunidade tradicional replicou de forma contundente: "*Desde quando destruição virou sustento? Nós existimos muito antes de qualquer garimpeiro pisar em nossas terras!*"

Esse momento se configurou como o ponto de maior tensão da conferência. Os grupos se colocavam cada vez mais em posições de confronto. As falas tornavam-se mais formais e mais emocionadas, o que, pedagogicamente, revelava o envolvimento autêntico dos alunos. Não estavam mais apenas desempenhando papéis; estavam assumindo causas, defendendo territórios simbólicos e reais.

Durante toda a conferência, foi possível observar a evolução das competências linguísticas e argumentativas dos estudantes. As falas se tornaram mais estruturadas, com uso de conectores discursivos, dados científicos, e vocabulário técnico apropriado a cada grupo representado. Ainda que houvesse marcas de oralidade escolar, como gaguejos, repetições ou informalidades, a articulação de ideias demonstrava a compreensão real dos temas e a capacidade de elaborar posições críticas.

Ao final do debate, o professor retomou a palavra para conduzir a sistematização da atividade. Propôs que cada grupo elaborasse um documento com propostas reais para mitigar os impactos do garimpo, baseadas nos argumentos defendidos durante a conferência. Esse momento representou a passagem do discurso para a ação simbólica. Os grupos, agora em clima mais colaborativo, construíram relatórios que reuniam pautas como fiscalização participativa, políticas de reparação histórica, incentivo a tecnologias limpas e formas sustentáveis de geração de renda para regiões atingidas.

A leitura final dos documentos foi marcada por um tom solene. Cada grupo apresentou seus resultados com clareza e comprometimento, sendo aplaudido pelos colegas. Os textos apresentavam uma linguagem simples, direta, mas potente. Expressavam o reconhecimento do problema, o sofrimento das populações afetadas e o desejo de transformação. Em uma das leituras, uma aluna emocionou-se ao ler: "*Não queremos mais viver com medo. Queremos nosso rio limpo, nossas crianças saudáveis e nosso futuro protegido.*"

A análise gramatical das produções transcritas mostrou um uso apropriado das estruturas da língua, com coerência textual e organização argumentativa. Mais do que isso, os textos refletiam autoria. Eram discursos sociais situados, frutos da articulação entre conhecimento escolar e experiências de mundo. Autores como Bakhtin e Paulo Freire ajudam a compreender esse processo: a linguagem não é neutra, é atravessada por ideologias. E ali, naquela sala, os estudantes estavam se apropriando da linguagem para disputar sentidos e propor mudanças.

No que se refere as apresentações das soluções finais, a turma apresentou duas possíveis alternativas para mitigar o revés:

A primeira proposta apresentada pelos alunos — "*o endurecimento das penalidades para financiadores do garimpo ilegal, e não apenas para os garimpeiros*" — que revela um deslocamento interpretativo fundamental no modo de compreender a problemática ambiental. Em termos semióticos, os alunos reconfiguram os papéis de vítima e vilão ao atribuir responsabilidade não apenas ao agente direto (o garimpeiro),

mas ao sistema econômico que sustenta e financia o garimpo ilegal. Essa leitura sinaliza a internalização de signos de justiça estrutural, nos quais o crime ambiental é entendido como parte de um ecossistema de poder, e não como resultado de ações individuais isoladas.

Do ponto de vista crítico, essa proposta desafia uma leitura reducionista e punitivista da legislação ambiental. Ao proporem penalidades aos financiadores, os estudantes denunciam a seletividade da aplicação da lei, muitas vezes voltada exclusivamente aos elos mais frágeis da cadeia ilegal. Trata-se de uma postura ética e politicamente densa, que demonstra sensibilidade para com a complexidade das dinâmicas socioeconômicas e uma visão sistêmica dos impactos ambientais. Em termos pedagógicos, evidencia-se o êxito da prática em fomentar uma leitura mais elaborada do mundo, que recusa explicações simplistas.

Já a segunda proposta — “*o aumento de operações conjuntas entre IBAMA e Polícia Federal, com o uso de tecnologias como satélites e drones*” — aponta para um raciocínio estratégico e pragmático por parte dos alunos. O uso de recursos tecnológicos como mecanismos de vigilância ambiental indica um entendimento do papel do Estado na contenção das práticas ilegais, bem como uma valorização da ciência e da inovação tecnológica como aliadas da justiça ecológica. Do ponto de vista semiótico, essa proposta se ancora na crença de que a visibilidade — promovida por imagens aéreas, rastreamento e vigilância — produz responsabilidade e dissuasão.

Entretanto, essa aposta na tecnologia carrega também uma ambivalência significativa. Por um lado, revela a confiança dos alunos na modernização do aparato estatal como solução para crimes ambientais. Por outro, pode refletir uma visão tecnocrática do problema, que, se não articulada com perspectivas sociais e comunitárias, corre o risco de invisibilizar os saberes locais, especialmente de comunidades indígenas e ribeirinhas, que são historicamente os primeiros alertas contra o avanço do garimpo. A semiótica desse discurso revela, portanto, tanto potência como limites: há uma intencionalidade transformadora, mas também a possibilidade de captura por uma lógica punitivista e de controle.

Ambas as proposições mostram que os alunos conseguiram se posicionar dentro do que o modelo de tomada de decisão de Korland considera como um nível avançado de resolução de problemas: a consideração de múltiplos pontos de vista, a análise de consequências a curto e longo prazo, e a ponderação de valores sociais e éticos. Os estudantes não se limitaram a repetir discursos prontos; ao contrário, ressignificaram

signos dominantes (como “garimpeiro”, “autoridade”, “pena” e “tecnologia”) dentro de um novo contexto de sentido, marcado por um posicionamento crítico e ético.

Por fim, a conferência não foi apenas uma simulação. Foi um ato pedagógico de resistência e formação cidadã. Um momento em que o currículo se encontrou com a vida, e em que os alunos, por meio da palavra, se reconheceram como sujeitos políticos. O ambiente escolar, assim, transformou-se em espaço de escuta, confronto, construção e esperança.

5.7 Potencialidades e Limitações da pesquisa

A fala dos estudantes revela não apenas apropriação de conteúdos químicos, mas sobretudo a emergência de uma consciência crítica forjada na articulação entre ciência, território e política. A escolha do tema — a contaminação por mercúrio decorrente do garimpo ilegal — não foi aleatória, mas sim carregada de sentido histórico e sociopolítico, refletindo o modo como práticas coloniais ainda operam na contemporaneidade sob a roupagem do extrativismo predatório. Os estudantes não apenas explicaram um conceito químico; eles denunciaram um sistema a partir do conceito químico. Dessa forma, ao construir uma narrativa que conecta propriedades físico-químicas à devastação ambiental e à violação de direitos humanos, os alunos (re)inscrevem o conhecimento escolar num horizonte ético, rompendo com a ideia de uma ciência neutra, técnica e descolada da vida.

Essa apropriação crítica do discurso científico só foi possível porque os estudantes passaram a operar não mais como reprodutores de conteúdos, mas como sujeitos discursivos capazes de produzir sentidos novos a partir de saberes historicamente localizados. É nesse ponto que a educação dialógica se realiza: quando a fala se torna ato político, e o conhecimento, uma ferramenta de leitura e transformação do mundo. A presença de marcas da oralidade — como expressões informais, pausas, repetições, gírias — longe de fragilizar o discurso, o enraíza numa linguagem viva, próxima, potente. A ciência, nesse contexto, é traduzida e transcrita em códigos acessíveis, tornando-se um bem comum e não um privilégio técnico. A performatividade do discurso, ao mobilizar afetos e experiências concretas, mostra que o saber científico pode e deve ser um instrumento de justiça social.

O uso consciente de metáforas, imagens sensoriais e estruturas argumentativas progressivas demonstra que a linguagem ali não é apenas meio de expressão, mas campo de disputa epistemológica. Ao dizer que o mercúrio “entra devagar, quase escondido”, o estudante produz um efeito de denúncia sensível que nenhuma tabela ou equação isolada

conseguiria provocar. Trata-se de uma linguagem que interpela, que convoca o outro a pensar, a agir, a reagir. Nessa dimensão, o discurso torna-se também insurgente: ele desafia não só o garimpo ilegal, mas também a lógica de uma educação colonizada que silencia vozes, simplifica conflitos e desumaniza saberes.

Além disso, entre as potencialidades do estudo destaca-se efetivamente sua contribuição para a inclusão efetiva de estudantes cegos no ensino de Química, rompendo com práticas pedagógicas que historicamente os marginalizaram por se basearem quase exclusivamente em recursos visuais. Isso porque ao incorporar estratégias dialógicas, sensoriais e contextuais, o estudo reconhece que a produção de sentido no processo educativo não se limita à visão, mas pode ser mediada pela oralidade, pela escuta ativa, pelo tato e pela mobilização de saberes socialmente situados.

Isso amplia o acesso não apenas ao conteúdo químico, mas à possibilidade de participação ativa e crítica dos estudantes cegos nos debates científicos e sociais. Nesse sentido, a pesquisa não só denuncia barreiras epistemológicas impostas pelo modelo escolar tradicional, como também aponta caminhos concretos para superá-las, afirmando o direito à ciência como parte do direito à educação plena e à cidadania.

No entanto, apesar das contribuições desta pesquisa para a inclusão de pessoas cegas no ensino de Química, é fundamental reconhecer as limitações estruturais e institucionais que atravessam sua execução e, por consequência, sua replicabilidade em larga escala.

