

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

MIKEAS SILVA DE LIMA

**Letramento Gráfico Associado à Argumentação Científica no Ensino Superior de
Química**

São Paulo

2023

MIKEAS SILVA DE LIMA

**Letramento Gráfico Associado à Argumentação Científica no Ensino Superior de
Química**

Versão Corrigida

Tese apresentada ao Instituto de Física, à Faculdade de Educação, ao Instituto de Química e ao Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências.

Orientadora: Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz

São Paulo

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Lima, Mikeas Silva de

Letramento gráfico associado à argumentação científica no ensino superior de química. São Paulo, 2023.

Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz

Área de Concentração: Ensino de Química.

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino); 2. Comunicação científica; 3. Argumentação; 4. Letramento gráfico.

USP/IF/SBI-055/2023

À minha avó, mãezinha, Júlia da Conceição Costa.

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar minha gratidão especial:

À Deus por me dar força, sabedoria e perseverança para superar os desafios.

À minha amada família, meus pais Jacinta Lima e Severino Lima, meu irmão Naamã Lima, e minhas primas Isabella Custódio e Karla Jordânia. Seu amor, apoio emocional e incentivo constante foram essenciais para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora, Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz, pela sua orientação dedicada, conhecimento profundo e paciência infinita. Seus conselhos, críticas construtivas e dedicação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho. Sou muito grato por ter tido a oportunidade de trabalhar com você.

Aos amigos que estiveram ao meu lado durante esses anos de estudo e ao meu companheiro. Suas palavras de encorajamento, apoio moral e momentos de descontração foram fundamentais para manter minha motivação e inspiração.

À Profa. Dra. Lilian Pozzer, pelo seu apoio, conhecimento e orientação valiosos. Suas contribuições foram fundamentais para o enriquecimento deste trabalho.

Ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos, por fornecer um ambiente de colaboração e aprendizado, além de oportunidades de discussões construtivas e troca de conhecimentos.

Por fim, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processos 2018/23809-3 e 2020/14789-9) pela concessão do financiamento que tornou possível a realização deste projeto de pesquisa.

*And to the ones I love, know that you're the reason why I
dare to live my life, I dare to liberate my mind.*

(RuPaul)

I am what I am.
I am my own special creation.
Gloria Gaynor

RESUMO

LIMA, M. S. **Letramento Gráfico Associado à Argumentação Científica no Ensino Superior de Química**. 2023. 276 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

Na era da rápida troca de informações, o uso de representações visuais não pode ser subestimado ou considerado trivial. O letramento gráfico, que envolve conhecimento e habilidades para lidar com representações visuais de objetos e fenômenos de estudo da ciência, também chamadas de inscrições, desempenha um papel fundamental nesse contexto. No entanto, muitos estudantes enfrentam dificuldades no uso e na leitura de inscrições, e raramente são incentivados a participar de discursos argumentativos em aulas de ciências. A literatura destaca a importância da realização de práticas científicas autênticas que envolvam o uso de inscrições com propósitos retóricos, promovendo a associação entre as habilidades de letramento gráfico e argumentação científica, que têm o potencial de melhorar a criticidade frente às inscrições. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e analisar atividades didáticas no ensino superior de química que promovam simultaneamente o letramento gráfico e a argumentação científica, por meio da resolução de estudos de caso de caráter interrompido. Para isso, foram criados três casos sobre a contaminação de recursos hídricos por metais pesados e seus efeitos na saúde humana, com base em informações de artigos originais de pesquisa. Os casos foram aplicados remotamente, devido à pandemia de Covid-19, a graduandos em química em uma disciplina de comunicação científica. Os estudantes trabalharam em grupos e apresentaram exposições orais discutindo a resolução dos casos. A qualidade dos argumentos orais desenvolvidos durante as exposições foi analisada com base no status epistêmico e na coesão lexical, utilizando os referenciais teórico-metodológicos propostos por Gregory Kelly e colaboradores, recorrendo ainda ao software IRaMuTeQ para processamento das análises. Os grupos apresentaram argumentos orais que combinavam o entendimento conceitual do problema com evidências empíricas fornecidas durante a resolução dos estudos de caso, estabelecendo conclusões apoiadas por informações de diferentes naturezas. Os argumentos também apresentaram coesão lexical, possuindo proposições de diferentes níveis epistêmicos conectadas por meio do compartilhamento de morfemas, formando uma rede de evidências para sustentar as conclusões apresentadas. A análise do letramento gráfico se deu por meio da metodologia de análise interacional, que resultou na elaboração de dez assertivas relacionadas às habilidades de seleção, produção e comunicação com inscrições, discutida à luz dos estudos de Wolff-Michael Roth, Lilian Pozzer e colaboradores. O uso dessas habilidades foi discutido em diferentes situações da exposição oral, tais como a atribuição de temática à exposição oral, apresentação das narrativas dos estudos de caso, explicação de conceitos, explicação e comparação de procedimentos experimentais, apresentação e comparação de pontos de amostragem e discussão de dados para a resolução dos estudos de caso. Os resultados obtidos neste estudo fornecem informações valiosas ao identificar aspectos críticos que influenciam o uso de inscrições para fins retóricos em cenários de comunicação científica multimodal, bem como ao propor recomendações instrucionais para o ensino de química e o desenvolvimento da habilidade de comunicação científica.

Palavras-chave: Letramento gráfico. Argumentação científica. Inscrições. Estudos de caso Interrompidos. Comunicação científica.

ABSTRACT

LIMA, M. S. **Graphical Literacy Associated with Scientific Argumentation in Undergraduate Chemistry Teaching.** 2023. 276 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

In the information age, the significance of visual representations cannot be underestimated or considered trivial. Graphical literacy, encompassing knowledge and skills in interpreting visual representations of scientific objects and phenomena (referred to as inscriptions), plays a crucial role in this context. However, many students struggle with using and comprehending inscriptions, and they are seldom encouraged to engage in argumentative practices within science classes. The literature emphasizes the importance of incorporating authentic scientific practices into science education, which involve using inscriptions for rhetorical purposes. This promotes the association between graphical literacy and scientific argumentation, enhancing the critical use of inscriptions. This study aims to implement and analyze teaching activities that simultaneously foster graphical literacy and scientific argumentation through the resolution of interrupted case studies. Three case studies were created focusing on heavy metal contamination of water resources and its effects on human health, based on peer-reviewed articles. Due to the Covid-19 pandemic, the cases were implemented remotely in a scientific communication course offered to undergraduate chemistry students. The students worked in groups, delivering oral presentations to discuss the resolution of the cases. The quality of the oral arguments developed during these presentations was analyzed based on their epistemic status and lexical cohesion, employing theoretical and methodological frameworks proposed by Gregory Kelly and collaborators. Additionally, the IRaMuTeQ was utilized to facilitate the processing of these analyses. The analyzed oral arguments integrated conceptual understanding of the problem with empirical evidence obtained during the resolution of the case studies. The conclusions drawn were supported by information of various natures. The arguments also exhibited lexical cohesion, with propositions from different epistemic levels connected through the sharing of morphemes, forming a network of evidence to support the conclusions. The analysis of graphical literacy was conducted through interactional analysis, resulting in the formulation of ten claims pertaining to the skills of selecting, producing, and communicating with inscriptions. These claims were discussed in relation to studies conducted by Wolff-Michael Roth, Lilian Pozzer, and collaborators. The claims demonstrated the utilization of these skills in various situations during the oral presentations, including attributing a theme to the presentation, presenting the case studies' narratives, explaining concepts, presenting and comparing experimental procedures and sampling points, and discussing data for the case studies resolution. The results of this study provide valuable insights into critical aspects influencing the use of inscriptions for rhetorical purposes in multimodal scientific communication scenarios. Additionally, instructional recommendations are proposed for teaching chemistry and developing scientific communication skills.

