

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Biológicas
Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia

Jurema da Silva Ramos de Oliveira

**IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS: uma sequência
didática investigativa em Ecologia**

Belo Horizonte

2025

Jurema da Silva Ramos de Oliveira

**IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: uma sequência
didática investigativa em Ecologia**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM
apresentado ao Mestrado Profissional em
Ensino de Biologia em Rede Nacional
PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas
da Universidade Federal de Minas Gerais,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Ensino de Biologia.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Callisto

Belo Horizonte

2025

043

Oliveira, Jurema da Silva Ramos de.

Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática investigativa em ecologia [manuscrito] / Jurema da Silva Ramos de Oliveira. – 2025.

130 f. : il. ; 29,5 cm.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Callisto de Faria Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Biológicas. PROFBIO - Mestrado Profissional em Ensino de Biologia.

1. Ensino - Biologia. 2. Pesquisa científica. 3. Protagonismo Juvenil. 4. Plano de Aula. 5. Educação ambiental. 6. Mineração. 7. Ecossistema aquático. I. Pereira, Marcos Callisto de Faria. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Biológicas. III. Título.

CDU: 372.857.01



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE BIOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM ECOLOGIA

JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **7 de novembro de 2025**, às **10:00**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Profa. Dra. Alessandra Angélica de Pádua Bueno

UFLA

Profa. Dra. Denise Maria Trombert de Oliveira

UFMG

Prof. Dr. Marcos Callisto de Faria Pereira - Orientador

UFMG

Belo Horizonte, 7 de novembro de 2025.

Alfredo Hannemann Wieloch
COORDENADOR PROFBIO-ICB/UFMG



Documento assinado eletronicamente por **Alfredo Hannemann Wieloch, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 12/11/2025, às 11:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4724344** e o código CRC **8236AA4B**.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ICB - COORDENAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE BIOLOGIA LOCAL

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO PROFISSIONAL DE ENSINO EM BIOLOGIA

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE MESTRADO DE **JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA**

DEFESA Nº. 018 ENTRADA 1º/2023

No dia **7 de novembro de 2025**, às **10:00 horas**, reuniram-se de forma híbrida presencialmente e na plataforma Meet, os componentes da Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Mestrado, indicados pelo Colegiado do PROFBIO/UFMG, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado: "**Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática investigativa em ecologia**", como requisito final para a obtenção do grau de Mestre em Ensino de Biologia, área de concentração: **Ensino de Biologia**. Abrindo a sessão, a Presidente da Comissão, após dar conhecimento aos presentes sobre as Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação oral de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Banca se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado. Foram atribuídas as seguintes indicações:

PROFESSOR EXAMINADOR	INSTITUIÇÃO	INDICAÇÃO
Prof. Dr. Marcos Callisto de Faria Pereira	UFMG	APROVADA
Profa. Dra. Denise Maria Trombert de Oliveira	UFMG	APROVADA
Profa. Dra. Alessandra Angélica de Pádua Bueno	UFLA	APROVADA

Pelas indicações, a candidata foi considerada: **aprovada**.

O resultado foi comunicado publicamente à candidata pela Presidente da Comissão, e encaminhado para a secretaria do PROFBIO BH, que disponibilizará a ata da defesa no sistema SEI. Posteriormente as assinaturas serão solicitadas, por e-mail, aos membros da banca.

A candidata foi informada que o texto final do TCM, com as alterações sugeridas pela banca, se for o caso, deverá ser entregue à Coordenação Nacional do PROFBIO, no prazo máximo de 60 dias, a contar da presente data, para que se proceda a homologação.

Belo Horizonte, 7 de novembro de 2025

Assinatura dos membros da banca examinadora:



Documento assinado eletronicamente por **Alfredo Hannemann Wieloch, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 12/11/2025, às 11:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alessandra Angélica de Pádua Bueno, Usuária Externa**, em 14/11/2025, às 14:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Callisto de Faria Pereira, Professor do Magistério Superior**, em 14/11/2025, às 16:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denise Maria Trombert de Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 15/11/2025, às 08:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 4724335 e o código CRC **BDF35779**.

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

AGRADECIMENTOS

Ao olhar para trás, venho agradecer a todos que tornaram esta conquista possível. Esta caminhada foi longa, repleta de desafios, aprendizados e oportunidades. Agradeço a Deus pelo cuidado constante ao longo da trajetória, especialmente nos momentos em que o medo de não conseguir se fazia presente e o cansaço tomava conta do semblante. Também por me permitir celebrar cada vitória em meio às etapas desafiadoras do PROFBIO.

Aos meus pais, Bárbara e Agostinho (*In memoriam*), pelo esforço e dedicação em todas as etapas dos meus estudos até chegar aqui. Cada palavra de encorajamento foi essencial para que eu refletisse e seguisse em frente. Todos os ensinamentos deixados são valiosos para minha formação pessoal e profissional. Eterna gratidão e carinho. À minha avó Naná, pelas orações e conselhos que sempre me acalmaram e fortaleceram minha confiança de que a vitória chegaria.

Ao meu querido companheiro, José Luiz, pela paciência e compreensão durante este período de dedicação ao mestrado.

Ao meu querido orientador, Prof. Marcos Callisto, que aceitou o desafio de me orientar nesta jornada e, além de referência em profissionalismo, compartilhou conhecimento, alegrias, gentileza, atenção e paciência, sendo um verdadeiro incentivador durante todo o curso. Sua orientação foi fundamental para a realização deste trabalho e para a concretização deste sonho.

Ao coordenador do PROFBIO/UFMG, Prof. Alfredo Wieloch, pelo notável desempenho à frente do programa.

Ao querido Prof. Pascoal José Gaspar Júnior, pela amizade construída desde a faculdade, pelo carinho e pelas aulas de reforço em Bioquímica, que foram fundamentais para a compreensão do conteúdo do Tema 2 do PROFBIO.

A todos os professores exemplares do PROFBIO, por compartilharem tamanha sabedoria, orientações, conhecimento e profissionalismo.

À minha amiga-irmã Lucile, pela amizade sólida, pelo apoio constante e pelo incentivo ao longo desta jornada.

À Sônia Costa, pedagoga e amiga querida, pelo imenso suporte nas atividades escolares e pela colaboração que me possibilitou conciliar o trabalho e o mestrado.

À prima Sara e à sua mãe Andrea, pelo apoio e pelo gesto carinhoso de cederem a casa para que eu pudesse usar a internet e concluir etapas de sistematização da AASA, especialmente nos momentos em que minha casa na roça não tinha estabilidade de conexão.

À Ana Lúcia Hermógenes, pela amizade, ombro amigo e orientações referentes à Plataforma Brasil, bem como pelas valiosas contribuições nas apresentações da pré-defesa e defesa do TCM.

À amiga Estelita, que além da amizade, compartilhou leituras de artigos, elaboração de cartas nos finais de semana e incentivo na fase final do mestrado.

Aos colegas da turma PROFBIO, em especial ao grupo “Meninas Superpoderosas”: Ana Lúcia Lotério, Marli, Raquel e Wane, por compartilharmos conhecimentos da área de Biologia e pela compreensão nos momentos difíceis que enfrentamos e superamos juntas.

Às Escolas Estaduais Nossa Senhora da Paz e Conselheiro Afonso Pena, bem como às suas equipes gestoras, professores e funcionários, pela parceria, apoio e disponibilidade que tornaram possível a realização da pesquisa e o desenvolvimento deste TCM.

Aos meus queridos estudantes, que me desafiam diariamente a superar dificuldades e a me reinventar no universo da Biologia. Em especial à turma que participou brilhantemente da sequência didática investigativa, colaborando com entusiasmo na pesquisa e superando todos os desafios propostos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste sonho. Muito obrigada por tudo!

RELATO DA MESTRANDA

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Mestranda: Jurema da Silva Ramos de Oliveira

Título do TCM: Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática investigativa em Ecologia

Data da defesa: 07/11/2025

O interesse pela Biologia acompanha-me desde a infância, quando passava os dias na casa de meus avós, na zona rural de Oliveira (MG). O contato com a natureza, os animais e as atividades do campo despertavam minha curiosidade e encantamento pelo ambiente natural. Durante o Ensino Fundamental, tive professoras dedicadas e inspiradoras, que tornaram a aprendizagem significativa e agradável. No Ensino Médio, uma professora de Biologia, com domínio da turma e explicações claras, consolidou minha admiração pela área ao relacionar os conteúdos ao cotidiano e compartilhar sua trajetória profissional.

Realizei a graduação em Biologia no Centro Universitário de Formiga (UNIFOR-MG), entre 2003 e 2006, em que proporcionou vivências marcantes com mestres inspiradores, ensino de qualidade e experiências práticas em laboratório. Atuei como estagiária e bolsista nos laboratórios da instituição, participei de projetos pedagógicos em parceria com escolas públicas e privadas e desenvolvi iniciação científica em entomologia. Meu orientador, que na época cursava doutorado na UFMG, foi um excelente profissional e um dos grandes incentivadores para que eu continuasse meus estudos.

Em 2007, iniciei a carreira docente em escolas públicas e privadas, no ensino fundamental e médio, e realizei especialização na Universidade Federal de Lavras (UFLA-MG). Ainda assim, mantive o desejo de aprimorar minha prática pedagógica. Conheci o PROFBIO por meio de um cartaz na sala dos professores e decidi fazer a prova apenas para conhecer o processo, mas, para minha surpresa e alegria, fui aprovada. Foi um misto de incredulidade e alegria. Vi ali meu sonho se aproximar.

Desde então, enfrentei muitos desafios, mas vivi também um período de ricas descobertas. As disciplinas, as optativas, as trocas com os colegas da Educação Básica e o aprendizado com os professores do programa foram experiências enriquecedoras. O contato com a abordagem investigativa de ensino fez de mim uma profissional renovada, com um olhar atento às necessidades dos meus alunos e dedicada a proporcionar-lhes verdadeira autonomia nas atividades escolares. Ao estimulá-los a buscar respostas na proposição de situações-problema, pude aproximar a Biologia de seu cotidiano e ajudá-los a compreender o real sentido de aprender.

Aprendizagem que não toca o coração é facilmente esquecida, enquanto as experiências afetivas são as que permanecem.

Rubem Alves

RESUMO

A abordagem investigativa no ensino de Ciências tem se consolidado como uma proposta pedagógica que valoriza a construção ativa do conhecimento, promovendo o letramento científico, a autonomia e a participação de estudantes na compreensão de fenômenos naturais ou de consequências de atividades humanas sobre os ecossistemas e sua biodiversidade. Esta pesquisa propôs uma Sequência Didática Investigativa (SDI) que relaciona os impactos de mineração em ecossistemas aquáticos de forma transdisciplinar, incentivando a reflexão a partir da articulação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Para contextualizar a problemática, os estudantes participaram de uma atividade em campo realizada em um sítio amostral próximo à região de mineração o que fomentou investigar os efeitos ambientais decorrentes dessa atividade antrópica. Ressalta-se que os ecossistemas aquáticos apresentam função de manutenção de equilíbrio ambiental ao fornecer recursos naturais, regular o clima e sustentar diversidade de espécies. Além de sua importância ecológica de influenciar a qualidade da água e o bem-estar de populações humanas, os ecossistemas aquáticos estão integrados ao ciclo hidrológico e oferecem importantes serviços ecossistêmicos à humanidade. Diante disso, os objetivos da pesquisa foram discutir os impactos da mineração na qualidade da água, por meio de uma abordagem investigativa de ensino com estudantes do Ensino Médio da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, bem como estimular a participação ativa desses estudantes em todas as etapas da abordagem investigativa de ensino. Os estudantes foram incentivados a formular perguntas, levantar hipóteses, realizar coletas de dados e análises de informações ecológicas em um riacho próximo à comunidade escolar, discutir as consequências da mineração e propor medidas mitigadoras aos impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. A metodologia adotada apresentou abordagem qualitativa de campo caracterizada como pesquisa-ação. A SDI foi estruturada com base na literatura sobre ciclo investigativo. Nesse sentido, os dados coletados foram analisados qualitativa e quantitativamente, considerando registros escritos, falas e observações realizadas durante a SDI. Os resultados obtidos evidenciaram que a proposta de ensino-aprendizagem atingiu os objetivos propostos, envolvendo ativamente os estudantes na construção de conhecimentos integradores em Ecologia. Assim, o envolvimento dos estudantes na investigação favoreceu o desenvolvimento de pensamento crítico, de autonomia e competências científicas vinculadas a situações concretas do cotidiano escolar. Além disso, foi elaborado um livro eletrônico como recurso educacional para auxiliar professores da Educação Básica no desenvolvimento do tema de Ecologia a partir da abordagem investigativa de ensino, com atividades que estimulam o letramento científico bem como os impactos da mineração, e incentivar a reflexão crítica sobre questões socioambientais. Logo, constatou-se que a SDI contribuiu para a consolidação de novos conhecimentos e competências pelos estudantes, além de demonstrar potencial para ser utilizada como material pedagógico no Ensino Médio, fortalecendo sua formação científica e ambiental.

Palavras-chave: abordagem investigativa de ensino; educação ambiental; mineração; ecossistemas aquáticos; sequência didática investigativa.

ABSTRACT

The approach to science teaching is consolidated as a pedagogical proposal that values the active construction of knowledge, promoting scientific literacy, student autonomy and participation in understanding natural phenomena or the consequences of human activities on ecosystems and their biodiversity. This research developed a Instructional Sequence (IS) that explores the impacts of mining on aquatic ecosystems in a transdisciplinary manner, encouraging reflection through the articulation between Science, Technology, Society, and Environment (STSE). To contextualize the problem, students participated in a field activity at a site near a mining region, allowing them to investigate the environmental effects of this anthropogenic activity. Aquatic ecosystems play a crucial role in maintaining ecological balance by providing natural resources, regulating the climate, and sustaining species diversity. In addition to their environmental importance and influence on water quality and the well-being of human populations, aquatic ecosystems are integrated into the hydrological cycle and offer essential ecosystem services to humanity. In this context, the research objectives were then applied to students from the second year of high school at Conselheiro Afonso Pena, a public school in Brazil, addressing the impacts of mining on water quality, as well as encouraging the active participation of students in all stages of the process. The students were encouraged to formulate questions, raise hypotheses, collect data, and analyze ecological information in a stream close to the school community. They were also tasked with discussing the consequences of mining and proposing measures to mitigate environmental impacts on aquatic ecosystems. The methodology adopted was a qualitative field approach characterized as action research. The study was structured based on the investigative cycle. The data collected was analyzed qualitatively and quantitatively, taking into account written records, speeches, and observations made during the process. The results obtained showed that the proposal achieved the intended objectives, actively involving the students in the construction of integrative knowledge in Ecology. Thus, the students' involvement in the research encouraged the development of critical thinking, autonomy, and scientific skills linked to concrete situations in everyday school life. Furthermore, an e-book was developed as an educational resource to assist Basic Education teachers in teaching Ecology through an inquiry-based approach. It is concluded that the IS contributed to the consolidation of new knowledge and skills, showing great potential as pedagogical material for high school to strengthen scientific and environmental education.

Keywords: inquiry teaching; environmental education; mining; aquatic ecosystem; instructional sequence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba.	28
Figura 2 -- Minas ativas na região sudeste..	30
Figura 3 - Localização de São Joaquim de Bicas, sítio amostral e Betim, regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Minas Gerais..	32
Figura 4 - Distância entre a escola e a mineradora Morro do Ipê..	33
Figura 5 - Etapas do ciclo investigativo - cinco fases da investigação..	34
Figura 6 - Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos.	35
Figura 7 - Etapas da SDI..	36
Figura 8 – Cronologia da SDI.	37
Figura 9 - Reportagens disponibilizadas aos estudantes.	39
Figura 10 - Definição de funções para os estudantes dentro dos grupos.....	40
Figura 11 - Quadro de avaliação qualitativa empregado pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI, considerando aspectos formativos, níveis de desempenho e a conversão dos indicadores qualitativos em nota.	44
Figura 12 - Quadro de avaliação qualitativa dos mapas conceituais, utilizado exclusivamente pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI.	45
Figura 13 - Funções atribuídas aos estudantes.	47
Figura 14 - Transcrição das hipóteses dos grupos.....	48
Figura 15 - Imagens registradas por estudantes durante o trajeto ao sítio amostral - área de mineração, pastagem e residências.	49
Figura 16 - Fase de exploração – coleta de dados.	49
Figura 17 - Fase de experimentação e interação entre estudantes e estudantes e professora-pesquisadora...	50
Figura 18 - Fase de experimentação: coleta de peixes e macroinvertebrados bentônicos no ponto 1... ..	52
Figura 19 - Coleta de amostras de macroinvertebrados bentônicos e registros no DC no ponto 2..	53
Figura 20 - Consolidação de argumentos finais.	55
Figura 21 - Apresentação realizada por estudantes do G1..	57
Figura 22 - Macroinvertebrados bentônicos: (A) Odonata (libélula), (B) Heteroptera e (C) Chironomidae (Diptera).....	58

Figura 23 - Apresentação realizada por estudantes do G2: invertebrados aquáticos encontrados no sítio amostral e sua importância no ecossistema..	59
Figura 24 - Resultados apresentados por estudantes do G2..	60
Figura 25 - Conclusão do G2 após análise bibliográfica e discussão.....	61
Figura 26 - Resultados apresentados por estudantes do G3..	61
Figura 27 - Mineradora Morro do Ipê.	63
Figura 28 - Produção final do G4: conclusão e diário de campo.	64
Figura 29 - Classificação dos ecossistemas aquáticos.....	64
Figura 30 - Comparação de amostras de solo e água. (A) prática extraclasse de sedimentação e (B) uso de ímãs.	66
Figura 31 - Experimentos realizados pelo G6 – (A) teste de sedimentação e (B) identificação de minerais no solo.	67
Figura 32 - Relação entre indicadores qualitativos dos grupos e pontuação na SDI conforme percepção da professora-pesquisadora.	68
Figura 33 - Avaliação dos grupos e pontuação da SDI conforme análise da professora-pesquisadora.	69
Figura 34 – Mapa mental produzido por estudante.	73
Figura 35 - Mapa conceitual produzido por estudante como síntese final da SDI.....	74

LISTA DE SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CFEM	Compensação Financeira pela Exploração Mineral
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DC	Diário de campo
EECAP	Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena
EENSP	Escola Estadual Nossa Senhora da Paz
EnCI	Ensino de Ciências por Investigação
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
G3	Grupo 3
G4	Grupo 4
G5	Grupo 5
G6	Grupo 6
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
MC	Mapas conceituais
SDI	Sequência Didática Investigativa
TALE	Termo de Assentimento Livre e Esclarecido
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCM	Trabalho de Conclusão de Mestrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	19
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo geral.....	22
2.2	Objetivos específicos.....	22
3	REFERENCIAL TEÓRICO	23
3.1	A Biologia sob a perspectiva da abordagem investigativa de ensino	23
3.2	Argumentação científica	25
3.3	Ecologia de ecossistemas aquáticos	26
3.4	Bacia hidrográfica do rio Paraopeba.....	27
3.5	Mineração.....	29
4	METODOLOGIA.....	32
4.1	Caracterização do sítio amostral e participantes.....	32
4.2	Procedimentos éticos	33
4.3	Instrumentos e elaboração da SDI	34
4.4	Procedimentos de análise de dados	38
4.5	Aula 1 - Orientação.....	39
4.6	Aula 2 – Conceitualização	40
4.7	Aula 3 – Investigação.....	41
4.7.1	Aula extraclasse	42
4.8	Aula 4 – Discussão e conclusão	43
4.9	Aula 5 – Discussão, reflexão e comunicação.....	43
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1	Etapa de Orientação.....	46
5.2	Etapa de Conceitualização.....	46
5.3	Etapa de Investigação.....	48
5.3.1	Aula Extraclasse	53
5.4	Conclusão	54
5.5	Comunicação e Reflexão	55
5.6	Análise da Construção de Mapas Conceituais e a Dinâmica do Trabalho em Equipe.....	68
5.7	Aula de Campo.....	69
5.8	Diário de Campo.....	71
5.9	Mapa Conceitual e Avaliação de grupos	72
6	PRODUTOS FINAIS	75
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
	REFERÊNCIAS.....	77
	APENDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido	89
	APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	93
	APÊNDICE C – Carta de Anuência	98
	APÊNDICE D – Carta de Anuência	99
	APÊNDICE E – AUTORIZAÇÃO PARA AULA DE CAMPO	100
	APÊNDICE F – Livreto como Recurso Educacional	101
	ANEXO A – Comprovante de Aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa	126

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Ensino de Ciências por investigação é pautado pelo uso de estratégias didáticas que buscam envolver ativamente os alunos em sua aprendizagem. A construção do conhecimento pelos estudantes é favorecida quando os professores propõem questões instigantes e desafiadoras, capazes de mobilizar a curiosidade e o raciocínio científico. Nesse contexto, a resolução de problemas requer a compreensão dos diferentes modos de operação da metodologia científica, favorecendo, assim, um processo de enculturação (Carvalho, 2006).

A enculturação científica, por sua vez, constitui-se como uma das metas centrais da abordagem investigativa de ensino de Ciências, ao propor que o processo educativo vá além da simples transmissão de conteúdos. Essa perspectiva valoriza a vivência de experiências que incorporem o modo de pensar e agir da ciência, promovendo o envolvimento dos alunos em práticas que aproximam o contexto escolar do científico. Conforme defendem Carvalho e Capecchi (2006), aprender ciência implica participar de uma cultura científica, na qual o estudante é convidado a investigar, formular hipóteses, argumentar e refletir criticamente sobre os fenômenos naturais, aproximando-se da prática dos cientistas.

Para Roth (1999), a enculturação científica representa a inserção do indivíduo na cultura das práticas e dos discursos científicos, possibilitando-lhe compreender os valores, métodos e linguagens próprios desse campo do conhecimento. Nessa mesma direção, Sutton (1998) complementa ao afirmar que a aprendizagem científica pode ser compreendida como uma forma de alfabetização, que capacita o sujeito a interpretar e utilizar a ciência de maneira crítica e consciente em seu cotidiano.

Dessa maneira, o ensino por investigação é entendido como uma abordagem didática, pois evidencia a função do professor como proponente de problemas, orientador de análises e incentivador de discussões, independentemente da atividade didática proposta (Sasseron, 2015).

Nesse processo é importante promover que o estudante compreenda que o procedimento científico vai além do fazer experimentos ou descobrir coisas (Sutton, 2003). Assim, o ensino investigativo não se restringe a realizar experimentos e vai além do resultado encontrado, pois envolve a observação, interação com os pares e comunicação de ideias para que realmente aconteça o aprendizado participativo e ativo. Além disso, essa abordagem permite que os estudantes vivenciem aspectos fundamentais da prática científica, como a formulação de hipóteses, a análise crítica de dados, a construção de inferências e a socialização de resultados, (Munford e Lima, 2007).

Portanto, são necessárias oportunidades e demandas para que os estudantes possam falar, ouvir, discordar e se posicionar diante de situações que ocorrem no seu cotidiano. Isso favorece a construção e assimilação do entendimento individual em relação aos conteúdos de Ciências e Biologia na escola. Para Sasseron (2015) ao se trazer a investigação para a sala de aula, é importante não oferecer apenas condições para que os estudantes resolvam problemas e busquem relações causais entre variáveis. É necessário explicar o fenômeno em observação a partir do uso de raciocínios do tipo hipotético-dedutivo. Adicionalmente é necessário ir além, possibilitando a mudança conceitual, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias, bem como a construção de modelos.

Para entender a abordagem investigativa de ensino, é importante reconhecer as diferentes definições na literatura internacional. Chinn e Malhortra (2002) descrevem o ensino por investigação como aquele que mais se aproxima das atividades realizadas por cientistas em suas práticas profissionais. Em contrapartida, Azevedo (2004), Borges (2002), Gil-Pérez e Valdés Castro (1996), Pérez e Castro (1996) e Tamir (1990) veem a abordagem de ensino por investigação como um tipo específico de trabalho prático realizado nas aulas de Ciências. Além disso, há quem considere as atividades investigativas em sala de aula como uma forma de resolução de problemas, em que os estudantes recebem variados níveis de autonomia e são confrontados com questões para as quais não existem soluções óbvias ou pré-conhecidas (Gott e Duggan, 1995).

Diante disso, é importante incluir sequências didáticas em educação ambiental que proponham discussões de problemas de Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), buscando integrar os conteúdos de Ecologia e o processo criativo para a construção do conhecimento por estudantes. Nesse sentido, o ensino por investigação pode ser entendido como facilitador de enculturação científica, do desenvolvimento de competências e habilidades da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), além das relações CTSA (Ricardo, 2007).

Uma maneira de desenvolver o Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) em sala de aula é utilizar o ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015) que sugere etapas de investigação conectadas com o propósito de auxiliar o professor no planejamento e na aplicação de atividades ou SDI. Neste Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM), o objetivo foi utilizar a abordagem investigativa de ensino em Ecologia para abordar os impactos de mineração em ecossistemas aquáticos. A escolha do tema mineração ocorreu devido à proximidade da escola com a mineradora Morro do Ipê, bem como à curiosidade demonstrada pelos estudantes em relação aos efeitos dessa atividade no meio ambiente.

Diante desse contexto, foi abordado o seguinte problema de pesquisa: “Como atividades de mineração podem potencialmente impactar ecossistemas aquáticos apesar de ser uma prática importante para o setor econômico de São Joaquim de Bicas?” O desenvolvimento da pesquisa possibilitou discutir e sensibilizar os estudantes frente aos desafios ecológicos decorrentes das atividades minerárias na bacia do rio Paraopeba, importante afluente da bacia do rio São Francisco.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Discutir impactos de mineração na qualidade de água por meio de uma abordagem investigativa de ensino com estudantes de Ensino Médio.

2.2 Objetivos específicos

- Fomentar a participação ativa dos estudantes na avaliação da qualidade da água em riacho próximo à comunidade escolar, a partir da proposição de perguntas e hipóteses a serem testadas.
- Promover a discussão entre os estudantes sobre as consequências da mineração e a proposição de medidas mitigadoras aos impactos em ecossistemas aquáticos, considerando os resultados e conclusões de sua própria pesquisa.
- Incentivar os estudantes a identificar as principais consequências da mineração em ecossistemas aquáticos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A Biologia sob a perspectiva da abordagem investigativa de ensino

As especificidades das Ciências Biológicas são fundamentais na composição das atividades de investigação em sala de aula, pois são elas que permitem aos estudantes a aproximação da construção de conceitos e práticas dessa área das Ciências Naturais. Apedoe (2007) ressalta que as atividades de investigação na escola não são livres de contexto, uma vez que as disciplinas acadêmicas têm sua própria linguagem, suas teorias e metodologias para a condução de investigação. As questões investigadas pelos estudantes, os dados obtidos, o que conta como evidência, o tipo e a estrutura das explicações formuladas, tudo é influenciado pela disciplina específica, isto é, a área da ciência na qual os estudantes estão realizando as atividades de investigação.

Considera-se que uma das características mais marcantes da cultura científica é sua linguagem. Assim, o acesso à linguagem científica é também o estabelecimento de relações com a natureza da ciência. Para Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), aprender ciências envolve um processo de natureza epistemológica, de apropriação de práticas associadas à produção, à comunicação e à avaliação do conhecimento. Kelly e Takao (2003) consideram que as práticas relacionadas à natureza da ciência são formas específicas de a comunidade científica propor, avaliar e legitimar afirmações teóricas a partir de padrões estruturados praticados por essa comunidade.

Para Sutton (2003), os estudantes deveriam compreender que o procedimento científico vai além do fazer experimentos ou descobrir coisas. Eles deveriam aprender durante as aulas de Ciências, de forma aproximada ao que ocorre na ciência, que a observação de fenômenos não basta. É necessário desenvolver a linguagem científica para discutir suas observações com seus pares, apresentar suas ideias à comunidade por meio de evidências, persuadindo a si mesmo e aos outros de que certas evidências são importantes.

Autores como Lemke (1990) sugerem que o ensino de Ciências deve estar fundamentado na forma de raciocinar e na linguagem utilizada pela comunidade científica. A linguagem pode ser vista como produto do pensamento ou como ferramenta para a compreensão de conceitos (Flôr; Cassiani, 2011). As competências científicas estão sendo amplamente investigadas na educação em Ciências. Além disso, vários programas educacionais oficiais de muitos países trazem recomendações nesse sentido, inclusive no Brasil. No caso brasileiro, a

matriz de referência do Novo Enem preconiza o uso de argumentos como uma das competências que deve ser avaliada (Teixeira, 2009).

A competência argumentativa pode ser interpretada de várias formas. Na área das ciências, a argumentação pode ser definida como a capacidade de se colocar em prática, de forma integrada, os saberes conceituais e procedimentais e a aplicação do que se aprendeu em novos contextos (Bravo *et al.*, 2009). Pode-se definir a argumentação sobre questões científicas, segundo as mesmas autoras, como a validação de uma afirmação – enunciado ou conclusão – a partir das evidências disponíveis, o que requer, então, uma coordenação lógica entre os dados e as conclusões (Jiménez-Aleixandre; Erduran, 2008).

Segundo a investigação feita por Tavares e colaboradores (2010), a argumentação oral desenvolvida pelos estudantes requer a articulação entre as noções científicas sobre evolução biológica com as práticas argumentativas, de forma a coordenar as evidências com as afirmações em níveis epistêmicos diferentes. A influência das estratégias do professor são fundamentais para que essa construção possa ser realizada pelos estudantes (Mcneil; Pimentel, 2009).

Chinn e Malhortra (2002) sugerem que para desenvolver competências científicas reais, as atividades investigativas nas escolas precisam ir além do modelo simples e ritualístico, buscando aproximar-se mais das práticas autênticas da Ciência. Por sua vez, Gott e Duggan (1995) consideram as atividades investigativas em sala de aula como um tipo de solução de problemas que apresenta aos estudantes um variado grau de autonomia e os confronta com perguntas para as quais não existem soluções óbvias ou previamente conhecidas.

Além disso, os pesquisadores Grandy e Duschl (2007) acentuam a importância do ambiente crítico no desenvolvimento dos conhecimentos científicos, tornando-o uma construção importante do Ensino de Ciências, que propõe não apenas experimentação, mas também a análise, a reflexão sobre os conceitos e os processos constitutivos do conhecimento.

Neste contexto, é de suma importância a elaboração de currículos e/ou projetos em Ensino de Ciências que devem ser estruturados de modo a possibilitar o engajamento reflexivo de jovens estudantes em assuntos científicos que sejam de seu interesse e preocupação (Jenkins, 1999). Assim, os estudantes têm função ativa na construção do seu próprio conhecimento em Ciências.

Nesse sentido, na sala de aula a investigação deve ser capaz de fornecer oportunidades para que os alunos possam: resolver problemas, relacionar causas e consequências de variáveis e explicar observações a partir de um raciocínio hipotético-dedutivo. Para tanto, é necessário

promover uma mudança conceitual inicial que estimule o desenvolvimento de ideias baseadas em leis e teorias, contribuindo para a construção de modelos científicos (Sasseron, 2015).

3.2 Argumentação científica

É importante destacar o aspecto da argumentação e a comunicação para compreensão dos domínios epistêmico, social e conceitual. Com isso, os domínios epistêmico e social passarão a atuar como um par, isso porque a discussão e argumentação entre alunos-professor e aluno-aluno promoverão uma articulação que favorece a implementação da abordagem investigativa. Diante disso, os conceitos da Ciência e sua Natureza e a interação social, que qualifica o conhecimento epistêmico, promoverão a interação com os pares e na comunicação de ideias para que a investigação aconteça (Franco e Munford, 2020). Assim, a argumentação permeia por um conhecimento repertório no qual o estudante precisa desenvolver habilidades para assimilar o entendimento sobre o assunto abordado naquele momento.