Nessa linha, observou-se uma limitação significativa relacionada à forma como o conteúdo auditivo foi disponibilizado aos estudantes por meio de QR Codes. Em situações de apresentação coletiva, alguns alunos relataram atrasos na reprodução dos áudios, o que comprometeu parcialmente a fluidez da experiência sensorial e a dinâmica do trabalho em grupo. Esse descompasso temporal ocorreu porque os dispositivos móveis utilizados apresentavam tempos de carregamento distintos, dependendo da velocidade da conexão à internet, da responsividade dos aplicativos de leitura de QR Code e das configurações individuais dos aparelhos.

Diante dessa limitação, propõe-se, para estudos futuros, a substituição ou complementação do uso de QR Codes por dispositivos físicos embarcados com microcontroladores, como o Arduino, acoplados a módulos de reprodução de áudio. Essa alternativa permitiria a criação de um sistema mais robusto e sincronizado, com botões ou sensores táteis que acionariam os áudios de forma simultânea e controlada, independentemente da qualidade da internet ou do tipo de dispositivo utilizado. Além de

garantir maior autonomia aos estudantes cegos, esse tipo de solução técnica favorece a padronização da experiência auditiva e possibilita a criação de interações multissensoriais mais consistentes. Trata-se de um caminho promissor para o aprimoramento do protótipo e para o fortalecimento de práticas pedagógicas inclusivas mediadas por tecnologias assistivas acessíveis e confiáveis.

Já os principais obstáculos enfrentados para (re)produção diz respeito à ausência de formação específica para professores no uso de tecnologias emergentes, como a impressão 3D. Ainda que muitos docentes demonstrem interesse em metodologias inovadoras, falta respaldo institucional e políticas públicas que garantam formação continuada voltada para práticas inclusivas que aliem ciência, tecnologia e acessibilidade.

O domínio técnico necessário para operar softwares de modelagem, calibrar impressoras e adaptar modelos tridimensionais às necessidades de pessoas com deficiência visual exige não apenas tempo, mas uma estrutura de apoio que raramente é oferecida pelas secretarias de educação. Essa lacuna na formação docente não é acidental; ela reflete uma política educacional historicamente negligente, que trata a inclusão como um apêndice e a tecnologia como um recurso de prestígio simbólico, não como ferramenta crítica. Quando o Estado se exime de oferecer condições para que os professores desenvolvam novas competências, perpetua um ciclo de exclusão.

Além disso, é preciso destacar o entrave financeiro. A aquisição de impressoras 3D ainda representa um custo elevado para a realidade da maioria das escolas públicas brasileiras. Mesmo os modelos considerados de entrada demandam investimentos que competem com outras urgências do cotidiano escolar — como manutenção de infraestrutura básica, materiais didáticos e merenda. Essa condição coloca em xeque a democratização do acesso às tecnologias, criando uma divisão entre instituições que podem inovar e aquelas que permanecem presas a modelos pedagógicos analógicos e excludentes.

O problema se agrava quando consideramos os insumos necessários para a impressão 3D. Filamentos como o PLA ou ABS, embora amplamente disponíveis no mercado, têm custo significativo. A reposição constante desses materiais, somada à necessidade de manutenção dos equipamentos, evidencia o quanto essa tecnologia, por mais promissora que seja, ainda está distante de ser incorporada como política pública sustentável e inclusiva. O Estado, ao não subsidiar esse tipo de recurso, transfere a responsabilidade para projetos isolados, dependentes de editais ou iniciativas individuais de professores.

Outro ponto crítico reside na ausência de protocolos pedagógicos amplamente validados que orientem o uso da impressão 3D na educação inclusiva. A escassez de referenciais curriculares que contemplem a interseção entre acessibilidade, ensino de ciências e tecnologia compromete a eficácia dessas práticas. Sem diretrizes claras, as iniciativas acabam por depender da criatividade e esforço sobre-humano de professores que, muitas vezes, atuam em condições precárias, com carga horária excessiva e reconhecimento insuficiente.

Esse conjunto de limitações denuncia um sistema educacional que insiste em responsabilizar o indivíduo – o professor – por soluções que deveriam ser coletivas e estruturadas. A precarização do trabalho docente, somada à ausência de investimento contínuo em infraestrutura e formação, revela um projeto político de manutenção das desigualdades. Incluir exige mais do que boa vontade: exige compromisso público, financiamento adequado e valorização efetiva do trabalho pedagógico.

Portanto, ainda pontua-se a limitação da (re)produção desse estudo com um entrave para propostas inclusivas no ensino de química, que não está relacionada apenas na dimensão técnica ou financeira da impressão 3D, mas na falência de um sistema que historicamente negligencia o direito à educação plena e acessível. Assim, ao apontar esses entraves, não pretende desqualificar a potência da tecnologia, pelo contrário, se busca denunciar o modo como ela é desigualmente distribuída. A impressão 3D pode transformar a educação para pessoas cegas, mas se for tratada como política pública e não como luxo experimental de poucos entusiastas em ilhas de resistência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo revelou-se mais do que uma simples investigação sobre o ensino de Química para estudantes cegos; ele representou um movimento de deslocamento epistemológico, pedagógico e político, cujos efeitos extrapolam os muros da escola e incidem diretamente sobre a forma como concebemos a ciência, a inclusão e a própria função social do conhecimento. Inicialmente, a escolha do tema não se deu por um caminho teoricamente fundado, mas foi atravessada por uma lacuna de conhecimento. Optou-se por investigar a contaminação por mercúrio em decorrência do garimpo ilegal como um fenômeno químico de impacto ambiental, sem que se tivesse, naquele momento, a dimensão da densidade sociopolítica e histórica que o tema carregava.

Foi apenas no aprofundamento das análises que se compreendeu o potencial crítico e formativo que emergia dessa pesquisa. O conceito químico deixou de ser um fim em si e tornou-se um instrumento de denúncia, de leitura de mundo, de elaboração de sentidos. Foi nesse processo que a ADC — enquanto metodologia — mostrou-se não apenas adequada, mas absolutamente necessária. A linguagem dos estudantes não era neutra, tampouco casual. Tratava-se de uma linguagem situada, insurgente, afetada por vivências concretas e orientada por um desejo legítimo de transformação.

Ao adotar a ADC, com ênfase na perspectiva de Bakhtin, compreendemos que as falas não poderiam ser tratadas como enunciados descolados da realidade, mas sim como atos sociais que, ao mesmo tempo em que reproduzem estruturas, têm o potencial de subvertê-las. A emergência de metáforas sensíveis, o uso de expressões populares e a mobilização de uma linguagem performativa revelam o modo como os estudantes passaram a operar como sujeitos discursivos e políticos. A ciência, nesse contexto, deixou de ser um corpo estático de verdades e tornou-se uma linguagem viva, ética, profundamente situada.

A aprendizagem do conteúdo químico, portanto, não se restringiu à apropriação técnica de propriedades físico-químicas do mercúrio. Houve, sobretudo, um aprendizado sobre como a ciência pode ser mobilizada como ferramenta de justiça. Ao analisar a contaminação provocada pelo garimpo ilegal, os estudantes não apenas compreenderam o ciclo biogeoquímico do mercúrio, mas reconheceram ali uma continuidade das práticas coloniais que seguem explorando territórios e silenciando vidas. Foi nessa articulação entre química, política e história que se consolidou uma aprendizagem potente — uma aprendizagem com sentido.

Outro ponto de destaque é o lugar da inclusão de pessoas cegas nesse processo formativo. A escola em que o estudo foi realizado já possuía um histórico de receber estudantes com deficiência visual, mas a inclusão ocorria de modo ambíguo: por vezes havia a figura de um aluno cuidador, por outras, as atividades eram segregadas e adaptadas tardiamente, como se a deficiência fosse um obstáculo a ser contornado, e não uma possibilidade de reconfiguração dos próprios processos pedagógicos. Essa pesquisa, ao incorporar práticas dialógicas e sensoriais desde sua concepção, permitiu que os estudantes cegos participassem ativamente não apenas do produto, mas da própria construção do conhecimento.

Essa participação, por sua vez, gerou um efeito inesperado: ao serem confrontadas com os dados da pesquisa, as gestoras da escola reconheceram o paradoxo entre o discurso

institucional de inclusão e as práticas excludentes ainda presentes no cotidiano escolar. Demonstraram, inicialmente, preocupação quanto à repercussão desses dados, especialmente porque a escola é referência no atendimento a estudantes cegos e tem seu nome associado a boas práticas. Após diálogo ético, transparente e respeitoso, foi acordado que os dados seriam divulgados sem qualquer identificação da instituição ou dos sujeitos, preservando a integridade dos envolvidos e garantindo a devolutiva ética necessária para a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Esse episódio demonstra que a mudança provocada pela pesquisa não foi apenas nos estudantes. Houve também um deslocamento institucional importante. Membros da comunidade escolar compreenderam que a inclusão plena exige um constante exercício de autocrítica, e que não basta cumprir protocolos ou adotar discursos politicamente corretos: é necessário abrir-se ao desconforto, à escuta e à reconstrução coletiva das práticas. O estudo, portanto, cumpriu não apenas um papel investigativo, mas também formativo — no sentido mais profundo da palavra.

REFERÊNCIAS

Abbeg, V. A.; Trzaskos, L.; Abbeg, O. J. A. V. Reforma Da Educação Brasileira E A Lei Federal Nº 5.692/1971. **Ets Iustitia-Revista Sociedade, Direito E Justiça**, V. 1, N. 1, P. 001-016, 2023.

Bacich, L.; Moran, J. (Org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.

Bakhtin, M. Gêneros do Discurso. Estética da Criação Verbal. Trad. Paulo Bezerra. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2011. p. 261-306.