Keywords: Graphical literacy. Scientific argumentation. Inscriptions. Interrupted case studies. Scientific communication.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 - Infográfico sobre o que é, transmissão, sintomas, prevenção e grupo de risco da Covid-19	16
Figura 2.1 - Estrutura do argumento proposta no TAP	30
Figura 2.2 - Exemplo de rede de conexões lexicais por repetição de morfemas	35
Figura 3.1 - Representações visuais associadas aos estudos do letramento visual	48
Figura 3.2 - Cascata de inscrições relacionadas a lei de Boyle	50
Figura 3.3 - Desenho icônico, à esquerda, e desenho esquemático, à direita	52
Figura 3.4 - Resultado das eleições presidenciais brasileiras de 2022	53
Figura 3.5 - Tipos de produção de inscrições, segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005)	56
Figura 3.6 - Relações entre os diferentes elementos de um texto científico	59
Figura 4.1 - Etapas da narrativa e ações solicitadas no caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	71
Figura 4.2 - Mapa inserido na Parte I do caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	72
Figura 4.3 - Etapas propostas por Herreid (2005a) para aplicação de casos interrompidos e onde se evidenciam no caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	75
Figura 4.4 - Atividades realizadas para a aplicação dos estudos de caso na disciplina CELCII	78
Figura 4.5 - Arquivo enviado aos grupos G1 e G4 para realização da atividade de demarcação de pontos de amostragem de sedimentos	82
Figura 4.6 - Slide empregado durante a explanação inicial do G1 durante a sessão 3	83
Figura 4.7 - Esquema de debates realizados na sessão 3 de aplicação dos estudos de caso	84
Figura 4.8 - Definições para os <i>corpora textuais</i> em análise no IRaMuTeQ	95
Figura 4.9 - Exemplo de lista de palavras e definições para a árvore de palavras	95
Figura 4.10 - Exemplo de rede de conexões lexicais	96
Figura 4.11 - Cálculo da média de conexões lexicais para cada proposição	97
Figura 5.1 - Distribuição das proposições do argumento do G1 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC	112
Figura 5.2 - Distribuição das proposições do argumento do G1 em níveis epistêmicos ...	114
Figura 5.3 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G1	117
Figura 5.4 - Conexões lexicais do argumento do G1	119
Figura 5.5 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G1	119

Figura 5.6 - Contexto investigado no estudo de caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	121
Figura 5.7 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 36 da EO-G1	121
Figura 5.8 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão proposta nas proposições 36, 39 e 42 da EO-G1	124
Figura 5.9 - Estrutura argumentativa de suporte as conclusões das proposições 43, 44 e 46 da EO-G1	125
Figura 5.10 - Mapa da região da Barragem Diamantina	127
Figura 5.11 - Distribuição das proposições do argumento do G2 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC	129
Figura 5.12 - Distribuição das proposições do argumento do G2 em níveis epistêmicos .	132
Figura 5.13 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G2	135
Figura 5.14 - Conexões lexicais do argumento do G2	137
Figura 5.15 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G2	137
Figura 5.16 - Contexto investigado no estudo de caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	138
Figura 5.17 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 33 da EO-G2	139
Figura 5.18 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 31 da EO-G2	141
Figura 5.19 - Mapa da região de Canvari	143
Figura 5.20 - Distribuição das proposições do argumento do G3 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC	145
Figura 5.21 - Distribuição das proposições do argumento do G3 em níveis epistêmicos .	148
Figura 5.22 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G3	149
Figura 5.23 - Conexões lexicais do argumento do G3	151
Figura 5.24 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G3	151
Figura 5.25 - Contexto investigado no estudo de caso <i>Um Rio de Minérios</i>	153
Figura 5.26 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 38 da EO-G3	153
Figura 5.27 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão das proposições 34 e 39 da EO-G3	155
Figura 5.28 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão das proposições 35 e 36 da EO-G3	156

Figura 6.1 - Slides da EO-G1 para o caso <i>Resquícios de um Passado chumbado</i> contendo desenhos icônicos de um <i>template</i>	158
Figura 6.2 - Slides contendo fotografia de equipamentos instrumentais de análise	159
Figura 6.3 - Slides da EO-G3 para o estudo de caso <i>Um Rio de Minérios</i>	160
Figura 6.4 - Gestos realizados na EO-G3 sincronicamente com o termo “ <i>crescendo</i> ”	162
Figura 6.5 - Slides contendo mapas com pontos de amostragem escolhidos pelos personagens dos estudos de caso	163
Figura 6.6 - Slides da EO-G3 contendo mapas com pontos de amostragem escolhidos pelo grupo	164
Figura 6.7 - Slides contendo dois mapas similares posicionados lado a lado	165
Figura 6.8 - Slides da EO-G3 do caso <i>Um Rio de Minérios</i> , contendo mapas semelhantes	167
Figura 6.9 - Slide 9a da EO-G1 para o estudo de caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i> , contendo tabelas	169
Figura 6.10 - Slides contendo diferentes tipos de inscrições na apresentação da narrativa do estudo de caso	171
Figura 6.11 - Slides da EO-G3 para relatar a narrativa do caso <i>Um Rio de Minérios</i>	174
Figura 6.12 - Slide 18 da EO-G2 para o estudo de caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i> , contendo um fluxograma	176
Figura 6.13 - Slides da EO-G1 para o estudo de caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i> contendo fluxogramas	177
Figura 6.14 - Slide 19 da EO-G3 para o estudo de caso <i>Um Rio de Minérios</i> , contendo uma tabela	179
Figura 6.15 - Slides contendo tabelas com dados para resolução dos estudos de caso	182
Figura 6.16 - Tabela fornecida no estudo de caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	182
Figura 6.17 - Slides da EO-G1 contendo gráficos para resolução do caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	185
Figura 6.18 - Slides contendo mapa e tabela	187
Figura 6.19 - Slides da EO-G3 para o estudo de caso <i>Um Rio de Minérios</i> , contendo tabelas e gráficos	189

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 4.1 - Número de slides e tipos de inscrições utilizadas nas EOEC	100
Quadro 2.1 - Grau de complexidade dos argumentos proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004)	31
Quadro 2.2 - Níveis epistêmicos de argumentos em relatório técnico-científico da área de oceanografia	32
Quadro 2.3 - Níveis epistêmicos de argumentos de relatórios de laboratório de Química de Coordenação	33
Quadro 3.1 - Elementos estruturais e não estruturais presentes em gráficos	54
Quadro 3.2 - Funções de gestos relacionados ao uso de inscrições em situações orais	65
Quadro 4.1 - Título dos casos interrompidos e referências e resumos dos artigos que os originaram	68
Quadro 4.2 - Referência dos artigos distribuídos entre os grupos da disciplina CELC-II e casos associados	77
Quadro 4.3 - Convenções adotadas para a elaboração das transcrições, baseadas em Petri (1999)	87
Quadro 4.4 - Níveis epistêmicos para a análise de argumentos produzidos por estudantes durante EOEC que possuem como temática a análise de metais pesados em sedimentos de recursos hídricos, adaptados do Quadro Analítico de Kelly e Takao (2002)	88
Quadro 5.1 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-9a da EO-G1 .	102
Quadro 5.2 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições das UA-9b e 9c da EO-G1	103
Quadro 5.3 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-10 da EO-G1 .	106
Quadro 5.4 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-11a da EO-G1	107
Quadro 5.5 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-11b da EO-G1	108
Quadro 5.6 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-12 da EO-G1 .	109

LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES

CELC-I	Comunicação e Expressão em Linguagem Científica I
CELC-II	Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EOEC	Exposição Oral de Resolução de Estudo de Caso
EO-G1	Exposição Oral de Resolução de Estudo de Caso do Grupo 1
EO-G2	Exposição Oral de Resolução de Estudo de Caso do Grupo 2
EO-G3	Exposição Oral de Resolução de Estudo de Caso do Grupo 3
EPA	Agência de Proteção do Meio-Ambiente
GPEQSC	Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do IQSC
ICP-MS	Espectrometria de Massas com Plasma Indutivamente Acoplado
ICP-OES	Espectrometria de Emissão Óptica com Plasma Indutivamente Acoplado
IQSC	Instituto de Química de São Carlos
MSLI	Modelo Semiótico de Leitura de Inscrições
N.A.	Não Se Aplica
NCCSTS	National Center for Case Study Teaching in Science
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAE	Programa de Aperfeiçoamento de Ensino
PETAR	Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira
TAP	Padrão do Argumento de Toulmin
UA	Unidade de Análise
USP	Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 Objetivos e Questões de Pesquisa	21
1.2 Estrutura do Texto	23
2 ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	25
2.1 Análise de Argumentos	30
2.2 Estudos de Caso e a Promoção da Argumentação no Ensino de Química	37
2.2.1 Estudos de Caso de Caráter Interrompido.....	40
3 LETRAMENTO GRÁFICO	47
3.1 Características das Inscricões e o Letramento Gráfico.....	50
3.2 Letramento Gráfico na Comunicação Científica Multimodal.....	60
4 METODOLOGIA.....	67
4.1 Produção de Estudos de Caso Interrompidos	67
4.1.1 Elaboração de Casos Interrompidos: o Exemplo do Caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	70
4.2 Contexto de Aplicação da Proposta.....	76
4.3 Coleta e Análise de Dados	87
4.3.1 Dados Coletados.....	87
4.3.2 Análise da Argumentação	88
4.3.3 Análise do Letramento Gráfico	98
5 ARGUMENTAÇÃO NA RESOLUÇÃO DE ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS	101
5.1 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	101
5.1.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G1 em Níveis Epistêmicos.....	101
5.1.2 Status Epistêmico do Argumento do G1	114
5.1.3 Coesão Lexical do Argumento do G1	116
5.2 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	126
5.2.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G2 em Níveis Epistêmicos.....	127
5.2.2 Status Epistêmico do Argumento do G2	132
5.2.3 Coesão Lexical do Argumento do G2	134
5.3 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso <i>Um Rio de Minérios</i>	143
5.3.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G3 em Níveis Epistêmicos.....	144
5.3.2 Status Epistêmico do Argumento do G3	148