Segundo Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008), a argumentação quando se trata da aplicação de uma SDI enfatiza o uso de evidências para comprovar as hipóteses levantadas. Essa relação entre argumentar e utilizar evidências gera implicações relevantes para a educação científica, pois quando houver discordâncias sobre explicações ou resultados, os estudantes usam evidências para sustentar suas hipóteses. A ideia por trás da argumentação é promover a alfabetização científica, e baseia-se em três eixos estruturantes, i) compreensão de termos e conceitos científicos; ii) entendimento da natureza da ciência e dos processos de produção científica e iii) compreensão de relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Carvalho, 2008; Sasseron, 2011). Em vista disso, a argumentação promove oportunizar momentos de diálogo, nos quais os estudantes precisam formular argumentos para defenderem a plausibilidade de suas ideias, faz com que haja o desenvolvimento da comunicação. E para Ramos (2012), comunicação e argumentação são imprescindíveis para a convivência em uma sociedade democrática.

Esse posicionamento é ratificado por Demo (2011), quando defende que essa estratégia da abordagem investigativa de ensino favorece o desenvolvimento de um estudante crítico e de um cidadão politizado e ativo. Para além desse conjunto de habilidades, que são necessárias para o desenvolvimento da cidadania, entende-se que a investigação favorece a formação de um sujeito alfabetizado cientificamente, uma vez que os estudantes terão oportunidade de desenvolver os três eixos preponderante na alfabetização explicitados anteriormente (Miller, 1983; Sasseron e Carvalho, 2011).

Nesse contexto, é importante destacar que a aplicação de uma sequência didática baseada em uma abordagem investigativa de ensino pode variar conforme o autor, embora o objetivo principal permaneça o mesmo. De acordo com Franco (2021), a abordagem investigativa no ensino de Ciências da Natureza e Biologia visa engajar os estudantes em práticas que promovam a construção do conhecimento científico.

3.3 Ecologia de ecossistemas aquáticos

A importância de estudar Ecologia no Ensino Médio está intrinsecamente ligada às competências gerais e específicas delineadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018, p. 553). Segundo Odum (1953), um dos ecólogos mais influentes do século XX, a Ecologia é definida como o estudo das relações entre os organismos, ou grupos de organismos, e seu ambiente, ou ainda, como a ciência das inter-relações que conectam os organismos vivos ao seu entorno. Este campo de estudo oferece um contexto variável para o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais à BNCC. Além disso, o detalhamento do conteúdo no Plano de Curso do Currículo Referência de Minas Gerais (Minas Gerais, 2025, p. 8), visa integrar o conhecimento científico à formação dos estudantes.

Nessa lógica, o ensino de Ecologia na Educação Básica enfrenta desafios significativos, especialmente devido à maneira fragmentada e desarticulada com que os conceitos são apresentados nos livros didáticos (Gambarini e Bastos, 2006). Compreender a Ecologia, portanto, requer mais do que apenas o conhecimento de conceitos isolados; é necessário articular esses conceitos para entender as complexas interações entre os seres vivos, o ambiente e o funcionamento dos diversos ecossistemas do planeta.

Diante disso, a função do professor é fundamental. O docente deve ir além do simples ato de ministrar aulas, atuando como um orientador que promove a articulação dos diferentes conceitos e conduz os alunos a perceberem as relações entre os fenômenos (Carvalho e Gil-Pérez, 1993). Essa função se torna ainda mais importante ao considerar que, apesar de a Ecologia não ser um tema novo nos currículos de Ciências e Biologia, seu ensino muitas vezes é inadequado. Silva (2012) alerta que o ensino de Ecologia frequentemente se baseia em livros didáticos que apresentam concepções errôneas ou incompletas, focando apenas em problemas ambientais e suprimindo outros aspectos fundamentais da ecologia, como o estudo de organismos bentônicos como indicadores de qualidade em ecossistemas aquáticos.

Nesse sentido, os macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o substrato de fundo (sedimento, macrófitas, algas filamentosas, galhos, entre outros substratos

naturais e artificiais) de habitats aquáticos, durante pelo menos parte de seu ciclo de vida (Rosenberg e Resh, 1993). Essa comunidade de animais abrange todos os tipos de ambientes aquáticos continentais e é composta por larvas de insetos, moluscos, crustáceos, anelídeos e muitos outros grupos. Portanto, é importante que o ensino de ecologia nas escolas promova uma compreensão correta dos seus princípios básicos e fundamentações teóricas (Silva, 2012).

Segundo França e Callisto (2019), a Ecologia Aquática é a abordagem ecológica que abrange, especialmente, os conceitos, hipóteses e teorias referentes aos ecossistemas aquáticos. Esses ecossistemas são caracterizados por conter água em sua constituição, incluindo mares, oceanos, estuários, córregos, rios, lagos, pântanos, fontes naturais de água quente, geleiras, minas ou afloramentos de água, além de todos os organismos que neles habitam. Nesta pesquisa, a abordagem está ligada ao ecossistema de água doce e suas relações com os problemas decorrentes da ação antrópica. Por sua vez, os ecossistemas de água doce são estudados pela Limnologia, uma subárea da ciência ecológica que abrange lagos, lagoas, riachos, rios e águas subterrâneas, que se diferenciam entre si.

Diante desse cenário, uma abordagem ambiental reflexiva no ensino de Ecologia busca promover uma sociedade mais sustentável. É fundamental que os estudantes compreendam que o ser humano está inserido e compartilha o planeta Terra com outros organismos, estando todos interconectados e inter-relacionados. Ao integrar esses conteúdos ao currículo escolar, os estudantes são incentivados a refletir sobre valores e atitudes em relação ao meio ambiente (Silva, 2012).

3.4 Bacia hidrográfica do rio Paraopeba

Uma bacia hidrográfica pode ser entendida como um recorte geográfico da paisagem drenado por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para alimentar o lençol freático e aflorar em nascentes (Barrella, 2001). Tucci (1993, 1999) descreve a bacia hidrográfica como uma região naturalmente formada para captar a água da precipitação, direcionando os fluxos para um único ponto de saída, conhecido como exutório. Essa delimitação é realizada a partir de uma seção de rio que define a bacia hidrográfica. Tundisi *et al.* (1988, p.314-315) apresentam uma abordagem complementar sobre sua definição como

uma unidade importante na investigação científica, treinamento e uso integrado de informações para demonstração, experimentação, observação em trabalho real de campo. Uma bacia pode ser utilizada como laboratório natural em que a contínua e reforçada atividade estimula o desenvolvimento de interfaces e aumenta progressivamente a compreensão de processos e fenômenos de uma forma globalizada e não compartimentalizada.

A bacia do rio Paraopeba localiza-se na região do Quadrilátero Ferrífero, uma das mais importantes áreas minerais do mundo, situada no estado de Minas Gerais, conforme aponta a Figura 1.

Figura 1 - Caracterização da Bacia Hidrográfica do rio Paraopeba.
Fonte: Elaborado pela autora conforme dados disponibilizados em <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/cbh-do-rio-paraopeba-sf3-minas-gerais/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

Características	Informações
Área da Bacia	12.054,25 km ² (5,14% do território da bacia do Rio São Francisco)
Localização da Nascente	Município de Cristiano Ottoni (MG)
Localização da Foz	Represa de Três Marias, município de Felixlândia (MG)
Principais Rios	Paraopeba , Águas Claras, Macaúbas, Betim, Camapuã e Manso
Número de Municípios Abrangidos	48 municípios (35 com sede na bacia)
Municípios com sede na bacia do rio São Francisco (35)	Belo Vale, Betim, Bonfim, Brumadinho, Cachoeira da Prata, Caetanópolis, Casa Grande, Congonhas, Conselheiro Lafaiete, Contagem, Cristiano Ottoni, Crucilândia, Curvelo, Desterro de Entre Rios, Entre Rios de Minas, Esmeraldas, Felixlândia, Florestal, Fortuna de Minas, Ibirité, Igarapé, Inhaúma, Itatiaiuçu, Itaúna, Itaverava, Jeceaba, Juatuba, Lagoa Dourada, Maravilhas, Mario Campos, Mateus Leme, Moeda, Ouro Branco, Pará de Minas, Paraopeba
Municípios que fazem parte da área de abrangência da bacia do rio São Francisco (13)	Ouro Preto, Papagaios, Pequi, Piedade dos Gerais, Pompéu, Queluzito, Rezende Costa, Rio Manso, São Brás do Suaçuí, São Joaquim de Bicas, São Joaquim de Bicas, São José da Varginha, Sarzedo
População Total	1.318.885 habitantes
População Urbana	1.226.625 habitantes
População Rural	92.260 habitantes
Densidade Populacional	93,24 hab./km ²

Nesse contexto, a bacia hidrográfica do rio Paraopeba sofre intensas transformações devido a pressões antrópicas incluindo o crescimento urbano desordenado e atividades de agropecuária e mineração. Essas atividades têm provocado desmatamento e aumento da erosão, fragmentação de ecossistemas que resulta na perda de habitats naturais, poluição das águas, emissão de gases de efeito estufa e conflitos pelo uso de recursos naturais. A agropecuária, por sua predominância, é a principal responsável pelo desmatamento, enquanto a mineração, embora menos extensa, também contribua para a degradação ambiental impactando solo, água

e ar. De acordo com o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, (BRASIL, 2021):

Os municípios citados fazem parte da área de abrangência da bacia do rio São Francisco, mas suas sedes estão fora dos limites da bacia hidrográfica. Isso significa que parte do território desses municípios está dentro da bacia, podendo incluir áreas rurais, distritos ou regiões que contribuem de alguma maneira para o sistema hídrico, mas suas sedes administrativas estão localizadas fora da região diretamente influenciada pela bacia. Portanto, podem influenciar na qualidade e disponibilidade dos recursos hídricos da região. Isso inclui: uso do solo, política de conservação, captação e abastecimento. Baseado em: Projeto: Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco nos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe – Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional.

Considerando a relevância da bacia hidrográfica do rio Paraopeba, o estudo de seus aspectos no Componente Curricular de Biologia busca compreender os impactos ambientais sobre os ecossistemas aquático, a biodiversidade local e as interações entre os seres vivos e o ambiente. Essa proposta constitui o eixo central da SDI, que integra os conceitos da BNCC e a alfabetização científica ao repertório dos estudantes, articulando-os com os problemas socioambientais da região.

3.5 Mineração

Segundo dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), o setor mineral brasileiro faturou R\$ 270,8 bilhões em 2024, o que representa aumento de 9,1% em relação ao ano anterior (CNN Money, 2025). Esse desempenho reforça o papel significativo da mineração na economia nacional bem como no município de São Joaquim de Bicas, Minas Gerais. No entanto, apesar de sua relevância econômica, a atividade mineradora também se configura como uma das principais fontes de impactos ambientais e sociais, afetando ecossistemas e populações locais.

Conforme descrito por Barbosa e Rodrigues (1967), o estado de Minas Gerais se destaca na exploração de minérios no Quadrilátero Ferrífero, uma região geológica do Pré-Cambriano caracterizada por estruturas elevadas em seus quatro lados devido à erosão diferencial. Com uma extensão aproximada de 7.000 km², o Quadrilátero Ferrífero tem como principais minérios o ouro, o manganês e o ferro, sendo responsável por 60% da produção total de minério de ferro no Brasil (JAZIDA, 2025) conforme Figura 2.

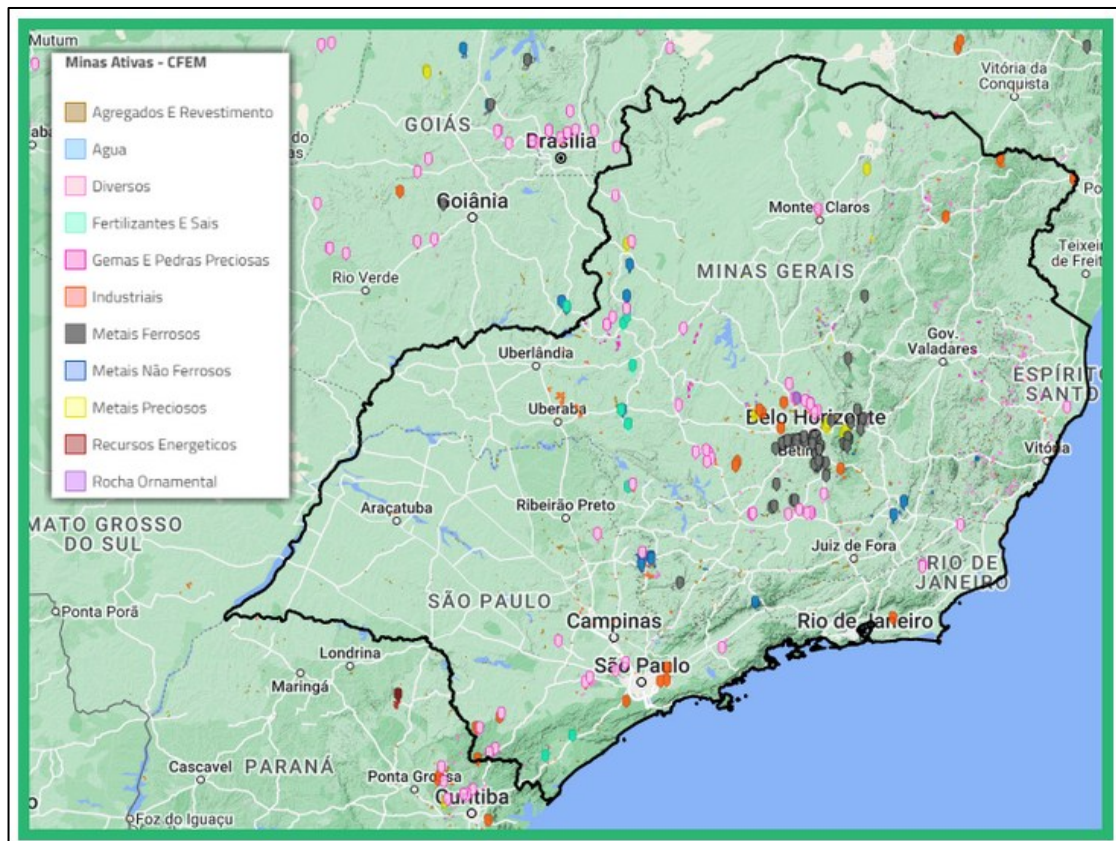


Figura 2 -- Minas ativas na região sudeste. Fonte: <https://blog.jazida.com/quais-os-principais-locais-de-mineracao-no-brasil/#:~:text=Esta%20regi%C3%A3o%20abriga%20a%20maior,%252C%20n%C3%ADquel%25> Acesso em: 05 mai. 2025.

A Mineradora Morro do Ipê é responsável pela gestão das minas Ipê e Tico-Tico, além das unidades de processamento de minério de ferro localizadas na região de Serra Azul, que abrange os municípios de Brumadinho, São Joaquim de Bicas e Igarapé, em Minas Gerais. Atualmente, a empresa realiza a extração de minério de ferro na Mina Tico-Tico. A partir de 2024, a operação foi ampliada para incluir também a produção de *Pellet Feed*, um produto com 65,0% de teor de ferro (Fe) e 5,0% de sílica (SiO_2), conhecido como minério verde. Mais fino, mais rico em ferro e com baixos níveis de impurezas, esse material é utilizado na fabricação de pelotas de minério de ferro. Quando empregado nos processos de redução direta na siderurgia, o *Pellet Feed* contribui para uma redução de até 50% nas emissões de carbono, permitindo que a mineradora amplie suas atividades e alcance maior eficiência ambiental e produtiva (EXAME, 2024).

Nessa perspectiva, a Mineradora Morro do Ipê lançou o primeiro Relatório de Sustentabilidade (2023) em abrangência ao tema ESG (sigla “*Environmental, Social, and*

Governance”) que, traduzindo, significa “Ambiental, Social e Governança”, e representa um conjunto de práticas e diretrizes que orientam a atuação da empresa de maneira sustentável, ética e socialmente responsável (IBRAM, 2024).

Além disso, a Mineradora emitiu um relatório de Demonstrações Financeiras vigência 2024 o qual corrobora a importância econômica para o município de São Joaquim de Bicas, Minas Gerais (IPÊ MINERAÇÃO, 2024). Ademais, o site *Diário do Comércio* disponibilizou informações relacionadas ao mais recente investimento da Mineradora Morro do Ipê, a qual destinará R\$ 200 milhões para a descaracterização de barragens do seu complexo minerário, situado entre Brumadinho, São Joaquim de Bicas e Igarapé, na Serra Azul. As três estruturas de rejeitos já estão desativadas e permanecem em condição estável (DIÁRIO DO COMÉRCIO, 2025).

Nesse contexto, a atividade minerária, tanto de forma direta quanto indireta, contribui para a geração de postos de trabalho e para o fomento da renda local, bem como de setores economicamente vinculados. Além disso, o município recebe a Compensação Financeira pela Exploração Mineral (CFEM) como contraprestação pela utilização dos recursos minerais em seu território, cuja receita para o município de São Joaquim de Bicas, referente ao ano de 2025, pode ser consultada no portal da Agência Nacional de Mineração (ANM). Por conseguinte, esses recursos financeiros integram o orçamento municipal e podem ser direcionados à execução de obras e à oferta de serviços públicos. Ademais, em razão dos impactos decorrentes de grandes operações minerárias na região, como o rompimento da barragem da Vale, em Brumadinho, o município também passou a integrar programas de compensação financeira, com o recebimento de recursos destinados, sobretudo, às áreas de infraestrutura e saúde.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do sítio amostral e participantes

A pesquisa realizada compreendeu uma SDI, da qual resultaram os mapas conceituais (MCs) e os diários de campo (DC) elaborados pelos estudantes. Nesse contexto, a SDI foi desenvolvida no segundo semestre de 2024 com estudantes da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, localizada no município de Betim, Minas Gerais. Para a realização da aula de campo, foi selecionado o sítio amostral, a Escola Estadual Nossa Senhora da Paz e região de entorno, situado no município de São Joaquim de Bicas (MG), o qual apresentava, em determinados pontos, impactos decorrentes da atividade mineradora. Assim, a escolha desse sítio amostral justificou-se por sua relevância ambiental e pedagógica, além de integrar o contexto das instituições nas quais a professora-pesquisadora atuava no componente curricular de Biologia (Figura 3).

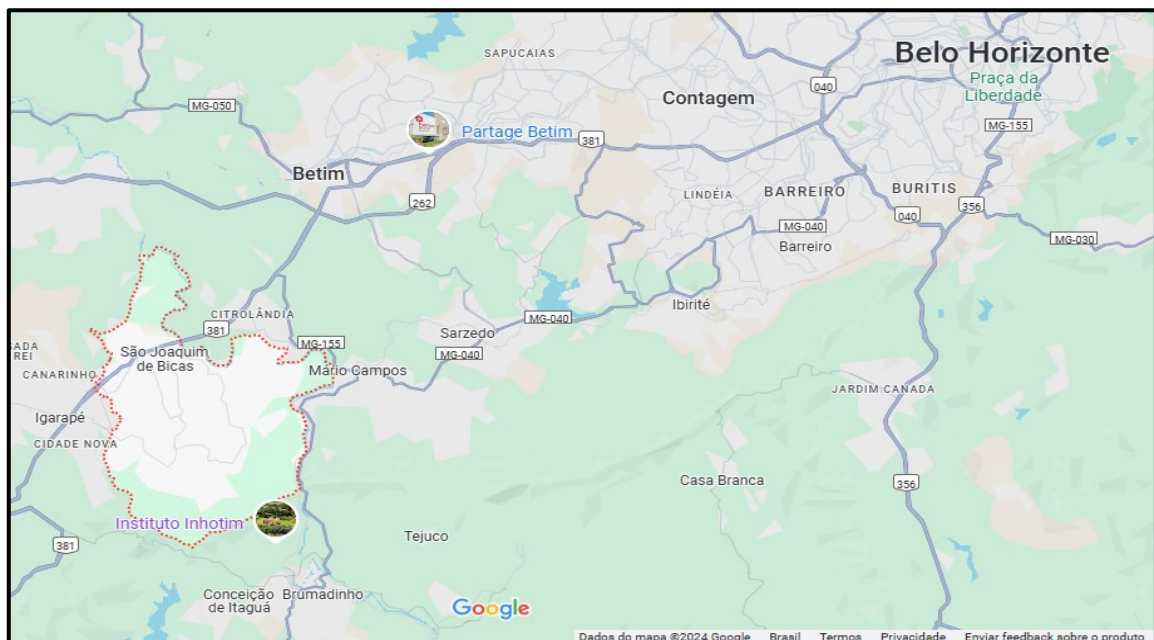


Figura 3 - Localização de São Joaquim de Bicas, sítio amostral e Betim, regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Minas Gerais. Fonte: *Google Maps* (2024).

Com relação aos participantes da SDI, foi selecionada uma turma de 30 estudantes do Ensino Médio Regular no turno vespertino da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena. A seleção dessa série foi baseada no fato de que o conteúdo de Ecologia faz parte da Formação Geral Básica dessa etapa de ensino, o que possibilitou um contexto adequado para o desenvolvimento do estudo. Assim, os MCs elaborados a partir da SDI foram produzidos pelos

estudantes, permitindo, portanto, a integração dos conceitos abordados durante as atividades de campo e sala de aula.

Para a classificação do ecossistema aquático, foram definidos dois pontos de observação inseridos no sítio amostral, constituído pela área do pomar e da horta da Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, bem como pela região de seu entorno. Esses pontos foram analisados durante a aula de campo pelos estudantes participantes da SDI. Nesse contexto, o ponto 1 correspondeu ao pomar e à horta da escola, área por onde passa o córrego Farofa, enquanto o ponto 2 localizou-se na região de entorno, em uma propriedade particular, residência de um professor da instituição, colaborador da pesquisa.

Além disso, inserido no Quadrilátero Ferrífero, o município de São Joaquim de Bicas, Minas Gerais, se destaca pela intensa atividade minerária, como a mineradora Morro do Ipê sendo uma das principais instalações próximas ao local do estudo. Dessa forma, a Figura 4 ilustra a proximidade e a caracterização do ambiente físico ao redor da escola.



Figura 4 - Distância entre a escola e a mineradora Morro do Ipê. Fonte: *Google Maps* (2024).

^A Distância em linha reta entre a escola e a Barragem de minério: 6,08km

^B Distância em linha reta entre a escola e um da Mina Tico-Tico: 2 km

4.2 Procedimentos éticos

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da UFMG conforme parecer: 7.851.587 (Anexo A). Todos os participantes assinaram o Termo de Assentimento

Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice A) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) foi assinado pelos responsáveis (Apêndice B). Além disso, a pesquisa foi devidamente autorizada pela Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, por meio da Carta de Anuência (Apêndice C) assinada pelo diretor, garantindo a conformidade com as diretrizes institucionais e éticas, bem como pela Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, mediante autorização concedida por sua diretora (Apêndice D).

4.3 Instrumentos e elaboração da SDI

A sequência didática investigativa é elaborada com base no ciclo investigativo adaptado de Scarpa e Campos (2018) que adaptaram de Pedaste *et al.* (2015), conforme apresentado na Figura 5.

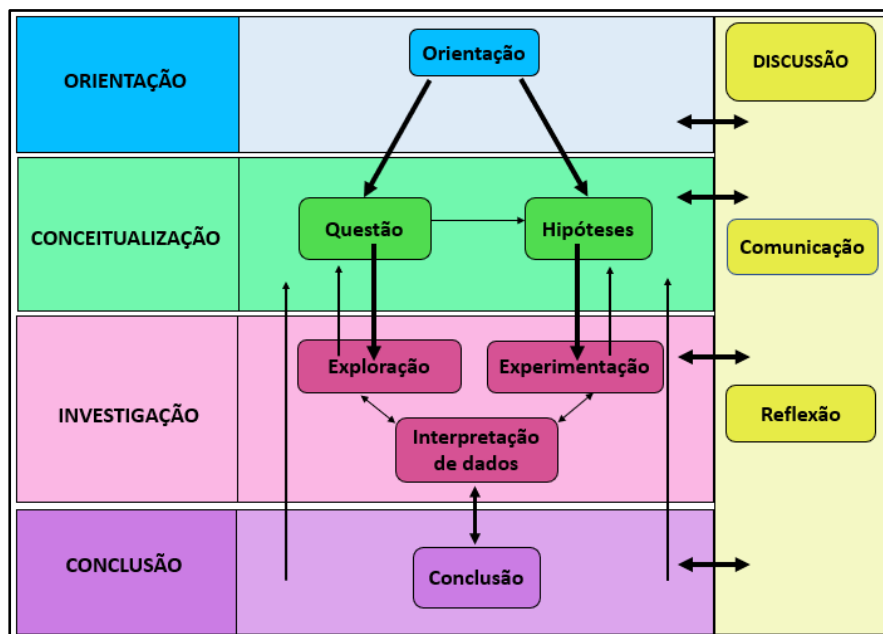


Figura 5 - Etapas do ciclo investigativo - cinco fases da investigação.

Fonte: Adaptado de Scarpa e Campos (2018) que adaptaram de Pedaste *et al.* (2015).

Para contextualizar o tema de estudo e despertar o interesse dos estudantes pelos questionamentos em Ecologia, utilizaram-se reportagens sobre impactos ambientais em ecossistemas aquáticos decorrentes da mineração. Em sala de aula, os estudantes foram orientados à formulação de hipóteses acerca dos impactos provocados por essa atividade e a registrá-las no caderno e em uma folha avulsa, destinada à entrega à professora. Com o intuito de sistematizar e ampliar os registros das atividades, a professora-pesquisadora propôs a

elaboração de um DC por grupo, destinado ao registro das observações realizadas durante a visita ao sítio amostral e à região do entorno.

Na etapa seguinte, para a avaliação da classificação dos ecossistemas aquáticos, foi utilizado o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos, elaborado por França e Callisto (2019), conforme apresentado na Figura 6. Esse instrumento possibilitou a observação do ambiente físico e a análise dos fatores que influenciam o uso e a ocupação da terra, bem como as alterações nesses ecossistemas.

O protocolo constitui uma adaptação de modelos complexos empregados por pesquisadores experientes e tem por finalidade direcionar a observação para características dos hábitats físicos que são importantes para a manutenção da estrutura do ecossistema aquático.

Descrição do Ecossistema Aquático			
Nome(s) Pesquisador(es):			
Questões		Respostas	
1. O que existe em maior quantidade em torno do local?	(a) Vegetação natural	(b) Plantações, pastagens, monocultura	(c) Casas, lojas, indústrias
2. Existe assoreamento?	(a) Não	(b) Pouco	(c) Muito
3. Existe lixo na (s) margem (s)?	(a) Não	(b) Pouco	(c) Muito
4. A água apresenta odor?	(a) Não	(b) Odor fraco	(c) Odor forte
5. Existe esgoto? (observar a presença de canos de despejo de esgoto no local)	(a) Não	(b) Pouco	(c) Muito
6. Como é a transparência da água?	(a) A água é clara	(b) A água é um pouco escura	(c) A água é muito escura
7. Como é composto o leito do rio (maior parte)?	(a) Pedras e cascalhos	(b) Lama e areia	(c) Cimento
8. Como é a mata ciliar?	(a) Existem muitas árvores	(b) Existem poucas árvores	(c) Quase não existem árvores
9. Existe erosão nas margens?	(a) Não	(b) Sim	(c) Muito
10. Qual a diversidade de hábitats para organismos aquáticos?	(a) Muito diverso	(b) Mais ou menos diverso	(c) Pouca diversidade (apenas 1 ou 2 tipos diferentes de hábitats, ou seja, cascalho, areia, madeira)
Cálculo			
Letra marcada	Valor	Número de letras	Total de pontos
(a)	10 pontos		
(b)	5 pontos		
(c)	0 pontos		
Pontuação Total			
Interpretação da Pontuação:			
Maior que 88 pontos: MÍNIMA PERTURBAÇÃO			
40 a 88 pontos: MODERADA PERTURBAÇÃO			
Menor que 40 pontos: ALTA PERTURBAÇÃO			

Figura 6 - Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. Fonte: França e Callisto (2019).

A SDI foi elaborada com base nas competências e habilidades previstas no Plano de Curso do Currículo Referência de Minas Gerais (Minas Gerais, 2024, p. 7), no componente de Formação Geral Básica do Ensino Médio, que aborda a temática de impactos ambientais. O desenvolvimento da SDI ocorreu com estudantes de Ensino Médio, ao longo de aulas de 50 minutos cada, conforme Figura 7.

A organização temporal das etapas da SDI possibilita compreender a articulação entre as ações pedagógicas e os objetivos de ensino e aprendizagem. A seguir, apresenta-se a cronologia das aulas que compuseram a SDI, destacando de forma sintética as principais ocorrências, os objetivos e os recursos empregados em cada momento do desenvolvimento da proposta (Figura 8).

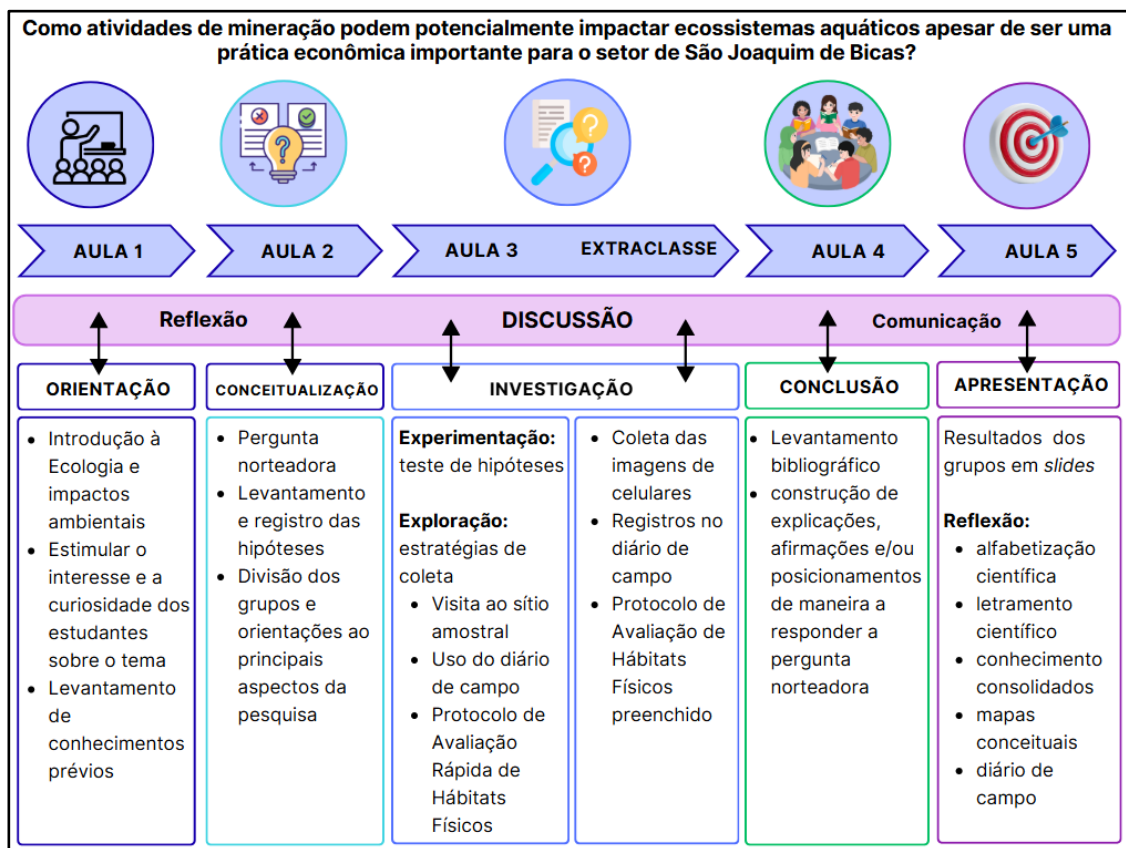


Figura 7 - Etapas da SDI. Fonte: Elaborado pela autora baseado em Pedaste *et al.* (2015).