Barthes, R. *Roland Barthes Por Roland Barthes*. Tradução De L. Perrone-Moisés. São Paulo: Cultrix, 1975.

Bomfim, C. C.; Nassar, J. E. Desenvolvimento De Filtro De Ar Por Impressão 3d Através De Modelagem Por Deposição De Material Fundido (Fdm). 2020. Editora Realize. Doi: 10.46943/Ii.3dbb.2022.01.009. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Bourdieu, P. *A Distinção: Crítica Social Do Julgamento*. São Paulo: Edusp; Porto Alegre: Zouk, 2007.

Brasil. [Constituição (1988)]. **Constituição Da República Federativa Do Brasil De 1988**. Brasília, Df: Presidência Da República, [2016]. Disponível Em: [Http://Www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/Constituicao/Constituicao.Htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.Htm). Acesso Em: 15 Fev. 2024.

Brasil. Lei Brasileira De Inclusão Da Pessoa Com Deficiência, Lei Nº 13.146, 6 De Julho De 2015. Disponível Em: [Http://Www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.Htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm). Acesso Em: 07 Abr. 2024.

Brasil. Lei Nº 9.394, De 20 De Dezembro De 1996. Estabelece As Diretrizes E Bases Da Educação Nacional. Brasília, 1996. Disponível Em [Www.Planalto.Gov.Br/Ccivil_03/Leis/L9394.Htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso Em 11 Abr. 2024.

Brasil. Política Nacional De Educação Especial Na Perspectiva Da Educação Inclusiva. 2008. Disponível Em < [Http://Portal.Mec.Gov.Br/Index.Php?Option=Com_Docman&View=Download&Alias=16690- Politica-Nacional-De-Educacao-Especial-Na-Perspectiva-Da-Educacao-Inclusiva05122014&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=16690-politica-nacional-de-educacao-especial-na-perspectiva-da-educacao-inclusiva05122014&Itemid=30192) > Acesso Em: 20 Fev. 2024.

Brasil. Política Nacional De Educação Especial: Equitativa, Inclusiva E Com Aprendizado Ao Longo da Vida. Decreto Nº 10.502, De 30 De Setembro De 2020. Disponível Em: [Https://Www.In.Gov.Br/En/Web/Dou/-/Decreto-N-10.502-De-30-Desetembro-De-2020-280529948](https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.502-de-30-desetembro-de-2020-280529948). Acesso Em 7 Abr. 2024.

Brasil. Resolução Nº. 4, De 2 De Outubro De 2009. Diretrizes Operacionais Para O Atendimento Educacional Especializado Na Educação Básica, Modalidade Educação Especial, Brasília: Mec, 2009. Disponível Em: [Http://Portal.Mec.Gov.Br/Dmdocuments/Rceb004_09.Pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/Rceb004_09.pdf) Acesso Em 7 Abr. 2024.

Cancela, R. Explorando O Tema Sobre O Uso De Agrotóxicos No Ensino De Química Através Do Método De Estudo De Caso. Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia da Bahia, Ifba, 2023. Disponível Em: [Http://Repositorio.Ifba.Edu.Br/Jspui/Handle/123456789/499](http://repositorio.ifba.edu.br/jspui/handle/123456789/499).

Caruso, R. C.; Silva, S. De C. R. Da; Marcondes, R. Uso Da Impressão 3d No Ensino-Aprendizagem: Revisão Sistemática Sobre Os Principais Problemas Encontrados. **Boletim De Conjuntura (Boca)**, Boa Vista, V. 16, N. 47, P. 448–473, 2023. Doi: 10.5281/Zenodo.10208017. Disponível Em: [Https://Revista.Ioles.Com.Br/Boca/Index.Php/Revista/Article/View/2704](https://revista.ioles.com.br/boca/index.php/revista/article/view/2704). Acesso Em: 3 Abr. 2024.

Chamizo, J. A.; García-Franco, A. Teachers And Teaching: Theory And Practice, V. 19, P. 135, 2013.

Deimling, N. N., Reali, A., & Rodrigues, M. D. M. (2020). Pibid: Considerações Sobre O Papel Dos Professores Da Educação Básica No Processo De Iniciação À Docência. *Educação Em Revista*, 36, E222648. Doi: [Https://Doi.Org/10.1590/0102-4698222648](https://doi.org/10.1590/0102-4698222648). Acesso Em: 24 Mar. 2024.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. C. A. Ensino De Ciências: Fundamentos E Métodos. São Paulo: Cortez, 2009, P. 201.

Drago, R.; Gabriel, E. A Pessoa Com Deficiência E A Educação Especial No Brasil Nos Últimos 200 Anos: Sujeitos, Conceitos E Interpretações. **Revista Educação Especial**, [S. L.], V. 36, N. 1, P. E43/1–24, 2023. Doi: 10.5902/1984686x73415.

Disponível Em: <https://Periodicos.Ufsm.Br/Educacaoespecial/Article/View/73415>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Dutra-Pereira, Franklin Kaic. Conversas Complicadas No Ensino De Química: Manifesto Por Um Currículo [Marielle] “Franco”. **Revista Interinstitucional Artes De Educar**, [S. L.], V. 9, N. 2, P. 221–241, 2023. Doi: 10.12957/Riae.2023.73679. Disponível Em: <https://Www.E-Publicacoes.Uerj.Br/Riae/Article/View/73679>. Acesso Em: 17 Abr. 2024.

Fairclough, N. (2008). *Discurso e mudança social* Brasília, DF: Editora da Universidade de Brasília.

Ferreira, Aida Araújo Et Al. Tecnologia Assistiva Para Cegos: Desafios E Lições Aprendidas Na Colaboração Técnica E Universitária. *In: Trilha Colaboração, Sociedade E Extensão - Simpósio Brasileiro De Sistemas Colaborativos (Sbsc)*, 19., 2024, Salvador/Ba. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira De Computação, 2024. P. 154-157. Doi: https://doi.org/10.5753/Sbsc_Estendido.2024.238621.

Figueiredo, B. B.; Cesar, G. I. F. Um Estudo Da Utilização Da Impressora 3d Na Engenharia E Na Medicina. **Recisatec-Revista Científica Saúde E Tecnologia-Issn 2763-8405**, V. 2, N. 1, P. E2170-E2170, 2022. Doi: <https://doi.org/10.53612/Recisatec.V2i1.70>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Fornari, L. T. Reflexões Acerca Da Reprovação E Evasão Escolar E Os Determinantes Do Capital. **Revista Espaço Pedagógico**, [S. L.], V. 17, N. 1, 2012. Doi: 10.5335/Rep.2013.2027. Disponível Em: <https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/2027>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.]

Freitas, De M. F.; Bork, A. K. P.; Sangiogo, F. A. Modelagem No Ensino De Química: Alguns Fundamentos E Abordagens Da Educação Básica Ao Ensino Superior. **Anais Dos Encontros De Debates Sobre O Ensino De Química - Issn 2318-8316**, [S. L.], N. 41, 2022. Disponível Em: <https://edeq.com.br/submissao2/index.php/edeq/article/view/125>. Acesso Em: 25 Fev. 2024.

Garcia, C. M. R.; Kuhnen, T. R. Políticas Públicas Em Educação Especial Em Tempos De Ditadura: Uma Análise Sobre A Concepção De Deficiência No Brasil No Período 1973-1985. **Revista Educação, Pesquisa E Inclusão**, V. 1, P. 69-84, 2020.

Gritti, A; Oliveira, De M. A. C.; Galli, F. M. Metodologias Ativas E Inclusão. *Revista Educação Em Foco – Edição Nº 14 – Ano: 2022*. Disponível Em: <https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2022/08/Metodologias-Ativas-E-Inclus%C3%83o-135-%C3%A0-149.Pdf>. Acesso Em: 07 Abr. 2024.

Júnior, A. S. R.; Gomes, Da C. J. G.; Berteges, L. F. C.; Pereira, De S. S. C.; Carvalho, De A. C. V. (2020). Um Material Significativo Para O Ensino Da Engenharia Civil Utilizando Impressora 3d E Realidade Aumentada: Uma Experiência Com Alunos Do Ensino Médio E Do Ensino Superior / Um Material Potencialmente Significativo Para O Ensino De Engenharia Civil Utilizando Impressora 3d E Realidade Aumentada: Uma

Experiência Com Alunos Do Ensino Médio E Do Ensino Superior. *Revista Brasileira De Desenvolvimento*, 6 (3), 10855–10868. Doi: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-091>. Acesso Em: 20 Mar. 2024.

Kress, G.; Leeuwen, T. *Reading Images: The Grammar Of Visual Design*. London; New York: Routledge, 2006. (Publicação Original Em 1996).

Leal, M. E.; Benevides, L. L. S. A Escolarização De Pessoas Cegas No Contexto Das Políticas Educacionais Brasileiras: Da Segregação À Luta Pela Inclusão. 2021. Disponível Em: <https://saberaberto.uneb.br/items/B677b748-9546-48a7-B679-D805b0012e3e>. Acesso Em: 20 Fev. 2024.

LIBÂNEO, J. C O Dualismo Perverso da Escola Pública Brasileira: escola do conhecimento para os ricos, escola do acolhimento social para os pobres. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 13-28, mar. 2012.

Lima, A. Y.; Araújo, De S. D.; Pires, S. C. R.. Automatização Da Construção Civil Através De Impressoras 3d. **Epitaya E-Books**, V. 1, N. 32, P. 24-32, 2023. Doi: <https://doi.org/10.47879/Ed.Ep.2023724p24>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

MARTIN, L. M. The promise of the maker movement for education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, vol. 5, n. 1, p. 4-13. 2015.