5.3.3 Coesão Lexical do Argumento do G3	149
6 LETRAMENTO GRÁFICO NA RESOLUÇÃO DE ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS	157
6.1 Habilidade de Seleção de Inscrições	157
6.2 Habilidades de Seleção e Comunicação de Inscrições	160
6.3 Habilidades de Seleção, Produção e Comunicação de Inscrições	170
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	193
REFERÊNCIAS	201
APÊNDICE A - ESTUDO DE CASO: <i>RESQUÍCIOS DE UM PASSADO CHUMBADO</i>	221
APÊNDICE B - ESTUDO DE CASO: <i>UMA BARRAGEM QUE NÃO ESTÁ PARA PEIXE</i>.....	231
APÊNDICE C – ESTUDO DE CASO: <i>UM RIO DE MINÉRIOS</i>	241
APÊNDICE D - LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	251
APÊNDICE E - CRONOGRAMA 7500028 – 2020.2.....	257
APÊNDICE F - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	259
APÊNDICE G - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO <i>RESQUÍCIOS DE UM PASSADO CHUMBADO</i> PELO GRUPO 1	261
APÊNDICE H - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO <i>UMA BARRAGEM QUE NÃO ESTÁ PARE PEIXE</i> PELO GRUPO 2	267
APÊNDICE I - CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DA EO-G2 EM NÍVEIS EPISTÊMICOS.....	277
APÊNDICE J - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO <i>UM RIO DE MINÉRIOS</i> PELO GRUPO 3	281
APÊNDICE K - CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DA EO-G3 EM NÍVEIS EPISTÊMICOS.....	291

1 INTRODUÇÃO

A sociedade atual está inegavelmente imersa em uma era definida pela troca rápida e disseminação de informações. O uso da internet, redes sociais, memes, vídeos curtos e outras instâncias digitais revolucionou a forma como conhecimentos são produzidos, compartilhados e consumidos. Diante da popularização da inteligência artificial, as formas de comunicação continuarão a ganhar novas dimensões. Consequentemente, o cidadão possui acesso a uma vasta gama de fontes de informação para variados tópicos, incluindo ciência e tecnologia.

Embora o acesso à informação seja uma conquista notável, a falta de compromisso com fatos e a manipulação de dados tornaram-se uma preocupação eminente. Com efeito, movimentos negacionistas da ciência e teorias da conspiração ganharam força alarmante nos últimos tempos, os quais promovem narrativas alternativas e alimentam a desconfiança na comunidade científica (SILVA; SASSERON, 2021). Ou seja, a era contemporânea da informação é acompanhada por uma era inquietante de desinformação.

Nesse cenário, o uso das representações visuais para disseminar conhecimentos não pode ser subestimado, especialmente, no que se refere àquelas de cunho técnico-científico. O avanço da tecnologia, além de alavancar a troca rápida de informações, também impulsiona práticas altamente mediadas pelo modo de comunicação gráfico-visual. Diante disso, não é surpresa que tais representações tenham ganhado protagonismo na comunicação, na educação, no comércio, entre tantas outras práticas sociais. Quando de frente com situações que envolvem ciências no seu cotidiano, é muito comum o engajamento do indivíduo com ilustrações.

O poder do uso de representações visuais em discursos técnicos e científicos é inquestionável, de maneira que os textos e materiais que contemplam aspectos imagéticos possuem mais poder retórico do que aqueles puramente verbais (GRUBER; DICKERSON, 2012; NORTH CUT, 2006; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2012). A respeito da comunicação pública da ciência, além de facilitar o engajamento com os problemas e as ponderações científicas, Northcut (2006) aponta outras três funções que as representações visuais podem exibir: permitem que o público examine, ou ainda julgue, a confiabilidade dos cientistas e de seus argumentos; reforçam os valores da comunidade científica; e preenchem a lacuna existente entre os cientistas e o público. Isso se deve ao fato de que a linguagem visual complementa a linguagem verbal, permitindo que cientistas, educadores e comunicadores construam uma ponte entre ideias complexas e os seus públicos. As representações visuais, como gráficos, tabelas, fotografias e esquemas não apenas facilitam a apresentação de dados empíricos, mas também ajudam a trazer à tona as relações, padrões e tendências nos fenômenos científicos, conectam

conceitos científicos abstratos com experiências do dia a dia e simplificam informações complexas, tornando-as mais acessíveis e digeríveis pelo público (NICHOLSON-COLE, 2005; ROTH; MCGINN, 1998).

No início da pandemia de Covid-19, por exemplo, observava-se diariamente a divulgação de notícias, artigos de opinião, entre outros tipos de textos, recheados de desenhos, gráficos, esquemas etc., visando aumentar a credibilidade dos argumentos a favor das medidas restritivas e de contenção do avanço da pandemia. Frequentemente, as representações apresentavam informações em formatos icônicos que se assemelham ao “mundo real”, ou seja, o mundo vivido em oposição à realidade gráfica retratada nelas, como exemplificado na Figura 1.1.

Figura 1.1 - Infográfico sobre o que é, transmissão, sintomas, prevenção e grupo de risco da Covid-19.



Fonte: Adaptado de Universidade Federal Rural da Amazônia (2020).

O uso massificado de representações, sejam elas de forma digital, veiculadas na internet ou televisão, ou material, presentes em revistas, jornais, livros, entre outros meios, pode levar a uma percepção equivocada de que a leitura e a interpretação da linguagem visual são tarefas triviais e que sua compreensão imediata é garantida (KĘDRA, 2018). Pozzer-Ardenghi e Roth (2010) alertam que estar acostumado a ver representações visuais em todos os lugares não é o mesmo que ser letrado visualmente ou graficamente. De fato, as representações visuais

raramente conseguem desempenhar plenamente as funções citadas por Northcut (2006), visto que o público nem sempre possui o conhecimento adequado para lidar com a linguagem visual.

As novas tecnologias parecem se desenvolver muito mais rapidamente do que a nossa capacidade de refletir sobre as relações que estabelecemos diariamente com elas. Como resultado, apesar de rodeados pela tecnologia, os estudantes de hoje, e com efeito, a sociedade, não necessariamente demonstram o desenvolvimento adequado das habilidades necessárias para a comunicação visual de maneira fácil e eficaz, sendo eles, na verdade, consumidores passivos da cultura visual.

Ainda no contexto da pandemia de Covid-19, foi observado o uso comum de gráficos associados à expressão “achatar a curva”, que não é natural para muitos, e constantemente necessitava ser explicada. Exemplos como esse durante o cenário da pandemia, chamaram a atenção para a importância da habilidade de comunicação dos cientistas, não apenas ao se dirigirem aos pares e às agências de fomento, mas também à população em geral e aos formuladores de políticas públicas (SOTÉRIO; QUEIROZ, 2023; WIRZ et al., 2022). Nisso, evidencia-se a complexidade associada ao entendimento da linguagem visual, a qual não pode ser simplesmente encarada de maneira naturalizada, automática e transparente. Além disso, o letramento a ser adquirido para viver no mundo contemporâneo não é mais determinado pela aquisição das habilidades de ler e escrever, sendo ele, na verdade, definido por multiletramentos (KEDRA, 2018), que incluem os letramentos digital, científico, financeiro e, entre tantos outros, o letramento gráfico.

O termo “letramento gráfico” é procedente das expressões “*graphicacy*” ou “*graphical literacy*”, em inglês, e nesta tese, com base em Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), é utilizado para definir o conjunto de habilidades relativas ao trabalho com representações visuais materiais (gráficos, tabelas, fórmulas estruturais, desenhos etc.) que representam os fenômenos e objetos de estudo das ciências da natureza, ou seja, as inscrições, em contextos escolares e de participação pública na ciência.