Figura 8 – Cronologia da SDI.

ETAPA/AULAS	DESCRIÇÃO E PRINCIPAIS OCORRÊNCIAS	OBJETIVO	RECURSOS E ESTRATÉGIAS
Aula 1 Orientação	Compartilhar reportagens sobre mineração e impactos ambientais via <i>WhatsApp</i>	Conectar os estudantes ao tema, despertar curiosidade e promover reflexão inicial	Reportagens, imagens, <i>DataShow</i> , diálogo orientado e problematização
	Retomar o material impresso e projetado em sala		
	Conduzir discussão dialogada e apresentar a pergunta norteadora		
Aula 2 Conceitualização	Retomar pergunta norteadora	Estimular o trabalho colaborativo, a formulação de hipóteses e o planejamento da investigação	Grupos, DC, comunicação via <i>WhatsApp</i> , materiais de apoio e recursos produzidos pelos estudantes
	Formar grupos de cinco estudantes		
	Registrar hipóteses (afirmações provisórias)		
	Orientar a elaboração do Diário de Campo (DC)		
	Definir materiais, funções e produção de recursos pelos estudantes		
	Entregar bilhete de autorização para aula de campo		
Aula 3 Investigação (campo)	Visita ao sítio amostral em São Joaquim de Bicas, MG	Desenvolver observação científica, coletar dados e praticar abordagem investigativa de ensino	DC, Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos, dispositivos móveis, materiais de coleta (botas, peneiras, bacias, luvas, garrafas PET) e recursos elaborados pelos estudantes
	Coleta de peixes e macroinvertebrados		
	Utilização do Protocolo de Avaliação de Hábitats Físicos		
	Registrar informações em DC e dispositivos móveis		
Aula extraclasse interpretação de dados	Sistematizar e analisar dados obtidos no campo	Interpretar dados e desenvolver pensamento crítico e argumentativo	DC, registros fotográficos, gráficos, tabelas, esquemas, texto e discussões colaborativas
	Utilizar registros fotográficos, anotações e resultados sobre peixes e macroinvertebrados		
	Construir gráficos, tabelas, esquemas, texto		
Aula 4 Conclusão e discussão	Construir explicações e argumentos em grupo	Consolidar explicações científicas e argumentos produzidos	Pesquisa bibliográfica, MCs, <i>slides</i> e discussão entre os pares
	Elaborar MCs individuais		
	Preparar slides com os resultados obtidos		
	Integrar dados biológicos e ambientais analisados		
Aula 5 Discussão e comunicação de resultados	Apresentar resultados à turma (cinco a 7 minutos por grupo)	Comunicar resultados, promover reflexão crítica e avaliação colaborativa	Apresentações orais, <i>slides</i> , MCs, recursos elaborados pelos estudantes e quadros avaliativos
	Entregar MCs à professora		
	Promover discussão coletiva e avaliar as produções dos estudantes		

A partir da cronologia apresentada, iniciou-se a Aula 1/Orientação, etapa que marcou o início da SDI. No entanto, essa etapa introduziu a situação-problema que orientou toda a abordagem investigativa de ensino ao promover um ambiente propício à construção coletiva do conhecimento e ao desenvolvimento do letramento científico.

4.4 Procedimentos de análise de dados

Para a análise da percepção dos alunos sobre as atividades de integração dos temas mineração e ecossistemas aquáticos foram empregados aspectos da análise de conteúdo proposta por Bardin (1977). Trata-se de um método de pesquisa qualitativa que procura a compreensão e o entendimento da realidade a partir da análise dos sentidos e significados das diferentes formas de comunicação, considerando tanto as condições do emissor da mensagem e seu contexto, quanto do receptor e os efeitos produzidos (Cardoso *et al.*, 2021).

Assim, essa abordagem torna-se um instrumento metodológico para interpretar não apenas os aspectos expressos pelos estudantes, mas também elementos implícitos presentes em suas produções, percepções, compreensões e posicionamentos construídos durante a SDI. Conforme a perspectiva da análise de conteúdo sistematizada por Bardin (1977), esse procedimento permite a exploração cuidadosa e rigorosa de textos, documentos e registros diversos.

Segundo Bardin, a análise de conteúdo desenvolve-se por meio de procedimentos sistemáticos e progressivos. Após a definição dos objetivos, elaboração da questão norteadora de pesquisa e seleção de materiais a serem analisados, ocorre a pré-análise, onde é feita a leitura exploratória do material, identificando unidades de análise e categorias emergentes. A fase seguinte envolve a exploração dos resultados para a organização de dados e codificação do conteúdo, agrupando-os em categorias temáticas que refletem os padrões identificados. A etapa final corresponde à interpretação dos resultados, na qual as categorias são articuladas às questões de pesquisa, permitindo a construção de sentidos para o conteúdo analisado.

No contexto específico deste estudo sobre impactos de mineração em ecossistemas aquáticos, a análise dos dados visa compreender a percepção dos estudantes acerca das atividades de integração propostas, evidenciando nuances, interpretações e representações presentes nas produções elaboradas ao longo do processo formativo. Como destacado por Bardin (1977, p. 9) “enquanto esforço de interpretação, a análise de conteúdo oscila entre os dois pólos do rigor da objectividade e da fecundidade da subjectividade”. Essa perspectiva orienta a análise para uma compreensão crítica e aprofundada da percepção dos estudantes, reconhecendo a influência de elementos objetivos e de interpretações subjetivas na construção do conhecimento sobre Ecologia.

4.5 Aula 1 - Orientação

Previamente, foram disponibilizadas, via *WhatsApp*, as reportagens: “Água tóxica: cinco bacias brasileiras contaminadas pela mineração¹” e “Mineração Morro do Ipê tem pedido Licença de Operação (LO) da Mina Tico-Tico aprovado; projeto teve investimento de R\$ 1,3 bilhão²”, ambas sobre mineração e seus impactos ambientais (Figura 9).



Figura 9 - Reportagens disponibilizadas aos estudantes. Fonte: <https://www.brasildefato.com.br/2023/06/24/agua-toxica-cinco-bacias-brasileiras-contaminadas-pela-mineracao> e <https://portalagita.com.br/mineracao-morro-do-ipe-tem-o-pedido-de-licenca-de-operacao-lo-da-mina-tico-tico-aprovado-projeto-teve-investimento-de-r-13-bilhao/>. Acesso em: mai. 2024.

Na primeira aula, o material teve por objetivo retomar os conteúdos em formato impresso e projetar com o auxílio do *Datashow*, para iniciar a discussão com a apresentação de imagens e reportagens que contextualizam os impactos ambientais da atividade mineradora e estimular a curiosidade e a participação dos estudantes. No contexto desta pesquisa, a aula dialogada configura-se como estratégia pedagógica para favorecer a construção coletiva do conhecimento, possibilitar o diálogo e a troca de ideias entre professor(a) e estudantes, e permitir a contextualização dos conteúdos às vivências do grupo em sala de aula.

¹ <https://www.brasildefato.com.br/2023/06/24/agua-toxica-cinco-bacias-brasileiras-contaminadas-pela-mineracao>

² <https://portalagita.com.br/mineracao-morro-do-ipe-tem-o-pedido-de-licenca-de-operacao-lo-da-mina-tico-tico-aprovado-projeto-teve-investimento-de-r-13-bilhao/>

Em seguida, apresentou-se a pergunta norteadora que representou o problema de pesquisa: “Como atividades de mineração podem potencialmente impactar ecossistemas aquáticos, apesar de ser uma prática importante para o setor econômico de São Joaquim e Bicas?”

O objetivo da aula foi promover uma conexão inicial dos estudantes com o tema de maneira significativa, além de despertar a curiosidade e engajá-los, criando um contexto que os levasse a refletir e formular questões relevantes sobre os impactos ambientais. Ao apresentar reportagens sobre os impactos da mineração, buscou-se provocar um impacto emocional e cognitivo, oferecendo uma situação-problema que incentivou os estudantes a analisar criticamente as informações.

4.6 Aula 2 – Conceitualização

Nesta aula, a professora-pesquisadora instruiu os estudantes a formarem grupos com cinco integrantes e registrar as hipóteses (afirmações provisórias) tanto em caderno quanto em folha avulsa, destinadas à análise da pergunta norteadora que representou o problema de pesquisa. A realização da atividade em grupos ocorreu mediante distribuição de funções, organizada conforme a ordem alfabética da primeira letra do nome de cada integrante (Figura 10). Ao término do horário de aula, a folha avulsa contendo as hipóteses levantadas foi coletada para registro pela professora-pesquisadora.

Figura 10 - Definição de funções para os estudantes dentro dos grupos. Fonte: Elaborado pela a autora, baseado em Cohen e Lotan (2017).

FUNÇÃO DO ESTUDANTE	ATRIBUIÇÃO DESEMPENHADA	POSIÇÃO DA 1ª LETRA DO NOME NO ALFABETO
Controlador do tempo	Monitora o tempo e estabelece o ritmo do grupo	1ª
Monitor de recursos	Verifica que todos tenham os materiais necessários para realizar a atividade	2ª
Repórter	Aquele que registra as ideias e compartilha com todos	3ª
Facilitador	Lê as orientações e garante o entendimento	4ª
Harmonizador	Ajuda na tomada de decisão e garante que todos participem	5ª

Ao final da aula, foi proposta uma atividade extraclasse com duração de uma semana, consistiu na elaboração de um DC, destinado ao registro de informações consideradas relevantes para utilização nas aulas subsequentes, incluindo a aula de campo e atividades extraclasse correspondentes às aulas 3 e 4.

Nesse sentido, a professora-pesquisadora explicou que, para a aula de campo, seriam previstos materiais necessários para a atividade, como dispositivos móveis, lápis, canetas, botas de borracha, luvas e garrafas PET, especialmente destinados aos estudantes envolvidos na coleta de amostras para estudo. Essas orientações, bem como o lembrete sobre a entrega do bilhete de autorização para o transporte até o sítio amostral, também foram encaminhadas ao grupo da turma via *WhatsApp*, com o apoio dos representantes de turma (Apêndice E). Ressalta-se que a professora pesquisadora também levou materiais de apoio, como botas, luvas, bacia e garrafas PET, a fim de garantir a coleta adequada de amostras nos pontos 1 e 2.

4.7 Aula 3 – Investigação

Nesta aula da SDI, a proposta consiste em desenvolver uma atividade de campo voltada à investigação de ecossistemas aquáticos, articulando observação, registro e análise de dados por meio de estratégias previamente planejadas pelos grupos. A turma de Ensino Médio encontra-se na Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, localizada em Betim, com deslocamento realizado em ônibus especial fretado até o sítio amostral selecionado para a coleta, a Escola Estadual Nossa Senhora da Paz e seu entorno, localizados em São Joaquim de Bicas, Minas Gerais. Durante o trajeto e as atividades, a orientação da professora-pesquisadora consiste em incentivar o uso de dispositivos móveis para o registro da paisagem e das etapas do trabalho de campo.

No sítio amostral, o processo investigativo compreende a coleta de dados e informações utilizando os DC, recursos definidos pelos grupos e o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos, conforme Figura 6, o qual se constitui como uma das bases metodológicas da pesquisa, sendo utilizado na busca por confirmar a hipótese ou o que foi proposto pelos estudantes como hipótese sobre a estrutura do ecossistema aquático avaliado na conceitualização (aula 2).

O somatório dos valores atribuídos a cada um dos dez parâmetros gera uma pontuação final que compõe um índice local de diversidade de hábitats físicos, variando de 0 a 100. Esse índice constitui uma importante ferramenta de avaliação ecológica, pois integra diferentes fatores e incorpora informações distintas sobre a qualidade ambiental do ecossistema analisado.

Com base na pontuação obtida, os resultados são classificados em três faixas interpretativas: mínima perturbação e condições de referência (pontuações superiores a 68), moderada perturbação (pontuações entre 40 e 68) e alta perturbação (pontuações inferiores a 40).

Na aula de campo, foram disponibilizados materiais de apoio e equipamentos de proteção individual, incluindo botas, luvas, bacia plástica e garrafa PET, de modo a garantir condições adequadas para a coleta de macroinvertebrados bentônicos e demais observações ambientais. A coleta envolveu utensílios simples, como peneira de cozinha, bacia plástica, pinça e botas de borracha, priorizando a segurança, eficiência e organização do procedimento. Essa prática possibilitou a aproximação dos estudantes com diferentes formas de produção do conhecimento, promovendo a compreensão da natureza da ciência e a vivência do papel do cientista (Scarpa e Silva, 2013).

A investigação, nesta etapa, estruturou-se em dois momentos complementares: a exploração, caracterizada pelas estratégias de coleta e observação no campo, e a experimentação, em que ocorreu o teste das hipóteses formuladas pelos grupos. Essa experimentação foi desenvolvida nas interações entre pares e nas trocas estabelecidas entre estudantes e professora-pesquisadora ao fortalecer o caráter colaborativo e reflexivo da atividade. A discussão esteve presente em todas as fases do processo de abordagem investigativa de ensino e funcionou como eixo integrador que orienta a análise crítica, a construção de explicações e o refinamento das ideias científicas ao longo da prática.

Em momento extraclasse, o processo de análise de dados incluiu a organização das informações em tabelas, quadros e anotações, a construção de gráficos e a discussão dos resultados com base em linguagens científicas e matemáticas, consolidando o processo de investigação desenvolvido no campo.

4.7.1 Aula extraclasse

Neste momento extraclasse, a etapa de interpretação de dados corresponde à continuidade da investigação e estrutura-se pela organização dos estudantes em grupos, tanto no contraturno da escola quanto em ambiente virtual. Essa fase tem como propósito sistematizar as informações obtidas na aula de campo, utilizar registros fotográficos produzidos com dispositivos móveis, anotações no DC e dados do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. A análise desses materiais permite compreender a biodiversidade presente no sítio amostral e em seu entorno, além de favorecer momentos de discussão, reflexão e comunicação entre os participantes.

Nessa etapa, o uso de representações matemáticas e científicas, como gráficos e tabelas, constitui recurso para organizar, sintetizar e apresentar os resultados, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e da argumentação científica.

4.8 Aula 4 – Discussão e conclusão

Em seus respectivos grupos, os estudantes têm por objetivo construir, conforme discutido por Scarpa e Campos (2018),

explicações, afirmações e posicionamentos para responder à questão de investigação. Nela também pode ocorrer a comparação com as hipóteses formuladas na fase de conceitualização. Apesar de a argumentação estar presente em todo o ciclo investigativo, esta fase tem por propósito consolidar os argumentos finais, as evidências e os conhecimentos prévio e científico e a explicação, são construídos ou sistematizados.

Os estudantes recebem orientação da professora-pesquisadora para realizar levantamento bibliográfico em livros, *sites* e artigos acadêmicos sobre mineração, ecossistemas aquáticos e impactos ambientais. Nesta etapa, a atuação da professora-pesquisadora consiste em apoiar a discussão de resultados, a argumentação relacionada às hipóteses levantadas e a interação entre os estudantes.

Na sequência, ocorre a orientação para a construção de mapas conceituais como produto da SDI e método de avaliação individual, com o objetivo de organizar, sintetizar e representar, de forma estruturada, o conhecimento adquirido e também elaborado coletivamente. Além disso, a apresentação dos resultados em *slides* pelos grupos é prevista para a aula 5, com o objetivo de compartilhar e discutir os resultados obtidos em campo com toda a turma, juntamente com a entrega dos mapas conceituais.

4.9 Aula 5 – Discussão, reflexão e comunicação

Nesta última etapa, os estudantes têm por objetivo apresentar os resultados para a turma e entregar os MCs para a professora-pesquisadora, além de promover uma discussão coletiva. Cada apresentação deve respeitar o tempo mínimo de cinco minutos e máximo de sete minutos. O objetivo consiste em incentivar a interação entre os pares e entre pares e professora, favorecer a avaliação crítica e colaborativa das ideias desenvolvidas, e fomentar a reflexão sobre as

consequências da mineração, sobre as medidas para atenuar os impactos da atividade minerária e sobre a importância do conhecimento científico para a tomada de decisões socioambientais.

Ao final da SDI, a professora-pesquisadora utilizou os quadros de avaliação apresentados nas Figuras 11 e 12 como recurso para avaliar os estudantes, sendo a Figura 11 destinada à avaliação do desempenho dos grupos e a Figura 12 à avaliação dos mapas conceituais. Os aspectos são atribuídos conforme os níveis de desempenho, com base em indicadores qualitativos estruturados na escala *Likert*, os quais são convertidos em pontuação para a SDI.

Figura 11 - Quadro de avaliação qualitativa empregado pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI, considerando aspectos formativos, níveis de desempenho e a conversão dos indicadores qualitativos em nota. Fonte: Elaborado pela autora em critérios qualitativos baseados em Carvalho e Sasseron (2011) e Pedaste *et al.* (2015), adaptado à escala *Likert*.

Aspectos avaliados	Níveis de desempenho				
	Discordo totalmente 1 ponto	Discordo parcialmente 2 pontos	Concordo 3 pontos	Concordo parcialmente 4 pontos	Concordo totalmente 5 pontos
Curiosidade científica					
Construção de conceitos científicos					
Autonomia e responsabilidade					
Pensamento crítico e reflexão					
Alfabetização científica					
Respeito e cooperação					
Apresentação					
Total de pontos qualitativos					
Transformação dos indicadores qualitativos em nota para SDI <ul style="list-style-type: none"> • 1 a 7 pontos: Discordo totalmente → 1,0 ponto na atividade • 8 a 14 pontos: Discordo parcialmente → 3,0 pontos na atividade • 15 a 21 pontos: Concordo → 5,0 pontos na atividade • 22 a 28 pontos: Concordo parcialmente → 6,0 pontos na atividade • 29 a 35: Concordo totalmente → 7,0 pontos 					

Figura 12 - Quadro de avaliação qualitativa dos mapas conceituais, utilizado exclusivamente pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI. Elaborado pela autora baseado nos princípios de Joseph Novak, adaptado à escala *Likert*.

Aspectos avaliados	Níveis de desempenho				
	Regular 1 ponto	Bom 2 pontos	Muito bom 3 pontos	Ótimo 4 pontos	Excelente 5 pontos
O mapa mostra uma relação clara entre os conceitos?					
O mapa apresenta palavras de ligação (entre as frases) que fazem sentido?					
O mapa ajuda a explicar o tema de maneira fácil de entender?					
Há exemplos concretos para os conceitos apresentados?					
Há conexões cruzadas entre diferentes partes do mapa?					
Total de pontos qualitativos					
Transformação dos indicadores qualitativos em nota para SDI <ul style="list-style-type: none"> • 1 a 5 pontos: Regular → 1,0 ponto na atividade • 6 a 10 pontos: Bom → 1,5 ponto na atividade • 11 a 15 pontos: Muito bom → 2,0 pontos na atividade • 16 a 20 pontos: Ótimo → 2,5 pontos na atividade • 21 a 25 pontos: Excelente → 3,0 pontos na atividade 					

Sugere-se que o(a) professor(a) regente avalie a SDI por meio de uma pontuação total de dez pontos, sendo sete destinados à atividade em grupo e três ao mapa conceitual elaborado individualmente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Etapa de Orientação

A etapa inicial de orientação realizada na Aula 1 evidenciou a eficácia da metodologia expositiva dialogada na introdução ao tema Impactos Ambientais. Essa abordagem promoveu a participação ativa dos estudantes, valorizando seus conhecimentos prévios e facilitando a construção coletiva do saber, conforme descrito por Anastasiou e Alves (2003). A interação entre professora-pesquisadora e estudantes criou um ambiente propício ao engajamento e à troca de ideias, elementos importantes para o aprendizado significativo.

A formulação da pergunta norteadora *“Como atividades de mineração pode potencialmente impactar ecossistemas aquáticos, apesar de ser uma prática importante para o setor econômico de São Joaquim de Bicas?”* estimulou respostas e pensamento crítico dos estudantes. A utilização de reportagens contextualizadas (Figura 12) como recurso didático aproximou os estudantes da realidade do tema, permitindo-lhes relacionar teoria e prática. Essa estratégia está alinhada com as metodologias ativas de aprendizagem, que buscam envolver os alunos de forma participativa no processo educacional, conforme discutido por diversos autores (Aquilante *et al.*, 2011; Dutch, 2009).

5.2 Etapa de Conceitualização

A condução da Aula 2 incluiu 30 alunos organizados em grupos de cinco integrantes e permitiu a eficácia da distribuição de funções específicas para cada membro na promoção de um trabalho colaborativo eficiente (Figura 13). A atribuição das funções controlador do tempo, monitor de recursos, repórter, facilitador e harmonizador baseadas na posição alfabética dos nomes dos alunos facilitou a organização interna dos grupos e assegurou que cada integrante compreendesse claramente suas responsabilidades.



Figura 13 - Funções atribuídas aos estudantes. (A) facilitador, (B) harmonizador, (C) controlador do tempo, (D) repórter e (E) monitor de recursos. Fonte: Arquivo da autora.

Para Cohen e Lotan (2017), essa prática constitui uma estratégia de ensino que integra dimensões cognitivas e sociais da aprendizagem, favorecendo tanto o desenvolvimento intelectual quanto o socioemocional dos estudantes. As autoras destacam a importância do papel do professor na atribuição de funções e no acompanhamento das interações, de modo a estimular empatia, cooperação, respeito e liderança. No entanto, esse método promove a responsabilidade individual e coletiva pela delegação de autoridade, a interdependência positiva e a ativação de estratégias cognitivas que potencializam o raciocínio lógico, o pensamento crítico e a autonomia na construção do conhecimento. Além disso, conforme discutido por Silveira (2019), o desempenho das funções pelos estudantes é uma das ocorrências presentes na dinâmica dos grupos, impactando diretamente no clima e na produtividade dos mesmos.

Nesse sentido, a clareza na definição de responsabilidades dentro dos grupos foi fundamental para o desenvolvimento de habilidades colaborativas e para o alcance dos objetivos educacionais propostos. Conforme destacado por Sousa *et al.* (2010), o trabalho em grupo possibilita a socialização entre os envolvidos, promovendo novas descobertas e conhecimentos por meio da coletividade.

Depois disso, no final do horário de aula, cada repórter entregou à professora pesquisadora uma folha avulsa com o registro das hipóteses levantadas por cada grupo de modo a responder à pergunta norteadora (Figura 14).

Figura 14 - Transcrição das hipóteses dos grupos.

Como atividades de mineração podem potencialmente impactar ecossistemas aquáticos apesar de ser uma prática importante para o setor econômico de São Joaquim de Bicas?	
GRUPO (G)	HIPÓTESES
1	<ul style="list-style-type: none"> • A mineração piora a qualidade da água e isso pode levar à morte de peixes ou torná-la imprópria para o consumo • Causa a extinção da fauna aquática, destruição de hábitat e diversos animais • Aumenta o aquecimento global, pois as máquinas de mineração emitem gases poluentes
2	<ul style="list-style-type: none"> • O lodo deixa a água barrenta e turva diminuindo a absorção de raios solares pelas plantas • Aumento de nutrientes no solo • Metais pesados intoxicam a água • Desaparecimento de espécies importantes para o ecossistema • Eutrofização do ecossistema aquático • Alteração de pH na água
3	<ul style="list-style-type: none"> • Os resíduos minerais contaminam o ecossistema aquático que oferece hábitat para várias formas de vida • A mineração contamina o solo • A mineração contamina os animais • A mineração contamina a vegetação aquática • Os minerais alteram o pH da água
4	<ul style="list-style-type: none"> • A mineração muda a paisagem local • Há contaminação das águas e morte dos seres vivos • Secas prolongadas devido a desmatamentos • Por causa da mineração há erosão do solo e ocorrência de enchentes
5	<ul style="list-style-type: none"> • A presença de minério na água afeta as cadeias alimentares • A acidez de alguns minerais altera o pH da água e polui o ecossistema aquático • Resíduos de minério podem ficar nas plantas e dentro de animais
6	<ul style="list-style-type: none"> • A mineração pode causar contaminação do solo e atingir o lençol freático • O desmatamento pode favorecer deslizamentos de terra • As pessoas jogam lixo em lotes vagos e isso contamina a água

5.3 Etapa de Investigação

Esse momento da SDI compreendeu a aula de campo no sítio amostral com coleta de dados e informações por meio de diferentes estratégias construídas pelos grupos, incluindo o DC e o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos (Figura 9), este último entregue pela professora-pesquisadora como instrumento orientador para a observação e avaliação do ambiente físico de ecossistemas aquáticos. Tais procedimentos constituíram a investigação.

A turma de estudantes de Ensino Médio embarcou na Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena (EECAP), localizada em Betim, e foi de ônibus especial fretado pela escola, até o sítio amostral localizado na Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, (EENSP) e entorno. A professora-pesquisadora incentivou os estudantes a utilizarem o celular para registrar a paisagem ao longo do trajeto, até o momento das atividades no sítio amostral (Figura 15).



Figura 15 - Imagens registradas por estudantes durante o trajeto ao sítio amostral - área de mineração, pastagem e residências. Fonte: Arquivo da autora.

Ao chegarem à EENSP os estudantes foram recebidos pela diretora e conduzidos ao sítio amostral, que inclui uma área de pomar, horta e o córrego Farofa, representando o ecossistema aquático originado na Serra das Farofas. Próximo a essa serra encontra-se a Mineradora Morro do Ipê, responsável pela extração de minério de ferro na Mina Tico-Tico.

Em seguida, a professora-pesquisadora forneceu aos estudantes o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos (Figura 9) para preenchimento, complementando o uso do DC, da caneta ou lápis e dos celulares que já tinham em mãos, integrando essas ferramentas às estratégias de coleta de dados caracterizando assim, a fase de *exploração* (Figura 16).



Figura 16 - Fase de exploração – coleta de dados Fonte: Arquivo da autora.

Ademais, a fase de *experimentação*, relacionada ao teste das hipóteses, foi realizada durante a interação dos pares e entre os pares e a professora-pesquisadora durante aula de campo

com a utilização das ferramentas de coleta de dados, e após a aula de campo como atividade extraclasse, permitindo a análise e interpretação das informações coletadas (Figura 17).



Figura 17 - Fase de experimentação e interação entre estudantes e estudantes e professora-pesquisadora. Fonte: Arquivo da autora.

Durante o trabalho em campo com os estudantes ocorreram várias interjeições e perguntas conforme eles observavam o córrego e a região de entorno e preenchiam o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. Algumas das perguntas realizadas entre os estudantes e para a professora foram:

- 1) *“Olha a quantidade de peixinhos no córrego!”*
- 2) *“Gente! Olha que bonitas as libélulas!”*
- 3) *“Professora! Tem várias aranhas na água! Achei que era só em árvores e paredes que existiam.”*
- 4) *“Sedimento é o mesmo que barro?”*
- 5) *“O que é mesmo assoreamento?”*
- 6) *“O que é mata ciliar? Você me explica?”*

A professora-pesquisadora incentivou os estudantes a realizarem observações e registrá-las no DC, ressaltando a importância de cada anotação para a fase de interpretação dos dados. Foram também formuladas perguntas que estimulavam o raciocínio dos estudantes, as deduções e a associação de ideias, promovendo a construção autônoma das respostas pelos próprios alunos. Nesse contexto, a professora-pesquisadora realizou inferências para estimular o raciocínio e a dedução, incentivando os estudantes a chegarem às respostas por conta própria.

Foram registrados alguns momentos de interação entre os estudantes e professora-pesquisadora que destacaram a contextualização aos conceitos de Ecologia.

- **Sobre as aranhas** → *“Quantos pares de pernas elas têm? Como é o formato da cabeça? É juntinha ao tórax ou separada? Anota em seu caderno esta informação para analisar. Depois você registra a classificação encontrada sobre invertebrado.*
- **Sobre os peixes** → *“Como será a alimentação dos peixes? Qual é o nível trófico dele na cadeia alimentar? Será que existem outras espécies neste córrego?”*
- **Sobre as libélulas** → *“Será que existe alguma relação com a água? Qual é a sua importância para o meio ambiente?”*
- **Sobre o sedimento** → A pergunta foi realizada por dois estudantes que foram os primeiros a chegar no local de divisa do terreno da escola com outra propriedade em que havia mais água. Diante disso, a professora-pesquisadora falou:
- **Sobre o assoreamento** → *“Turma, vamos lembrar do rompimento da barragem da Vale em Brumadinho? O que vocês acham que aconteceu com a quantidade de terra ou sedimentos que foram carregados para o rio Paraopeba e córregos ao longo do tempo? Será que isto afetou a profundidade do rio e o fluxo de água?”*
- **Sobre a mata ciliar** → *“Agora, pessoal, aproveitando o espaço onde estamos, olhem para a paisagem do sítio logo acima, de onde vem a água do córrego. Qual é a proporção de árvores, arbustos, que tem às margens dele? É a mesma quantidade de onde estamos neste momento?”*
- *“Fulano! “Ciclano”! “Observem as margens deste córrego com areia, terra, tem pedras, árvores, capim, galhos caídos. Será que podemos encontrar esses mesmos materiais no fundo do córrego? Como vocês acham que eles chegaram até aqui?”*

Os questionamentos estimularam o pensamento crítico dos estudantes, preparando-os para, posteriormente, observarem, analisarem e registrarem os aspectos que julgaram necessários para a construção dos resultados da pesquisa de campo.

Um fato relevante ocorreu com os estudantes “Fulano” e “Ciclano” que ficaram admirados com os lambaris no córrego que passa dentro da escola, e curiosos para saber se havia apenas piaba ou outras espécies, e o que comiam no sedimento. Perguntaram então se teria a possibilidade de conseguir algum material para que pudessem “pegar” esses peixes. A professora-pesquisadora não havia falado com os estudantes sobre material de coleta na aula de

campo, embora tenha levado e os deixou separados na EENSP: duas peneiras de cozinha, uma bacia plástica e uma bota de borracha caso algum estudante manifestasse o interesse em coletar algum material de estudo, incluindo peixes e macroinvertebrados. Em seguida, os estudantes foram instruídos sobre como realizar a coleta de amostras de macroinvertebrados e pequenos peixes (Figura 18).

Instruções oferecidas para coleta de amostras de macroinvertebrados e peixes:

- ➔ Deve ser realizada direto no ecossistema aquático.
- ➔ A coleta deve ser feita no sedimento (bentos) e nas margens (caso haja vegetação).
- ➔ A amostra deve ser a mais limpa possível (sem acúmulo de material do sedimento); para isso lave o fundo da peneira no córrego se permitir que fique encoberta pela água (prevenindo a perda de parte da amostra e que os organismos fujam da rede).



Figura 18 - Fase de experimentação: coleta de peixes e macroinvertebrados bentônicos no ponto 1. Fonte: Arquivo da autora.