MARTINEZ, S. L.; STAGER, G. *Invent to Learn: Making, Thinkering and Engineering in the Classroom*. Torrance, CA: Constructing Modern Knowledge Press, 2013.

Matos, M. L. F.; Cruz, M. L. O. Da; Andrade, N. V. M. De; Araújo, S. M. G. Metodologias Ativas No Processo Ensino-Aprendizagem Na Educação Especial. **Revista Científica Fesa**, [S. L.], V. 3, N. 11, P. 49–64, 2023. Doi: 10.56069/2676-0428.2023.341. Disponível Em: <https://revistafesa.com/index.php/fesa/article/view/341>. Acesso Em: 7 Abr. 2024.

MBEMBE, Achille. *Necropolítica*. 3. ed. São Paulo: n-1 edições, 2018. 80 p.», *Horizontes Antropológicos* [Online], 55 | 2019, Acesso em 21 maio 2025. Disponível em: <http://journals.openedition.org/horizontes/3977>

Mori, L.; Cunha, Da B. M. Problematização: Possibilidades Para O Ensino De Química. *Quím. Nova Esc. – São Paulo-Sp, Br. Vol. 42, N° 2, P. 176-185, Maio 2020* Doi: <http://dx.doi.org/10.21577/0104-8899.20160197>. Acesso Em: 18 Abr. 2024.

Munhoz, A. S. *Abp: Aprendizagem Baseada Em Problemas: Ferramenta De Apoio Ao Docente No Processo De Ensino E Aprendizagem*. São Paulo: Cengage Learning, 2015, P.35.

Oliveira, D. C. De; Leandro, M.; Silva, D. M. Da; Castro, A. Bengala, Preconceito E Dificuldade: Representações E Identidade Social De Pessoas Cegas E Com Baixa Visão. **Barbarói**, V. 62, N. 2, 29 Mar. 2023.

Oliveira, I. P. De; Amaral, M. D. M. Do .; Costa, L. C. D. F. .; Marcusso, B. M. G. .; Furtado, J. M. Estratégias E Desafios Em Prevenção À Cegueira E Deficiência Visual. **Medicina (Ribeirão Preto)**, [S. L.], V. 55, N. 2, P. E-187823, 2022. Doi:

10.11606/Issn.2176-7262.Rmrp.2022.187823. Disponível Em:
<https://Www.Revistas.Usp.Br/Rmrp/Article/View/187823>. Acesso Em: 22 Fev. 2024.

Onu. (1975). "Declaração Universal Dos Direitos Humanos" (217 [Iii] A), P.1.

Pereira, Dos S. A.; Oliveira, De F. A.; Moura, De L. M. (2022). A Escola Como Espaço De Aprendizagem Crítica: Ensinos De Vygotsky E Saviani. *Ensino Em Perspectivas*, 3(1), 1–11. Disponível Em:
<https://Revistas.Uece.Br/Index.Php/Ensinoemperspectivas/Article/View/8745>.

Pletsch, D. M. O Que Há De Especial Na Educação Especial Brasileira?. **Momento-Diálogos Em Educação**, V. 29, N. 1, P. 57-70, 2020. Doi:
10.14295/Momento.V29i1.9357. Disponível Em:
<https://Periodicos.Furg.Br/Momento/Article/View/9357>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Pletsch, M. D.; Souza, F. F. De. Educação Comum Ou Especial? Análise Das Diretrizes Políticas De Educação Especial Brasileiras. **Revista Ibero-Americana De Estudos Em Educação**, Araraquara, V. 16, N. Esp2, P. 1286–1306, 2021. Doi:
10.21723/Riaee.V16iesp2.15126. Disponível Em:
<https://Periodicos.Fclar.Unesp.Br/Iberoamericana/Article/View/15126>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Queiroz, S. L.; Sacchi, F. G. Estudo De Caso No Ensino De Ciências Naturais E Na Educação Ambiental. São Paulo. Editora: Diagrama Ed.1 Vol. 1, 2020.

Quijano, A. Colonialidade Do Poder, Eurocentrismo E América Latina. *Telos*, N. 22, P. 109–116, 2005.

Raimondi, A.; Razzoto, E. Aprendizagem Baseada Em Problemas No Ensino De Química Analítica Qualitativa. **Revista Insignare Scientia - Ris**, V. 3, N. 2, P. 36-48, 24 Ago. 2020. Doi: <https://Doi.Org/10.36661/2595-4520.2020v3i2.11159>. Acesso Em: 18 Abr. 2024.

Reis, S. Dos D. A Colonialidade Do Saber: Perspectivas Decoloniais Para Repensar A Univers(Al)idade. *Debates & Controvérsias. Educ. Soc.* 43, 2022. 1-12.
<https://Doi.Org/10.1590/Es.240967>

Rios-Martins, A. L. (2023). Tempo, Espaço E Subjetividades: A Emergência Do Conceito De Colonialidade Do Ser. *Revista De Teoria Da História*, 26(2), 177–183. Recuperado De <https://Revistas.Ufg.Br/Teoria/Article/View/77280>

Santos, Dos P. B.. O Imperial Instituto De Meninos Cegos (1854): Uma Análise Pela Historiografia Linguística. 2020. Disponível Em:
<https://App.Uff.Br/Riuff/Handle/1/14368>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Scotti, L. Uma Tradução Luminosa: Lithophanes Na Abadia De Woburn, 1836 A 1838. *Cultura Visual Na Grã-Bretanha*, 2020, 21 (2), 227–246.
Doi:<https://Doi.Org/10.1080/14714787.2020.1738266>. Acesso Em: 08 De Maio 2024.

Silva, Da, M. L.; Lima, I. B.; Pontes, E. A. S. Aprendizagem Significativa E O Uso De Metodologias Ativas Na Educação Profissional E Tecnológica. **Observatório De La**

Economía Latinoamericana , [S. L.] , V. 8, Pág. 9038–9050, 2023. Doi: 10.55905/Oelv21n8-066. Disponível Em: <https://Ojs.Observatoriolatinoamericano.Com/Ojs/Index.Php/Olel/Article/View/876>. Acesso Em: 8 Abr. 2024.

Silva, G. P., Foques, F. D. F., Filietaz, M. R. P., & Pilissao, C. Kit Molecular Inclusivo Para Deficientes Visuais No Ensino De Estruturas Tridimensionais. *Quím. Nova Esc.* – São Paulo-Sp, Br Vol. 45, N° 3, P. 205-215, Agosto 2023. Doi: [Http://Dx.Doi.Org/10.21577/0104-8899.20160336](http://Dx.Doi.Org/10.21577/0104-8899.20160336).

Silveira, Da C.; Aguiar, De R.; Frizzarini, T. S. A Exploração Tátil De Representações Geométricas Produzidas Com A Caneta 3d: Uma Ferramenta Para O Ensino De Estudantes Cegos. **Revista Sergipana De Matemática E Educação Matemática**, V. 8, N. 2, P. 348-366, 2023. Doi: <https://Doi.Org/10.34179/Revisem.V8i2.18445>. Acesso Em: 19 Abr. 2024.

Sousa, De M. L. Educação Especial No Brasil: O Que A História Nos Conta Sobre A Educação Da Pessoa Com Deficiência. *Revista Bibliomar*, V. 19, N. 1, P. 159–173, 2020, 30 Jun. Disponível Em: <https://Periodicoeletronicos.Ufma.Br/Index.Php/Bibliomar/Article/View/13636>. Acesso Em: 19 Abr 2024.

Souza, De V. T. A.; Souza, De S. M. K.; Moura, S. A. Y.; Porto, F. L. A.; Bezerra, P. R. Elaboração De Modelos Das Macromoléculas Como Ferramenta Didática Para O Ensino Da Bioquímica. **Scientia Naturalis**, V. 4, N. 2, 2022.

Tavares, M., Gomes, S. R. (2018). Multiculturalismo, Interculturalismo E Decolonialidade: Prolegômenos A Uma Pedagogia Decolonial. *Dialogia*, (29), 47–68. <https://Doi.Org/10.5585/Dialogia.N29.8646>

Teixeira, J. F.; Teixeira, I. F.; Maia, M. D. A Educação E A Pedagogia Tecnicista No Brasil: Uma Crítica A Partir Dos Textos De Demerval Saviani. **Diretor Geral**, P. 4. Todorov, Tzvetan. *Leitura E Leitores*. **Coli, Jorge. Caderno Mais**, N. 777, 2007.

Unesco. *Declaração De Salamanca E Linha De Ação Sobre Necessidades Educativas Especiais*. Salamanca, Espanha: Unesco, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Roteiro Semi-estruturado para coleta de dados

Entrevista Semi-estruturada para coleta de dados	
Professores	Alunos
1. Como você avalia a eficácia do protótipo em transmitir a narrativa do estudo de caso?	1. Como você descreveria a utilidade do protótipo na compreensão da narrativa do estudo de caso?
2. Em sua opinião, como o uso do protótipo influencia a compreensão dos conceitos-chave apresentados no estudo de caso?	2. Quais aspectos do protótipo você considera mais úteis ou impactantes na sua aprendizagem?
3. Quais estratégias você utilizaria para integrar o protótipo na abordagem de aprendizagem baseada em problemas em suas aulas de química?	3. Como o protótipo influenciou sua abordagem para resolver os problemas apresentados no estudo de caso?
4. Você percebe alguma diferença na participação e no engajamento dos alunos com deficiência visual desde a introdução do protótipo?	4. Você acredita que o protótipo contribui para uma melhor compreensão e retenção dos conceitos abordados no estudo de caso?
5. Que adaptações ou ajustes você sugere para aprimorar a integração do protótipo na narrativa do estudo de caso?	5. Que sugestões você teria para tornar o protótipo mais eficaz na representação da narrativa do estudo de caso e na sua aplicação na aprendizagem baseada em problemas?