As inscrições são de particular importância para a construção e desenvolvimento do conhecimento científico, tanto no nível laboratorial quanto no nível da comunidade científica (POZZER-ARDENGI; ROTH, 2005). A sua alta frequência em publicações revisadas por pares, livros didáticos e em aulas expositivas de disciplinas de ciências demonstra o quanto cientistas se apoiam nelas para comunicação de seus resultados de pesquisa (ARSENAULT; SMITH; BEAUCHAMP, 2006; BOWEN; ROTH, 1998; LIMA et al., 2022; ROTH; BOWEN; MCGINN, 1999). Na área da Química, Lima, Larine e Queiroz (2021) identificaram uma média de 9,1 inscrições por artigo do periódico Química Nova, da Sociedade Brasileira de Química.

Na produção do conhecimento científico, as funções das inscrições vão muito além de ilustrar os fenômenos estudados, sendo responsáveis também por registrar, guardar, organizar, compartilhar conjuntos de dados e informações, produzir previsões e tendências, e evidenciar e servir de matéria-prima para conclusões, justificativas e argumentos, garantindo assim confiabilidade ao conhecimento científico (ALVES, 2011; LIMA et al., 2022; ROTH; POZZER-ARDENGHI; HAN, 2005). Já no ensino de ciências e de química, as inscrições auxiliam, por exemplo, na minimização das dificuldades de entendimento de conceitos químicos abstratos, integração dos três níveis de representação do conhecimento químico, facilitação da aprendizagem do conteúdo e na construção de relações pictóricas entre conceitos desconhecidos e aqueles já familiares aos alunos etc. (GKITZIA; SALTA; TZOUGRAKI, 2011; LIMA et al., 2022; UPAHI; RAMNARAIN, 2019).

A importância e recorrente presença das inscrições nos textos científicos reforça o entendimento de que saber lidar com elas, ou seja, o letramento gráfico, é um aspecto fundamental da construção do conhecimento científico, desejável de ser adquirido na educação básica (LIMA; QUEIROZ, 2019; POSTIGO; LÓPEZ-MANJÓN, 2015). Assim, o desenvolvimento adequado das habilidades e dos conhecimentos acerca do uso de inscrições ganha reconhecimento nos documentos curriculares brasileiros oficiais, com a intenção de criar ambientes de ensino e aprendizagem que ajudem a familiarização dos estudantes com práticas relacionadas às inscrições.

Para a educação básica, a Base Nacional Comum Curricular sugere que os estudantes saibam interpretar gráficos, tabelas, códigos, equações, entre outras formas de representações visuais, para comunicar a públicos variados os resultados de análises, pesquisas e experimentos, “de modo a promover debates em torno de temas científicos e tecnológicos de relevância sociocultural” (BRASIL, 2019, p. 545). Para o ensino superior de química, as Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química recomendam que os graduados saibam “interpretar e utilizar as diferentes formas de representação (tabelas, gráficos, símbolos, expressões etc.)” (BRASIL, 2001, p. 5).

Diante disso, a constatação de que muitos estudantes, tanto no ensino médio quanto no ensino superior, enfrentam dificuldades no uso e interpretação de representações visuais é preocupante. De maneira mais específica, dentre dificuldades e problemas relacionados às inscrições, enfrentados por estudantes no ensino de química, citam-se: dificuldades em se familiarizar com a linguagem da química presente em estruturas moleculares, equações e outros símbolos; dificuldades em construir, compreender significativamente e conectar diferentes tipos de representações para um mesmo fenômeno; a tendência a visualizar as representações

apenas como objetos e letras, deixando de perceber os princípios e conceitos químicos subjacentes; dificuldades em criar modelos mentais tridimensionais a partir de representações bidimensionais; dificuldades em representar visualmente conceitos e fenômenos químicos utilizando diferentes tipos de representações (GKITZIA; SALTA; TZOUGRAKI, 2011; HAN; ROTH, 2006).

Apesar das contribuições e do reconhecimento da importância do letramento gráfico, são escassos os cenários educativos e as pesquisas que abordam o seu desenvolvimento, especialmente no contexto brasileiro (LIMA; QUEIROZ, 2019; 2021). Lima e Queiroz (2019), a partir de uma revisão de artigos publicados na seção *Relatos de Sala de Aula* da revista *Química Nova na Escola*, da Sociedade Brasileira de Química, verificaram que poucas iniciativas apontam contribuições para o desenvolvimento do letramento gráfico em uma perspectiva crítica na área de Educação em Química no Brasil.

Os autores identificam a promoção de estratégias de ensino que incluem etapas nas quais os estudantes precisam produzir inscrições ou nas quais os professores fornecem inscrições para uso dos alunos. Entre as inscrições produzidas pelos alunos, destacam-se tabelas e representações de fenômenos ou artefatos por meio de desenhos, enquanto entre as fornecidas pelos professores, sobressaem-se tabelas e fotografias. Em contrapartida, os gráficos não encontraram um espaço considerável em nenhuma das duas situações, sendo seu uso limitado, principalmente, a um único tipo, o gráfico de linha.

Um exemplo relevante é o trabalho realizado por Ribeiro, Maia e Wartha (2010). Após aprenderem sobre a composição, fabricação e ação do sabão e detergente, os estudantes realizaram um procedimento simples para determinação do oxigênio dissolvido em amostras de água do Rio Cachoeira, em Ilhéus, BA. Os resultados foram expressos em um gráfico e discutidos em sala de aula, causando um impacto significativo nos estudantes. Foi a partir da construção dessa inscrição que eles perceberam a sua responsabilidade em relação à preservação do meio ambiente, uma vez que o gráfico evidenciava uma queda significativa do oxigênio dissolvido ao passar pelo centro urbano.

As pesquisas que têm as inscrições como objeto central de estudo geralmente concentram-se na qualidade e nas habilidades individuais dos estudantes para lidar com elas, bem como no uso das inscrições como uma prática social (ROTH; POZZER-ARDENGHI; HAN, 2005). Essas abordagens mostram que os obstáculos para o desenvolvimento do letramento gráfico se relacionam com a falta de familiaridade e participação do aluno em práticas sociais, históricas e culturais de uso de inscrições. Segundo Kędra e Žakevičiūtė (2019), a educação visual está amplamente presente na pré-escola e nos anos iniciais da educação

básica, porém, após essa fase, o foco nas representações visuais se dissipa rapidamente, até que no ensino superior, o ensino é voltado quase que completamente para os gêneros textuais e orais.

Em contraponto ao cenário mencionado, os estudantes da atualidade nasceram e cresceram em ambientes saturados por representações visuais, de maneira que as práticas comunicativas em que participam são, mais do que nunca, mediadas pela linguagem expressa por meio delas. Na era da internet e dos dispositivos com tela sensível ao toque, eles sentem como se pudessem “tocar” as ilustrações projetadas à sua frente. A partir disso, o contexto altamente textual universitário, em contraste com o mundo visualmente cultural no qual os estudantes vivem, além de não permitir o engajamento em práticas propícias ao desenvolvimento do letramento gráfico, pode causar falta de interesse pelo material e pelo conteúdo do curso (KEÐRA; ŽAKEVIČIŪTĖ, 2019).

Roth e McGinn (1998) apontam que o letramento gráfico é indicado pelo grau em que os estudantes participam de atividades intencionais e autênticas relacionadas a inscrições. No entanto, apesar de sua importância, diferentemente do letramento, as práticas de inscrições e o desenvolvimento do letramento gráfico, raramente encontram espaços na sala de aula, e muito menos são explicitamente ensinadas (ALDRICH; SHEPPARD, 2000), o que deixa a impressão de que a aquisição de tais conhecimentos deve ser realizada de maneira naturalizada à medida que os estudantes avançam nos anos escolares (DANOS, 2011). Por conseguinte, é possível levantar o questionamento “como envolver o estudante em práticas de inscrições para o desenvolvimento do letramento gráfico?”.

Conforme apontado por Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), o desenvolvimento de um letramento gráfico adequado pode ser alcançado por meio de cenários que reproduzem as interações epistêmicas entre os membros de uma sociedade e a produção resultante dessas interações. Na comunidade científica, por exemplo, são realizadas investigações, problemas são resolvidos, artigos são redigidos e exposições orais são produzidas, entre outras práticas consideradas cientificamente autênticas. Essas práticas são entendidas como formas específicas pelas quais os membros da comunidade científica inferem, justificam, avaliam e legitimam asserções de conhecimento de maneira crítica (KELLY; TAKAO, 2002). Conforme ressaltado por Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), somente quando os cidadãos se envolvem criticamente com a linguagem e as inscrições é que eles deixam de ser consumidores passivos da mídia.