Ao dar continuidade à aula de campo, os estudantes foram levados à chácara de um professor colaborador que participou indiretamente da pesquisa, permitindo a aplicação da SDI em sua residência mediante agendamento prévio. Nesse momento, caracterizou-se a fase de *experimentação* na área ao redor da escola e nas proximidades da Mineradora Morro do Ipê. Para isso, foram utilizados novamente as ferramentas de coleta: DC, nova folha de Protocolo de Avaliação Rápida de Caracterização de Hábitats Físicos entregue pela professora-pesquisadora, caneta ou lápis e celulares. Paralelamente, outro grupo de estudantes realizou a coleta de amostras de macroinvertebrados na chácara (Figura 19).



Figura 19 - Coleta de amostras de macroinvertebrados bentônicos e registros no DC no ponto 2. Fonte: Arquivo da autora.

Após os momentos de *exploração e experimentação* realizados no sítio amostral e na região de entorno, que incluíam a escola e a chácara, os estudantes foram reunidos para o retorno a Betim. Nessa etapa, o desenvolvimento da SDI evidenciou a integração entre observação, experimentação e exploração no sítio amostral, características centrais da abordagem investigativa de ensino. A professora-pesquisadora acompanhou os registros e o uso do DC, considerando as percepções ambientais, emocionais e sociais dos estudantes durante as atividades em campo.

Destacaram-se, ainda, as interações entre pares e com a professora-pesquisadora, bem como o preenchimento do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos, que ampliou a compreensão sobre a qualidade ambiental do ecossistema investigado. Por fim, os seis estudantes que atuaram como facilitadores foram escolhidos por meio de sorteio, garantindo uma divisão democrática e colaborativa das responsabilidades. Após o encerramento das atividades de campo, durante a viagem de retorno, os estudantes foram orientados a organizar os dados coletados e as observações registradas, preparando-se para a etapa extraclasse de *interpretação dos dados*, na qual realizariam o levantamento bibliográfico e aprofundariam as análises para construir explicações fundamentadas na literatura científica.

5.3.1 Aula Extraclasse

Na etapa extraclasse, correspondente ao momento de interpretação dos dados coletados nas fases de exploração e experimentação da investigação, os estudantes se organizaram em

grupos, reunindo-se tanto no contraturno escolar quanto em espaços virtuais, de acordo com a disponibilidade de cada equipe. Nessa perspectiva, analisaram os registros fotográficos obtidos com o uso de dispositivos móveis, as anotações realizadas no DC e as informações do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. A partir dessa análise, buscaram compreender a biodiversidade do sítio amostral e da região de entorno, refletindo sobre as relações entre os elementos observados e os impactos ambientais identificados. Além disso, durante o processo de análise, os grupos mobilizaram linguagens científica e matemática, elaborando gráficos, tabelas e sínteses descritivas que expressaram, de forma organizada e crítica, os resultados obtidos. No entanto, evidenciaram bom aproveitamento da atividade feita sem supervisão da professora-pesquisadora.

Desse modo, esse momento configurou-se como uma etapa importante do letramento científico, ao contemplar o momento reflexivo e colaborativo da abordagem investigativa de ensino. Nessa perspectiva, Kelly e Duschl (2002) defendem princípios baseados nas práticas epistêmicas como centrais para o ensino de Ciências, destacando a importância de ambientes que favoreçam a produção, comunicação, avaliação e legitimação coletiva do conhecimento científico.

5.4 Conclusão

Durante a aula em sala, em seus respectivos grupos, os estudantes construíram explicações, afirmações e posicionamentos com o objetivo de responder à pergunta norteadora. Embora a argumentação estivesse presente em todo o ciclo investigativo, foi nesta fase que os argumentos finais, evidências, conhecimentos prévios e científicos foram consolidados (Scarpa e Campos, 2018). Os estudantes foram orientados pela professora-pesquisadora a realizar um levantamento bibliográfico em livros, *sites* e artigos acadêmicos sobre mineração, ecossistemas aquáticos e impactos ambientais. Para tanto, a professora-pesquisadora esteve presente nos grupos para auxiliar e incentivar a discussão de resultados, argumentação relacionada às hipóteses levantadas e interação entre os estudantes (Figura 20).



Figura 20 - Consolidação de argumentos finais. Fonte: Arquivo da autora.

Além disso, solicitou-se a cada estudante, individualmente, que elaborasse um MC abordando aspectos relacionados à Ecologia, aos impactos ambientais e a todo o processo de abordagem investiga de ensino em campo, bem como à aula de discussão e (aula 4), com o objetivo de responder à pergunta norteadora que representou o problema de pesquisa. No entanto, foi enviado, via *WhatsApp*, à representante de turma, um vídeo explicativo³ sobre o que é e como elaborar um mapa conceitual.

Ressalta-se que cada grupo dispôs de uma semana para elaborar a apresentação em *slides*, na qual apresentou os resultados e descreveu as etapas desenvolvidas na pesquisa.

5.5 Comunicação e Reflexão

Essa fase contemplou os resultados obtidos durante a investigação, acompanhados do relato de todo o processo de abordagem investigativa de ensino. Cada grupo elaborou uma apresentação em *slides* para compartilhar suas descobertas, tornando visível o percurso de aprendizagem construído ao longo das etapas da SDI. O estudante que assumiu a função de repórter na etapa de conceitualização (item 5.4) realizou a apresentação oral pelo grupo, respeitando o tempo mínimo de cinco e máximo de sete minutos, e também entregou os MCs

³ Aprenda mais sobre os mapas conceituais. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mhQIAv8Av1s>
Acesso em: ago. 2024.

elaborados pelos integrantes de seu respectivo grupo. Além disso, o repórter entregou o DC, configurado conforme os elementos considerados relevantes pelo grupo para a aula de campo.

Nessa perspectiva, a interação entre os estudantes em sala de aula proporcionou a construção de explicações para as observações realizadas no sítio amostral, bem como a elaboração de respostas à questão norteadora relacionada aos ecossistemas aquáticos. Além disso, favoreceu a reflexão coletiva acerca dos registros do Diário de Campo (DC) e das condições observadas, especialmente quanto à influência da mineradora Morro do Ipê e aos impactos decorrentes da zona urbana no sítio amostral. Esse processo possibilitou a análise crítica e reflexiva da situação-problema, promovendo a discussão fundamentada sobre a possível contaminação por resíduos de mineração e o envolvimento ativo dos grupos de estudantes na interpretação dos fenômenos investigados.

Franco (2021, p. 35) ressalta que o processo coletivo de construção da aprendizagem “oferece oportunidades para que os estudantes tomem consciência de que estão construindo o conhecimento e não, meramente, absorvendo informações de forma passiva”. O autor ainda destaca que

“A construção de conclusões em ciências se torna mais elaborada e as visões da própria natureza da ciência mais complexas, porque estarão ligadas à validação dos próprios estudantes engajados em processos de revisão de ideias e avaliação à luz das evidências” (Franco, 2021, p. 35).

A percepção da professora-pesquisadora das conversas entre os alunos durante a aula de campo foi um fator motivador relevante que repercutiu diretamente em participação ativa durante as atividades dos grupos de estudantes. O registro das experiências vividas por meio de relatos, dados registrados em campo e fotos trouxe leveza às discussões e facilitou a explicação dos resultados e preparação das apresentações para a aula seguinte, além de tornar o momento mais dinâmico e participativo. Essa abordagem corroborou dados que destacam a importância dessas práticas como potencializadoras do engajamento e da aprendizagem colaborativa que busca

promover uma aprendizagem mais ativa por meio do estímulo: ao pensamento crítico; ao desenvolvimento de capacidades de interação, negociação de informações e resolução de problemas; ao desenvolvimento da capacidade de autorregulação do processo de ensino-aprendizagem (Torres, 2014, p. 1).

O diálogo estabelecido entre os estudantes criou um ambiente rico para a troca de ideias, permitindo que compartilhassem observações, refinassem conclusões e integrassem diferentes perspectivas, o que enriqueceu a experiência coletiva.

O grupo 1 (G1) realizou apresentação em *slides* contemplando as hipóteses levantadas na aula de conceitualização, pesquisas e posicionamento acompanhados de referências bibliográficas de modo a confirmar hipótese de contaminação da água por metal tóxico proveniente de mineração e causar alteração do pH deixando a água mais ácida (Figura 21).

Hipóteses confirmadas:

- metal pesado contamina a água deixando o pH mais baixo → ácido
- por isso, a água não pode ser ingerida

MG: com aldeia contaminada por enchente, indígenas ocupam linha férrea contra a Vale há 3 dias

Determinação de manganês na água: Como esse elemento afeta a qualidade da água que consumimos

Ferro e Manganês Problemas e remoção

<https://www.brasilefeto.com.br/2022/01/27/mg-com-aldeia-contaminada-por-enchente-indigenas-ocupam-linha-ferrea-contra-a-vale-ha-3-dias/> Acesso em: set de 2024

<https://microambiental.com.br/analises-de-agua/manganes-na-agua-como-afeta-qualidade-da-agua/>

<https://www.youtube.com/@aguaseefuentes>

Figura 21 - Apresentação realizada por estudantes do G1. Fonte: Arquivo da autora.

Além disso, apresentou um formulário no *Google Forms*, encaminhado via *Whatsapp*, para moradores, estabelecimentos comerciais, alunos e comunidade escolar da EENSP e aldeia Pataxó Hã Hã Hãe, residentes no bairro Farofa, em São Joaquim de Bicas, Minas Gerais. Ressaltam-se as perguntas abordadas pelo G1, nas quais se destacam situações relacionadas ao sítio amostral, conceitos de Ecologia e impactos da mineração. Os dados analisados evidenciaram a fragilidade na comunicação entre a mineradora e a comunidade, particularmente no que se refere ao esclarecimento sobre o descarte de rejeitos. Embora as ações de educação ambiental aparentem possuir um alcance mais expressivo, sua efetividade ainda não é plenamente reconhecida pelos respondentes.

Nessa perspectiva, a educação ambiental abordada pelo G1 está pautada no primeiro Relatório Anual de Sustentabilidade emitido pela mineradora Morro do Ipê (IBRAM, 2024). No entanto, os resultados encontrados indicam a necessidade de aprimoramento na

transparência e na comunicação da mineradora, a fim de fortalecer a participação da comunidade escolar e local e reduzir os impactos socioambientais. A expectativa consistiu em analisar, de forma qualitativa, as informações relacionadas ao conhecimento em Ecologia e Educação Ambiental, bem como a relação com a Mineradora Morro do Ipê, considerando os possíveis riscos de contaminação ao meio ambiente e à região do entorno. Além disso, o G1 destacou a importância do trabalho de campo e do trabalho em equipe para o melhor entendimento dos conceitos de Ecologia e da relação com a comunidade local.

O G2 dedicou a explorar o tema dos bioindicadores bentônicos motivados pela curiosidade despertada na atividade de campo. Durante a observação do córrego, perceberam a presença de aranhas-d'água e libélulas às margens do corpo d'água, o que proporcionou questionamentos sobre a relevância desses organismos como indicadores ecológicos (Figura 22).

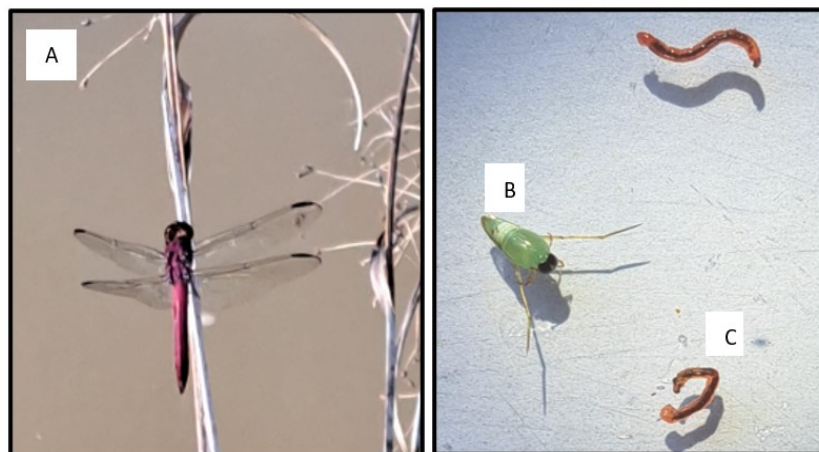


Figura 22 - Macroinvertebrados bentônicos: (A) Odonata (libélula), (B) Heteroptera e (C) Chironomidae (Diptera). Fonte: Arquivo da autora.

No entanto, macroinvertebrados bentônicos, cujo nome deriva do grego *benthos*, que significa profundidade, são organismos facilmente observáveis a olho nu e vivem no substrato do fundo dos ecossistemas aquáticos. Eles podem ser encontrados enterrados na areia ou lama, aderidos à superfície das rochas, sobre o sedimento orgânico do fundo ou escondidos nos espaços entre as rochas. Logo, ressalta-se que esses indivíduos podem ser encontrados em ambientes com mínima e moderada perturbação, pois são considerados animais predadores e desempenham função de controlar a população de diversos insetos, incluindo larvas de *Aedes aegypti*.

Segundo Hynes (1974), a distribuição dos insetos aquáticos é bastante influenciada pela alimentação, condições físicas e químicas, bem como outros fatores. Tais análises são utilizadas

para gerar e testar hipóteses sobre os possíveis fatores que influenciam a estrutura de comunidades biológicas em rios, e também modelar as respostas da biota às mudanças naturais e antropogênicas no ambiente.

Para a maioria dos estudantes, o contato com os macroinvertebrados bentônicos representou uma descoberta significativa, pois desconheciam tanto a existência desses organismos quanto sua relação direta com a qualidade da água e os níveis de perturbação em ecossistemas aquáticos. A partir do levantamento bibliográfico realizado, os grupos obtiveram informações sobre algumas das espécies observadas no sítio amostral, como a aranha-d'água, as libélulas e a barata-d'água (Figura 23).

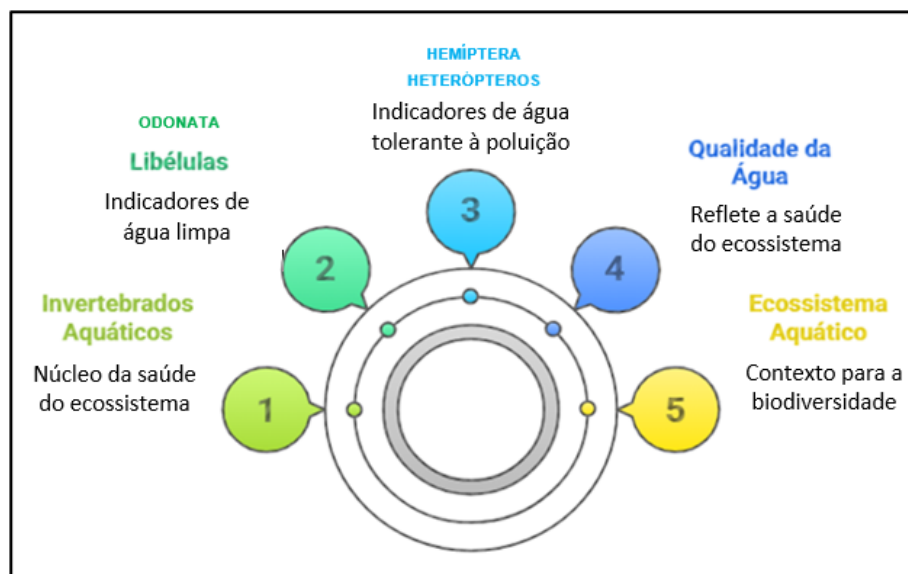


Figura 23 - Apresentação realizada por estudantes do G2: invertebrados aquáticos encontrados no sítio amostral e sua importância no ecossistema. Fonte: Arquivo da autora.

Entre os organismos identificados, destaca-se a libélula, pertencente ao Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Odonata e Subordem Zygoptera. Esse inseto possui corpo delicado e alongado, apresenta excelente capacidade visual e tem aparelho bucal expansível, o que o torna um predador voraz no ambiente aquático (França e Callisto, 2019). Outro exemplo observado é a aranha-d'água, classificada no Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Hemiptera e Subordem Heteroptera. Esse inseto possui boca em forma de bico, adaptada para sugar, como se fosse um canudo. Algumas espécies apresentam pernas dianteiras escavadoras e pernas traseiras largas e modificadas para o salto. São predadoras e, em sua maioria, nadam na superfície ou caminham sobre a água, sendo frequentemente confundidas com aranhas (Conexão Água, MPF, s.d.).

Além disso, durante a investigação, os estudantes aprenderam que os invertebrados na superfície da água anteriormente identificados como aranhas-d'água eram, na verdade, um inseto aquático pertencente ao grupo dos heterópteros. Segundo Callisto e Moreno (2006), uma espécie indicadora é aquela que apresenta baixa tolerância a variações ambientais e, por isso, sua presença em determinada área reflete condições específicas do ecossistema.

Portanto, G2 apresentou conceitos ecológicos relacionados à aula de campo e respondeu aos questionamentos levantados na etapa de conceitualização e no campo, conectando suas observações às hipóteses discutidas (Figura 24).

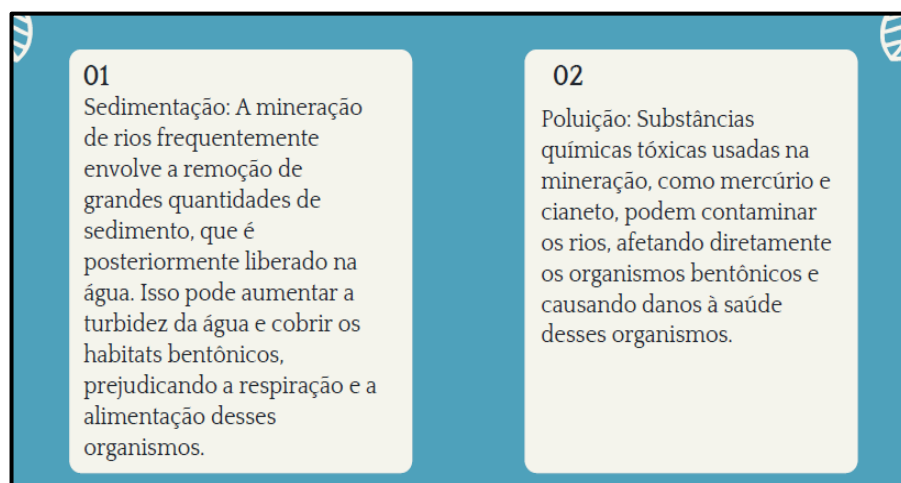


Figura 24 - Resultados apresentados por estudantes do G2. Fonte: Arquivo da autora.

Além disso, o G2 aceitou a hipótese relacionada à mudança do pH da água, fundamentando sua conclusão em pesquisas bibliográficas. Por outro lado, refutou a hipótese de eutrofização do solo, conforme a referência apresentada no DC durante a exposição dos resultados, uma vez que esse processo ocorre exclusivamente em corpos d'água. Ressalta-se que o G2 organizou o diário de campo em formato semelhante a um livreto composto por capítulos, nos quais cada hipótese foi analisada, aceita ou refutada, com base em fontes de pesquisa científica (Figura 25).

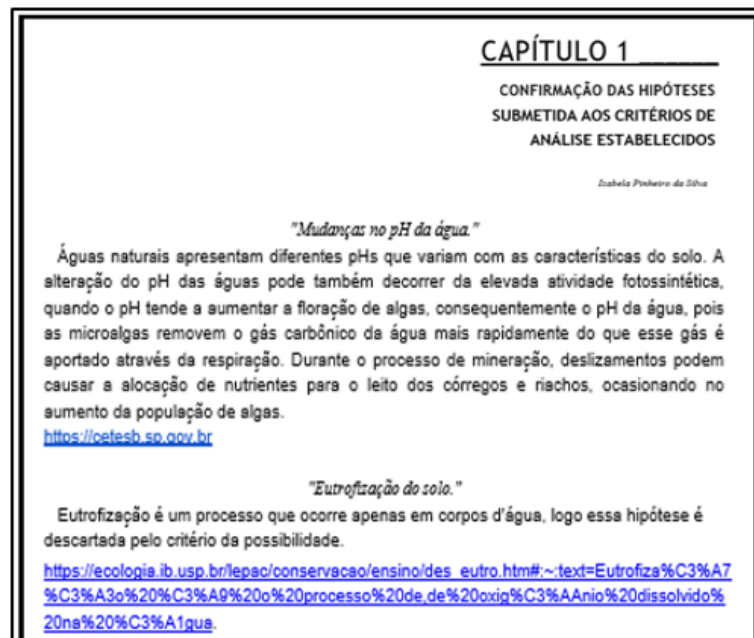


Figura 25 - Conclusão do G2 após análise bibliográfica e discussão. Fonte: Arquivo da autora.

O G3, por sua vez, abordou em sua apresentação (Figura 26) a relação existente na cadeia alimentar envolvendo plantas aquáticas e pequenos peixes observados no córrego situado nos fundos da escola e em seu entorno, a partir de estudos realizados em fontes bibliográficas. Tal procedimento foi adotado em razão da impossibilidade de se realizar a análise de parâmetros físicos e químicos da água e do solo no local.

A relação entre a mineração e a cadeia alimentar em São Joaquim de Bicas, MG



<https://e1.eloelo.com/natureza/noticia/2019/01/30/impacto-ambiental-da-tragedia-de-brumadinho-sera-sentido-por-anos-diz-fundo-mundial-para-a-natureza.shtml>



<https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistadaufmg/article/view/20557>

Planta Aquática → Peixinho A → Peixinho B → Garça

Agricultura → animais herbívoros → ser humano

- Ocorre transferência de metal pesado ao longo da cadeia alimentar (**magnificação trófica**)
- O último consumidor sempre apresenta maior concentração de metal pesado ou substâncias químicas (**bioacumulação**)

Fonte: Grupo 3, 2024

Figura 26 - Resultados apresentados por estudantes do G3. Fonte: Arquivo da autora.

Ainda assim, o grupo concluiu que tanto a atividade mineradora quanto a atitude de parte da comunidade ao realizar o descarte inadequado de substâncias químicas, como medicamentos e herbicidas utilizados por produtores rurais do entorno, a exemplo do *Roundup*, comprometeram organismos produtores e consumidores ao longo das cadeias alimentares. O “*Roundup* Original Mais” é um insumo pertencente à família *Roundup*®, marca pioneira na síntese do glifosato. Sua linha de herbicidas é voltada ao controle de plantas daninhas, e seu desenvolvimento possibilitou a implementação do plantio direto, técnica amplamente utilizada e considerada valiosa no setor agrícola (Loja Agroshop, 2025). Essa contaminação pôde causar processos como magnificação trófica, em que há aumento da concentração de substâncias tóxicas nos níveis superiores da cadeia, e bioacumulação, na qual o último consumidor acumulou os maiores níveis de metais tóxicos ou compostos tóxicos.

No entanto, o conhecimento consolidado pelo G3 está em consonância com o conteúdo apresentado no livro da coleção didática “Conexões com a Biologia”, de Thompson e Rios (2018), utilizado no Ensino Médio, o qual articula os efeitos da poluição e os impactos ambientais nas cadeias alimentares

O estudo sobre as cadeias alimentares nos permite entender a forma como as concentrações de determinadas substâncias são passadas adiante no ecossistema. Qualquer substância que não intervenha na respiração e não seja excretada tende a acumular-se nos tecidos em um processo denominado magnificação trófica ou **bioacumulação**. É o caso dos agrotóxicos e outros poluentes não biodegradáveis, que permanecem por muito tempo inalterados na água, no solo e na vegetação. O resultado é a concentração desses produtos de forma cumulativa ao longo dos níveis tróficos da cadeia alimentar; ou seja, organismos do **final da cadeia** tendem a apresentar **maior concentração de poluentes** em seus tecidos do que organismos de níveis tróficos anteriores (Thompson; Rios, 2018, p.113, o grifo da autora).

No entanto, as discussões realizadas pelos grupos de estudantes possibilitaram o trabalho com “efeitos de sentidos que se articulam a outros conceitos, como produtividade (respiração, excreção) e fatores abióticos (água, solo etc.), e que, por meio de incidências explicativas, trazem definições de conceitos ecossistêmicos” (Rodrigues Moraes, Almeida e Rink 2023, p. 12).

O G4 apresentou imagens da Mineradora Morro do Ipê por meio de *slides*, destacando a complexidade de seu funcionamento e as transformações na paisagem local e na região do entorno (Figura 27), o que provoca mudanças na paisagem representando um impacto significativo no ambiente.



Figura 27 - Mineradora Morro do Ipê. Fonte: Arquivo da autora.

A escolha das hipóteses levantadas pelo G4 se alinha de maneira relevante à perspectiva de Bertrand (1968), que compreende a paisagem de forma integrada. Além de considerar os aspectos naturais, ele enfatiza a necessidade de relacioná-los às ações humanas. Segundo Bertrand (1972, p. 141),

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente, uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Ainda nessa mesma perspectiva, a paisagem é um mosaico heterogêneo formado por unidades interativas. Essa heterogeneidade existe para pelo menos um fator, segundo um observador e em uma determinada escala de observação (Metzger, 2001). Esta descrição é consoante com a definição de ecologia de paisagens que inclui o estudo da estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (Forman e Godron, 1986).

Com base nessa heterogeneidade resultante da interação entre o sítio amostral e os estudantes (observadores), a paisagem se configura como uma construção dinâmica, cuja existência depende da relação contínua entre esses elementos. No entanto, o G4 salientou a importância de compreender que a análise integrada da natureza é importante para conhecer suas interações com ações humanas. Essa abordagem possibilitou uma visão mais ampla das questões ambientais, contribuindo para o entendimento mais profundo da dinâmica entre a mineração, o meio ambiente e os seres humanos. Para tanto, o grupo propôs uma solução de

compensação da paisagem para minimizar os impactos ambientais e etapas que consideraram importantes para o DC, sendo esse último em formato de livreto (Figura 28).



Figura 28 - Produção final do G4: conclusão e diário de campo. Fonte: Arquivo da autora.

O G5 considerou a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos uma ferramenta relevante para a avaliação ecológica, por integrar diferentes fatores e reunir informações significativas sobre a qualidade ambiental do sítio amostral analisado. Além disso, destacou que a interpretação dos resultados apresentou fácil compreensão, resultando na construção de um índice local de avaliação dos ecossistemas aquáticos referentes ao ponto 1 e ao ponto 2 (Figura 29).

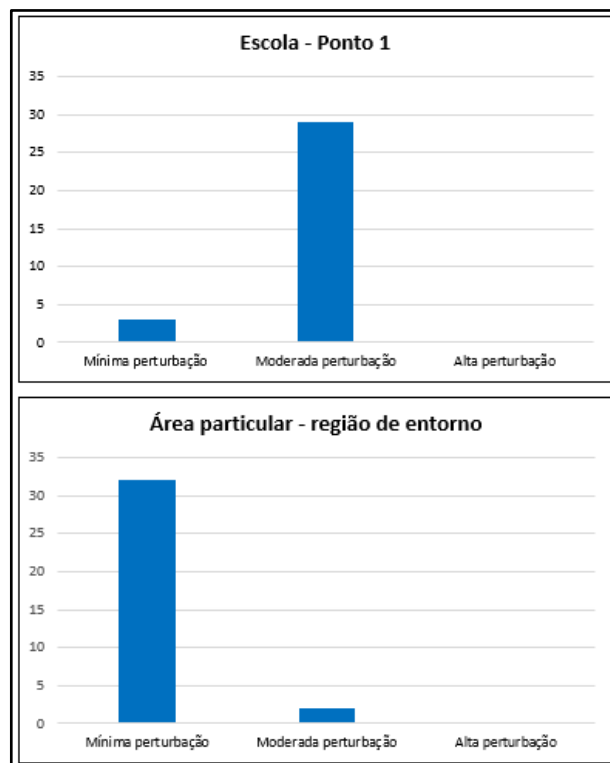


Figura 29 - Classificação dos ecossistemas aquáticos. Fonte: Arquivo da autora.

Nesse sentido, o G5 concluiu que o *ponto 1* caracteriza-se por apresentar redução significativa de vegetação ripária, e no córrego, maior quantidade de sedimento em suspensão considerando como substratos predominantes terra e areia (ver Figura 18).

Ao considerar o *ponto 2*, observou-se uma significativa melhoria na qualidade da água em comparação ao ponto 1, devido à presença de atividades de subsistência e à manutenção da vegetação ripária, caracterizando um ambiente com mínima perturbação. Portanto, é evidente que a qualidade da água apresenta melhorias expressivas em locais onde os ambientes físico e químico permanecem estruturados e a dinâmica natural das comunidades biológicas não foi alterada (Goulart e Callisto, 2003). Apesar de não ter sido possível a realização de medições de parâmetros físicos e químicos, o G5 pesquisou a relação existente entre água e pH para relacionar às hipóteses levantadas na etapa de conceitualização.

No entanto, encontrou como resposta que o minério de ferro pode alterar o pH da água. No entanto, explicou que o minério, em contato com a água, libera íons H^+ levando à diminuição de pH. Segundo Penna (2009), o rebaixamento do lençol freático provocado pela atividade mineradora impacta diretamente a qualidade da água, tornando-a mais ácida e alterando seu equilíbrio químico. No entanto, a variação de pH compromete os ecossistemas aquáticos ao interferir na solubilidade de minerais e metais, elevar os riscos de contaminação e dificultar a sobrevivência de espécies sensíveis.

A apresentação do G6 envolveu a comparação entre amostras de solo provenientes de dois pontos visitados em campo: a escola e a região de entorno. Em ambiente domiciliar e durante a aula extraclasse, os estudantes realizaram o teste de sedimentação e o teste com ímãs (Figura 30), com o objetivo de avaliar empiricamente os possíveis efeitos da presença de minério de ferro. Para as observações, foram utilizados copos plásticos transparentes como material alternativo aos tubos de ensaio.

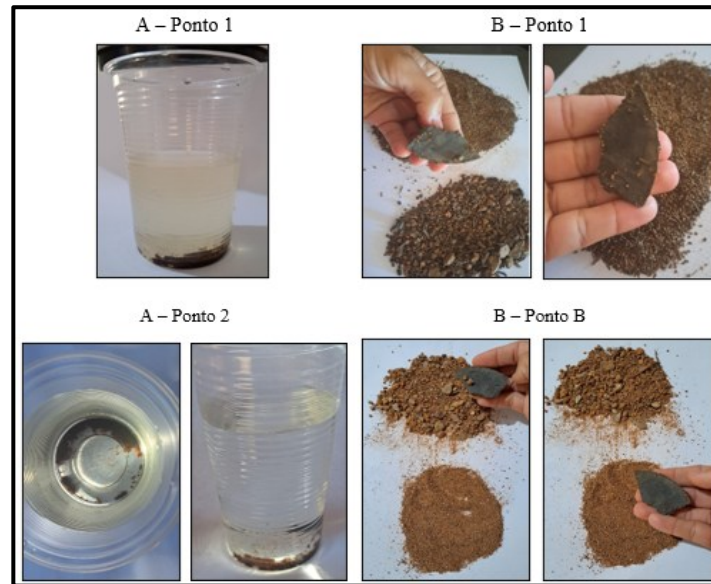


Figura 30 - Comparação de amostras de solo e água. (A) prática extraclasse de sedimentação e (B) uso de ímãs.
Fonte: Arquivo da autora.

Essa estratégia de experimento com solo e água foi uma iniciativa relevante, pois demonstrou interesse do grupo em experimentar novas possibilidades de respostas para possível comprovação de contaminação por resíduos minerários no sítio amostral. No entanto, a água no *ponto 1* apresentou partículas bem finas de cor semelhante à ferrugem. O teste com ímã comprovou partículas de metais misturadas ao solo.