Apêndice B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os professores



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - PROFESSORES

Prezado(a), o pesquisador Gabriel Inácio da Silva convida você a participar da pesquisa, **do Trabalho de Conclusão do Curso**, intitulada “ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA”, **um estudo de caráter qualitativo e intervencionista, sob orientação do Dr. Claudio Gabriel Lima Junior, professor lotado na Universidade Federal da Paraíba, de SIAPE: 1937438.**

Para tanto você precisará assinar o TCLE, que visa assegurar a proteção, a autonomia e o respeito aos participantes de pesquisa em todas as suas dimensões: física, psíquica, moral, intelectual, social, cultural e/ou espiritual, **obedecendo as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos preconizadas pela Resolução 506/2016 e Resolução 510/2016, do Conselho Nacional de Saúde e do Ministério da Saúde.**

Sua decisão de participar neste estudo é voluntária e não resultará em nenhum custo ou ônus financeiro para você. Além disso, você não sofrerá nenhum tipo de prejuízo ou punição caso decida não mais participar desta pesquisa durante a execução. Todos os dados e informações fornecidos por você serão tratados de forma anônima/sigilosa, não permitindo a sua identificação.

Esta pesquisa tem como objetivo geral: Desenvolver um produto educacional que apresente a narrativa de um estudo de caso através de impressão 3D na perspectiva da educação inclusiva; e como objetivos específicos: Construir um protótipo educacional para compreensão da narrativa de um estudo de caso; e avaliar a aplicabilidade do produto educacional em um estudo de caso na perspectiva da inclusão.

Durante o estudo, serão realizados(as):

Entrevistas individuais ou em grupo, para discutir suas experiências, percepções e opiniões sobre o protótipo educacional, atividades práticas nas quais você testará o protótipo, oferecendo feedback sobre sua usabilidade e eficácia, e questionários para coleta de informações adicionais sobre sua experiência com o protótipo e suas percepções sobre a inclusão de alunos cegos no ensino de química.

Gabriel Inácio da Silva

Página 1/2

Os riscos associados à participação neste estudo são **mínimos** e incluem o possível desconforto emocional ao abordar temas relacionados à inclusão educacional e à acessibilidade. Em caso de desconforto, o pesquisador estará disponível para qualquer apoio necessário e poderá interromper sua participação na atividade de acordo com seu interesse e bem-estar. **E**, como participante, você terá a oportunidade de contribuir para o desenvolvimento de **recursos educacionais inclusivos** que poderão beneficiar futuros alunos cegos e levar o aprimoramento de práticas pedagógicas inclusivas. Esta é uma contribuição valiosa para o avanço de métodos de ensino que visem a inclusão no ambiente escolar.

Para quaisquer eventuais dúvidas, você poderá entrar em contato os responsáveis desta pesquisa, através dos seguintes meios:

**Gabriel Inácio da Silva (Responsável principal pela pesquisa);
Universidade Federal da Paraíba, Licenciando em Química
Contato: gabriel.silva3@academico.ufpb.br ou (83) 99970-6435**

**Claudio Gabriel Lima Junior (Orientador da pesquisa)
Universidade Federal da Paraíba, Prof. Dr. em Química
Contato: claudio@quimica.ufpb.br ou (83) 98838-5033**

**Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)
Centro de Ciências da Saúde (1º andar) da Universidade Federal da Paraíba Campus I – Cidade
Universitária - João Pessoa-PB. Horário de Funcionamento: de 07h às 12h e de 13h às 16h.
Telefone: (83) 3216-7791. E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br
Horário de Funcionamento: de 07h às 12h e de 13h às 16h.**

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ao colocar sua assinatura ao final deste documento, **VOCÊ**, de forma voluntária, na qualidade de **PARTICIPANTE** da pesquisa, expressa o seu **consentimento livre e esclarecido** para participar deste estudo e declara que está suficientemente informado(a), de maneira clara e objetiva, acerca da presente investigação. E receberá uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinada pelo pesquisador responsável.

João Pessoa –PB, 28 de novembro de 2024.

Assinatura, por extenso, do(a) Participante da Pesquisa

Gabriel Inácio da Silva

Apêndice C – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os pais e responsáveis



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

MODELO DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - PAIS/RESPONSÁVEIS

Prezado(a) Sr.(a),

O pesquisador Gabriel Inácio da Silva convida o(a) seu(sua) filho(a) a participar da pesquisa, do **Trabalho de Conclusão do Curso**, intitulada “ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA”, **um estudo de caráter qualitativo e intervencionista, sob orientação do Dr. Claudio Gabriel Lima Junior, professor lotado na Universidade Federal da Paraíba, de SIAPE: 1937438.**

Este documento visa garantir a proteção, a autonomia e o respeito aos participantes da pesquisa, em conformidade com as diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas com seres humanos, segundo a Resolução 506/2016 e Resolução 510/2016, do Conselho Nacional de Saúde e do Ministério da Saúde.

A participação do(a) seu(s) filho(a) é voluntária e não implicará em qualquer custo ou ônus financeiro. Da mesma forma, o não consentimento ou a resistência não resultará em prejuízo ao(a) participante. Todos os dados e informações fornecidos serão tratados de forma anônima e sigilosa, não permitindo a identificação dos participantes.

Esta pesquisa tem como objetivo geral: Desenvolver um produto educacional que apresente a narrativa de um estudo de caso através de impressão 3D na perspectiva da educação inclusiva; e como objetivos específicos: Construir um protótipo educacional para compreensão da narrativa de um estudo de caso; e avaliar a aplicabilidade do produto educacional em um estudo de caso na perspectiva da inclusão.

Durante a pesquisa, o(a) seu(sua) filho(a) poderá participar das seguintes atividades:

Discussões individuais ou em grupo, em que serão abordadas suas percepções e experiências com o uso do protótipo educacional; atividades práticas para experimentar o protótipo e fornecer feedback sobre sua usabilidade e acessibilidade; e questionários que buscam a coleta de informações sobre a experiência com o protótipo e sobre a inclusão no ensino de química.

Gabriel Inácio da Silva

Os riscos associados à participação no estudo são mínimos, podendo incluir algum desconforto emocional ao discutir temas relacionados à inclusão e acessibilidade educacional. Em caso de desconforto, a participação poderá ser interrompida conforme o interesse e bem-estar do(a) participante. No que tange aos benefícios da pesquisa: a participação do(a) seu(s) filho(a) contribuirá para o desenvolvimento de recursos educacionais inclusivos, com o potencial de beneficiários alunos cegos em sua educação futura e enriquecer práticas pedagógicas inclusivas nas escolas.

Para quaisquer eventuais dúvidas, você poderá entrar em contato os responsáveis desta pesquisa, através dos seguintes meios:

**Gabriel Inácio da Silva (Responsável principal pela pesquisa);
Universidade Federal da Paraíba, Licenciando em Química
Contato: gabriel.silva3@academico.ufpb.br ou (83) 99970-6435**

**Claudio Gabriel Lima Junior (Orientador da pesquisa)
Universidade Federal da Paraíba, Prof. Dr. em Química
Contato: claudio@quimica.ufpb.br ou (83) 98838-5033**

**Comitê de Ética em Pesquisa (CEP)
Centro de Ciências da Saúde (1º andar) da Universidade Federal da Paraíba
Campus I – Cidade Universitária - João Pessoa-PB. Horário de Funcionamento: de
07h às 12h e de 13h às 16h.**

**Telefone: (83) 3216-7791. E-mail: comitedeetica@ccs.ufpb.br
Horário de Funcionamento: de 07h às 12h e de 13h às 16h.**

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Ao revisar este documento, você, responsável pelo(a) PARTICIPANTE da pesquisa, expressa seu consentimento para a participação de seu(seu) filho(a) neste estudo, declarando estar informado(a) de maneira clara e objetiva sobre uma investigação. Uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), assinada pelo pesquisador, será entregue para seu registro pessoal.

João Pessoa –PB, 28 de novembro de 2024.

Assinatura do(a) Pai/Mãe ou Responsável pelo(a) Participante da Pesquisa

Gabriel Inácio da Silva

Apêndice D – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado(a) a participar, como voluntário(a), da pesquisa intitulada “ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA”, pelo pesquisador Gabriel Inácio da Silva. Trata-se de um Trabalho de Conclusão de Curso, que está sob orientação do Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima Junior, lotado no Departamento de Química da UFPB.

Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está impresso em duas vias, sendo que uma delas é sua e a outra pertence ao pesquisador responsável.

Esclareço que em caso de recusa na participação você não será penalizado(a) de forma alguma. Mas, se aceitar participar, e ainda houver dúvidas sobre a pesquisa durante o andamento desta, elas poderão ser esclarecidas pelo pesquisador responsável, presencial, via e-mail gabriel.silva3@academico.ufpb.br e, inclusive, sob forma de ligação, através do seguinte contato telefônico: (83) 99970-6435. Caso ache mais prudente, você ainda poderá contactar o orientador desta pesquisa, o prof. Claudio Gabriel, pelos seguintes contatos: claudio@quimica.ufpb.br ou (83) 98838-5033, ou ainda você poderá fazer contato com o Comitê de Ética em Pesquisa – colegiado responsável por revisar todos os protocolos de pesquisa envolvendo seres humanos, inclusive os multicêntricos, cabendo-lhe a responsabilidade primária pelas decisões sobre a ética da pesquisa a ser desenvolvida na instituição, de modo a garantir e resguardar a integridade e os direitos dos voluntários participantes nas referidas pesquisas – da Universidade Federal da Paraíba, pelo e-mail comitedeetica@ccs.ufpb.br ou pelo telefone (83) 3216-7791.