Para Gkitzia, Salta e Tzougraki (2011), uma imagem só vale mais que mil palavras, como no dito popular, quando o leitor possui o conhecimento acerca dos códigos necessários

para interpretá-la. Como consequência, não sendo bastante envolver os estudantes em práticas científicas autênticas, os autores recomendam o ensino explícito da linguagem visual, de modo que os professores despendam tempo e esforços para conversar com os seus alunos acerca dos significados por trás das imagens utilizadas na sala de aula, além dos falsos significados que elas podem transmitir.

É ainda na realização das práticas mencionadas que se torna patente a estreita relação entre as habilidades de leitura e uso de inscrições e de argumentação científica. Esta última está presente em várias etapas da investigação científica, como na formulação das hipóteses, na construção de previsões e na elaboração da conclusão do trabalho. Em anos recentes, tem se ampliado o leque de pesquisas sobre o assunto na área de Ensino de Química, gerando um entendimento sobre a sua relevância no desenvolvimento do raciocínio, do pensamento crítico e da compreensão sobre a natureza da ciência (PORTO; QUEIROZ, 2021). Assim como são muitas as dificuldades encontradas pelos alunos na leitura e interpretação de inscrições, não é trivial nem recorrente o desencadeamento de discurso argumentativo em aulas de ciências.

A realização de práticas científicas autênticas que exijam a associação das referidas habilidades (letramento gráfico e argumentação) tem potencial para promover, além do trabalho adequado com inscrições, a criticidade frente a elas, já que nestas os alunos se distanciam de uma perspectiva na qual apenas regurgitam as informações contidas nas inscrições.

Ainda com relação aos cenários que visam à promoção da argumentação, especial atenção é dada aos contextos educativos que envolvem a aplicação de casos investigativos ou estudos de caso, aqui entendidos como narrativas sobre dilemas, vivenciados por pessoas que necessitam tomar decisões a respeito de determinados assuntos de caráter científico ou sociocientífico (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007). Com base em um levantamento realizado por Selbach et al. (2021) nas publicações da área de Ensino de Química, é notável a estreita relação e proeminência no uso da referida estratégia didática para a promoção da argumentação, em especial no ensino superior de química, a qual surge em momentos que os estudantes precisam defender suas ideias, pontos de vistas e escolhas, beneficiando a construção do conhecimento científico de forma crítica, reflexiva e autônoma.

1.1 Objetivos e Questões de Pesquisa

Considerando o panorama descrito anteriormente, o letramento gráfico e a argumentação científica no contexto da graduação em química foram adotados como temáticas

de investigação. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver e analisar atividades didáticas favoráveis à promoção de letramento gráfico associado à argumentação científica, baseadas na resolução de estudos de caso interrompidos. Frente à pandemia de Covid-19, as atividades foram aplicadas de maneira on-line com o apoio dos ambientes virtuais Google Meet e Tidia-Ae. Como objetivos específicos destacam-se:

- Elaboração e implementação de estudos de caso de caráter interrompido em disciplina de comunicação científica oferecida em curso de graduação em química;
- Fornecimento de instruções acerca da elaboração de argumentos adequados de um ponto de vista estrutural e epistêmico, bem como, acerca do uso de inscrições na comunicação científica;
- Avaliação da qualidade de argumentos produzidos durante a elaboração de exposições orais de resolução de estudos de caso (EOEC), de acordo com seu status epistêmico e coesão lexical;
- Análise do uso de inscrições em EOEC e elaboração de assertivas que associam diferentes aspectos da seleção, produção e comunicação de inscrições ao letramento gráfico.

O alcance dos referidos objetivos visa o oferecimento de respostas para os seguintes questionamentos que se constituem nos problemas de pesquisa: *a)* Qual a qualidade da argumentação dos estudantes a partir da realização das atividades didáticas propostas? *b)* Como os estudantes demonstram letramento gráfico a partir da realização das atividades propostas? Nossa hipótese é que as atividades pautadas nos estudos de caso interrompidos auxiliam na promoção do letramento gráfico dada a criação de um espaço argumentativo no qual as inscrições exercem um papel retórico.

As buscas por respostas às questões de pesquisa estabelecidas visam fornecer informações importantes para subsidiar ações educativas no ensino superior de química, tais como a aquisição de indícios sobre como elaborar atividades didáticas que favoreçam a integração, por parte dos alunos, das habilidades de leitura de inscrições e argumentação.

1.2 Estrutura do Texto

Sendo delineados os principais tópicos a investigar e delimitado o objetivo e as questões de pesquisa, é apresentado um resumo do conteúdo a ser discutido ao longo desta tese, organizada em capítulos que abordam cada aspecto relevante da pesquisa. Os capítulos seguintes aprofundam as reflexões apresentadas anteriormente.

No Capítulo 2, denominado *Argumentação no Ensino de Ciências*, são apresentadas definições para a argumentação, colocando-se em pauta a sua importância para o ensino de ciências e o papel das inscrições na construção do argumento. São apresentadas também considerações acerca de Modelos e Quadros Analíticos para a análise de argumentos, com destaque para os trabalhos de Gregory Kelly e colaboradores. Discorre-se ainda sobre os estudos de caso e sua aplicação na promoção da argumentação no ensino de química.

O Capítulo 3, denominado *Letramento Gráfico no Ensino de Ciências*, apresenta definições presentes na literatura para o conjunto de habilidades necessárias para o trabalho com inscrições, posicionando o conceito de letramento gráfico frente a elas. A partir disso são discutidas as características visuais e contextuais das inscrições em textos científicos, e como estas impactam o desenvolvimento de letramento gráfico em aulas de ciências. Por fim, são discutidos elementos do letramento gráfico na comunicação científica multimodal.

A respeito dos procedimentos metodológicos da investigação relatada neste trabalho, estes são apresentados no Capítulo 4. Inicialmente, são discutidos os aspectos referentes à construção e aplicação de três estudos de caso de caráter interrompido, sendo caracterizados também os sujeitos envolvidos na pesquisa, o contexto e as atividades desenvolvidas durante a aplicação, que culminaram na produção de exposições orais sobre a resolução dos estudos de caso. Em seguida, são apresentados o *corpus* de análise e os critérios de seleção de dados para análise. Por fim, são apresentados os procedimentos de análise da argumentação e do letramento gráfico durante a elaboração das referidas exposições orais.

A apresentação e discussão dos resultados obtidos constam nos Capítulos 5 e 6, intitulados *Argumentação Científica na Resolução de Estudos de Caso Interrompidos* e *Letramento Gráfico na Resolução de Estudos de Caso Interrompidos*, respectivamente, nos quais serão elaboradas considerações que permitem responder as questões de pesquisa apresentadas anteriormente. No Capítulo 7 são tecidas as considerações finais, realizando-se ponderações acerca dos resultados obtidos neste estudo, discutindo-se as implicações dos conhecimentos obtidos para a pesquisa e para o ensino de química.

2 ARGUMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A argumentação desempenha um papel fundamental na construção e manutenção das práticas científicas, permeando diferentes fases da investigação, desde a formulação de hipóteses até a análise dos dados e a elaboração das conclusões. Além de estar presente em cada etapa do processo científico, a argumentação também assume um papel crucial na divulgação e comunicação dos resultados obtidos, sejam realizadas por meio escrito, por exemplo, pela publicação de artigos revisados por pares, ou de maneira predominantemente oral, em reuniões e congressos. Segundo Oliveira e Queiroz (2011, p. 90), “o êxito ou fracasso final de um trabalho de pesquisa depende da opinião que dele faz a comunidade científica”. A transformação de algo que antes era tido apenas como uma opinião em um fato científico só se dá a partir do seu aceite e validação pelos pares da comunidade científica. De fato, sendo a argumentação tão inerente à produção do conhecimento, em associação com a comunicação científica, Oliveira e Queiroz (2011) identificam a existência pressuposta de contra-argumentos como uma das características retóricas da linguagem científica, quando “o autor tenta prever as objeções do leitor e, dessa forma, antecipa suas respostas [...] em função dos possíveis argumentos contrários apresentados pelo interlocutor” (p. 93).

Com base na evidente importância da argumentação na construção do conhecimento científico, nota-se um aumento crescente no número de estudos a seu respeito, em especial na área de Ensino de Ciências, que revelam a consolidação da temática de pesquisa (SÁ; QUEIROZ, 2011; LAMIM; QUEIROZ, 2022a; 2022b; PEZARINI; MACIEL, 2018). Nessa perspectiva, Sá e Queiroz (2011) demonstram que pesquisas nacionais possuem os seguintes focos temáticos: estratégias promotoras da argumentação; o papel do professor na promoção da argumentação; elaboração de modelos para avaliação de argumentos produzidos por estudantes; o espaço destinado à práticas argumentativas em ambientes de ensino e aprendizagem de ciências; mecanismos de ensino explícito dos componentes da argumentação; levantamentos bibliográficos; e análise de materiais didáticos.