Durante o experimento extraclasse, os estudantes aplicaram métodos exploratórios acessíveis, empregando a observação direta, a análise de amostras, os registros fotográficos e o diário de campo (DC). Segundo Carvalho (2018), a investigação científica no ensino fortalece a autonomia dos estudantes, permitindo-lhes formular hipóteses e validar suas descobertas de maneira crítica. Além disso, a abordagem investigativa de ensino promove uma aprendizagem mais participativa e colaborativa, ao incentivar a troca de conhecimentos entre os pares e a construção coletiva do saber (Ié, 2023).

Nesse sentido, os resultados obtidos pelo grupo evidenciam a importância do protagonismo estudantil na produção de conhecimento, demonstrando como o engajamento ativo pode levar a reflexões relevantes sobre questões ambientais e sociais. Para melhor entendimento, a Figura 31 representa o experimento realizado pelo G6 de maneira didática.



Figura 31 - Experimentos realizados pelo G6 – (A) teste de sedimentação e (B) identificação de minerais no solo. Fonte: Arquivo da autora.

O objetivo do teste de sedimentação foi indicar que os minerais mais densos tendem a se depositar no fundo, permitindo uma observação inicial da composição. Quanto ao *uso de ímãs*, alguns minérios, como ferro, possuem propriedades magnéticas. Nesse sentido, ao passar um ímã sobre amostras de solo os minerais foram atraídos por campos magnéticos visto que nem todos os elétrons dos minerais considerados ferrimagnéticos foram emparelhados. Logo, o elétron desemparelhado, sozinho nesse subnível de energia, produz um campo eletromagnético que interage com o ímã ao aproximar do solo. Portanto, o experimento realizado pelo G6 demonstrou ser uma estratégia eficaz para otimizar o processo ensino-aprendizagem, Oliveira *et al.* (2012). Ao relacionar o conteúdo com o ambiente próximo aos estudantes foi possível oferecer um momento de aprendizagem significativa, incentivando-os a construir e aplicar conhecimentos de maneira autônoma e crítica.

A etapa de discussão, conforme ressaltado por Pedaste *et al.* (2015), constituiu um componente central do ciclo investigativo aplicado a ecossistemas aquáticos, pois permitiu que os estudantes transformassem dados brutos e conhecimentos prévios em incorporação e

aprendizado significativo de conhecimentos. Nesse contexto, Zômpero e Laburú (2015) destacam que a discussão colaborativa favorece a construção compartilhada de explicações científicas, permitindo que os alunos relacionem observações empíricas com modelos teóricos, como ocorreu durante a aula de campo na região de Farofa, em São Joaquim de Bicas, e a etapa de conclusão da SDI.

5.6 Análise da Construção de Mapas Conceituais e a Dinâmica do Trabalho em Equipe

A utilização dos mapas conceituais possibilitou consolidar e compreender conceitos fundamentais de Ecologia, favorecendo a integração entre os impactos ambientais e os ecossistemas aquáticos, bem como a análise da qualidade da água no sítio amostral. Essa ferramenta configurou-se como um recurso de síntese conceitual e de avaliação individual dentro da SDI. No entanto, a avaliação dos MCs, realizada conforme os critérios estabelecidos na Figura 11 (ver p. 39), permitiu à professora-pesquisadora atribuir a pontuação correspondente à SDI, conforme apresentado na Figura 32.

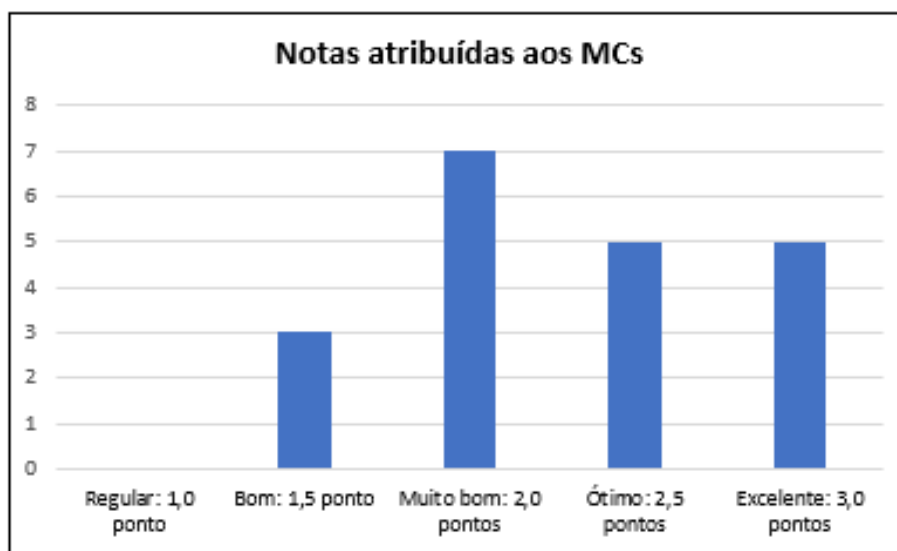


Figura 32 - Relação entre indicadores qualitativos dos grupos e pontuação na SDI conforme percepção da professora-pesquisadora.

A importância do trabalho em grupo se fundamenta em pesquisas sobre o caráter social da construção do conhecimento, como apontam Cória-Sabini e Oliveira (2002) e Ribeiro e Ramos (2013). A interação entre os estudantes, por meio da troca de ideias, opiniões e reflexões direcionadas à questão norteadora do problema de pesquisa, contribuiu para o desempenho satisfatório e para a construção de soluções. Nesse contexto, a Figura 10 (p. 39) permitiu à

professora-pesquisadora atribuir a pontuação correspondente à SDI na etapa escolar, considerando a conversão dos pontos qualitativos, conforme ilustrado na Figura 34.



Figura 33 - Avaliação dos grupos e pontuação da SDI conforme análise da professora-pesquisadora.

Nesse sentido, a avaliação realizada a partir dos aspectos designados (ver Figura 9) sob a ótica da abordagem investigativa de ensino possibilitou analisar a situação-problema dos impactos ambientais causados pela mineração de maneira efetiva, diversificada e contextualizada à realidade local como uma estratégia eficaz para otimizar o processo ensino-aprendizagem (Oliveira *et al.*, 2012). Ao relacionar o conteúdo de Ecologia e impactos ambientais com o ambiente próximo aos estudantes foi possível oferecer um momento de aprendizagem significativa, incentivando-os a construir e aplicar conhecimentos de maneira autônoma e crítica. Além disso, incentivar a interação entre os pares, diálogo, respeito, argumentação e reflexão, como requisitos importantes para um trabalho em equipe.

5.7 Aula de Campo

Fernandes (2007) entende a atividade de campo em Ciências como qualquer prática que envolva levar os alunos para além dos espaços tradicionais da escola. Nesse mesmo caminho, Viveiro e Diniz (2009) destacam que as atividades de campo funcionam como uma alternativa à sala de aula, proporcionando aos estudantes a oportunidade de observar e analisar diretamente as relações entre os seres vivos, seja em ambientes naturais ou em espaços construídos, sempre considerando a influência da presença humana.

No entanto, essas vivências possibilitam a exploração de diferentes aspectos naturais, sociais, históricos e culturais, podendo ocorrer em uma variedade de espaços, como jardins, praças, museus, indústrias e áreas de preservação. As atividades podem acontecer tanto nos arredores da escola quanto em viagens mais longas, favorecendo uma imersão mais profunda nos conteúdos trabalhados (Diniz e Viveiro 2009). Nessa perspectiva, a realização de uma aula de campo na área de mineração da empresa Morro do Ipê, próxima à escola, ofereceu oportunidade aos estudantes de avaliar as condições ambientais locais e compreender, de forma prática, a relação entre perturbações humanas e os ecossistemas aquático e terrestre.

Diante disso, a percepção dos alunos em relação ao ecossistema aquático fomentou a manifestação de emoções positivas ao longo da aula de campo. Esse envolvimento ocorreu de forma espontânea, sem que a professora-pesquisadora incentivasse diretamente a adotar posturas de defesa ambiental, engajamento político ou social. Foi trabalhada a contextualização do conteúdo abordado inicialmente em sala de aula, utilizando o ensino investigativo como abordagem central para promover a compreensão dos fenômenos ecológicos observados. Como sugere Damásio (1996) destaca que, ao compreender como as emoções influenciam a racionalidade humana, é possível perceber que práticas educativas que promovam experiências emocionais positivas contribuem para formar adultos capazes de tomar decisões mais conscientes e valorizar a vida. Logo,

Em um nível prático, a função atribuída às emoções na criação da racionalidade tem implicações em algumas das questões com que nossa sociedade se defronta atualmente, entre elas a educação e a violência. Não é este o local para uma abordagem adequada dessas questões, mas devo dizer que os sistemas educativos poderiam ser melhorados se se insistisse na ligação inequívoca entre as emoções atuais e os cenários de resultados futuros [...]. (Damásio, 1996, p. 254).

Segundo Santos (2002), as contribuições da aula de campo de Ciências e Biologia em um ambiente natural podem ser positivas na aprendizagem dos conceitos à medida que são um estímulo para os professores, que veem uma possibilidade de inovação para seus trabalhos e assim se empenham mais na orientação dos alunos. Para os alunos é importante que o professor conheça bem o ambiente a ser visitado e que este espaço seja delimitado de forma a atender os objetivos da aula.

Nesse contexto, há uma nova ênfase para a educação escolar diante da necessidade de repensar as relações entre sociedade e natureza, quando as atividades de campo são

[...] fundamentais à compreensão das questões ambientais em sua complexidade, propiciando uma visão articulada das diferentes esferas de repercussão de um

problema ambiental em estudo. Isto favorece a compreensão dos problemas socioambientais na escola, bem como contribui para a formação de cidadãos críticos e participativos em busca da melhoria da qualidade de vida (Santos; Compiani, 2005, p.2).

Desse modo,

[...] apoiados na observação direta da realidade (...), os alunos podem fazer uma releitura crítico-constructiva [da] (...) realidade, identificar seus problemas socioambientais, estabelecer relações entre as informações levantadas, bem como elaborar propostas para a transformação da mesma (op. cit., p.5).

Entretanto, durante a atividades de campo no sítio amostral, os estudantes não apenas acessaram conhecimentos científico de maneira prática, mas também vivenciaram experiências sensoriais que influenciaram sua percepção acerca da conservação ambiental. Ao presenciarem os efeitos da mineração, como a possível contaminação da água e a perda de biodiversidade, desenvolveram um vínculo mais profundo com o ambiente, tornando-se mais críticos e conscientes quanto às consequências das atividades humanas sobre o ecossistema aquático.

5.8 Diário de Campo

O diário de campo é um instrumento importante no Ensino Médio, especialmente quando integrado a práticas de abordagem investigativa de ensino. Ele permite aos estudantes registrar ideias, reflexões, atividades, dúvidas e estratégias que podem ser aprofundados posteriormente. Útil também para a descrição de pessoas, objetos, ambientes, eventos, ocorrências, atividades e conversas (Afonso *et al.* 2015; Oliveira, 2014; Araújo *et al.* 2013). Dessa maneira, é possível tornar o aprendizado mais dinâmico e significativo. Ao anotar suas percepções e descobertas, os alunos conectam teoria, expectativas e realidade, desenvolvendo um olhar mais crítico e curioso. Além disso, essa prática incentiva a participação ativa na construção do conhecimento, fortalecendo a argumentação e a autonomia no processo de aprendizagem. Para Araújo *et al.* (2013),

[...], o diário tem sido empregado como modo de apresentação, descrição e ordenação das vivências e narrativas dos sujeitos do estudo e como um esforço para compreendê-las. [...]. O diário também é utilizado para retratar os procedimentos de análise do material empírico, as reflexões dos pesquisadores e as decisões na condução da pesquisa; portanto ele evidencia os acontecimentos em pesquisa do delineamento inicial de cada estudo ao seu término (Araújo *et al.*, 2013, p. 54).

Diante disso, a utilização do DC foi uma ferramenta que permitiu aos estudantes registrarem suas percepções diante do cenário dentro da escola e do seu entorno, em relação

aos aspectos que consideraram importantes para a avaliação e formulação de respostas à pergunta norteadora, de acordo com as hipóteses sugeridas na etapa de conceitualização.

O percurso desta pesquisa seguiu aproximações com o trabalho de Macedo (2010), que ressalta o diário como

Além de ser utilizado como instrumento reflexivo para o pesquisador, o gênero diário é, em geral, utilizado como forma de conhecer o vivido dos atores pesquisados, quando a problemática da pesquisa aponta para a apreensão dos significados que os atores sociais dão à situação vivida. O diário é um dispositivo na investigação, pelo seu caráter subjetivo, intimista. (Macedo, 2010, p. 134)

Esse aspecto intimista e subjetivo indicado por Macedo (2010) permitiu aos estudantes observar e apreender os significados das situações vividas durante a pesquisa na região de entorno à Mineração Morro do Ipê, na qual o sítio amostral está localizado. Ainda, nessa mesma ótica, Bogdan e Biklen (1994) indicam que,

[...], as notas de campo consistem em dois tipos de materiais. O primeiro é descritivo, em que a preocupação é captar uma imagem por palavras do local, pessoas, ações e conversas observadas. O outro é reflexivo – a parte que apreende mais o ponto de vista do observador, as ideias e preocupações. (Bogdan; Biklen, 1994, p. 152).

As notas de campo, ao combinarem observações descritivas e reflexivas, proporcionou compreender não apenas o que foi observado, mas também como os estudantes interpretaram e ressignificaram suas experiências ao longo da aula de campo.

5.9 Mapa Conceitual e Avaliação de grupos

Para finalizar a SDI, além da avaliação dos grupos realizada pela professora-pesquisadora, cada estudante foi avaliado individualmente por meio da elaboração de um mapa conceitual. Nessa perspectiva, o MC constitui-se como um recurso visual que organiza e representa graficamente o conhecimento, favorecendo a compreensão dos conceitos e de suas inter-relações, conforme proposto por Novak (1977), com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a qual compreende a aprendizagem como um processo de atribuição de significados a novos conhecimentos a partir da interação com saberes prévios (Barbosa, 2024). Nesse sentido, o MC possibilita a organização hierárquica das informações, conectando ideias principais a conceitos secundários por meio de palavras de ligação, o que facilita a assimilação, a compreensão e a retenção do conhecimento.

Desse modo, os mapas conceituais têm sido utilizados como um recurso para apoiar a representação do conhecimento, possibilitando uma organização e estruturação desse conhecimento sobre um determinado assunto em particular. Esse recurso metodológico favorece estimular o pensamento crítico e retenção do conhecimento, além de tornar o processo de aprendizagem mais dinâmico e interativo (Novak, 1998; Novak; Canas, 2006, Boss, 2023). No entanto, a estruturação se fundamenta na aprendizagem significativa, entendida como a integração de novos conhecimentos à estrutura cognitiva pré-existente do sujeito, “com o propósito de estabelecer aprendizagens inter-relacionadas” (Ruiz-Moreno *et al.*, 2007, p. 454).

Nesse sentido, Ausubel, Novak e Hanesian (1980) esclarecem que a aprendizagem significativa ocorre quando

“[...] uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva” (p. 159).

Durante a atividade, observou-se que alguns estudantes optaram por elaborar mapas mentais (Figura 34) em vez de mapas conceituais (Figura 35). Embora tenha havido certa confusão entre os gêneros textuais, a professora-pesquisadora considerou as produções válidas para análise, visto que ambos os recursos apresentam semelhanças em sua proposta de organização do conhecimento (Figura 34).

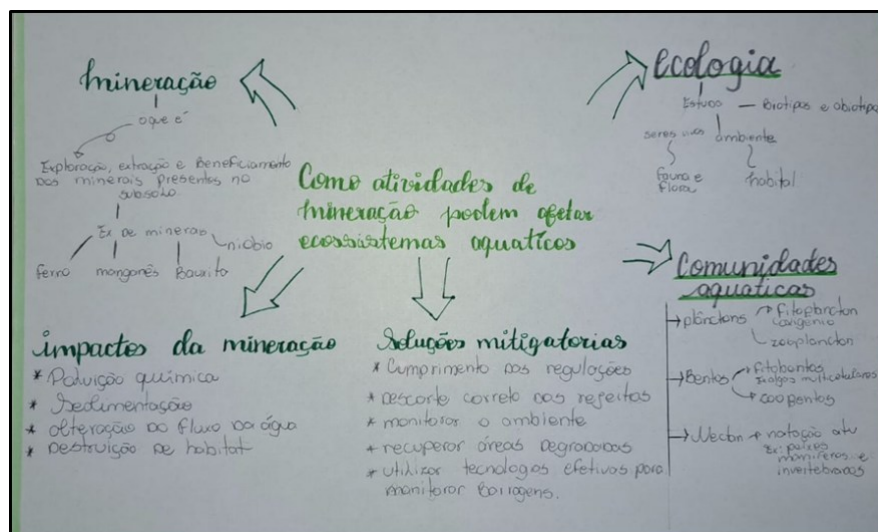


Figura 34 – Mapa mental produzido por estudante. Fonte: Arquivo da autora.

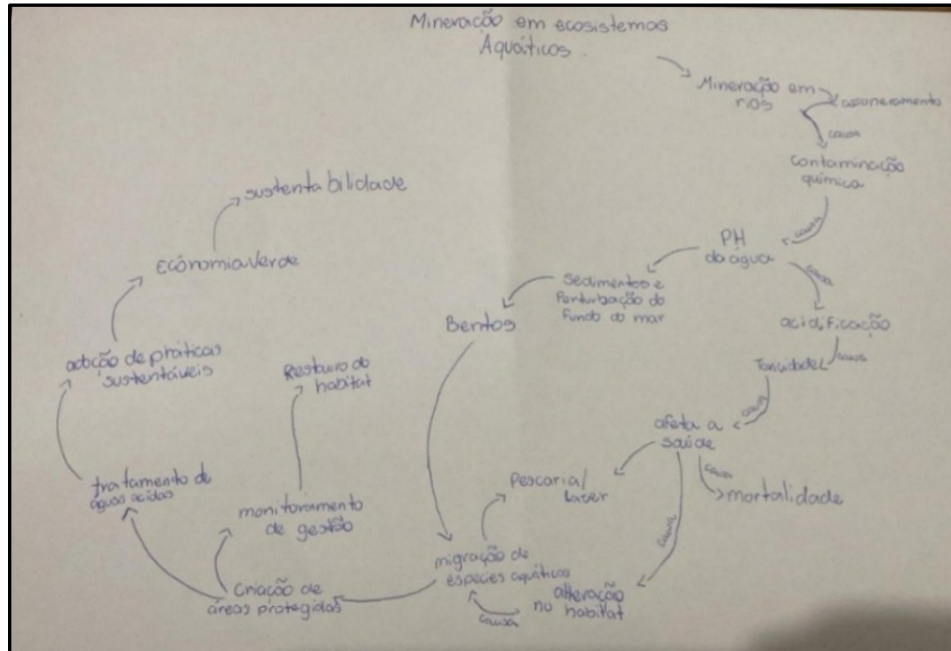


Figura 35 - Mapa conceitual produzido por estudante como síntese final da SDI.
Fonte: Arquivo da autora.

Sob essa perspectiva, a avaliação formativa assume um papel central no processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, avaliar de maneira formativa implica comprometer-se com o acompanhamento contínuo do estudante, auxiliando-o a avançar na compreensão de novos conceitos, a aperfeiçoar conhecimentos prévios e a superar dificuldades de aprendizagem, (Souza e Boruchovitch, 2010). Isso porque tal abordagem possibilita ao professor

“[...] observar mais metodicamente os alunos, a compreender melhor seus funcionamentos, de modo a ajustar de maneira mais sistemática e individualizada suas intervenções pedagógicas e as situações didáticas que propõe, tudo isso na expectativa de otimizar as aprendizagens” (Perrenoud, 1999, p. 89).

Nessa direção, Tavares (2008) destaca que o aluno que desenvolve a habilidade de construir seu próprio mapa conceitual durante o estudo de determinado conteúdo torna-se capaz de desenvolver, de forma mais autônoma, o seu percurso no processo de aprendizagem.

Para Tavares (2007), o único tipo de mapa que explicitamente utiliza a teoria cognitiva em sua elaboração é o mapa hierárquico, proposto por Novak, embora nesta SDI tenha sido considerado tipos diferentes de mapas conceituais, como p. ex., Fluxograma, Teia de Aranha, e Sistema. Entretanto, o intuito foi avaliar o conhecimento repertório dos estudantes após aplicação da sequência didática.

6 PRODUTOS FINAIS

O desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Mestrado resultou na produção de um livro eletrônico (Apêndice F) como recurso educacional que apresentou uma SDI voltada ao ensino de Ecologia. Essa sequência culminou na elaboração de mapas conceituais e de um diário de campo como recursos avaliativos, possibilitando aos estudantes expressar a construção de seus conhecimentos de maneira integrada e reflexiva. O livro eletrônico tem como principal objetivo auxiliar professores da Educação Básica na implementação de abordagens investigativas de ensino que promovam questionamentos, reflexão, o protagonismo estudantil, contextualização e letramento científico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação científica deve ir além da transmissão de conceitos, deve incorporar também dimensões social e epistêmica do conhecimento. Nessa perspectiva, o ensino de ciências busca situar essas dimensões no centro do processo didático, permitindo que elementos essenciais à compreensão da natureza da ciência estejam presentes em sala de aula.

As práticas epistêmicas das ciências constituem o meio pelo qual os estudantes se envolvem na investigação de fenômenos, promovendo a aprendizagem científica e letramento científico. Em vez de serem simplesmente transmitidas ou aplicadas mecanicamente, essas práticas são desenvolvidas na interação entre os pares, dentro de contextos específicos, conforme objetivos construídos neste TCM. Em relação aos impactos de mineração em ecossistemas aquáticos, a abordagem possibilitou o estudo ao sítio amostral e região de entorno, tornando as práticas epistêmicas como objetivo construído e consequência de ações realizadas para propor e avaliar ideias relacionadas à degradação ambiental e conservação.

A SDI foi elaborada para estudantes do Ensino Médio, com o propósito de favorecer a construção da aprendizagem sobre os impactos da mineração em ecossistemas aquáticos a partir da análise de uma situação-problema. Contudo, sua aplicação também se estende aos anos finais do Ensino Fundamental, adaptando-se às necessidades e ao nível de compreensão dos estudantes dessa etapa.

Verificou-se que a SDI apresentou uma abordagem investigativa de ensino, pois proporcionou a participação ativa dos alunos na formulação de hipóteses e na busca por evidências que as confirmassem ou refutassem. Apesar desse envolvimento, foram identificadas dificuldades relacionadas à compreensão de determinados conceitos de Ecologia e à elaboração do mapa conceitual.

A SDI encontrou limitação à análise de parâmetros físicos e químicos da água, pois a escola não possui laboratório equipado com os reagentes necessários nem parceria com outra instituição na qual pudesse realizar o procedimento. No entanto, essa limitação não impediu o desenvolvimento das atividades investigativas pelos estudantes.

Ainda assim, o desenvolvimento deste trabalho contribuiu para estimular o protagonismo dos estudantes do segundo ano do Ensino Médio, favorecendo a construção ativa do conhecimento sobre impactos ambientais. Portanto, resultou na interação entre os pares e na reflexão durante a sequência didática, e, ao comunicar os resultados, promoveu aprendizagem colaborativa.

Ao propor uma aula de campo com utilização do diário de campo elaborado pelos estudantes, estes puderam exercitar sua autonomia e criatividade, aliadas a habilidades de pesquisa e de comunicação, desenvolvendo percepções ambientais diversificadas e apresentações de soluções ao problema de pesquisa de maneira colaborativa e individual nos mapas conceituais.

O livro eletrônico, enquanto recurso educacional produzido, apresenta-se como material paradidático para professores da Educação Básica, reunindo a SDI e atividades sobre os impactos da mineração em ecossistemas aquáticos. Estruturado com base na abordagem investigativa de ensino, o livro eletrônico possibilita o desenvolvimento do letramento científico, a análise de dados, a construção de argumentações fundamentadas e a proposição de soluções à situação-problema, promovendo a reflexão, a discussão, o protagonismo estudantil e a autonomia dos estudantes. O recurso é passível de utilização nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio, ao oferecer suporte pedagógico aos docentes e favorecer a aprendizagem colaborativa, bem como a construção coletiva do conhecimento científico.

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a proposta da abordagem investigativa de ensino, contextualizada à realidade dos estudantes, fortaleceu o processo de ensino-aprendizagem ao promover sua participação ativa e protagonismo. Conclui-se, portanto, que a sequência didática adotada alcançou seus objetivos, ao estimular a construção coletiva de conhecimentos integradores relacionados à Ecologia e aos impactos ambientais.

O compromisso da escola em proporcionar uma aprendizagem significativa e de qualidade foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, além de abrir possibilidades para futuras atividades com abordagem investigativa de ensino, tanto em sala de aula quanto em campo. Essas ações contribuem para ampliar os conceitos estudados e aprofundar a contextualização das questões relacionadas aos impactos ambientais e à educação ambiental.

Deseja-se que o estudo sobre os impactos ambientais causados pela mineração e por outras ações antrópicas sensibilize os estudantes a refletirem sobre a importância de preservar os ecossistemas aquáticos. Mais do que compreender conceitos ecológicos, espera-se que sejam sensibilizados a desenvolver, em seu cotidiano, a capacidade de argumentar, dialogar de forma crítica e fundamentar suas análises em dados que os conduzam à proposição de soluções conscientes para os desafios socioambientais. Desse modo, a abordagem investigativa de ensino promove o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, transformando a aprendizagem em um processo ativo e significativo, que contribui para a formação de cidadãos cientificamente letrados, críticos e comprometidos.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, T. *et al.* O uso do diário de campo na inserção ecológica em uma família de uma comunidade ribeirinha amazônica. **Psicologia & Sociedade, Belo Horizonte**, v. 27, n. 1, p. 131-141, abr. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-03102015v27n1p131> . Acesso em: 02 maio 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Arrecadação da CFEM – Municípios**. Brasília, DF: ANM, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/arrecadacao/cfem>. Acesso em: ago. 2025.
- AGROSHOP. **[Produto Fracionado] Herbicida Roundup Original 1L MATA MATO RANDAP SUPER PROMOÇÃO**. Disponível em: <https://lojaagroshop.com.br/product/roundup-original-fracionado/>. Acesso em: abr. 2025.
- ANASTASIOU, Léa das Graças Camargos; ALVES, Leonir Pessate (Org.). **Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula**. 3. ed. Joinville: Univille, 2003.
- APEDOE, X. S. **Engaging Students in Inquiry: Tales from an Undergraduate Geology Laboratory-Based Course**. *Science Education*, v. 92, n. 4, p. 631-663, 2007.
- AQUILANTE, V. M. L.; SILVA, R. S.; DUTRA, M. L. (Org.). **O uso de situações-problema no ensino de ciências**. Belém: UFPA, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307671358_Situacoes-problema_simuladas_uma_analise_do_processo_de_construcao . Acesso em: 21 jan. 2025.
- ARAÚJO, M. S. T. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques e suas implicações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.l.], v. 25, n. 2, p. 158–164, jul./dez. 2003. DOI: 10.1590/S0102-47442003000200006. Acesso em: 19 out. 2025.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- AZEVEDO, M. C. P. S. **Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula**. In: CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa a Prática**. 1ª Edição. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2004. Cap. 2, p. 165.
- BARBOSA, Getulio V.; RODRIGUES, David Márcio dos Santos. **Quadrilátero Ferrífero**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1967. 130p.
- BARBOSA, R. M. Y. O. (2024). AUSUBEL E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, 10(7), 2701–2708. Disponível em: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i7.149> . Acesso em: 19 out. 2025.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Edições 70, Lisboa, 1977.
- BARRELA, W. *et al.* **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BERTRAND, G. **Paysage et géographie physique globale: esquisse méthodologique.** Revue géographique des Pyrénées et sud-ouest, v. 39, fasc. 3, 1968.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico.** Cruz, Olga (trad.). Cadernos de Ciências da Terra. São Paulo, USP-IGEOG, nº 43, 1972.

BOSS, Silvio Luiz Bragatto. **Avaliação automática de mapas conceituais para identificar indícios de aprendizagem significativa.** 2023. 340 p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Instituto de Matemática e Estatística - IME, Universidade Federal da Bahia, Salvador (Bahia), 2023.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** Florianópolis, SC, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Base **Nacional Comum Curricular.** Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/> . Acesso em: 05 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Projeto: Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco nos estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe.** Disponível em: [Projeto: Revitalização e Conservação da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe — Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional](#). Acesso em: 20 maio 2025.

BRASIL. Ministério Público Federal. **Biomonitorando as águas: sobre insetos aquáticos e meio ambiente.** Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/biomonitorando/sobre-insetos-aquaticos-e-meio-ambiente>. Acesso em: 08 abr. 2025.

BRAVO, B.; PUIG, B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **Competencias en el uso de pruebas en argumentación.** Educación Química, v. XX, n. 2, p. 137-142, 2009.

CALISTO, Dalila; FRÓIS, Camila; PORTES, Fernanda de Oliveira. **Água tóxica: cinco bacias brasileiras contaminadas pela mineração. Brasil de Fato,** São Paulo (SP), 24 jun. 2023. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2023/06/24/agua-toxica-cinco-bacias-brasileiras-contaminadas-pela-mineracao/> . Acesso em: 07 nov. 2024.

CALLISTO, M.; MORENO, P. Bioindicadores como ferramenta para o manejo, gestão e conservação ambiental. In: **SIMPÓSIO SUL DE GESTÃO E CONSERVAÇÃO AMBIENTAL**, 2., 2006, Erechim. Anais [...]. Erechim: URI-Campus de Erechim. 2006.

CAPECCHI, M. C. M.; CARVALHO A. M. P. **Atividades de laboratório como instrumentos para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula.** Pró-Posições, 2006, v. 17 n. 1 (49), p. 137-153.

CARDOSO, M. R. G.; OLIVEIRA, G. S.; GHELLI, K. G. M. **Análise de conteúdo: uma metodologia de pesquisa qualitativa.** Cadernos da FUCAMP, v. 20, n. 43, 2021.

CARVALHO, A. M. P. de. Critérios estruturantes para o ensino das Ciências. In: (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 1–17.

CARVALHO, A. M. P. Introduzindo os alunos no universo das ciências. In: WERTHEIN, J.; CUNHA, C. **Educação científica e desenvolvimento: o que pensam os cientistas**. Brasília: Unesco, 232 p. 2005.

CARVALHO, A. M. P. de, Gil-Pérez, D. **Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações**. 8º ed. São Paulo: Cortez, 1993, v. 26, 120p.

CHINN, C. A.; MALHORTA, B. A. **Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks**. *Science Education*, v. 86, n. 2, p. 175-218, 2002.

CNN BRASIL. **Faturamento do setor mineral do Brasil sobe 91% em 2024, a R\$ 270,8 bi, diz IBRAM**. Disponível em:

<https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/faturamento-do-setor-mineral-do-brasil-sobe-91-em-2024-a-r2708-bi-diz/>. Acesso em: abr. 2025.

COHEN, Elizabeth G.; LOTAN, Rachel A. **Planejando o trabalho em grupo: estratégias para salas de aula heterogêneas**. Porto Alegre: Penso, 2017.

COLLAR, Leticia. Aprenda mais sobre os Mapas Conceituais. YouTube, 17 ago. 2020. 6min17seg. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mhQlAv8Av1s>. Acesso em: 18 mai. 2025.

CÓRIA-SABINI, M. A.; OLIVEIRA, V. K. **Construindo valores humanos na escola**. Campinas; SP: Papyrus, 2002.