Informo ainda que esta pesquisa tem como objetivo avaliar um protótipo educacional criado para facilitar o processo de ensino e de aprendizagem da química, além de entender como ele pode tornar o ensino mais inclusivo e acessível para todos.

Gabriel Inácio da Silva

Página 1/2

Para participar, você fará algumas atividades, como:

- Responder entrevistas, em que poderá compartilhar suas opiniões sobre o protótipo;
- Realizar atividades práticas, para testar o protótipo e dizer o que achou dele;
- Preencher questionários, que coletarão mais detalhes sobre sua experiência.

Nesta pesquisa, desenvolverei um protótipo educacional utilizando impressão 3D. Você poderá ter uma experiência imersiva sobre os impactos sociais e ambientais do garimpo ilegal presente na comunidade dos povos originários Wajãpi, de forma tátil e inclusiva.

Durante algumas dessas atividades, podemos tirar fotos ou gravar sua voz e/ou imagem para ajudar na análise dos resultados. É importante pontuar que os resultados da pesquisa serão publicados (**explicação da divulgação dos resultados**), mas sem identificar dados pessoais, vídeos, imagens e áudios de gravações.

Além disso, na execução da pesquisa, você poderá discutir temas sobre inclusão e acessibilidade, e, se em algum momento você se sentir desconfortável ou incomodado(a), poderá comunicar isso ao pesquisador, que tomará as medidas necessárias para que sua experiência seja tranquila, bem como interromper sua participação, caso você (participante) julgue prudente. Sua participação ajudará a desenvolver ferramentas que possam ser úteis para facilitação do processo ensino-aprendizagem.

Gabriel Inácio da Silva

Assinatura por extenso do(a) participante

Ou



Impressão digital do(a) Participante

Apêndice E – Carta de autorização



CARTA DE AUTORIZAÇÃO

Ao Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, Centro de Ciências da Saúde - CCS.

Prezado Comitê de Ética em Pesquisa,

Na função de representante legal do Departamento de Química da Universidade Federal da Paraíba, Campus I, informo que o projeto de pesquisa intitulado **ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA**, como Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado pelo pesquisador **GABRIEL INÁCIO DA SILVA** (regularmente matriculado no curso de Química, sob matrícula 20210073222), e que tem como objetivo principal desenvolver um produto educacional que apresente a narrativa de um estudo de caso através de impressão 3D na perspectiva da educação inclusiva, foi analisado e, desde que siga os preceitos éticos descritos pela Resolução 506/2016 e Resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), fica autorizada a sua realização após a apresentação do parecer favorável emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do CCS da UFPB.

Isto é, declaro estar de acordo com a realização desta pesquisa, caso ela seja aprovada pelo Comitê de Ética do Centro de Ciências da Saúde, assim como que conheço e cumpro as Resoluções Éticas Brasileiras. Esta instituição está ciente de suas responsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia deste estudo.

João Pessoa, 25 de novembro de 2024.

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA INSTITUIÇÃO

Fausthon Fred da Silva

Prof. Dr. Fausthon Fred da Silva (SIAPE 1726817)
Vice-Chefe do Departamento de Química da UFPB

Página 1/2





Sendo assim, eu, Gabriel Inácio da Silva, pesquisador responsável, antes do início das coletas da pesquisa, me comprometo a apresentar o parecer de aprovação ética do CEP- CCS - UFPB junto ao responsável pelo local acima descrito.

ASSINATURA DO PESQUISADOR

Gabriel Inácio da Silva

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL PELA INSTITUIÇÃO

Fausthon Fred da Silva

Prof. Dr. Fausthon Fred da Silva (SIAPE 1726817)
Vice-Chefe do Departamento de Química da UFPB

Nada mais a lavrar, encerra-se o presente documento com duas laudas devidamente numeradas.

João Pessoa, 25 de novembro de 2024.

Página 2/2

Apêndice F – Modelo de Carta de anuência

CARTA DE ANUÊNCIA

Esclarecimentos

Esta é uma solicitação para realização da pesquisa intitulada **ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA**, pelo pesquisador Gabriel Inácio da Silva, Licenciando em Química pela Universidade Federal da Paraíba, sob orientação do Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima-Junior, que utilizará a seguinte metodologia: avaliar uma sequência didática utilizando metodologia ativa de estudo de caso, apresentada em forma de modelo tridimensional, desenvolvida em sala de aula regular com alunos videntes e não-videntes, e com o objetivo principal de avaliar a usabilidade deste protótipo e suas contribuições no ensino da Química, necessitando portanto da concordância e autorização institucional para a realização da etapa de 1) ministrar a sequência didática em 5 aulas; 2) avaliar a usabilidade do protótipo educacional.

Ressaltamos que os dados coletados serão mantidos em absoluto sigilo, de acordo com as Resoluções nº 506/2016 e 510/2016 - Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde, que tratam da Pesquisa envolvendo Seres Humanos. Salientamos ainda que tais dados serão utilizados tão somente para realização deste estudo.

Pesquisador: Gabriel Inácio da Silva

Orientador: Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima-Junior

Responsável pela Instituição
Carimbo responsável da Instituição*
CNPJ

Consentimento

Por ter sido informado verbalmente e por escrito sobre o objetivo e metodologia desta pesquisa, concordo em autorizar a realização da mesma nesta Instituição que represento:

_____,
localizada na _____.

Esta Instituição está ciente de suas corresponsabilidades como instituição participante do presente projeto de pesquisa, dispondo de infraestrutura necessária para realização das etapas supracitadas.

Esta autorização está condicionada à aprovação prévia da pesquisa acima citada por um Comitê de Ética em Pesquisa e ao cumprimento das determinações éticas das Resoluções nº 506/2016 e 510/2016 - Conselho Nacional de Saúde/Ministério da Saúde e suas complementares.

O descumprimento desses condicionamentos assegura-me o direito de retirar minha anuência a qualquer momento da pesquisa.

João Pessoa, 25 de novembro de 2024.

Pesquisador: Gabriel Inácio da Silva

Orientador: Prof. Dr. Claudio Gabriel Lima-Junior

Responsável pela Instituição
Carimbo responsável da Instituição*
CNPJ

* Na inexistência do carimbo, inserir o CPF do responsável.

Apêndice G – Aprovação Comitê de ética

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA.

Pesquisador: GABRIEL INACIO DA SILVA

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 84407824.9.0000.5188

Instituição Proponente: Universidade Federal da Paraíba

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DA NOTIFICAÇÃO

Tipo de Notificação: Outros

Detalhe: documento devolutivo

Justificativa: Segue o documento da instituição comprovando o fim da pesquisa

Data do Envio: 11/04/2025

Situação da Notificação: Parecer Consubstanciado Emitido

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.542.161

Apresentação da Notificação:

A presente Notificação prende-se ao fato do requerente GABRIEL INACIO DA SILVA, pesquisador responsável, ter concluído a pesquisa intitulada "ESTUDO DE CASOS E MODELOS TRIDIMENSIONAIS: TECNOLOGIA ASSISTIVA PARA INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS NO ENSINO DE QUÍMICA".

Objetivo da Notificação:

A presente Notificação tem como objetivo comunicar a conclusão do estudo e solicitar a Certidão Definitiva.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

O presente estudo cumpriu o que determina a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde, no que diz respeito aos riscos e benefícios proporcionados aos sujeitos participantes do

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 58.051-900
UF: PB **Município:** JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 **Fax:** (83)3216-7791 **E-mail:** comitedeetica@ccs.ufpb.br

CENTRO DE CIÊNCIAS DA
SAÚDE DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DA PARAÍBA -
CCS/UFPB



Continuação do Parecer: 7.542.160

mesmo.

Comentários e Considerações sobre a Notificação:

A presente notificação foi instruída levando-se em consideração ao disciplinado nas Resolução 466/12 e na Norma Operacional 001/13, ambas do Conselho Nacional de Saúde e demais legislação pertinente a matéria, em vigor.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os Termos de Apresentação Obrigatória foram anexados tempestivamente.

Recomendações:

Sem recomendações a fazer.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Tendo em vista o cumprimento de todas as formalidades éticas e legais, somos de parecer favorável a aprovação da presente Notificação, assim como a emissão da Certidão Definitiva, como requerida.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Envio de Relatório Final	relatorio_final.pdf	11/04/2025 23:48:51	GABRIEL INACIO DA SILVA	Postado

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

JOAO PESSOA, 02 de Maio de 2025

Assinado por:
Eliane Marques Duarte de Sousa
(Coordenador(a))

Endereço: Campus I / Prédio do CCS UFPB - 1º Andar
Bairro: Cidade Universitária CEP: 58.051-900
UF: PB Município: JOAO PESSOA
Telefone: (83)3216-7791 Fax: (83)3216-7791 E-mail: com/tedeetica@ccs.ufpb.br

Apêndice H - Planos de aula para aplicação do estudo de caso

Aula 1: 50 minutos

Tema central- conteúdo			
Apresentação da narrative			
Roteiro da aula			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reflexão inicial; ✓ Leitura do caso; ✓ Discussão da narrativa. 			
Objetivos	Habilidades (BNCC)	Mobilização inicial- reflexão	Desenvolvimento da aula
<p>Objetivo Geral: Compreender os impactos do garimpo e suas consequências, promovendo uma reflexão crítica e inclusiva sobre o tema.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar os impactos ambientais, sociais e econômicos do garimpo; ✓ Explorar elementos sensoriais para compreender a temática do estudo de caso; ✓ Experienciar uma aprendizagem inclusiva, utilizando recursos acessíveis. 		<p>A aula iniciará com uma reflexão sobre a relação entre o homem e o meio ambiente. Os alunos serão convidados a refletir sobre como a exploração de recursos naturais pode impactar a sociedade e o ecossistema. Perguntas como "Vocês conhecem alguma região afetada pelo garimpo?" e "Quais podem ser as consequências dessa atividade para a população local?" serão debatidas (20min).</p>	<p>Os alunos irão participar da imersão da leitura/narração do caso (10min). Posteriormente, os alunos serão submetidos a uma discussão guiada sobre a temática, compartilhando suas percepções sobre o texto lido e levantando questões sobre os impactos ambientais, sociais e econômicos do garimpo. O professor mediará o debate, estimulando a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento (20 min).</p>
Recursos: litofania.			