Neste trabalho, nos juntamos ao rol de pesquisadores interessados em investigar as estratégias promotoras da argumentação no ensino superior de química. O conjunto de conhecimentos levantados por tais trabalhos (SÁ; QUEIROZ, 2011; LAMIM; QUEIROZ, 2022a; 2022b; PEZARINI; MACIEL, 2018) demonstra a necessidade e justifica a importância da argumentação no ensino de química, seja na educação básica ou no ensino superior, como estratégia para favorecer a aprendizagem conceitual, realizar vivências em práticas e discursos da ciência, superar mitos e visões distorcidas associados à química, dar visibilidade ao

pensamento do estudante, suscitar autorreflexão e metacognição, desenvolver capacidades comunicacionais em linguagem científica, raciocínio científico e pensamento crítico, e para promover uma participação mais ativa dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem (AYDENIZ, 2019; FERNANDES; RODRIGUES; FERREIRA, 2018; GARCIA et al., 2012; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2010; OSBORNE, 2010).

As habilidades de argumentar e avaliar argumentos são importantes não apenas na ciência, como também para outras várias esferas de circulação humana (SCARPA, 2015). A partir disso, currículos ao redor de todo o mundo incluem a argumentação como um dos seus objetivos formativos (LAMIN; QUEIROZ, 2022b). No contexto nacional, a Base Nacional Comum Curricular recomenda, entre as habilidades a serem desenvolvidas no Ensino de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, em nível médio, que o aluno saiba analisar e debater situações controversas relacionadas à aplicação do conhecimento científico, com base em argumentos consistentes, distinguindo diferentes pontos de vista (BRASIL, 2019). Mas o que é argumentação?

É possível encontrar, na literatura, diversas definições para a argumentação, diferenciando-a do que seria o argumento. Segundo Wenzel (1992), o entendimento do que é argumentação pode ser realizado a partir de três diferentes perspectivas, sendo elas a retórica, a dialética e a lógica, as quais não devem ser vistas como diferentes classificações ou tipos de argumentação, pois qualquer tipo de argumento pode ser considerado como um episódio retórico, dialético ou lógico. Cada uma dessas perspectivas evidencia os interesses e propósitos envolvidos na argumentação (MENDONÇA; FIGUEIRÊDO, 2010; SILVA, 2015).

Na perspectiva retórica, a argumentação possui um propósito de persuasão e se preocupa não apenas em influenciar o interlocutor, mas também com o oferecimento de alegações que sejam convincentes em um processo de tomada de decisão. Na dialética, a argumentação é tida como o método, sistema ou procedimento que regulamenta as discussões, se preocupando com a franqueza, compreensão e criticidade dessa para a tomada de decisão. Já na perspectiva lógica, o argumento é explorado como um produto que pode ser avaliado a partir de critérios, padrões e méritos, colocando em perspectiva a solidez do argumento. Silva (2015) afirma que a argumentação científica pode ser analisada a luz das três perspectivas, já que ela se preocupa com o oferecimento de conclusões, justificativas e evidências relacionadas logicamente entre si na busca pela aceitação dos pares e estabelecimento de um conhecimento.

Visando definir as características da argumentação científica e da maneira como ela aparece no ensino de ciências, Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018) propõem que:

a argumentação refere-se ao processo discursivo (oral ou escrito) apoiado por um argumento (componentes e artefatos) que surge durante as “etapas ou passos das atividades investigativas”. São essas etapas: (1) apresentar um problema e refletir sobre ele; (2) elaborar hipóteses; (3) explicar o processo investigativo; (4) analisar e interpretar os dados; (5) concluir as atividades (FERNANDES; RODRIGUES; FERREIRA, 2018, p. 1023).

Na perspectiva desses autores, o argumento deve ser entendido como um dos elementos centrais da argumentação, fornecendo as bases para que ela ocorra, para discuti-la e avaliá-la. Ao mencionar que o processo argumentativo pode ser concebido de maneira oral ou escrita, os autores ressaltam que a argumentação não ocorre exclusivamente de maneira escrita. Muito mais que isso, a argumentação possui natureza multimodal, podendo integrar diversos outros modos de comunicação em associação aos modos verbais, gestuais e aos gráfico-visuais. Isto contraria algumas definições de argumentação presentes na literatura, que consideram apenas o seu componente verbal, como em van Eemeren and Grootendorst (2004), que definem a argumentação como uma atividade verbal, social e racional.

Concorda-se com Mateus (2016, p. 3), ao entender que “restringir o estudo da prática argumentativa e persuasiva apenas aos símbolos verbais significaria estudar somente uma pequeníssima parte dos processos comunicativos que todos os dias empreendemos”, visto que o modo de comunicação gráfico-visual, que inclui as inscrições, promove a compreensão de experiências humanas de uma maneira diferente daquela a ser realizada exclusivamente pelo modo verbal; e, quando associado aos modos verbais, proporciona uma percepção mais holística da dimensão comunicacional da persuasão e da argumentação (MATEUS, 2016). A partir disso, diversos autores apontam para a relevância de elementos não verbais na formação do argumento (BRICKER; BELL, 2008; MENDONÇA; FIGUEIREDO, 2010; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2015; OSBORNE, 2010; XIAO, 2020).

Sampson e Clark (2008) descrevem a argumentação como o processo de elaboração dos artefatos que estudantes utilizam para articular e justificar reivindicações ou explicações. Essa noção também se faz presente na perspectiva de Fernandes, Rodrigues e Ferreira (2018), apresentada anteriormente, e associa a argumentação a elementos denominados artefatos. Compreende-se que é nessa instância que residem as inscrições, incorporadas nos argumentos para o fornecimento de dados, justificativas e evidências.

No entanto, é importante ressaltar que as inscrições por si só não podem ser consideradas como evidências. Conforme apontado por Xiao (2020), sua força probatória deriva da maneira como são incorporadas aos argumentos, configurando-se como um ato retórico. É por meio das inscrições que os estudantes apresentam evidências e formulam reivindicações em um discurso

adaptado a um público-alvo. O autor identifica três abordagens distintas para a citação de inscrições em argumentos escritos que envolvem aspectos científicos.

A primeira abordagem consiste em mencionar inscrições sem fornecer uma descrição detalhada de seu conteúdo ou uma vinculação explícita com as alegações apresentadas. A segunda abordagem refere-se à menção de que uma inscrição específica evidencia uma conclusão ou alegação, sem, no entanto, explicar como isso ocorre. Por fim, a terceira abordagem diz respeito aos momentos em que as inscrições são descritas como justificativas para apoiar ou refutar uma determinada posição. Nessas abordagens, o que importa como evidência não são as inscrições em si, mas sim suas funções retóricas nos argumentos. Mesmo na primeira abordagem, em que as inscrições não são explicitamente descritas, a simples menção pode indicar que os estudantes reconhecem o público ao qual estão direcionando seus argumentos, presumindo que ele tenha familiaridade com o conteúdo e o significado das inscrições.

Diante disso, tornam-se relevantes as habilidades no uso da comunicação visual para fornecer evidências na sustentação de declarações, o que requer conhecimentos teóricos e práticos (SILVA, 2015). Nesse sentido, a relação entre as habilidades de letramento gráfico e argumentação se torna estreita. A capacidade de avaliar criticamente as inscrições e as informações que são expressas por meio delas em um argumento torna-se essencial tanto para aqueles envolvidos no uso profissional da ciência quanto para aqueles que estão no âmbito do uso público da ciência. Este último grupo é composto por indivíduos que não estão necessariamente envolvidos na produção de conhecimento científico, mas estão preocupados em avaliar os argumentos apresentados ou em construir argumentos para tomar decisões (XIAO, 2020).

Continuando a descrever as características da argumentação científica, Berland e Hammer (2012, p. 68, tradução nossa) comentam que ela “serve para expor e discutir inconsistências nas ideias e as evidências científicas; é um caminho fundamental para a comunidade avaliar as hipóteses e a validade das afirmações”. Já para De Chiaro e Leitão (2005, p. 350) a argumentação é entendida “como atividade social e discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido”. Estas definições colocam em evidência um ponto de vista e tendência largamente assumida pelos pesquisadores da área de Ensino de Ciências, que é a associação da argumentação com o conflito de ideias e a controvérsia.