COVER, C. D. **Práticas pedagógicas promotoras da argumentação no ensino de ecologia**. 2012. 65 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas, área de concentração: Ensino de Biologia) – Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, 2012.

DAMÁSIO, Antônio. R. **O erro de Descartes: emoção, razão e o cérebro humano**. São Paulo: Companhia das Letras. 1996.

DEMO, Pedro. **Educar pela pesquisa**. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

DIÁRIO do Comércio. **Morro do Ipê investirá na descaracterização de barragens**.

Disponível em: https://diariodocomercio.com.br/economia/morro-do-ipe-investira-descaracterizacao-barragens/#google_vignette. Acesso em: abr. 2025.

DINIZ, Renato Eugênio da Silva; VIVEIRO, Alessandra Aparecida; As atividades de campo no ensino de ciências: reflexões a partir das perspectivas de um grupo de professores. In: NARDI, R. (org.). **Ensino de ciências e matemática, I: temas sobre a formação de professores** [online]. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 28-40. ISBN 978-85-7983-004-4. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/g5q2h/pdf/nardi-9788579830044-03.pdf>. Acesso em: 05 abr. 2025.

DRIVER, R.; NEWTON, P. **Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms**. Paper prepared for presentation at the ESERA Conference, 2-6 September, 1997, Rome, 1997.

DUTCH, B. J. Problemas no ensino de ciências: uma abordagem baseada em problemas. In: AQUILANTE, V. M. L.; SILVA, R. S.; DUTRA, M. L. (Org.). **O uso de situações-**

problema no ensino de ciências. Belém: UFPA, 2011. Disponível em: <https://www.ri.ufpa.br>. Acesso em: 21 jan. 2025.

EXAME *Solution. Pellet feed: o minério “verde” que está transformando a mineração.* Exame, São Paulo, 3 de outubro de 2024. Disponível em: https://exame.com/negocios/pellet-feed-minerio-verde/?utm_source=copiaecola&utm_medium=compartilhamento . Acesso em: 02 maio 2025.

FLÔR, C. C.; CASSIANI, S. O que dizem os estudos da linguagem na educação científica? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.** São Paulo, v. 11, n. 2, p. 67-86, 2011.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology.** New York: Jhon Wiley & Sons, 1986. 619p.

FRANÇA, S. J.; CALLISTO, M. **Monitoramento Participativo de Rios Urbanos por estudantes-cientistas.** 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2019.

FRANCO, L. G. (Org.). **Ensinando biologia por investigação: propostas para inovar a ciência na escola.** São Paulo: Na Raiz, 2021.

FRANCO, L. G.; MUNFORD, D. O ensino de ciências por investigação em construção: possibilidades de articulações entre os domínios conceitual, epistêmico e social do conhecimento científico em sala de aula. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,** v. 20, p. 687–719, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/19262>. Acesso em: 02 maio 2025.

FREIRE, A. M. Reformas curriculares em ciências e o ensino por investigação. In: **XIII ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS,** 2009, Castelo Branco. Anais [...]. Castelo Branco: [s.n.], 2009.

GAMBARINI, C.; BASTOS, F. A utilização do texto escrito por professores e alunos nas aulas de Ciências. In: NARDI, R.; ALMEIDA, M. J. P. M. (Orgs.). **Analogias, leituras e modelos no ensino da ciência: a sala de aula em estudo.** São Paulo: Escrituras, 2006. p. 93-115.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. **Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference.** *Science & Education,* 16, p. 141-166. 2007.

GIL-PÉREZ, D. *et al.* ¿Qué es una competencia científica básica? Una propuesta basada en el análisis del trabajo científico. **Enseñanza de las Ciencias,** Barcelona, v. 19, n. 2, p. 215–232, 2001.

GIL-PÉREZ, D.; VALDÉS CASTRO, P. **La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo.** *Enseñanza de las Ciencias,* v. 14, n. 2, p. 155–163, 1996.

GOTT, R.; DUGGAN, S. **Investigative Work in the Science Curriculum.** Série: Developing Science and Technology Education. Open University Press, 1995.

GOULART, Michael Dave C.; CALLISTO, Marcos. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, v. 2, n. 1, p. 78-85, 2003.

GUERRA, E. L. A. **Manual de Pesquisa Qualitativa**. 2014. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Manual para suporte de disciplina EAD). Disponível em: <https://docente.ifsc.edu.br/luciane.oliveira/MaterialDidatico/P%C3%B3s%20Gest%C3%A3o%20Escolar/Legisla%C3%A7%C3%A3o%20e%20Pol%C3%ADticas%20P%C3%BAblicas/Manual%20de%20Pesquisa%20Qualitativa.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2025.

GUISASOLA, J. *et al.* Propuesta de Enseñanza en cursos introductorios de física en la universidad, basada en la investigación didáctica: siete años de experiencia y resultados. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 25, n. 1, p. 91–106, 2007.

HYNES, H, B. N. 1974. Comments on taxonomy of Australian Austroperlidae and Gripopterygidae (Plecoptera). **Australian Journal of Zoology**. Csiro Publications, Collingwood. 1-52, Suppl. 9.

IÉ, R. M. **O ensino por investigação: desafios e possibilidades para a formação de professores**. 2023. Dissertação de Mestrado em Química – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/bitstream/ufjf/18350/1/rudilsonmanuelie.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2025.

IPE MINERAÇÃO. **Demonstração Financeira** – 31/12/2024. Disponível em: <https://www.ipemineracao.com.br/media/xuneseuh/demonstra%C3%A7%C3%A3o-financeira-mmi-31122024.pdf>. Acesso em: 2 maio 2025.

IPE MINERAÇÃO. **Relatório de Sustentabilidade** – 2023. [S.l.: s.n.], 2023. Disponível em: https://www.ipemineracao.com/wp-content/uploads/2025/05/mmi_relatorio-sustentabilidade-2023-final-ajuste-2706-web.pdf. Acesso em: 2 maio 2025.

JAZIDA. Mineração no Brasil: principais regiões, minerais e impactos econômicos. *Blog Jazida*, 20 ago. 2025. Disponível em: <https://blog.jazida.com/quais-os-principais-locais-de-mineracao-no-brasil>. Acesso em: 2 maio 2025.

JENKINS, E. W. School science, citizenship and the public understanding of science. **International Journal of Science Education**. V. 21 (7) p. 703-710, 1999.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: an overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). **Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 3–28.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula, **Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Bauru, Abrapec, 2005.

JÚNIOR, R. M. **O estudo de ecologia no ensino médio: uma proposta metodológica alternativa**. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

Kelly, G. J., & Duschl, R. A. (2002). **Toward a research agenda for epistemological studies in science education**. In National Association for Research in Science Teaching Meeting, New Orleans, LA/EUA.

KELLY, G.; TAKAO, A. **Epistemic levels in argument: an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing**. *Science Education*, Hoboken, v. 86, n. 3, p. 314-342, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10024>. Acesso em: 8 maio. 2025.

LEITE, I. M. A.; FERNANDES, D. V. **Dossiê Água**. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 7-22, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>. Acesso em: 19 maio 2025.

LEMKE, J. L. **Talking science: language, learning and values**. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.

COLLAR, L. **Aprenda mais sobre os Mapas Conceituais**. YouTube, 17 ago. 2020. 1 vídeo (6min17seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mhQlAv8Av1s>. Acesso em: 18 maio 2025.

LIMA, David Michel dos Santos; STREICHER, Matheus Araújo. **Bacia do Rio Paraopeba: uma área de grande importância e diversidade, mas também de conflitos e desafios para a sustentabilidade**. 28 nov. 2023. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7457fa4600c74f67aced680b5cb7a55f>. Acesso em: 12 fev. 2025.

MACEDO, Roberto Sidnei. **Etnopesquisa crítica/etnopesquisa-formação**. Brasília: Liber Livro, 2010.

MCNEIL, K. L.; PIMENTEL, D. S. Scientific discourse in three urban classrooms: the role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, v. 94, n. 2, p. 203–229, 2009.

MELVILLE, W. *et al.* Experience and reflection: preservice science teachers' capacity for teaching inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, v. 19, n. 5, p. 477–494, 2008.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? *Biota Neotropica*, v. 1, p. 1-9, 2001.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. **Comissão das águas debate impactos ambientais em São Joaquim de Bicas**. Belo Horizonte: ALMG, 29 out. 2013. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2013/10/29_comissao_das_aguas_sao_joaquim_de_bicas.html. Acesso em: 20 out. 2024.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Plano de Cursos do Currículo Referência de Minas Gerais**. 2025. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 5 maio 2024.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**. 11. ed. São Paulo: Hucitec, 2008.

MINERAÇÃO Morro do Ipê lança seu primeiro relatório de sustentabilidade. **IBRAM**, Belo Horizonte, 20 de maio de 2024. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/mineracao-morro-do-ipe-lanca-seu-primeiro-relatorio-de-sustentabilidade/#:~:text=A%20edi%C3%A7%C3%A3o%20apresenta%20as%20a%C3%A7%C3%B5es,empresa%20a%20partir%20de%202024>. Acesso em: 7 jan. 2025.

MINERAÇÃO Morro do Ipê tem o pedido de Licença de Operação (LO) da Mina Tico-Tico aprovado; projeto teve investimento de R\$ 1,3 bilhão. **Portal Agita**, Betim (MG), 29 set. 2023. Disponível em: <https://portalagita.com.br/mineracao-morro-do-ipe-tem-o-pedido-de-licenca-de-operacao-lo-da-mina-tico-tico-aprovado-projeto-teve-investimento-de-r-13-bilhao/>. Acesso em: 7 nov. 2024.

MILLER, J. D. Scientific literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, v. 112, n. 2, p. 29–48, 1983.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL; EMBRAPA MEIO AMBIENTE. *Sobre insetos aquáticos e meio ambiente*. In: **Biomonitorando as águas**, Projeto Conexão Água. [S.l.]: Conexão Água/MPF; Embrapa, 2019. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/biomonitorando/sobre-insetos-aquaticos-e-meio-ambiente>. Acesso em: abr. 2025.

MUNFORD, D. **Desenvolvimento do pensamento científico**: aprendizagem baseada em investigação. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2007.

MUNFORD, Danusa; LIMA, Maria Emília Caixeta de Castro e Lima. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, jun. 2007. DOI: 10.1590/1983-21172007090107. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>. Acesso em: 7 maio 2025.

NOVAK, J.; CANAS, A. **The theory underlying concept maps and how to construct them**. Pensacola, FL: Institute for Human and Machine Cognition, 2006. (Technical Report).

NOVAK, J. D. Learning, creating, and using knowledge: concept maps as facilitative tools in schools and corporations. **Journal of E-Learning and Knowledge Society**, v. 6, jan. 1998.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia**. 6. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1971. 927 p.

OLIVEIRA, L. H. M.; ANDRADE, M. Â.; PAPROCKI, H. Biomonitoramento participativo, com insetos aquáticos como bioindicadores de qualidade da água, realizado com alunos da Escola Municipal José Pedro Gonçalves, Comunidade do Parauninha, Conceição do Mato Dentro, MG. **Ambiente & Educação – Revista de Educação Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 57–74, 2012.

OLIVEIRA, R.C.M. (Entre)linhas de uma pesquisa: o diário de campo como dispositivo de (in)formação na/da abordagem (Auto)biográfica. **Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos**. 2014, v. 2, n. 4. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/educajovenseadultos/article/view/1059>. Acesso em 15 maio. 2021.

PEDASTE, Margus *et al.* Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47–61, fev. 2015.

<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

PENNA, Carlos Gabaglia. **Efeitos da mineração no meio ambiente**. Disponível em: <http://www.oeco.org.br/carlos-gabaglia-penna/20837-efeitos-da-mineracao-no-meio-ambiente>. Acesso em: 17 maio 2025.

PÉREZ, G. D.; CASTRO, V. P. La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 155–163, 1996.

PERRENOUD, P. **Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens - entre duas lógicas**. Porto Alegre: Artmed, 1999.

RAMOS, M. G. Educar pela pesquisa é educar para a argumentação. In: MORAES, R.; LIMA, M. L. (org.). **Pesquisa em sala de aula: tendências para educação em novos tempos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. p. 21–38.

RIBEIRO, M. E. M.; RAMOS, M. G. Grupos colaborativos como estratégia de aprendizagem em aulas de Química – Collaborative groups as a strategy of teaching in Chemistry classes. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 3, p. 456–471, 2012.

RICARDO, Elio C. Educação CTSA: obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. especial, 2007. Texto digital.

RODRIGUES, C.; FERREIRA, A. S.; PEDROSA, M. Educação ambiental e ensino de ciências: análise de artigos da Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 1061–1087, 2018. DOI: <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec20181831061>. Acesso em: 19 maio 2025.

RODRIGUES MORAIS, Wanderson; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro de; RINK, Juliana. O Discurso escolar ecossistêmico: Análise de livros didáticos de biologia do PNLD 2018-2020. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, [S. l.], p. e023010, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/1067>. Acesso em: 19 abr. 2025.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. (eds.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 1993. p. 1–9.

ROTH, W. M. ‘Authentic science’: enculturation into the conceptual blind spots of a discipline. In: Encontro Anual da American Educational Research Association, 1999, Montréal, Québec. **Anais...** Montréal, Québec: American Educational Research Association, 1999.

ROTH, W.-M. Competent workplace mathematics: how signs become transparent. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, v. 8, n. 3, p. 161–189, 2003.

- RUIZ-MORENO, L. et al. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 453–463, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/8vFd9y7SnKgNpJ4mMDkS3rg/>. Acesso em: 20 abr. 2025.
- SANKARAN, Shankar. Methodology for an organisational action research thesis. **Action Research International**, 2001. Disponível em: <http://www.scu.edu.au/schools/gcm/ar/ari/p-ssankaran01.html>. Acesso em: 15 maio 2025.
- SANTOS, S. A. M. A excursão como recurso didático no ensino de biologia e educação ambiental. In: **ENCONTRO PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA**, 6., 2002, São Paulo.
- SANTOS, V. M. N.; COMPIANI, M. Formação de professores: desenvolvimento de projetos escolares de educação ambiental com o uso integrado de recursos de sensoriamento remoto e trabalhos de campo para o estudo do meio ambiente e exercício da cidadania. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 5., 2005, Bauru. **Anais [...]**. Bauru: ABRAPEC, 2005.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. spe, p. 49–67, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04>.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização científica**: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 1, p. 59–77, 2011.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental**: a proposição e a procura de indicadores no processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. **Ciência & Educação**, v. 17, p. 97–114, 2011.
- SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). **Ensino de Ciências por Investigação**: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap. 8, p. 129–152.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por investigação. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/RKrKKvjmY7MX7Q5DChvN5N/?lang=pt>. Acesso em: 25 out. 2025.
- SCHEINER, S. M. Toward a conceptual framework for biology. **The Quarterly Review of Biology**, v. 85, n. 3, p. 293–318, 2010.
- LIMA, David Michel dos Santos; STREICHER, Matheus Araújo. **Bacia do Rio Paraopeba: uma área de grande importância e diversidade, mas também de conflitos e desafios para a sustentabilidade**. 28 nov. 2023. Disponível em: <https://storymaps.arcgis.com/stories/7457fa4600c74f67aced680b5cb7a55f>. Acesso em: 12 fev. 2025.

- SILVA, M. C. Ensino de Ecologia: dificuldades encontradas e uma proposta de trabalho para professores dos Ensinos Fundamental e Médio de João Pessoa, PB. 2012. 63 f. **Monografia** (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- SILVEIRA, L. **Fenômenos grupais em sala de aula: a perspectiva do docente na educação de adultos**. *Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos*, v. 2, n. 4, p. 123–138, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340996521_Fenomenos_grupais_em_sala_de_aula_a_perspectiva_do_docente_na_educacao_de_adultos. Acesso em: 21 jan. 2025.
- SISTEMA HÍDRICO DA BACIA DO SÃO FRANCISCO. **Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraopeba – SF3 Minas Gerais** [s. d.]. Betim, MG. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/cbh-do-rio-paraopeba-sf3-minas-gerais/>. Acesso em: 26 abr. 2025.
- SIQUEIRA, R. **Queremos água ou mineração? Vida ou degradação**. Entrevista concedida a *EcoDebate*, 30 mar. 2011. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2011/03/30/queremos-agua-ou-mineracao-vida-ou-degradacao-entrevista-com-ruben-siqueira-cptba-2/>. Acesso em: 30 mar. 2025.
- SONODA, Kathia Cristhina. **Sobre insetos aquáticos e meio ambiente**. Conexão Água – MPF. Disponível em: <https://conexaoagua.mpf.mp.br/biomonitorando/sobre-insetos-aquaticos-e-meio-ambiente>. Acesso em: 19 out. 2025.
- SOUZA, N. A. de; BORUCHOVITCH, E. Mapas conceituais e avaliação formativa: tecendo aproximações. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 795–810, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-97022010000300010>. Acesso em: 20 maio 2025.
- SUTTON, C. **Los profesores de ciencias como profesores de linguagem**. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, v. 21, n. 1, p. 21–25, 2003.
- SUTTON, C. New perspectives on language in science. In: FRASER, B.; TOBIN, K. G. (ed.). **International handbook of science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. p. 115–126.
- TAMIR, P. Practical work in school: an analysis of current practice. In: WOOLNOUGH, B. (ed.). **Practical science**. Milton Keynes: Open University Press, 1990. p. 13–20.
- TAVARES, R. Construindo mapas conceituais. *Ciências & Cognição*, v. 12, p. 72–85, 2007.
- TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciências. *Ciências & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 13, p. 94–100, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/28207276_Aprendizagem_significativa_e_o_ensino_de_ciencias. Acesso em: 12 maio 2025.
- TEIXEIRA, M. **Portal do MEC – Novo Enem – Matriz de referência 2009**. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.portal.mec.gov.br>. Acesso em: 8 maio 2025.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2011.
- THOMPSON, M.; RIOS, E. P. **Conexões com a Biologia – Ensino Médio**. São Paulo: Moderna, 2018. p. 113.

TORRES, Patrícia Lupion; IRALA, Esrom Adriano F. **Aprendizagem Colaborativa: teoria e prática**, 2014.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed. da Universidade; ABRH; Edusp, 1993.

TUNDISI, J. G. *et al.* **A utilização do conceito de bacia hidrográfica como unidade para atualização de professores de Ciências e Geografia: o modelo Lobo (Broa) – Brotas/Itirapina**. In: _____. (org.). *Limnologia e manejo de represas*. São Carlos: USP, 1988. p. 311–357. (Série Monografia).

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Diálogo e aprendizagem colaborativa nos processos de ensino de ciências: possibilidades e desafios. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 45–62, 2015.

APENDICE A – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE ASSENTIMENTO PARA CRIANÇA E ADOLESCENTE (TALE)

(maiores de 15 anos e menores de 18 anos)

Você está sendo convidado(a), como voluntário(a), a participar da pesquisa: **“IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM ECOLOGIA”**. A pesquisa seguirá todos os preceitos éticos estabelecidos nas Resoluções 466/2012 e 510/2016, ambas do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da UFMG (CEP/UFMG) e a direção da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena foi informada e consultada sobre a pesquisa, dando anuência para que este convite fosse encaminhado a você. “A presente pesquisa consiste em analisar uma sequência didática em abordagem investigativa de ensino, através de avaliações críticas, com a finalidade de descrever como tal metodologia de ensino foi desenvolvida, bem como inferir se ela foi capaz de promover a aprendizagem dos alunos. Para isso, vamos acompanhar o desenvolvimento de cada etapa da sequência didática, realizar registros pessoais contendo os pontos relevantes a serem relatados e descritos, e nossas impressões sobre a eficácia do método. No decorrer da execução da sequência didática, pretende-se analisar se a metodologia de ensino é adequada e suficiente para alcançar seu objetivo, se há relação direta entre a dinâmica das atividades e a problematização, verificar se as estratégias didáticas são diversificadas e apropriadas para o desenvolvimento das questões proposta, se promovem contextualização com os conteúdos a serem aprendidos e, por fim, se a dinâmica das atividades possibilita a participação ativa dos estudantes. Além disso, será realizada uma análise de atividades em grupos bem como mapas conceituais produzidos individualmente ao final da sequência didática.”. Nestes grupos, será realizada uma pergunta norteadora para que os estudantes elaborem hipóteses (afirmações provisórias). As atividades a serem propostas estão estruturadas, porém são os estudantes os protagonistas na realização das mesmas, buscando entender os resultados apresentados e formular hipóteses para explicá-las. “A pesquisa apresenta riscos mínimos. A participação na atividade pode gerar sentimentos e sensações como estresse, constrangimento, ansiedade e entre outros devido a experiência e exposições de ideias entre as interações sociais, onde o estudante passa de passivo para ativo. Caso haja desconforto ele pode optar em não responder qualquer questão”. A pesquisa contribuirá para: “Proporcionar autonomia e conhecimento dos alunos através do método científico investigativo, propiciar condições

para a construção de hipóteses, coleta e análise de dados e interação social. Proporcionar a construção de argumentos científicos e conseqüentemente uma introdução na alfabetização científica”. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: No primeiro momento será realizada uma aula expositiva com imagens e reportagens voltadas a água e mineração de modo a estimular a curiosidade dos estudantes com relação ao tópico a ser investigado. Em seguida, será realizada a pergunta para reflexão dos estudantes: **“Como atividades de mineração podem potencialmente impactar ecossistemas aquáticos apesar de ser uma prática importante para o setor econômico no município de São Joaquim de Bicas”?** O objetivo é avaliar o conhecimento repertório em Ecologia, possibilitando a elaboração de hipóteses pelos estudantes. A pergunta norteará os estudantes nos conceitos necessários para construir o entendimento relacionado ao assunto investigado e serão registradas em folha avulsa, como atividade, e recolhida pela professora. Além disso, esse registro em folha servirá de comparação após a oferta da seqüência didática investigativa. Após atividade escrita em sala de aula, os estudantes participarão de uma aula de campo no entorno da Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, município de São Joaquim de Bicas/MG, em que poderão observar e registrar aspectos ambientais utilizando o Protocolo de Avaliação Rápida Habitats Físicos e aspectos que julgarem importantes para o levantamento de dados e posterior análise. Este procedimento servirá como parâmetro para que os estudantes busquem informações científicas que comprovem as respostas anteriores.

Por fim, nas aulas seguintes, os estudantes irão sistematizar, em sala de aula as etapas de análise de dados, conclusão e discussão com base nas inferências relacionadas às hipóteses traçadas e à questão inicial da pesquisa. Como resultados estão previstos os produtos: (i) um mapa de conceitos para consolidar o aprendizado e (ii) um diário de campo. Com essa pesquisa pretendemos promover e avaliar uma aprendizagem significativa dos conceitos básicos relacionado aos impactos ambientais através de atividades em abordagem investigativa de ensino, utilizando uma metodologia que envolve linguagem científica com base em evidências, dados, argumentação e sistematização de raciocínios. Todas as ações serão realizadas durante o horário de aula, com supervisão do professor e autorização da direção da escola.

Pedimos a sua autorização para a participação em atividades em grupo e individual, escritas e apresentadas para a própria turma e professora de maneira a sondar conhecimentos prévios e consolidado ao final da seqüência didática investigativa.

Para participar deste estudo você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Apesar disso, caso sejam identificados e comprovados danos provenientes desta

pesquisa, você tem assegurado o direito à indenização. Você também terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar e a qualquer tempo e sem quaisquer prejuízos, pode retirar o consentimento de guarda e utilização dos dados coletados, valendo a desistência a partir da data de formalização desta, você poderá enviar um e-mail ao pesquisador (mcallisto@gmail.com). Você também poderá pedir o acesso a transcrição do áudio e imagens utilizadas no estudo, a qualquer tempo. A sua participação é voluntária, e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade. Os resultados obtidos pela pesquisa, estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou qualquer dado que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Sendo assim, você não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

A pesquisa irá contribuir no sentido de proporcionar aos estudantes o desenvolvimento do conhecimento através de uma sequência didática investigativa, dando-lhe condições de construir hipóteses, observar evidências, analisar dados, interagir com outros estudantes e professora-pesquisadora podendo levá-lo a argumentação e alfabetização científica, proporcionando uma formação mais ampla.

Os resultados obtidos pela pesquisa, estarão à sua disposição quando finalizada. O seu nome ou qualquer dado que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Sendo assim, você não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no "**Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal de Minas Gerais**", e a outra ficará com você. Os dados, materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos (**ou até 10 (dez) anos**) na sala 254 do Bloco I3 do **Laboratório de Ecologia de Bentos (LEB) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal de Minas Gerais**" e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, residente à rua _____, nº _____ na cidade de _____, MG, autorizo que o menor sob minha responsabilidade _____, portador do documento de identidade número _____ participe da

pesquisa “Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática investigativa sobre Ecologia”.

() Concordo que meus dados obtidos no questionário aulas seja utilizado somente para esta pesquisa.

() Não concordo com a utilização dos dados obtidos nessa pesquisa.

Fui informado(a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa de maneira clara e detalhada e tive todas as minhas dúvidas esclarecidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar a decisão de permitir a participação de meu filho(a) nessa atividade pedagógica.

Declaro que concordo e autorizo a participação do meu filho(a) nessa pesquisa, e que recebi uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

_____ / ____ /20____
 Nome completo do estudante Data

Assinatura do estudante

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG 104

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II - 2º andar - Sala 2005.

Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.

E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel.: 34094592.

Pesquisador Responsável: Marcos Callisto de Faria Pereira

Endereço: Avenida Antônio Carlos, 6627, Pampulha. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG.

CEP: 31270-901. Belo Horizonte-MG

Telefones: (31) 3409-2595/(31) 3409-2562

Contato: callistom@ufmg.br

Pesquisador Responsável: Jurema da Silva Ramos de Oliveira

Endereço: Rua Rio de Janeiro, 47 – Brasileia, Betim/MG

CEP:32560-350. Betim/MG

Telefones: (31) 3531-2877

Contato: jurema.ramos@educacao.mg.gov.br

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____

APÊNDICE B – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O seu(sua) filho(a) está sendo convidado(a), como voluntário(a), a participar da pesquisa **“IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM ECOLOGIA”**. A pesquisa seguirá todos os preceitos éticos estabelecidos nas Resoluções 466/2012 e 510/2016, ambas do Conselho Nacional de Ética em Pesquisa. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética da UFMG (CEP/UFMG) e a direção da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena foi informada e consultada sobre a pesquisa, dando anuência para que este convite fosse encaminhado a você. Pedimos a sua autorização para a coleta de dados sócio econômicos e a gravação de áudio do seu filho(a). A utilização dos dados de seu filho(a) na pesquisa está vinculada somente a este projeto de pesquisa. Se o(a) Sr(a) concordar com a participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa, ele será convidado a responder um formulário, onde pretendemos “Construir e avaliar uma sequência didática com abordagem investigativa de ensino para o Ensino Médio sobre impactos de mineração em ecossistemas aquáticos para abordar conceitos de Ecologia”. “A presente pesquisa consiste em analisar uma sequência didática, através de avaliações críticas, com a finalidade de descrever como tal metodologia de ensino foi desenvolvida, bem como inferir se ela foi capaz de promover a aprendizagem dos alunos. Para isso, vamos acompanhar o desenvolvimento de cada etapa da sequência didática, realizar registros em grupos e individuais contendo os pontos relevantes a serem relatados e descritos, e nossas impressões sobre a eficácia do método. No decorrer da execução da sequência didática investigativa, pretende-se analisar se a metodologia de ensino é adequada e suficiente para alcançar seu objetivo, se há relação direta entre a dinâmica das atividades e a problematização, verificar se as estratégias didáticas são diversificadas e apropriadas para o desenvolvimento das questões propostas, se promovem contextualização com os conteúdos a serem aprendidos e, por fim, se a dinâmica das atividades possibilita a participação ativa dos estudantes. Além disso, será realizada uma análise de conteúdo das apresentações, o diário de campo e mapas conceituais. Nestes grupos, será realizada uma pergunta norteadora para que os estudantes elaborem hipóteses. As atividades a serem propostas estão estruturadas, porém são os estudantes os protagonistas na realização das mesmas, buscando entender os resultados apresentados e formular hipóteses para explicá-las. “A pesquisa apresenta riscos mínimos. A participação na

atividade pode gerar sentimentos e sensações como estresse, constrangimento, ansiedade e entre outros devido a experiência e exposições de ideias entre as interações sociais, onde o estudante passa de passivo para ativo. Caso haja desconforto ele pode optar em não responder qualquer questão”. A pesquisa contribuirá para: “Proporcionar autonomia e conhecimento dos alunos através da abordagem investigativa de ensino, propiciar condições para a construção de hipóteses, coleta e análise de dados e interação social. Proporciona a construção de argumentos científicos e conseqüentemente uma introdução na alfabetização científica”. Para esta pesquisa adotaremos os seguintes procedimentos: No primeiro momento será realizada uma aula expositiva com imagens e reportagens voltadas a água e mineração de modo a estimular a curiosidade dos estudantes com relação ao tópico a ser investigado. Em seguida, será realizada a pergunta para reflexão dos alunos: **“Como atividades de mineração podem potencialmente impactar ecossistemas aquáticos apesar de ser uma prática importante para o setor econômico no município de São Joaquim de Bicas”?** O objetivo é avaliar o conhecimento repertório de Ecologia, possibilitando a elaboração de hipóteses pelos estudantes. A pergunta norteará os estudantes nos conceitos necessários para construir o entendimento relacionado ao assunto investigado e serão registradas em folha avulsa, como atividade, e recolhida pela professora. Além disso, esse registro em folha servirá de comparação após a oferta da sequência didática investigativa. Após a realização da atividade escrita em sala de aula, os estudantes participarão de uma aula de campo nos arredores da Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, localizada no município de São Joaquim de Bicas/MG. A instituição foi previamente informada e consultada sobre a pesquisa, tendo autorizado a realização dessa etapa investigativa. Durante a saída de campo, os alunos poderão observar e registrar aspectos ambientais por meio do Avaliação Rápida de Caracterização de Habitats Físicos, bem como outros elementos que considerarem relevantes para a coleta de dados e posterior análise. Nessa perspectiva, este procedimento servirá como parâmetro para que os estudantes busquem informações científicas que comprovem as respostas anteriores. Posteriormente, em sala de informática, acontecerá o momento de pesquisa para responder à pergunta norteadora mediante aos dados coletados no campo.

Por fim, nas aulas seguintes, os estudantes realizarão atividades em sala de aula constituída das etapas de análise de dados, discussão e conclusão com base nas inferências relacionadas às hipóteses traçadas e à questão inicial da pesquisa. Como resultados estão previstos os produtos: (i) um mapa de conceitos para consolidar o aprendizado e (ii) um diário de campo. Com essa pesquisa pretendemos promover e avaliar uma aprendizagem

significativa dos conceitos básicos relacionado aos impactos ambientais através de atividades em abordagem investigativa de ensino, utilizando uma metodologia que envolve linguagem científica com base em evidências, dados, argumentação e sistematização de raciocínios. Todas as ações serão realizadas durante o horário de aula, com supervisão do professor e autorização da direção da escola.

Pedimos a sua autorização para a participação de seu(sua) filho(a) em atividades de sondagem dos conhecimentos prévios. A utilização dos dados de seu(sua) filho(a) está vinculada somente a este projeto de pesquisa. O nome ou qualquer outro dado dele não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar.