Referências:

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

DE SOUZA, João Carlos. A relação do homem com o meio ambiente: o que dizem as leis e as propostas de educação para o meio ambiente. **Revista Brasileira de Direito Constitucional**, v. 13, n. 1, p. 107-139, 2009.

Anexos

Anexo I

Recentemente, houveram discussões, por parte da bancada ruralista no Congresso, sobre a possível legalização do garimpo dentro de reservas extrativistas, como forma de gerar empregos e estimular o desenvolvimento econômico na região. No entanto, essa proposta levanta preocupações sobre os impactos ambientais e sociais da atividade mineradora. Os Wajãpi, por exemplo, já têm experimentado os efeitos prejudiciais do garimpo ilegal em suas terras, especificamente na contaminação de rios com mercúrio, utilizada no processo de eliminação do ouro, e no desmatamento causado pela atividade de destruição da biodiversidade local, ameaçando espécies de plantas e animais que são essenciais para a subsistência dos povos originários.

Nesse sentido, Carlos, um engenheiro químico e consultor ambiental, foi contratado, pelo Ministério do Meio Ambiente, para avaliar os impactos do garimpo ilegal na reserva e propor medidas para mitigar esses impactos. Ele está ciente dos riscos ambientais associados ao garimpo, incluindo a contaminação do solo e da água por produtos químicos tóxicos, como mercúrio e cianeto.

Luiza, representante do governo, está encarregada de elaborar políticas de gestão ambiental e regulamentação do setor de mineração na região. Ela reconhece a importância de intensificar a proteção do meio ambiente, mas enfrenta desafios para encontrar soluções que atendam às necessidades das comunidades locais e garantam a sustentabilidade.

- Carlos, estamos preocupados com a possibilidade de legalização do garimpo em nossa reserva. Sabemos dos danos que essa atividade pode causar ao nosso meio ambiente e à nossa saúde. Disse Amanajara, integrante da Wajãpi.

- Compreendo suas preocupações, Amanajara. Os impactos do garimpo ilegal podem ser devastadores, especialmente devido ao uso de produtos químicos tóxicos na extração de minérios. Precisamos encontrar maneiras de proteger esta terra e os recursos naturais! Afirma Carlos.

- Discordo veementemente da ideia de legalizar o garimpo. Os supostos benefícios econômicos não justificam os graves danos ambientais e sociais que essa atividade causa. A exploração mineral desenfreada e irresponsável resulta em desmatamento, contaminação da água e do solo, além de conflitos sociais e violações dos direitos das comunidades locais. Acrescenta Luiza.

Esse projeto tem grandes chances de ser aprovado, já que a bancada ruralista é uma das maiores e com mais força no Congresso. Assim, cabe o governo se organizar, montando equipes para orientar contra o projeto, por meio do Ministério do Meio Ambiente.

Suponha que integrará a equipe de Carlos e Luiza. Elabore documentos com informações técnicas e evidências científicas sobre os riscos ambientais e sociais associados ao garimpo, a fim de serem apresentadas e discutidas na Conferência Nacional do Meio Ambiente.

Aula 2: 50 minutos

<p>Tema central- conteúdo Consequências ambientais do garimpo</p>			
<p>Roteiro da aula</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Definição de garimpo e minérios envolvidos; ✓ Propriedades periódicas dos metais pesados; ✓ Uso do mercúrio para extração do ouro. 			
Objetivos	Habilidades (BNCC)	Mobilização inicial- reflexão	Desenvolvimento da aula
<p>Objetivo Geral: Posicionar-se criticamente acerca dos processos químicos da extração de minérios e suas consequências ambientais.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a relação das propriedades periódicas do mercúrio com suas consequências ambientais ✓ Entender as transformações químicas que permeiam a extração de minérios. 	<p>(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.</p>	<p>A aula será iniciada com a exibição de um vídeo contendo o depoimento de um indígena que relata as consequências do garimpo: https://youtu.be/cF-dN2uIpN8?si=mr22wCH4Iqu5vh8L (3min).</p>	<p>Posteriormente, serão introduzidos o conceito de garimpo e os principais minérios extraídos. No decorrer da aula, os alunos terão acesso a uma tabela periódica em 3D, destacando o grupo 12, para que seja ministrado os aspectos periódicos do mercúrio e sua influência na contaminação ambiental (30min). Após isso, abordar-se-á a contaminação do solo, provocada pelo garimpo, enfatizando os impactos ambientais que essa atividade ocasiona. Durante a aula, será discutido como o uso de mercúrio, empregado para formar amálgama com o ouro, resulta na contaminação do solo (15min).</p>
<p>Recursos: maquetes, impressão de tabela periódica, reação da formação da amálgama impressa.</p>			
<p>Referências: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. LOUREIRO, C. F. B.; AZEVEDO, F. B. Impactos ambientais da mineração no Brasil. São Paulo: EdUSP, 2018. SANTOS, G. et al. Uso do mercúrio na mineração e seus impactos ambientais. Revista Brasileira de Química Ambiental, v. 12, n. 2, p. 45-58, 2020. UNEP (United Nations Environment Programme). Global Mercury Assessment 2018. Disponível em: https://www.unep.org/resources/global-mercury-assessment-2018. Acesso em: 17 fev. 2025.</p>			

Aula 3: 50 min

Tema central- conteúdo			
Contaminação da água e paradigmas coloniais			
Roteiro da aula			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lixiviação de metais pesados; ✓ Colonialidade do Poder, Ser e Saber. 			
Objetivos	Habilidades (BNCC)	Mobilização inicial- reflexão	Desenvolvimento da aula
<p>Objetivo Geral: Refletir os aspectos gerais de como o poder, o ser e o saber eurocêntrico se reconfiguraram, sobretudo no que se refere aos povos tradicionais</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Inferir como a extração dos minérios interferem na acidificação do solo; ✓ Analisar como a exploração de recursos naturais está vinculada à colonialidade do poder e do conhecimento. 		<p>Uma breve reflexão coletiva sobre a relação histórica entre os seres humanos e a terra e os recursos naturais (5min).</p>	<p>A aula trará com uma explicação introdutória sobre o conceito de lixiviação, destacando como metais pesados contaminam solos e lençóis freáticos. Para isso, será utilizada uma apresentação oral e material tátil do solo em camadas (superfície, subsolo e aquífero) (15min).</p> <p>Em seguida, será discutido como a exploração de minerais está historicamente ligada à dominação colonial e à marginalização de povos indígenas e quilombolas (10min).</p> <p>Ao final, será ofertado a construção um modelo de solo utilizando materiais de diferentes texturas, como areia fina, argila e cascalho, permitindo que sintam as experiências com as mãos. Para representar a infiltração da água contaminada, um copo com pequenos furos na base será utilizado para simular a passagem da solução, que escorrerá lentamente por essas camadas. Conforme a descida da água, ela tocará em pequenas peças metálicas posicionadas no</p>

			fundo do recipiente, produzindo um som progressivo que indica a chegada de contaminação aos lençóis freáticos. Além disso, o líquido utilizado na simulação será levemente aquecido, possibilitando que os alunos percebam a chegada da “água contaminada” ao reservatório final através do tato (20min).
Recursos: Modelos táteis do solo (camadas de solo, subsolo e aquífero), copos com furos na base, areia fina, argila, cascalho e pequenos pedaços metálicos (para representar os contaminantes), termômetro.			
Referências: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) . Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/ . FREIRE, P. "Pedagogia do Oprimido", 1968. GUTIÉRREZ, L. et al. “A colonialidade do saber e os povos indígenas: uma análise crítica”, 2014. LIMA, L. de P. "O impacto da mineração em comunidades tradicionais", 2017. QUIJANO, A. "Colonialidade do poder, eurocentrismo e América Latina", 2005. ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p. ISBN 978-85-7780-469-6.			