Teixeira (2015) reforça os resultados produtivos obtidos a partir de cenários estabelecidos em torno do confronto de opiniões e controvérsias para a potencialização dos discursos argumentativos no ensino de ciências e para a realização de operações intelectuais de comparação, julgamento, negociação, e elaboração de justificativas e conclusões, o que pode favorecer o aprendizado do conhecimento científico. Além disso, ao precisar examinar o ponto de vista do seu oposto, os estudantes precisam ouvir, refletir e rever conhecimentos para reafirmar, transformar ou gerar um novo ponto de vista, que se configura também como um novo estado de apropriação e de entendimento sobre o tema.

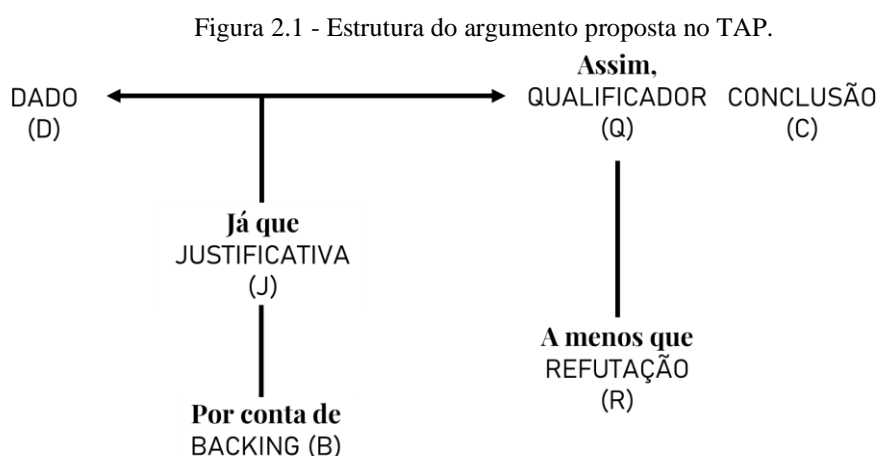
Ao discutir sobre a controvérsia, o autor propõe ainda que tal não é uma condição imprescindível para o estabelecimento da argumentação, sendo esta, na verdade, uma característica inerente ao uso da linguagem e ao ato de enunciar. Teixeira (2015) defende que a argumentatividade se encontra na intenção de formação de um sentido no outro, ou seja, que enunciar é argumentar. A partir disto, contextos discursivos usualmente exibidos na sala de aula podem também ser compreendidos como movimentos argumentativos.

Porém, mesmo sendo uma característica intrínseca da linguagem, os estudantes não percebem que naturalmente possuem conhecimentos acerca de operações de persuasão e argumentação (PETIT; SOTO, 2002). Torna-se necessário trazer tais conhecimentos à tona, por meio da promoção de ações educativas que concedam espaço para a realização de vivências versadas pelo discurso marcadamente argumentativo. Além disso, como mencionam Erduran, Simon e Osborne (2004), apenas colocar os alunos de frente a questões científicas ou sociocientíficas, sejam elas de caráter controverso ou não, não será suficiente para garantir a prática de argumentação e elaboração de argumentos válidos, ou seja, a argumentação é uma forma de discurso que deve ser explicitamente ensinada. Nessa perspectiva, Lamin e Queiroz (2022a; 2022b) verificam, no contexto nacional, a escassez de iniciativas que incluem a instrução de estudantes frente aos componentes da argumentação.

A ausência de espaços para a promoção da argumentação no ensino de ciências se relaciona com o conhecimento, geralmente limitado, e a baixa valorização do tema, pelo professor, que advém da falta de contato com práticas argumentativas durante a sua formação inicial; da escassez de recursos instrucionais voltados para a argumentação; da visualização da ciência como um corpo de conhecimento finalizado a ser aprendido pelos estudantes; e da crença de que a argumentação seria ineficaz para a aprendizagem do conteúdo científico (SAMPSON; BLANCHARD, 2012; SILVA, 2019; QUEIROZ; SÁ, 2009).

2.1 Análise de Argumentos

Tendo em vista a ampliação de estudos acerca da argumentação, são diversos os autores que se propõem a desenvolver e empregar modelos para identificar, constatar, avaliar e analisar a qualidade de argumentos. Em uma revisão de trabalhos da área de Ensino de Ciências nacionais publicados entre 2007 e 2017, Pezarini e Maciel (2018) verificam a presença de 38 ferramentas de construção e análise da argumentação em 183 documentos analisados, com maior evidência para o uso do Padrão do Argumento de Toulmin (TAP, do inglês, *Toulmin's Argument Pattern*) (TOULMIN, 2001). Essa tendência e destaque do TAP também é verificada para a área de Ensino de Química especificamente (LAMIM; QUEIROZ, 2022a). A estrutura do argumento proposta no TAP pode ser visualizada na Figura 2.1.



Fonte: Toulmin (2001, p. 143).

De acordo com Toulmin (2001), um argumento possui uma estrutura básica composta por três elementos. O primeiro deles é o dado (D), que corresponde às informações e evidências que apoiam uma afirmação, que corresponde ao segundo elemento, a conclusão (C). Tais elementos precisam estar conectados por meio do terceiro elemento básico, que é a justificativa (J). Existem ainda outros elementos que ampliam a estrutura básica. O qualificador modal (Q), que se apresenta geralmente na forma de advérbios, é empregado para dar força à conclusão em respeito às justificativas utilizadas. O *backing*, ou apoio (B), compreende conhecimentos básicos utilizados para dar suporte à justificativa. Já o elemento refutação (R), especifica condições nas quais a justificativa ou a conclusão não é válida.

O TAP permite a reflexão sobre a estrutura do argumento e ajuda a evidenciar seus componentes, destacando a importância das relações lógicas que deve haver entre eles. Apesar

de amplamente utilizado, o modelo é alvo ampliações ou retificações (ERDURAN; SIMON; OSBORNE, 2004; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; CASTRO; PÉREZ, 1998; KELLY; TAKAO, 2002; OGUNNIYI, 2007) que buscam promover alterações ao padrão estabelecido na Figura 2.1 ou melhorar a adequação do modelo à realidade verificada nas situações específicas de ensino e aprendizagem de ciências (FERNANDES; RODRIGUES; FERREIRA, 2018; PEZARINI; MACIEL, 2018).

A título de exemplo, Erduran, Simon e Osborne (2004) verificam que o uso do TAP não produziu discernimento suficiente para monitorar a progressão da qualidade do argumento a partir de intervenções realizadas na sala de aula. A partir disso, os autores combinam os componentes do TAP, de maneira que as combinações com mais elementos são atribuídas a argumentos caracterizados como mais complexos e bem elaborados, em relação àqueles que possuem poucos elementos. As combinações e o grau de complexidade atribuído podem ser visualizados no Quadro 2.1

Quadro 2.1 - Grau de complexidade dos argumentos proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004).

COMPLEXIDADE	Combinação de Elementos	Código da Combinação
	Conclusão/Dado/Justificativa	CDJ
	Conclusão/Dado/Justificativa/Backing	CDJB
	Conclusão/Dado/Justificativa/Refutação	CDJR
	Conclusão/Dado/Justificativa/Qualificador Modal	CDJQ
	Conclusão/Dado/Justificativa/Backing/Qualificador Modal	CDJBQ
Conclusão/Dado/Justificativa/Backing/Qualificador Modal/Refutação	CDJBQR	

Destacamos ainda as considerações elaboradas por Kelly e Takao (2002) para o TAP. Segundo os autores, o uso do modelo em estudos anteriores evidenciou problemas de ordem metodológica relacionados à restrição da análise a sentenças relativamente curtas e a presença de ambiguidade em alguns dos componentes do TAP. A partir disso, os autores consideram que os argumentos devem ser analisados não somente do ponto de vista estrutural, mas também do ponto de vista epistêmico, e que em contexto de argumentações longas, é necessário considerar os aspectos interacionais das proposições nelas apresentados.

A partir disso, Kelly e Takao (2002) desenvolveram um Quadro Analítico que tem como base a captura de operações pelas quais informações relevantes são adicionadas ao discurso e a captura da implementação de procedimentos e modos de raciocínio típicos de um campo de conhecimento, na conferência de status epistêmico às conclusões estabelecidas. Uma vez identificadas tais operações, faz-se necessário observar se estas se encontram no contexto de

um discurso argumentativo. Em caso afirmativo, as proposições presentes no discurso são classificadas em níveis epistêmicos.