A pesquisa contribuirá para o desenvolvimento do conhecimento por parte dos estudantes por meio de uma sequência didática investigativa, oferecendo-lhes subsídios para a construção de hipóteses, a observação sistemática de dados e a interação com os demais estudantes, favorecendo o exercício da argumentação e a promoção da alfabetização científica. Dessa forma, busca-se proporcionar uma formação mais ampla, fundamentada na articulação entre teoria e prática, no desenvolvimento do pensamento crítico e na compreensão contextualizada dos fenômenos científicos, em consonância com os princípios da educação científica instituídos pela Lei de Diretrizes e Bases (LDB) da Educação Nacional.

Os riscos decorrentes da participação na pesquisa são mínimos, tais como: sentir-se constrangido ou desconfortável ao participar de alguma atividade; sentir cansaço ou aborrecimento ao responder a questionamentos ou questionários; não ter habilidades com as tecnologias utilizadas; precisar ausentar-se da escola e não participar de todas as etapas da pesquisa; ou não ter acesso à internet em algum momento em que ela seja necessária. No entanto, qualquer incômodo deverá ser comunicado à professora-pesquisadora para buscar, em comum acordo com o participante, a melhor forma de resolução. Caso deseje, o participante poderá desistir da pesquisa a qualquer momento, sem sofrer qualquer penalidade, mantendo-se o direito à indenização, em caso de descumprimento dessa prerrogativa conforme os termos da Resolução 466/12. Para quaisquer dúvidas relacionadas à sequência didática ou à pesquisa, o(a) estudante ou seu responsável poderá entrar em contato com a professora-pesquisadora, que estará disponível durante as aulas ou por meio do endereço eletrônico: mcallisto@gmail.com. Para esclarecimentos de natureza ética, o contato deverá ser realizado diretamente ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP).

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no "**Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal de Minas Gerais**", e a outra será fornecida ao Sr. (a). Os dados,

materiais e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos **(ou até 10 (dez) anos)** na sala 254 do Bloco I3 do **Laboratório de Ecologia de Bentos (LEB) do Instituto de Ciências Biológicas (ICB) da Universidade Federal de Minas Gerais**" e após esse tempo serão destruídos. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resoluções Nº 466/12; 441/11 e a Portaria 2.201 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares), utilizando as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, portador do documento de identidade número _____, residente à rua _____, nº _____ na cidade de _____, MG, autorizo que o menor sob minha responsabilidade _____, portador do documento de identidade número _____ participe da pesquisa **“Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática investigativa sobre Ecologia”**.

- () Concordo que meus dados obtidos no questionário das aulas sejam utilizados somente para esta pesquisa.
- () Não concordo com a utilização dos dados obtidos nessa pesquisa.

Fui informado(a) dos objetivos, métodos, riscos e benefícios da pesquisa de maneira clara e detalhada e tive todas as minhas dúvidas esclarecidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar a decisão de permitir a participação de meu filho(a) nessa atividade pedagógica.

Declaro que concordo e autorizo a participação do meu filho(a) nessa pesquisa, e que recebi uma via original deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado por mim e pelo pesquisador, que me deu a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas.

_____/_____/20_____
Nome completo do participante Data

Assinatura do responsável

Em caso de dúvidas, com respeito aos aspectos éticos desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP-UFMG - Comissão de Ética em Pesquisa da UFMG 104

Av. Antônio Carlos, 6627. Unidade Administrativa II – 2 andar - Sala 2005.

Campus Pampulha. Belo Horizonte, MG – Brasil. CEP: 31270-901.

E-mail: coep@prpq.ufmg.br. Tel.: 3409-4592.

Pesquisador Responsável: Marcos
Callisto de Faria Pereira
Endereço: Avenida Antônio Carlos,
6627, Pampulha. Universidade Federal
de Minas Gerais – UFMG.
CEP: 31270-901. Belo Horizonte-MG
Telefones: (31) 3409-2595/(31) 3409-
2562
Contato: callistom@ufmg.br

Professora-pesquisadora: Jurema da Silva
Ramos de Oliveira
Endereço: Rua Rio de Janeiro, 47 – Brasileia,
Betim/MG
CEP:32560-350. Betim/MG
Telefones: (31) 3531-2877
Contato:
jurema.ramos@educacao.mg.gov.br

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do responsável: _____

APÊNDICE C – Carta de Anuência



ESCOLA ESTADUAL CONSELHEIRO AFONSO PENA
 Rua Rio de Janeiro, 47 – Brasileia, Betim – MG
 Telefone: (31) 3531-2877
 E-mail: escola.7811@educacao.mg.gov.br

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaro para os devidos fins que aceito a pesquisadora JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA desenvolver o seu projeto de pesquisa: “IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM ECOLOGIA” com alunos de Ensino Médio dessa instituição, sob a coordenação/orientação do professor Dr. Marcos Callisto, lotado no Laboratório de Ecologia de Bentos – Departamento de Genética, Ecologia e Evolução do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, cujo objetivo é desenvolver e avaliar uma Sequência Didática Investigativa (SDI) nesta escola e atividade de campo na Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, situada no entorno da Mineradora Morro do Ipê, município de São Joaquim de Bicas, Minas Gerais . Nesse sentido, a SDI será aplicada e avaliada através de atividades investigativas, utilizando metodologia pesquisa-ação que envolve linguagem científica com base em evidências, coleta e análise de dados, argumentação e sistematização de raciocínios.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento, por parte do pesquisador, dos requisitos das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – e suas complementares comprometendo-se a utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa exclusivamente para fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidades envolvidas. Antes de iniciar a coleta de dados o pesquisador apresentará a esta instituição o projeto de pesquisa com seus respectivos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, Termos de Assentimento Livre e Esclarecido bem como o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo Seres Humanos, credenciado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Betim, 23 de agosto de 2024.

Mário Luiz dos Santos
 Diretor
 (E-mail: mario.luiz@educacao.mg.gov.br)

APÊNDICE D – Carta de Anuência



ESCOLA ESTADUAL NOSSA SENHORA DA PAZ
Praça Joaquim Saraiva De Andrade, 120 - Nossa Sra. da Paz, São Joaquim de Bicas - MG,
CEP: 32920-000
Telefone: (31) 3534-8764
E-mail: escola.9270@educacao.mg.gov.br

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos para os devidos fins que aceitamos a pesquisadora JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA desenvolver o seu projeto de pesquisa: “IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA EM ECOLOGIA” com alunos de Ensino Médio da instituição Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, município de Betim, Minas Gerais, sob a coordenação/orientação do professor Dr. Marcos Callisto, lotado no Laboratório de Ecologia de Bentos – Departamento de Genética, Ecologia e Evolução do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, cujo objetivo é desenvolver e avaliar uma sequência didática investigativa (SDI) de modo que aula de campo ocorrerá nesta instituição, uma vez que está situada no entorno da Mineradora Morro do Ipê. Nesse sentido, a SDI será aplicada e avaliada através de atividades investigativas, utilizando metodologia de pesquisa-ação que envolve linguagem científica com base em evidências, coleta e análise de dados, argumentação e sistematização de raciocínios.

Esta autorização está condicionada ao cumprimento, por parte do pesquisador, dos requisitos das resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA – e suas complementares comprometendo-se a utilizar os dados pessoais dos participantes da pesquisa exclusivamente para fins científicos, mantendo o sigilo e garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou comunidades envolvidas. Antes de iniciar a coleta de dados o pesquisador apresentará a esta instituição o projeto de pesquisa com seus respectivos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido, Termos de Assentimento Livre e Esclarecido bem como o Parecer Consubstanciado devidamente aprovado, emitido por Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) envolvendo Seres Humanos, credenciado à Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP).

Betim, 23 de agosto de 2024.

Doralice da Silva Maia
Diretora

(E-mail: doralice.maia@educacao.mg.gov.br)

APÊNDICE E – AUTORIZAÇÃO PARA AULA DE CAMPO



ESCOLA ESTADUAL CONSELHEIRO AFONSO PENA AUTORIZAÇÃO PARA AULA DE CAMPO

Prezados pais ou responsáveis,

Com o objetivo de enriquecer o aprendizado dos(as) estudantes do 2º ano do Ensino Médio, a professora de Biologia realizará uma aula de campo vinculada à Sequência Didática Investigativa (SDI) sobre “*Os impactos da mineração em ecossistemas aquáticos*”. A atividade faz parte das aulas de Biologia e tem como finalidade promover a abordagem investigativa de ensino e a reflexão sobre a qualidade da água e os impactos ambientais causados pela atividade mineradora no entorno da comunidade. Durante a visita, os(as) estudantes farão observações da paisagem, registro fotográfico e coleta de dados ambientais, com acompanhamento e orientação dos(as) professores(as).

Local da atividade: Sítio amostral Escola Estadual Nossa Senhora da Paz, São Joaquim de Bicas, Minas Gerais, entorno da escola, onde passa o Córrego Farofas, localizados nas proximidades da área da mineradora Morro do Ipê.

Data: 05/09/2024

Horário de saída da escola: às 13:00 horas

Horário de retorno: às 18 horas

Transporte: Transporte disponibilizado pela escola

Professor(a) responsável: Professora Jurema Ramos

Componente Curricular: Biologia

Solicitamos que o(a) responsável autorize a participação do(a) estudante, assinando o termo abaixo e devolvendo-o à escola até o dia 05/09/2024.

Atenciosamente,

Prof.ª Jurema Ramos

Professora de Biologia / Pesquisadora responsável

Contato: (00) XXXX-XXXX

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____,

responsável por _____,

estudante do 2º ano da turma da Escola Estadual Conselheiro Afonso Pena, autorizo sua participação na aula de campo sobre os impactos da mineração em ecossistemas aquáticos, que será realizada no dia 05/09/2024, conforme informações acima.

Declaro estar ciente de que o(a) estudante deverá seguir todas as orientações da equipe escolar e se comprometer com o comportamento adequado durante toda a atividade.

Assinatura do(a) responsável: _____

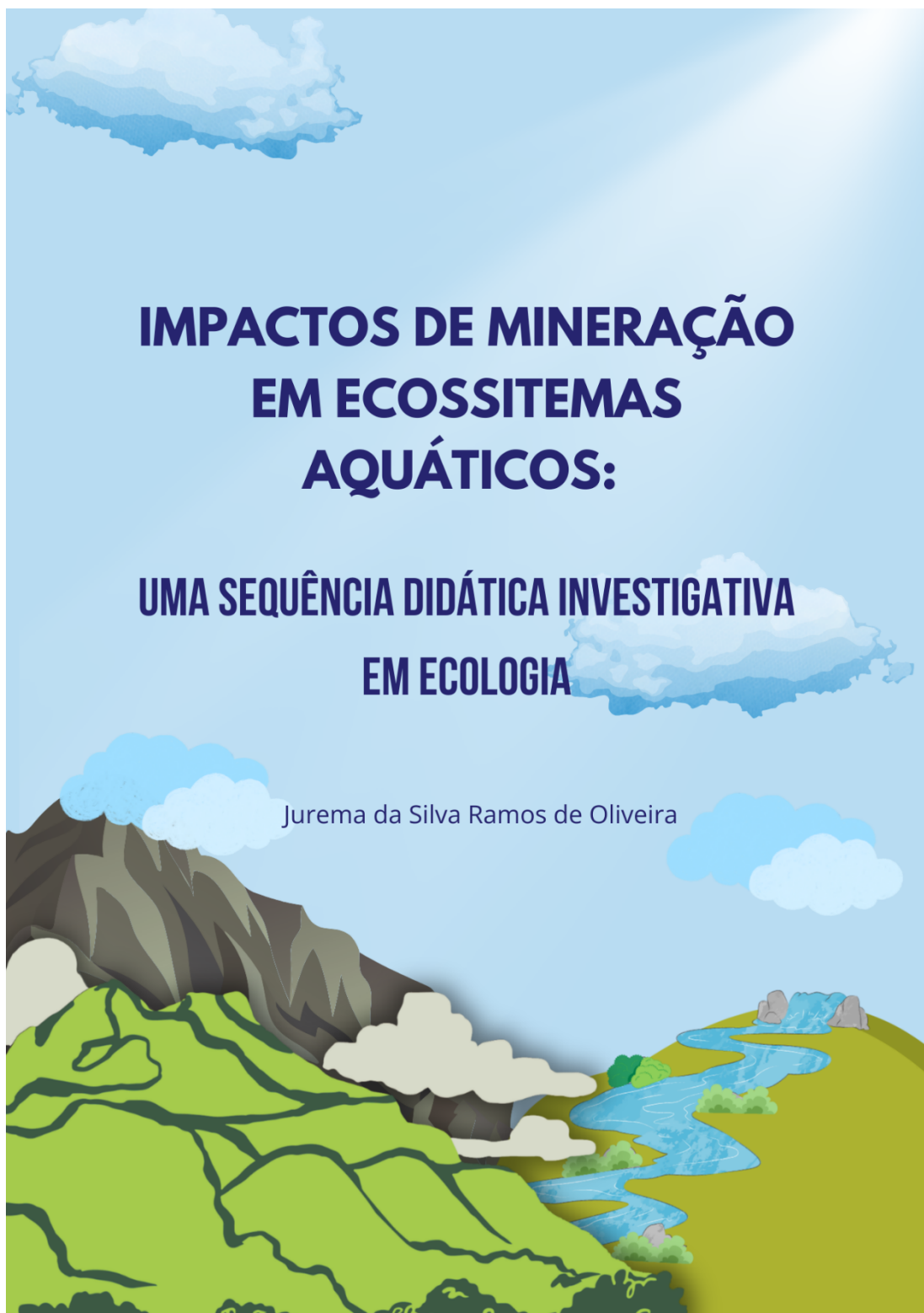
Vínculo com o estudante: _____

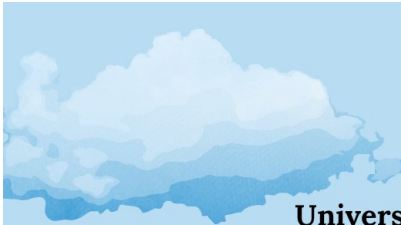
Telefone para contato: _____

Data: ____/____/2024

APÊNDICE F – Livreto como Recurso Educacional

Além do acesso ao *print* do livro eletrônico encontrado nesse TCM, o conteúdo também está disponível em formato de *flipbook*, que possibilita leitura dinâmica em ambiente virtual; para consultá-lo, clique no *link*: <https://heyzine.com/flip-book/9aaf6717b7.html>





**Universidade Federal de Minas Gerais
(UFMG)**

Sandra Regina Goulart Almeida
(Reitora)

**Mestrado Profissional em Ensino de Biologia
(PROFBIO)**

Alfredo Hannemman Wieloch
(Coordenador Local)

Autora

Jurema da Silva Ramos de Oliveira

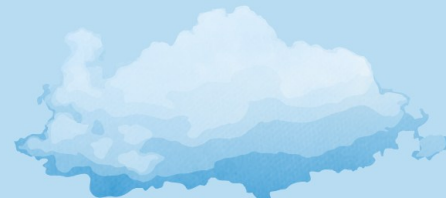
Orientador

Marcos Callisto
(Departamento de Genética, Ecologia e Evolução ICB/UFMG)

Estudante - Arte gráfica

Carol Souto dos Santos

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



SUMÁRIO

Apresentação	4
O Ensino de Ecologia na Educação Básica	5
BNCC e objetivos da Sequência Didática Investigativa.....	6
Etapas da Sequência Didática Investigativa	7
Sugestões de atividades investigativas	12
Atividades pós sequência didática	18
Visitas Virtuais	22
Flipbook.....	22
Referências bibliográficas	23
ANEXO A - Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos.....	24

Prezado(a) professor(a),

O presente material é produto do meu Trabalho de Conclusão de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, desenvolvido na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A proposta apresenta uma Sequência Didática Investigativa (SDI) voltada ao ensino de Ecologia, com foco nos impactos da mineração em ecossistemas aquáticos, destinada principalmente ao Ensino Médio e aos anos finais do Ensino Fundamental.

A sequência reúne atividades interativas e investigativas que estimulam a curiosidade científica, o raciocínio crítico e a reflexão sobre questões socioambientais. O material foi elaborado para aproximar o conteúdo da realidade local dos estudantes, considerando o contexto regional e as problemáticas ambientais presentes no território onde vivem.

As atividades podem ser aplicadas integralmente ou de forma independente, permitindo ao(a) professor(a) autonomia para selecionar, adaptar e organizar conforme suas necessidades, o tempo disponível e os objetivos de aprendizagem da turma. Essa flexibilidade busca apoiar o docente na criação de práticas investigativas que dialoguem com seu planejamento pedagógico.

O material inclui *links* para visitas virtuais relacionadas à mineração e ao meio ambiente, ampliando as possibilidades de exploração e investigação dos temas ecológicos. Também conta com atividades interativas, como quebra-cabeças e caça-palavras, que incentivam a curiosidade e o raciocínio dos estudantes de forma lúdica e investigativa. Os recursos digitais, representados pelas visitas virtuais, possibilitam que os estudantes explorem ambientes reais, observem aspectos ecológicos e analisem os impactos ambientais de forma contextualizada, mesmo sem sair da escola.

As propostas estão alinhadas à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e ao Plano de Curso do Currículo Referência de Minas Gerais, promovendo uma abordagem investigativa de ensino que integra observação, questionamento, análise e comunicação de resultados.

Espero que este material seja uma ferramenta útil em suas aulas, inspirando novas práticas e fortalecendo o ensino de Ecologia por meio da investigação, da curiosidade e do engajamento dos estudantes em torno das questões ambientais locais e globais.

Carinhosamente, profa Jurema Ramos.





O Ensino de Ecologia na Educação Básica

O ensino de Ecologia na Educação Básica oferece a oportunidade de compreender como a vida se organiza e interage com o ambiente, incentivando reflexões sobre as transformações provocadas pelas ações humanas. Ao abordar os ecossistemas aquáticos e os impactos ambientais decorrentes da mineração, o professor pode instigar os estudantes a pensar criticamente sobre os desafios ambientais e sociais de seu entorno.

Mais do que aprender conceitos, os estudantes são convidados a argumentar, avaliar situações diversas e propor soluções, desenvolvendo habilidades que fortalecem a formação de cidadãos críticos e conscientes de sua função na sociedade. Essa perspectiva está em sintonia com as competências gerais da BNCC, que valorizam o pensamento científico, a análise crítica e a tomada de decisões fundamentadas na Ciência.

Para isso, é necessário um planejamento pedagógico intencional e flexível, que valorize a abordagem investigativa de ensino, atividades interativas e a exploração de diferentes recursos didáticos. Assim, o ensino de Ecologia torna-se um espaço de descoberta, contextualização, diálogo e reflexão, promovendo aprendizagens significativas e contribuindo para a sensibilização e conservação ambiental em prol do equilíbrio ecossistêmico da biosfera.



Competências e Habilidades da BNCC e Objetivos da SDI que podem ser trabalhados no Ensino Médio

6

HABILIDADE

(EM13CNT312MG) - Relacionar e avaliar as questões sociais, ambientais, políticas, econômicas controversas acerca do extrativismo regional, com argumentos que envolvam os aspectos físicos, químicos e biológicos dos subprodutos da exploração dos recursos naturais

OBJETO DE CONHECIMENTO

Biomassas e sua Biodiversidade e Impactos Ambientais.

COMPETÊNCIA ESPECÍFICA 03

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

OBJETIVO GERAL

Discutir impactos de mineração na qualidade de água por meio de uma abordagem investigativa de ensino com estudantes de Ensino Médio

OBJETIVO

Fomentar a participação ativa dos estudantes na avaliação da qualidade da água em riacho próximo à comunidade escolar, a partir da proposição de perguntas e hipóteses a serem testadas.

OBJETIVO

Incentivar os estudantes a identificar as principais consequências da mineração em ecossistemas aquáticos.

OBJETIVO

Promover a discussão entre os estudantes sobre as consequências da mineração e a proposição de medidas mitigadoras aos impactos em ecossistemas aquáticos, considerando os resultados e conclusões de sua própria pesquisa.

[ACESSE AQUI A BNCC](#)



[ACESSE AQUI O PLANO DE CURSO DE MG](#)



ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

7

A sequência didática investigativa (SDI) foi organizada em aulas de 50 minutos cada, conforme ilustrado na Figura 1, com o objetivo de explicitar as etapas do ciclo investigativo, favorecendo a autonomia, a socialização, a alfabetização científica e a aprendizagem significativa dos estudantes. A Figura 2 ilustra essa estrutura, evidenciando as fases que sustentam a proposta da SDI.

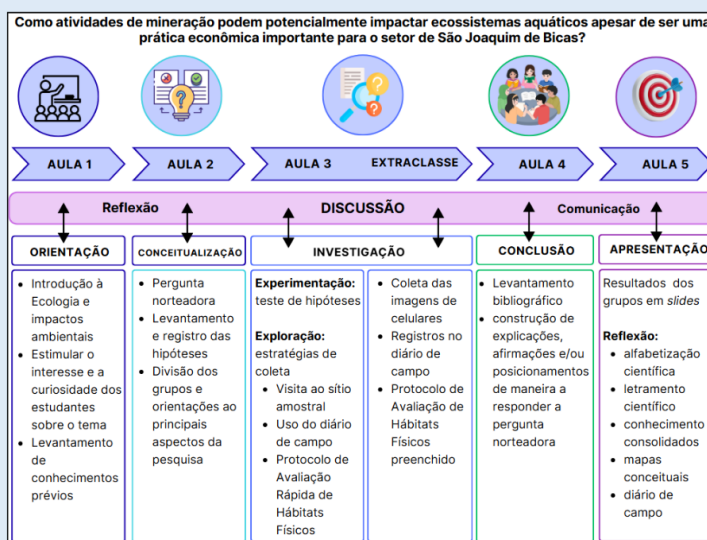


Figura 1 - Sequência Didática Investigativa. Fonte: Elaborado pela autora baseado em Pedaste, et al. (2015).

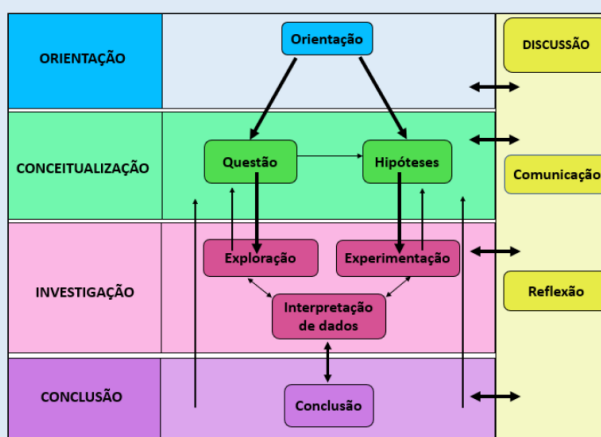


Figura 2 - Etapas do ciclo investigativo - cinco fases da investigação. Fonte: Adaptado de Scarpa e Campos (2018) que adaptaram de Pedaste et al. (2015).

A Figura 3 apresenta as fases e subfases desse ciclo, permitindo visualizar de forma organizada o encadeamento das etapas que orientam a elaboração e o desenvolvimento das atividades investigativas.

Figura 3 - Fases e subfases do Ciclo Investigativo. Adaptado por Souza (2024), baseado em Pedaste et al. (2015).

FASES GERAIS	DESCRIÇÃO	SUBFASES	DESCRIÇÃO
Orientação	Estímulo ao interesse e à curiosidade dos estudantes sobre um tema ou de sua contextualização, levantando e/ou elaborando problemas que possam ser investigados.	-	-
Conceitualização	Definição da questão de pesquisa baseado em teoria e/ou hipóteses. Elaboração de explicações iniciais fundamentadas em conhecimentos prévios.	Questionamento	Processo de geração de questões de pesquisa baseadas em fundamentos teóricos.
		Geração de hipóteses	Processo de geração de hipóteses (afirmações provisórias) para o problema investigado.
Investigação	Processo de planejamento da exploração ou experimentação, coleta e análise de dados com potencial de responder ao problema.	Exploração	Processo de coleta, organização e sistematização de dados e informações com potencial de constituir evidências para a construção de explicações ou respostas ao problema.
		Experimentação	Processo de projetar e conduzir experimentos controlados para testar hipóteses.
		Interpretação de dados	Atribuição de sentido aos dados coletados, de forma que seja possível distinguir padrões e construir novos conhecimentos.
Conclusão	Resposta sistematizada às questões de pesquisa, comparando as inferências com as hipóteses e articulando os argumentos sustentados por evidências.	-	-
Discussão	Apresentação dos resultados de uma das fases ou de todo o ciclo investigativo a colegas, professores e demais envolvidos	Comunicação	Apresentação dos resultados de uma das fases ou de todo o ciclo investigativo.
		Reflexão	Processo de descrever, criticar, avaliar e legitimar procedimentos, ações e conhecimentos construídos em uma das fases ou em todo o ciclo investigativo.

Vamos para a aplicação da SDI?

Aula 1 - Orientação

Previamente, disponibilizar via *WhatsApp*, reportagens sobre mineração e seus impactos ambientais. Na primeira aula, retomar esse material impresso e projetá-lo com o auxílio do *Datashow*, iniciando a aula com a apresentação de imagens e reportagens que contextualizem os impactos ambientais decorrentes da atividade mineradora. Em seguida, a partir da metodologia de aula expositiva dialogada, ou seja, vai estimular a participação ativa dos estudante por meio de perguntas para levantar o conhecimento prévio apresentado por eles. E assim, elaborar o problema a ser investigado.



Você pode adaptar para uma região de interesse, inclusive virtualmente. Vale lembrar a importância em utilizar imagens, vídeos curtos, reportagens, recursos tecnológicos e/ou manuais e interativos que desperte a atenção dos estudantes nesta fase.



Alternativas:

- elaborar um formulário para coleta de conhecimentos prévios
- Ao final da SDI, novo formulários para percepção de conhecimento adquirido..

Os estudantes serão estimulados a levantar hipóteses com base em seus conhecimentos prévios e reflexões geradas pelas reportagens:

- **Reportagem 1:** “Queremos água ou mineração? Vida ou degradação?”
- **Reportagem 2:** “Atividade minerária preocupa São Joaquim de Bicas.”
- **Reportagem 3:** Mineração: é preciso compensar a exploração.

AULA 2 - CONCEITUALIZAÇÃO

Orientar os estudantes a formarem grupos com cinco integrantes conforme as instruções da Figura 4. Em seguida, será necessário estimulá-los para que organizem as ideias discutidas na aula anterior, a fim de que respondam à pergunta norteadora e desenvolvam a sequência didática. Para isso, deverão registrar as hipóteses (afirmações provisórias) em folha avulsa, que será entregue ao(a) professor(a). Além disso, cada grupo deverá planejar um diário de campo, incluindo as hipóteses elaboradas para serem utilizadas ao longo da abordagem investigativa de ensino considerando os aspectos que julgarem mais importantes para avaliar suas hipóteses. Dessa forma, esse planejamento servirá como base para a aula de campo.

Figura 4 - Definição de funções para os estudantes dentro dos grupos. Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Cohen e Lotan (2017).

FUNÇÃO DO ESTUDANTE	FUNÇÃO DESEMPENHADA	POSIÇÃO DA 1ª LETRA DO NOME NO ALFABETO
Controlador do tempo	Monitora o tempo e estabelece o ritmo do grupo	1ª
Monitor de recursos	Verifica que todos tenham os materiais necessários para realizar a atividade	2ª
Repórter	Aquele que registra as ideias e compartilha com todos	3ª
Facilitador	Lê as orientações e garante o entendimento	4ª
Harmonizador	Ajuda na tomada de decisão e garante que todos participem	5ª





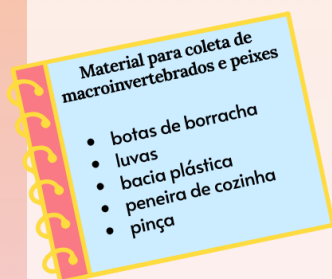
Aula 3 – Investigação

10

Nesta aula, os grupos realizarão uma aula de campo nos arredores da escola, utilizando seus diários de campo, dispositivos móveis e estratégias previamente planejadas para a coleta de dados e registros fotográficos. Na fase de *exploração* os estudantes irão explorar o ambiente com foco na observação do ambiente e na coleta inicial de dados. Eles utilizarão as ferramentas de coleta que elaboraram previamente, além de aplicar a Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. A interação ocorrerá entre os pares e com o(a) professor(a), favorecendo o reconhecimento de elementos relevantes para a investigação.

A experimentação consistirá no teste das hipóteses formuladas pelos estudantes com base nas observações feitas. Os alunos aplicarão suas ferramentas de coleta de forma sistemática, buscando confirmar ou refutar suas suposições. Essa etapa será marcada pela análise colaborativa dos dados, com trocas entre os grupos e mediação do(a) professor(a), aprofundando

A aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos (Apêndice A) permitirá que os estudantes avaliem a qualidade ambiental do ecossistema aquático investigado. Essa prática proporciona contato com diferentes formas de produção de conhecimento, permitindo que os estudantes vivenciem o papel do cientista (Scarpa; Silva, 2013).



Por segurança, é obrigatório o uso de calçado fechado, tênis ou bota



Posteriormente, em momento extraclasse, será realizada a análise dos dados com organização em tabelas, quadros, anotações, construção de gráficos e discussão dos resultados utilizando linguagens científicas e matemáticas.

AULA EXTRACLASSE

Neste momento, os estudantes organizados em grupos, realizarão a interpretação de dados, possibilitando que alguns realizem a atividade no contraturno escolar e/ou virtualmente. Para essa análise, utilizarão registros fotográficos feitos com celulares, anotações no Diário de Campo (DC) e o Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos. Dessa maneira, a utilização de dados auxiliará a compreensão da biodiversidade do sítio amostral e da região de entorno. Portanto, os estudantes serão estimulados a utilizar aspectos da linguagem matemática e científica, incluindo a construção de gráficos e tabelas, para sintetizar e apresentar os resultados obtidos.





AULA 4 - CONCLUSÃO

11

Com base nos dados coletados, os grupos serão incentivados a construir explicações e posicionamentos que respondam à pergunta norteadora. No entanto, argumentações serão formuladas articulando conhecimentos prévios, evidências empíricas e referências científicas. E como produto final, será elaborado um mapa conceitual (MC), que organizará os conceitos-chave e servirá como base para a etapa seguinte. Para auxiliar os estudantes na elaboração dos MC será utilizado como sugestão o vídeo explicativo “Aprenda mais sobre os Mapas Conceituais”, disponível no YouTube (Figura 5).

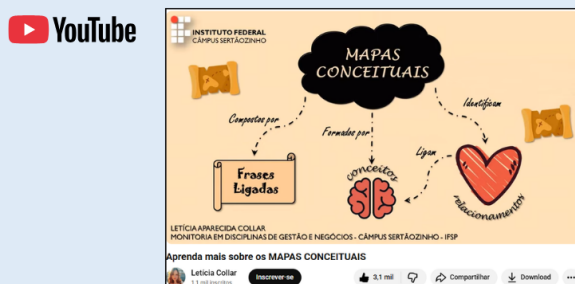


Figura 5 - Elaboração de mapas conceituais.



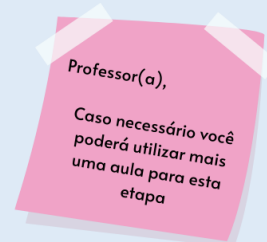
AULA 5 - COMUNICAÇÃO E REFLEXÃO

Na última etapa da SDI, os repórteres de cada grupo comunicarão os resultados por meio de apresentações em *slides*, destinadas ao público escolhido (turma, comunidade escolar). Cada apresentação terá duração entre cinco e sete minutos.