Aula 4 - 50 min

Tema central- conteúdo			
Análise dos desdobramentos da narrative			
Roteiro da aula			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recapitulação da narrativa; ✓ Análise dos problemas e impactos; ✓ Análise espacial da área afetada. 			
Objetivos	Habilidades (BNCC)	Mobilização inicial- reflexão	Desenvolvimento da aula
Objetivo Geral: Analisar os desdobramentos socioambientais do garimpo em reservas extrativistas		Para iniciar este momento, será novamente abordado os principais conceitos das aulas anteriores sobre	Durante o desenvolvimento da aula, os alunos serão divididos em grupos, e cada grupo será responsável por analisar um

<p>presentes na narrativa, considerando seus impactos nas comunidades indígenas e quilombolas, e relacionando com os processos químicos e históricos já discutidos nas aulas anteriores.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaliar os principais problemas ambientais e sociais pelo garimpo ilegal e legalizado; ✓ Compreender os impactos químicos da contaminação dos solos e da água por metais pesados e outras poluentes; ✓ Interpretar mapas de relevo para entender a manipulação ambiental na região afetada. 		<p>os processos químicos e coloniais do garimpo, bem como um breve resumo da narrativa envolvendo os Wajãpi, a proposta de legalização do garimpo e os desafios enfrentados pelas comunidades locais (10min).</p>	<p>aspecto específico dos impactos do garimpo. O primeiro grupo investigará a contaminação da água e do solo por mercúrio e cianeto, produtos químicos altamente tóxicos usados na limpeza mineral. O segundo grupo analisará os impactos ambientais, como a perda da biodiversidade e o desmatamento. O terceiro grupo focará nos efeitos sociais e econômicos da mineração sobre as comunidades indígenas e quilombolas. Já o quarto grupo estudará os conflitos territoriais e a transparência dos direitos humanos associados ao garimpo. Para auxiliar na análise, serão fornecidos textos, reportagens e estudos científicos, com transcrição de áudio (20min).</p> <p>Após a análise dos impactos, os alunos trabalharão com mapas para entender melhor a manipulação ambiental causada pelo garimpo. Sendo assim, apresentar-se-á um mapa de relevo da região afetada e imagens de satélite que mostram a expansão do desmatamento e a contaminação dos rios. Os alunos serão incentivados a identificar padrões de manipulação ambiental, como a formação de crateras, o assoreamento de cursos d'água e a redução da cobertura vegetal. Além disso, serão comparados mapas de períodos diferentes para observar</p>
---	--	---	--

			como a mineração tem alterado a paisagem ao longo do tempo (15min). Em seguida, será dada as orientações para a finalização do caso (5min).
Recursos:			
Referências: BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) . Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/ . Lacerda, LD, & Salomons, W. (1998). <i>Mercúrio da mineração de ouro e prata: Uma bomba-relógio química?</i> Springer. Oliveira, SMB, & Seixas, CS (2020). <i>Impactos ambientais e sociais do garimpo na Amazônia: desafios e perspectivas</i> . Revista Brasileira de Ciências Ambientais. Santos, MC (2021). <i>Os efeitos da mineração em comunidades indígenas e quilombolas no Brasil</i> . Estudos Avançados em Ciências Sociais.			

Aula 5 – 50 min

Tema central- conteúdo			
Resolução da narrative			
Roteiro da aula			
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Divisão de grupo; ✓ Apresentação de relatórios; ✓ Debate. 			
Objetivos	Habilidades (BNCC)	Mobilização inicial- reflexão	Desenvolvimento da aula
Objetivo Geral: Conduzir uma conferência simulada para que os alunos apresentem e discutam documentos técnicos sobre os riscos ambientais e sociais do garimpo em reservas extrativistas, com base nas investigações feitas nas aulas anteriores. Objetivos específicos:		Abertura da conferência (5min)	A aula iniciará na organização dos 4 grupos da conferência (5min): Grupo 1: Cientistas e ambientalistas – apresentam os impactos químicos e ambientais do mercúrio, cianeto e desmatamento. Grupo 2: Representantes indígenas e quilombolas – defendem a proteção

<ul style="list-style-type: none"> ✓ Consolidar os conhecimentos adquiridos sobre os impactos socioambientais do garimpo, relacionando aspectos científicos, históricos e políticos; ✓ Desenvolver habilidades de argumentação e apresentação científica, defendendo propostas com base em evidências; ✓ Simular um espaço de debate democrático e técnico, considerando diferentes perspectivas e embasamentos científicos; ✓ Criar estratégias de mobilização para políticas públicas ambientais mais sustentáveis. 			<p>territorial e os direitos humanos das comunidades afetadas.</p> <p>Grupo 3: Políticos e gestores públicos – propõem estratégias de regulamentação e políticas de proteção ambiental.</p> <p>Grupo 4: Setor econômico e mineração sustentável – discute alternativas econômicas ao garimpo ilegal.</p> <p>Após isso, cada grupo terá 5 minutos para apresentar suas análises e propostas com base nos documentos técnicos modificados nas aulas anteriores.</p> <p>As apresentações podem incluir gráficos, mapas, estudos científicos e evidências sobre os impactos ambientais e sociais do garimpo (20min).</p> <p>Após as apresentações, iniciar-se-á um debate, em que os grupos podem questionar e argumentar com base nos dados discutidos. O professor atuará como mediador, garantindo que as discussões sejam fundamentadas e produtivas.</p> <p>Ao final, cada aluno votará na proposta mais viável para mitigar os impactos do garimpo na reserva extrativista (15min).</p> <p>Encerramento do caso, destacando a importância de embasar decisões ambientais em conhecimento científico e participação social. Reforça-se a necessidade de políticas públicas que equilibrem o desenvolvimento e</p>
---	--	--	---

			a preservação, respeitando os direitos das comunidades tradicionais (5min).
Recursos:			
Referências:			
<p data-bbox="73 480 185 507">Anexos:</p> <p data-bbox="1055 555 1182 582" style="text-align: center;">Anexo I</p> <p data-bbox="958 628 1256 655" style="text-align: center;"><u>Roteiro da conferência</u></p> <p data-bbox="85 667 300 694">1º: boas-vindas</p> <p data-bbox="85 703 2130 807"><i>Boa tarde a todos. Sejam bem-vindos à nossa Conferência Nacional do Meio Ambiente, onde discutiremos os impactos socioambientais do garimpo em reservas extrativistas, com foco especial nos povos indígenas e quilombolas. Nossa missão hoje é analisar, com base em evidências científicas, os riscos dessa atividade e proporcionar soluções viáveis que garantam a preservação do meio ambiente e dos direitos das comunidades afetadas.</i></p> <p data-bbox="85 817 2130 920"><i>A mineração tem sido um dos principais motores econômicos do país, mas também um dos maiores desafios ambientais. Nos últimos anos, auxiliamos ao avanço do garimpo sobre áreas protegidas, trazendo destruição florestal, contaminação de rios e ameaças diretas aos transportes tradicionais. Os povos indígenas, que há séculos protegem as florestas, são os mais afetados, tendo seus territórios invadidos e sua cultura ameaçada.</i></p> <p data-bbox="85 930 2130 994"><i>Nesta conferência, quatro grupos apresentam diferentes perspectivas sobre o tema. Ao final, discutiremos as propostas e votaremos na solução mais viável para mitigar os impactos do garimpo. Que este seja um espaço de diálogo, respeito e compromisso com a preservação do nosso planeta e com a justiça social.</i></p> <p data-bbox="85 1003 1084 1031"><i>Com isso, declaramos aberta nossa Conferência Nacional do Meio Ambiente.</i></p> <p data-bbox="85 1040 786 1067"><i>(Pausa para aplausos ou reconhecimento do público.)</i></p> <p data-bbox="85 1077 714 1104">2º: apresentação dos grupos e suas perspectivas</p> <p data-bbox="85 1114 237 1141">Mediador:</p> <p data-bbox="85 1150 2007 1177"><i>"Para garantir um debate equilibrado, dividimos os participantes em quatro grupos, cada um representando um setor fundamental nessa discussão."</i></p> <p data-bbox="85 1222 2047 1286">Grupo 1: Cientistas e ambientalistas – apresentando os impactos químicos e ecológicos do garimpo, com destaque para a contaminação por mercúrio e cianeto.</p>			

Grupo 2: Representantes indígenas e quilombolas – trarão relatos sobre a invasão de territórios, manipulação ambiental e desrespeito aos direitos humanos.

Grupo 3: Políticos e gestores públicos – discutirão as dificuldades e os desafios da regulamentação da mineração e fiscalização da fiscalização.

Grupo 4: Setor econômico e mineração sustentável – abordagem alternativas ao garimpo ilegal e propostas para um modelo de mineração menos impactante.

"Agora, convido cada grupo a apresentar suas análises e propostas."

3º Apresentação das Propostas

4º Debate e Perguntas entre os Grupos (15 min)

Mediador:

"Após essas apresentações, discutimos agora ao debate. Cada grupo pode levantar questionamentos e argumentar sobre os pontos apresentados. Vamos garantir que as falas sejam respeitadas e embasadas em evidências."

(Os grupos interagem, questionam dados e defendem suas perspectivas.)

5º Votação da Melhor Proposta

Mediador:

"Agora que discutimos amplamente os impactos e possíveis soluções para o garimpo, cada participante terá a oportunidade de votar na proposta que considere mais eficaz para mitigar os danos ambientais e sociais. Lembre-se de que a decisão deve ser baseada em conhecimentos científicos e na implementação da implementação."

(Os alunos votam e a proposta mais votada é destacada como recomendação oficial da conferência.)

6º encerramento

Mediador:

"Após intensas discussões e análises, chegamos a um consenso sobre a proposta mais viável. Independente do resultado, fica claro que essa é uma questão complexa que exige a colaboração de diferentes setores da sociedade para ser solucionada.

A mineração não pode ser debatida apenas sob a visão econômica, pois os povos indígenas e quilombolas continuam sendo os principais protetores de nossas florestas. São eles que garantem a manutenção da biodiversidade e a conservação das águas, algo que beneficia toda a humanidade. É fundamental que suas vozes sejam ouvidas e respeitadas em qualquer decisão sobre os territórios que habitam há séculos.

A ciência nos mostrou hoje que há alternativas ao garimpo predatório. O futuro do nosso meio ambiente depende da nossa capacidade de agir com responsabilidade e compromisso com as próximas gerações. Obrigado a todos pela participação, e espero que saíamos desta conferência com um olhar mais crítico e consciente sobre os desafios que enfrentamos.