O objetivo dessa etapa será incentivar a interação entre os estudantes e entre os estudantes e o(a) professor(a), favorecendo a avaliação crítica e colaborativa das ideias desenvolvidas ao longo da sequência. Também será promovida uma reflexão sobre as consequências da mineração, as medidas para atenuar seus impactos e a importância do conhecimento científico na tomada de decisões socioambientais.

Importante destacar que os MCs e os DC não serão apresentados nesse momento. Eles serão entregues diretamente ao(a) professor(a) para avaliação posterior, sem vínculo com a exposição oral dos grupos.

Ao final da SDI, o(a) professor(a) utilizará a Figura 6 para avaliar os grupos, atribuindo até sete pontos, e a Figura 7 para avaliar os MCs, com valor de até três pontos. Ambas as avaliações serão realizadas com base na percepção do(a) professor(a) e servirão como recurso para converter os pontos obtidos na SDI em nota para o bimestre letivo.



Dica!

Professor(a), você pode utilizar os quadros de avaliação conforme sua necessidade, convertendo os indicadores qualitativos de nível de desempenho referentes aos aspectos avaliados em pontos de atividades escolares, de acordo com os critérios estabelecidos para cada etapa.

Também é possível propor o uso do quadro como autoavaliação pelos estudantes, incentivando reflexão sobre seu desempenho e sobre a qualidade dos produtos, promovendo consciência crítica e protagonismo estudantil.

Quadros de avaliação da SDI

Figura 6 – Quadro de avaliação qualitativa empregado pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI, considerando aspectos formativos, níveis de desempenho e a conversão dos indicadores qualitativos em nota. Fonte: Elaborado pela autora em critérios qualitativos baseados em Carvalho e Sasseron (2011) e Pedaste et al. (2015), adaptado à escala Likert.

Aspectos avaliados	Níveis de desempenho				
	Discordo totalmente 1 ponto	Discordo parcialmente 2 pontos	Concordo 3 pontos	Concordo parcialmente 4 pontos	Concordo totalmente 5 pontos
Curiosidade científica					
Construção de conceitos científicos					
Autonomia e responsabilidade					
Pensamento crítico e reflexão					
Alfabetização científica					
Respeito e cooperação					
Apresentação					
Total de pontos qualitativos					
Transformação dos indicadores qualitativos em nota para SDI <ul style="list-style-type: none"> • 1 a 7 pontos: Discordo totalmente → 1,0 ponto na atividade • 8 a 14 pontos: Discordo parcialmente → 3,0 pontos na atividade • 15 a 21 pontos: Concordo → 5,0 pontos na atividade • 22 a 28 pontos: Concordo parcialmente → 6,0 pontos na atividade • 29 a 35: Concordo totalmente → 7,0 pontos 					

Figura 7 – Quadro de avaliação qualitativa dos mapas conceituais, utilizado exclusivamente pela professora-pesquisadora para avaliar o desempenho dos estudantes na SDI. Elaborado pela autora baseado nos princípios de Joseph Novak, adaptado à escala Likert.

Aspectos avaliados	Níveis de desempenho				
	Regular 1 ponto	Bom 2 pontos	Muito bom 3 pontos	Ótimo 4 pontos	Excelente 5 pontos
O mapa mostra uma relação clara entre os conceitos?					
O mapa apresenta palavras de ligação (entre as frases) que fazem sentido?					
O mapa ajuda a explicar o tema de maneira fácil de entender?					
Há exemplos concretos para os conceitos apresentados?					
Há conexões cruzadas entre diferentes partes do mapa?					
Total de pontos qualitativos					
Transformação dos indicadores qualitativos em nota para SDI <ul style="list-style-type: none"> • 1 a 5 pontos: Regular → 1,0 ponto na atividade • 6 a 10 pontos: Bom → 1,5 ponto na atividade • 11 a 15 pontos: Muito bom → 2,0 pontos na atividade • 16 a 20 pontos: Ótimo → 2,5 pontos na atividade • 21 a 25 pontos: Excelente → 3,0 pontos na atividade 					

SUGESTÕES DE ATIVIDADES

13

Etapa de Orientação



Para imprimir:

- papel 60 kg
- papel couchê A4

Os estudantes serão organizados em grupos compostos por cinco integrantes, e a cada grupo será entregue um quebra-cabeça. Após a montagem, os grupos serão orientados a apresentar a imagem formada e a socializar suas reflexões com a turma, respondendo à pergunta previamente inserida no quebra-cabeça. A proposta da atividade é favorecer a construção coletiva do conhecimento, incentivar a colaboração entre os participantes e desenvolver o pensamento crítico a partir da análise da imagem e da questão apresentada, conforme Figuras 8 a 21.

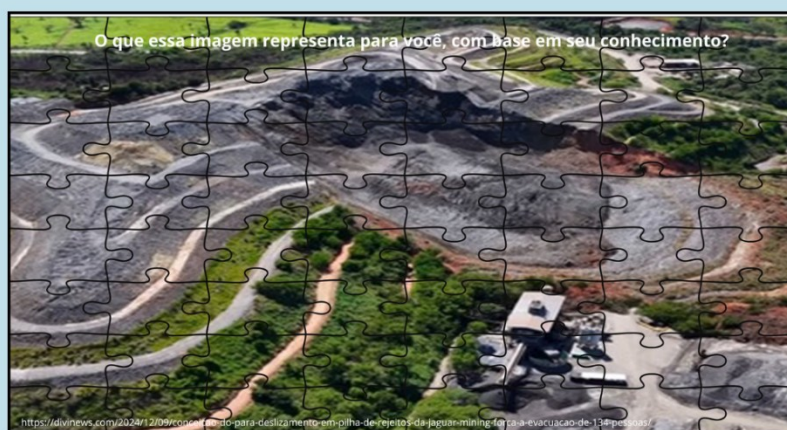


Figura 8 - Quebra-cabeças (A).

Para acessar as fontes, clique nos links



Figura 9 - Quebra-cabeça (B).



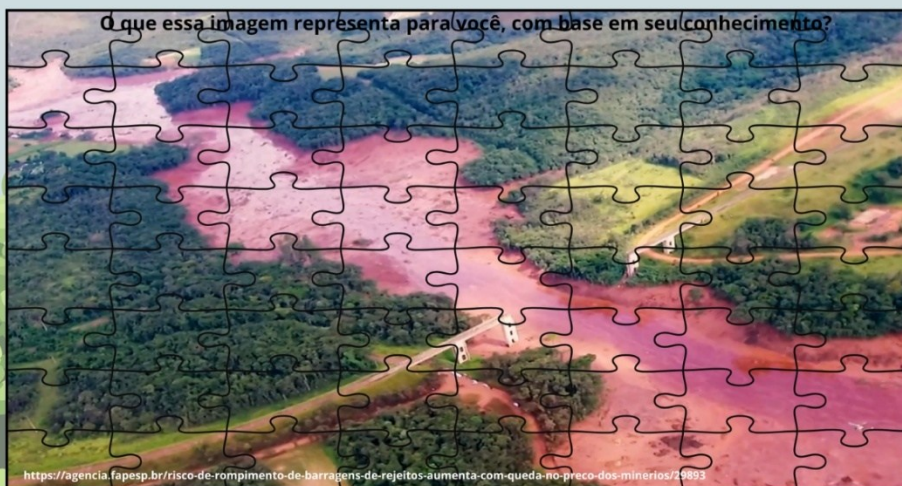


Figura 10 - Quebra-cabeça (C).



Figura 11 - Quebra-cabeça (D).



15



Figura 12 - Quebra-cabeça (E).



Figura 13 - Quebra-cabeça (F).





16

Figura 14 - Quebra-cabeça (G).



Figura 15 - Quebra-cabeça (H).



Figura 16 - Quebra-cabeça (I).



18



Figura 20 - Quebra-cabeça (M).



Figura 21 - Quebra-cabeça (N).



Atividades pós-sequência didática

Atividade diagnóstica

Os estudantes serão organizados em grupos de cinco integrantes, aos quais o professor entregará, em um envelope, uma ou mais perguntas numeradas de 1 a 8, selecionadas aleatoriamente conforme critério do(a) professor(a). Após a leitura e discussão, os grupos responderão às perguntas recebidas e compartilharão suas respostas e reflexões com a turma, conforme exemplificado na Figura 22 e gabarito Figura 23. Outra alternativa é entregar as perguntas para serem respondidas em duplas ou individualmente, com o objetivo de acompanhar o processo de aprendizagem mais individualizado e favorecer a consolidação dos conhecimentos abordados.

Figura 22 - Atividade diagnóstica. Fonte: Autora.

19

ATIVIDADE DIAGNÓSTICA

- Q1** - De acordo com a aula de campo realizada, qual(is) aspecto(s) o grupo considerou mais importante e por quê?
- Q2** - Após as etapas de orientação, conceitualização, investigação e conclusão, como o grupo se posiciona para resolver o problema da mineração sem prejudicar a economia gerada pela mineração, comunidade e ecossistemas aquáticos?
- Q3** - É possível existir mineração sustentável? O que seria necessário para isso acontecer de verdade?
- Q4** - Se vocês fossem moradores de uma região afetada por um desastre ambiental, como agiriam para proteger o direito à água limpa?
- Q5** - Como os seres vivos de um rio poluído "contam" que algo está errado no ecossistema?
- Q6** - Por que algumas pessoas consideram o impacto ambiental "um preço a pagar" pelo desenvolvimento? Você concorda?
- Q7** - O que o grupo considera ser a função da escola e dos estudantes diante de problemas ambientais como a poluição por mineração?
- Q8** - Como decidir entre explorar economicamente uma área e preservar seu ecossistema aquático? Quem deve tomar essa decisão?
- Q9** - De acordo com o tema estudado, impactos ambientais em ecossistemas aquáticos, responda V para as alternativas verdadeiras e F para as alternativas falsas.
- A() A bacia hidrográfica é uma área delimitada naturalmente, onde toda a água da chuva escoar para um ponto comum, como um rio ou lago.
- B() O rompimento da barragem da mineradora em Brumadinho (MG) não afetou significativamente o rio Paraopeba, pois os rejeitos ficaram restritos ao local do acidente.
- C() Os macroinvertebrados bentônicos, como insetos aquáticos e pequenos crustáceos, são bioindicadores importantes da qualidade de água, pois respondem às alterações ambientais.
- D() Mudanças no uso e ocupação do solo, como o desmatamento para agricultura ou construção, não afetam a qualidade dos corpos d'água dentro de uma bacia hidrográfica.
- E() A mineração pode alterar o pH da água, tornando-a mais ácida ou alcalina, o que afeta diretamente a sobrevivência de espécies aquáticas.
- F() A qualidade da água de um rio depende apenas da presença de resíduos industriais e urbanos, e não sofre influência de atividades como mineração e agricultura.
- G() A análise dos impactos ambientais na bacia do rio Paraopeba após o desastre de Brumadinho revelou a necessidade de monitoramento contínuo e políticas públicas para proteger os ecossistemas aquáticos.
- H() A presença de muitos macroinvertebrados tolerantes à poluição, como vermes e larvas de moscas, pode indicar que a água está com baixa qualidade.
- I() O rio Paraopeba é um dos afluentes do rio São Francisco e teve sua bacia impactada pela atividade mineradora em Minas Gerais.
- J() Até mesmo pequenas alterações no pH da água podem causar estresse nos organismos aquáticos e prejudicar a biodiversidade.
- K() As comunidades que vivem próximas ao rio Paraopeba não foram afetadas pela contaminação da água após o desastre de Brumadinho.
- L() A retirada da vegetação nativa nas margens dos rios (mata ciliar) pode aumentar a erosão e o assoreamento, prejudicando a qualidade da água.
- M() O monitoramento da qualidade da água pode ser feito apenas com reagentes e instrumentos de laboratório, e independe e não apresenta relação com a fauna aquática.
- N() A mineração, quando feita sem controle ambiental, pode liberar metais pesados e sedimentos que prejudicam os ecossistemas aquáticos.
- O() Bacias hidrográficas urbanas tendem a ter menor qualidade de água, especialmente quando há descarte de esgoto sem tratamento.
- P() Os impactos ambientais causados pela mineração desaparecem naturalmente em período curto de meses sem necessidade de intervenção humana.
- Q() A análise do uso e ocupação da terra ajuda a entender como as atividades humanas influenciam na conservação ou degradação dos recursos hídricos.
- R() Um rio que apresenta água cristalina está sempre em boas condições ecológicas e livre de contaminação.
- S() Programas de educação ambiental podem ajudar a conscientizar a população sobre a importância de preservar as bacias hidrográficas.
- T() A qualidade da água pode ser afetada tanto por grandes empreendimentos, como a mineração, quanto por ações cotidianas, como jogar lixo na rua.
- U() A mineração é totalmente responsável pela contaminação dos ecossistemas aquáticos.
- V() Os macroinvertebrados bentônicos são indicadores da qualidade de água, especialmente em ambientes com mínima ou moderada perturbação. A máxima perturbação, inviabiliza o local para a vida.

Figura 23 - Gabarito da atividade diagnóstica. Fonte: Autora.

20

GABARITO

QUESTÕES 1 a 8

As perguntas são investigativas e problematizadoras e incentivam a reflexão, o diálogo e a construção coletiva de conhecimento baseadas na SD desenvolvida com os estudantes. No entanto, as respostas devem estar associadas à contextualização em impactos ambientais, alfabetização científica, reflexão e construção coletiva do conhecimento.

QUESTÃO 9

A(V) A bacia hidrográfica é realmente uma área onde toda a água da chuva escorre para um mesmo corpo d'água, como um rio.

B(F) O rompimento da barragem em Brumadinho causou impactos severos no rio Paraopeba, com grande extensão de contaminação por rejeitos.

C(V) Os macroinvertebrados bentônicos são usados como bioindicadores porque suas populações mudam conforme a qualidade da água.

D(F) O uso e ocupação do solo afetam diretamente a qualidade da água, pois desmatamento, agricultura e urbanização interferem no escoamento e poluição.

E(V) A mineração pode alterar o pH da água, o que prejudica a fauna aquática. Alguns metais liberados pelas minas podem tornar a água ácida.

F(F) A qualidade da água também sofre com o uso do solo, mineração e até ações cotidianas. Não são apenas resíduos industriais e urbanos que causam danos.

G(V) Após o desastre, foram necessárias ações de monitoramento e planejamento ambiental para tentar minimizar os impactos no ecossistema do rio Paraopeba.

H(V) A presença de organismos muito tolerantes indica que a água pode estar poluída, já que espécies sensíveis não conseguem sobreviver ali.

I(V) O rio Paraopeba é um importante afluente do rio São Francisco e foi duramente afetado pelos rejeitos da barragem em 2019.

J(V) Alterações no pH podem ser prejudiciais a peixes e outros organismos, que vivem dentro de uma faixa estreita de acidez ou alcalinidade.

K(F) Muitas comunidades foram afetadas, com perda do acesso à água potável, danos à saúde e à economia local.

L(V) A vegetação das margens dos rios (mata ciliar) protege o solo contra erosões e ajuda a manter a qualidade da água.

M(F) A análise da fauna aquática, especialmente dos macroinvertebrados, é um mecanismo importante no monitoramento da qualidade da água.

N(V) A mineração sem controle pode liberar metais pesados e outros resíduos perigosos que se acumulam no ambiente aquático.

O(V) Nas cidades, é comum o lançamento de esgoto e resíduos nas redes pluviais e rios, o que reduz a qualidade da água nas bacias urbanas.

P(F) Os impactos da mineração podem durar anos ou até décadas, e muitas vezes exigem recuperação ambiental ativa e constante.

Q(V) O uso da terra (como plantios, pastagens, construções) influencia diretamente a conservação dos corpos d'água de uma bacia.

R(F) A água pode parecer limpa, mas conter substâncias tóxicas ou alterações químicas não visíveis a olho nu. A aparência não é garantia de qualidade.

S(V) A educação ambiental é essencial para formar cidadãos conscientes sobre a importância de preservar os recursos naturais.


T(V) Pequenas atitudes, como descartar lixo corretamente, fazem diferença. Tanto grandes obras quanto ações cotidianas influenciam a qualidade da água.

U(F) Além da mineração, a agricultura, a urbanização e pecuária prejudicam o solo e conseqüentemente afetam os ecossistemas aquáticos.


V(F) Existem macroinvertebrados bentônicos considerados resistentes, pois vivem em ambientes poluídos. É o caso, por exemplo a família Chironomidae (larvas), os Oligochaeta (anelídeos) e algumas espécies de Diptera (insetos).

Caça-palavras ecológico: ecossistemas aquáticos com palavras e textos


O(A) professora(a) entregará uma atividade para cada estudante de modo a consolidar o conhecimento adquirido durante a SD de maneira divertida, reflexiva e investigativa (Figura 24). Após a identificação das palavras, os estudantes deverão selecionar, no mínimo, cinco termos articulados e utilizá-los na elaboração de frases ou de um pequeno texto, de maneira concisa e coerente com o conteúdo em impactos ambientais e ecossistemas aquáticos. A proposta objetiva favorecer o letramento científico e a articulação dos conceitos ecológicos desenvolvidos na SDI (Figura 22).




IMPACTOS DE MINERAÇÃO EM ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS



Encontre conceitos ecológicos no caça-palavras



S	L	P	E	N	C	I	L	D	E	R	A	R	T
D	F	P	Y	R	S	E	R	A	S	E	R	U	D
T	G	R	N	U	X	M	H	I	S	T	O	R	Y
D	E	H	I	L	L	O	A	C	I	C	S	A	C
K	B	A	J	E	I	E	L	T	V	I	Z	C	I
S	H	A	C	R	N	A	A	X	H	S	L	A	C
P	O	S	C	H	K	D	U	R	N	U	U	L	L
O	M	A	C	K	E	L	S	P	N	M	N	C	A
R	E	B	B	I	P	R	P	Y	B	C	C	U	S
T	W	N	O	R	E	A	D	I	N	G	H	L	S
S	O	C	M	O	I	N	C	P	E	I	B	A	R
L	R	G	U	C	K	U	C	K	F	A	O	T	O
S	K	O	H	T	P	S	I	E	O	C	X	O	O
N	O	T	E	B	O	O	K	I	A	Q	J	R	M



• Libélula	• Acidez	• Turbidez	• Energia
• Bioindicadores	• Ferro	• Oxigênio	• Zooplâncton
• Díptera	• Riacho	• Lago	• Fitoplâncton
• Nutrientes	• Minério	• Ecossistema	• Algas
• Sedimento	• Assoreamento	• Ciclagem	• Sustentabilidade

Após identificar as palavras relacionadas ao tema, selecione no mínimo cinco termos e elabore frases ou um pequeno texto utilizando essas palavras de maneira concisa e coerente, relacionando-as aos impactos ambientais em ecossistemas aquáticos.

Figura 24 - Caça-palavras ecológico - ecossistemas aquáticos com palavras e textos. Fonte: Autora.



Visitas virtuais

Utilize os ambientes virtuais como recursos pedagógicos para aplicar todas, ou parte, das etapas da SDI. Inicie com a etapa de orientação, estimulando a curiosidade dos estudantes e promovendo sua autonomia na escolha de um problema de investigação. Outra possibilidade é o(a) professor(a) apresentar uma situação-problema relacionada à temática ambiental para direcionar a atividade, permitindo que os estudantes tenham autonomia para definir os caminhos de investigação, discutir, selecionar fontes de pesquisa e propor estratégias para a construção das respostas.

Na etapa de conceitualização, oriente os estudantes a registrar hipóteses, organizar ideias e dividir funções dentro do grupo, de modo que cada participante contribua na análise e na resolução do problema proposto. Conduza a etapa de investigação de forma integrada no ambiente virtual, incentivando o uso de diferentes fontes de dados e materiais digitais que favoreçam a construção do conhecimento científico.

Incentive a discussão, a comunicação e a reflexão em todas as etapas da SDI. Essas práticas devem ser permanentes, promovendo a troca de ideias, o confronto de diferentes pontos de vista e a construção coletiva do conhecimento. Estimule os estudantes a dialogar sobre suas hipóteses e conclusões, fortalecendo a argumentação científica e a compreensão crítica das questões socioambientais abordadas.

Aproveite as potencialidades desses ambientes para atender diferentes perfis da Educação Básica, promovendo discussões sobre as benfeitorias do setor de mineração e os impactos socioambientais decorrentes dessa atividade. Estimule os estudantes a comparar realidades distintas e compreender o cenário da mineração em diferentes contextos regionais.

Utilize os *links* sugeridos a seguir para realizar visitas virtuais vinculadas ao setor de mineração, ampliando as possibilidades de uma abordagem investigativa de ensino contextualizada.



Acesse o link para visitar Vale Conhecer Virtual



Acesse o link para Tour Virtual - Usina Wigg - MM GERDAU - Museu das Minas e do Metal



Acesse o link para visitar Anglo American - Estação Ciência



Para mais informações sobre letramento científico, acesse:



Para acessar o Flipbook, clique no link ou escaneie o QR Code.



REFERÊNCIAS

23

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 05 de out maio 2024.

CARVALHO, A. M. P. Ensino investigativo e construção do conhecimento. São Paulo: **Editora Ciência & Educação**, 2013.

COLLAR, Letícia. **Aprenda mais sobre os Mapas Conceituais**. YouTube, 17 ago. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=mhQlAv8Avls>. Acesso em: 18 maio 2025.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. **Comissão das águas debate impactos ambientais em São Joaquim de Bicas**. Belo Horizonte: ALMG, 29 out. 2013. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2013/10/29_comissao_das_aguas_sao_joaquim_de_bicas.html. Acesso em: 20 out. 2024.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Educação. **Plano de Cursos do Currículo Referência de Minas Gerais**. Disponível em: <https://curriculoreferencia.educacao.mg.gov.br/index.php/plano-de-cursos-crmg>. Acesso em: 05 maio 2024.

PEDASTE, Margus et al. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, v. 14, p. 47-61, fev. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003>

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SCARPA, D. L.; SILVA, A. R. O uso do Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats como estratégia didática para o ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 379-395, 2013.

SIQUEIRA, Ruben. **Queremos água ou mineração? Vida ou degradação?** Entrevista concedida a EcoDebate, 30 mar. 2011. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2011/03/30/queremos-agua-ou-mineracao-vida-ou-degradacao-entrevista-com-ruben-siqueira-cptba-2/>. Acesso em: 20 out. 2024.

SOUZA, Wane Aparecida de. **Clube de biologia para a promoção da alfabetização científica com abordagem investigativa**: um guia de implementação. Repositório UFMG. <http://hdl.handle.net/1843/77160>

Autoria das Imagens

A maioria das imagens utilizadas na diagramação e *design* deste material estão disponibilizadas no site do Canva. As demais imagens foram obtidas do acervo da autora ou banco de imagens do Google.



ANEXO A – Protocolo de Avaliação Rápida de Hábitats Físicos

24

Descrição do Ecossistema Aquático			
Nome(s) Pesquisador(es):			
Questões		Respostas	
1. O que existe em maior quantidade em torno do local?	a. Vegetação natural	a. Plantações, pastagens, monocultura	a. Casas, lojas, indústrias
1. Existe assoreamento?	a. Não	a. Pouco	a. Muito
1. Existe lixo na (s) margem (s)?	a. Não	a. Pouco	a. Muito
1. A água apresenta odor?	a. Não	a. Odor fraco	a. Odor forte
1. Existe esgoto? (observar a presença de canos de despejo de esgoto no local)	a. Não	a. Pouco	a. Muito
1. Como é a transparência da água?	a. A água é clara	a. A água é um pouco escura	a. A água é muito escura
1. Como é composto o leito do rio (maior parte)?	a. Pedras e cascalhos	a. Lama e areia	a. Cimento
1. Como é a mata ciliar?	a. Existem muitas árvores	a. Existem poucas árvores	a. Quase não existem árvores
1. Existe erosão nas margens?	a. Não	a. Sim	a. Muito
1. Qual a diversidade de hábitats para organismos aquáticos?	a. Muito diverso	a. Mais ou menos diverso	a. Pouca diversidade (apenas 1 ou 2 tipos diferentes de hábitats, ou seja, cascalho, areia, madeira)
Cálculo			
Letra marcada	Valor	Número de letras	Total de pontos
(a)	10 pontos		
(b)	5 pontos		
(c)	0 pontos		
Pontuação Total			
Interpretação da Pontuação: Maior que 68 pontos: MÍNIMA PERTURBAÇÃO 40 a 68 pontos: MODERADA PERTURBAÇÃO Menor que 40 pontos: ALTA PERTURBAÇÃO			

Fonte: França e Callisto (2019).



Belo Horizonte - 2025



PROFBIO
Mestrado Profissional
em Ensino de Biologia

UFMG
UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MINAS GERAIS

ANEXO A – Comprovante de Aprovação no Comitê de Ética em Pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática Investigativa em ecologia

Pesquisador: MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 91070124.3.0000.5149

Instituição Proponente: Universidade Federal de Minas Gerais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.851.587

Apresentação do Projeto:

Pesquisa do mestrado Profissional em Ensino de Biologia PROFBIO/UFMG, tem como objetivo apresentar uma sequência didática investigativa, fundamentada em uma metodologia qualitativa de campo, acerca dos impactos da mineração em ecossistemas aquáticos. Para os pesquisadores, "uma maneira de desenvolver o Ensino de Ciências por Investigação (EI) em sala de aula é utilizar o ciclo Investigativo proposto por Pedaste et. al. (2015). Ele propõe etapas de uma investigação nas quais são identificadas e conectadas com o propósito de auxiliar o professor no planejamento e aplicação de atividades ou sequências didáticas (SD). Para tanto, a proposta de SD do presente estudo tem o objetivo de sumarizar os aspectos centrais do Ensino Investigativo em Ecologia retratando uma abordagem dos impactos de mineração em ecossistemas aquáticos". Sendo assim, será aplicada a SD na região de entorno de uma escola pública da rede estadual na cidade de São Joaquim de Bicas em Minas Gerais, pois apresenta proximidade à área de mineração. A Investigação utilizará a abordagem qualitativa de campo do tipo pesquisa-ação e constará do desenvolvimento e avaliação de uma sequência didática investigativa (SDI), seguida da confecção de mapas conceituais, que será aplicada na escola em que a pesquisadora assistente é professora. Os participantes do estudo são os estudantes do 2º ano de Ensino Médio regular do

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 8627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município BELO HORIZONTE
Telefone (31)3409-4592 E- coep@prpq.ufmg.br

Continuação do Parecer: 7.051.507

torno vespertino. O estudo apresenta o TALE para os estudantes, e o TCLE para os seus responsáveis.

Objetivo da Pesquisa:

Conforme apresentado no texto do projeto de pesquisa o objetivo central é permitir o protagonismo de alunos de ensino médio da rede pública de ensino na avaliação de impactos de mineração em ecossistemas aquáticos utilizando uma sequência didática investigativa. Os objetivos específicos são: Estimular os estudantes para que eles próprios realizem a avaliação de qualidade de água em riacho próximo à comunidade escolar, propondo perguntas e hipóteses a serem testadas; Estimular os estudantes a discutir sobre as consequências da mineração, proposição de medidas mitigadoras a impactos sobre ecossistemas aquáticos, considerando seus resultados de pesquisa e conclusões obtidas; Permitir aos estudantes identificar as principais consequências da mineração em ecossistemas aquáticos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com as informações básicas do projeto, os pesquisadores reconhecem que pode haver riscos mínimos, tais como: gerar sentimentos e sensações como estresse, constrangimento, ansiedade e entre outros devido a experiência e exposições de ideias entre as interações sociais, onde o estudante passa de passivo para ativo. Os pesquisadores asseguram o direito de desistência da participação a qualquer momento, como prestar assistência aos participantes.

Com relação aos benefícios, os pesquisadores estimam que o estudo vai proporcionar autonomia e conhecimento dos alunos através do método científico investigativo, propiciar condições para a construção de hipóteses, coleta e análise de dados e interação social. E ainda, proporcionar a construção de argumentos científicos e consequentemente uma introdução na alfabetização científica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

De acordo com o parecer consubstanciado aprovado pelo colegiado a proposta apresenta objetivos bem definidos e possíveis de serem alcançados. A proposta atende aos objetivos do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia, sendo favorável à aprovação do projeto de pesquisa.

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-mail: coep@prpq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 7.051.537

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

O projeto foi inserido pelos pesquisadores com os seguintes documentos apresentados:

1. Comprovante de recepção do projeto pelo CEP;
2. Folha de rosto assinada pela pesquisadora responsável;
3. Informações básicas sobre o projeto postado;
4. Declaração de aprovação do parecer da câmara postado;
5. Parecer consubstanciado do projeto de pesquisa;
6. Projeto detalhado da pesquisa;
7. Carta de anuência;
8. TCLE e TALE para os participantes da pesquisa;
9. Termo de responsabilidade do pesquisador;
10. Cronograma atualizado;

Recomendações:

Recomenda-se manter a periodicidade anual para envio de relatórios parciais e, caso, o estudo seja finalizado que esse CEP seja comunicado por meio do envio de notificação versada com o seu respectivo relatório final.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

SMJ, sou favorável à aprovação da pesquisa "Impactos de mineração em ecossistemas aquáticos: uma sequência didática Investigativa em ecologia".

Considerações Finais a critério do CEP:

Tendo em vista a legislação vigente (Resolução CNS 466/12), o CEP-UFMG recomenda aos Pesquisadores: comunicar toda e qualquer alteração do projeto e do termo de consentimento via emenda na Plataforma Brasil, informar imediatamente qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da pesquisa (via documental encaminhada em papel), apresentar na forma de notificação relatórios parciais do andamento do mesmo a cada 06 (seis) meses e ao término da pesquisa encaminhar a este Comitê um sumário dos resultados do projeto (relatório final).

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4592 E-: coep@ppq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Parecer: 7.051.587

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2143572.pdf	04/08/2025 17:18:46		Aceito
Folha de Rosto	SEI_4411156_Folha_de_Rosto_Pesquisa_Envolvendo_Seres_Humanos.pdf	04/08/2025 12:49:17	JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	Carta_anuencia_atualizada.pdf	04/08/2025 12:42:22	JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TCM_atualizado_julho.pdf	04/08/2025 12:38:25	JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA	Aceito
Cronograma	Cronograma_TCM_atualizado_julho.pdf	04/08/2025 12:37:48	JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA	Aceito
Outros	SEI_Oficio_Parecer_Consubstanciado.pdf	23/07/2025 22:05:52	JUREMA DA SILVA RAMOS DE OLIVEIRA	Aceito
Declaração de concordância	Parecer_consubstanciado.pdf	19/06/2025 17:19:45	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito
Outros	Parecer_Projeto_TCM_Jurema_da_Silva_Ramos_de_Oliveira.pdf	09/04/2025 22:19:20	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_TCM_nova_versao.pdf	09/04/2025 22:05:10	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado_Brochura.pdf	07/11/2024 15:02:59	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito
Outros	TALE_TCM_.pdf	07/11/2024 14:58:40	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito
Outros	Termo_de_responsabilidade_do_pesquisador.pdf	05/11/2024 10:53:50	MARCOS CALLISTO DE FARIA PEREIRA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 6627 2º Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4562 E-mail: coep@ppq.ufmg.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
MINAS GERAIS



Continuação do Processo: 7.051.537

BELO HORIZONTE, 22 de Setembro de 2025

Assinado por:
Corinne Davis Rodrigues
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Presidente Antonio Carlos, 8627 2º. Andar Sala 2005 Campus Pampulha
Bairro: Unidade Administrativa II CEP: 31.270-901
UF: MG Município: BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3409-4502 E-: coep@prpq.ufmg.br