No que diz respeito aos níveis epistêmicos, Kelly e Takao (2002) sugeriram o estabelecimento de seis níveis que foram organizados com base em considerações feitas por Latour (2000) sobre as características da escrita científica. Segundo este autor, na produção dos seus argumentos, os cientistas realizam movimentos retóricos que se iniciam com a apresentação das contingências atuais dos seus experimentos, ou seja, proposições específicas e intimamente relacionadas aos dados, até alcançarem o estabelecimento de generalizações. Dessa forma, os argumentos se iniciam com a indução dos fatos pelo uso de imagens, figuras e números (inscrições) até a apresentação de asserções gerais e teóricas. Além disso, para a compreensão de argumentos científicos em cenários educativos faz-se necessário considerar as especificidades da área em estudo, bem como da tarefa incumbida aos estudantes. O Quadro 2.2 apresenta os seis níveis caracterizados por Kelly e Takao (2002) para análise de argumentos durante a produção de um relatório técnico-científico em uma disciplina de oceanografia.

Quadro 2.2 - Níveis epistêmicos de argumentos em relatório técnico-científico da área de oceanografia.

Nível Epistêmico	Definição
VI	Proposições gerais que reportam processos geológicos e fazem referência a definições usualmente presentes em livros-texto. O conhecimento apresentado pode ser mais amplo, não apenas relacionado à área geográfica em estudo.
V	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos específicos para a área geográfica em estudo.
IV	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos que são ilustrados com dados específicos da área geográfica em estudo.
III	Proposições que descrevem relações entre as estruturas geológicas específicas da área geográfica em estudo.
II	Proposições que identificam e descrevem propriedades e características topográficas da estrutura geológica específica da área geográfica em estudo.
I	Proposições que fazem referência explícita à representação de dados (em gráficos, tabelas etc.).

Fonte: Oliveira, Batista e Queiroz (2010, p. 1982).

Os níveis epistêmicos propostos no Quadro 2.2 dizem respeito a: referências a dados; identificação de características topográficas; relações entre estruturas geológicas; ilustração de teorias ou modelos geológicos por meio de dados; proposição de teorias ou modelos geológicos; referências a definições propostas por especialistas ou em livros didáticos. Assim, nos níveis epistêmicos inferiores (I, II e III) estão as proposições mais específicas e relacionadas aos dados do estudo. Já nos níveis superiores (IV, V e VI), estão as proposições que contém asserções teóricas com caráter mais generalizado. Takao e Kelly (2003) criaram ainda um nível adicional,

denominado CP (Comentários Pessoais), que se refere a proposições nas quais são realizados comentários metadiscursivos ao leitor, que não são contabilizados na escala epistêmica.

O Quadro 2.2 é utilizado para a análise de argumentos escritos, por meio da classificação das proposições que compõem o texto entre os seis níveis epistêmicos, de acordo com as definições apresentadas. Kelly e Takao (2002) ressaltam que o sistema numérico foi projetado para rotular e auxiliar na análise retórica e não deve ser considerado como uma medida quantitativa de generalidade ou de validade da análise. A partir da classificação das proposições em níveis epistêmicos, a qualidade do texto científico pode ser determinada a partir da distribuição das sentenças que formam o argumento nos diversos níveis epistêmicos e, também, a partir das relações existentes entre as proposições dispostas nos níveis.

O Quadro encontra aplicações no contexto nacional, no ensino superior de química (GARCIA et al., 2012; GUSMÃO et al., 2011; OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010) e em outras áreas (MELLO, 2019; SALAZAR-LÓPEZ; CARRILLO-TRIPP, 2022; TORIJA; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; 2014). Apesar das contribuições do Quadro para o entendimento do uso de evidências na escrita científica (BROWN et al., 2010; MARTINS; JUSTI, 2017; RUDSBERG; ÖHMAN; ÖSTMAN, 2013), sua aplicação para a análise de argumentos não é extensa. Como exemplo, Oliveira, Batista e Queiroz (2010) analisam argumentos desenvolvidos em relatórios de laboratório de práticas experimentais da área de Química de Coordenação. Os níveis epistêmicos do Quadro 2.2 foram ajustados para abranger os conteúdos específicos da área de Química Inorgânica, subárea Química de Coordenação, e podem ser visualizados no Quadro 2.3, a seguir.

Quadro 2.3 - Níveis epistêmicos de argumentos de relatórios de laboratório de Química de Coordenação.

Nível Epistêmico	Definição
VI	Proposições gerais que fazem referência a definições e a conceitos usualmente presentes em livros-texto. O conhecimento apresentado pode ser mais amplo, não apenas relacionado à área de Química de Coordenação.
V	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos específicos para área de Química de Coordenação.
IV	Proposições apresentadas na forma de assertivas teóricas ou de modelos ilustrados com dados específicos para a área de Química de Coordenação.
III	Proposições que descrevem relações entre as propriedades e as características de compostos de coordenação baseadas em representações de dados.
II	Proposições que identificam e descrevem propriedades e características de compostos de coordenação baseadas em representações de dados.
I	Proposições que fazem referência explícita à representação de dados (em gráficos, tabelas etc.).

Fonte: Oliveira, Batista e Queiroz (2010, p. 1982).

A partir do uso do Quadro 2.3, Oliveira, Batista e Queiroz (2010) apontam contribuições da metodologia na distinção do modo como os estudantes correlacionam, em maior ou menor extensão, os dados e informações teóricas durante a construção do texto científico. Assim, foi possível identificar em quais relatórios foi realizado o uso exaustivo das representações de dados na elaboração de conclusões e justificativas baseadas em evidências, gerando assim um argumento forte, e em quais ocorreu uma menor exploração das representações de dados e evidências para apoiar afirmações teóricas, o que indicava um argumento fraco.

Estudos posteriores de Gregory Kelly e colaboradores acerca da escrita científica põem em destaque a coesão lexical do argumento na construção de uma rede de evidência para as asserções teóricas e conclusões defendidas pelos estudantes (KELLY; BAZERMAN, 2003; KELLY et al., 2010; TAKAO; KELLY, 2003). Segundo Kelly e Bazerman (2003), os argumentos precisam ser coesos, de modo que as proposições relacionadas aos dados estejam conectadas às asserções teóricas gerais.

Tal coesão pode ser alcançada por diferentes aspectos linguísticos propostos por Halliday e Hasan (1976). De acordo com esses autores, existem dois tipos de coesão textual. A primeira delas, a coesão gramatical, diz respeito ao uso de referências, substituições, elipses e conjunções para conectar partes do texto e indicar as relações entre as ideias apresentadas. Por exemplo, o uso de pronomes pessoais como “ele” ou “ela” para se referir a um substantivo mencionado anteriormente é um recurso de coesão gramatical do tipo referência pronominal. O segundo tipo de coesão é a lexical, que diz respeito ao uso adequado e consistente do vocabulário ao longo do texto. A coesão lexical se efetiva por meio da repetição de palavras e expressões, uso de sinônimos, hiperônimos, hipônimos e colocação. Em relação à repetição, ao se utilizar dela, o escritor reforça a relação entre as partes do texto a partir da criação de uma unidade e consistência no vocabulário utilizado. Baseados nos trabalhos de Halliday e Hasan (1976), e ainda em Hoey (1983; 1991), Kelly e Bazerman (2003) e Takao e Kelly (2003) analisam a repetição de termos ao longo do argumento para compreender a sua coesão lexical e como proposições de diferentes níveis epistêmicos se conectam.

A análise se dá por meio da identificação das proposições que se vinculam pelo compartilhamento de palavras ou partes de palavras (morfemas). Isso possibilita a criação de uma rede de conexões lexicais, que revela a distribuição dos termos ao longo do argumento. A Figura 2.2 é inserida para fins de ilustração de uma rede de conexões pela repetição de morfemas.

Na Figura 2.2, os morfemas e termos que se repetem no texto estão listados à esquerda, ordenados com base na sua primeira aparição no texto. Os números indicam as proposições nas quais determinado termo se repete. A partir da rede de conexões lexicais, Kelly e Bazerman (2003) encontram indícios da coesão lexical do argumento por meio do cálculo da média de conexões que cada proposição estabelece e da quantidade de proposições com múltiplos morfemas ao longo do argumento. A respeito dessas últimas, elas são de extrema importância para o argumento pois conectam ideias construídas ao longo do argumento com os conceitos inicialmente introduzidos. Já em Takao e Kelly (2003), são observadas as conexões que proposições de diferentes níveis epistêmicos estabelecem entre si, por meio da repetição de morfemas, para verificar se proposições de nível epistêmico I, II, III, IV e VI conseguem criar uma rede de evidência e suporte às asserções teóricas de nível epistêmico V. Assim, considerar o status epistêmico e a coesão entre as proposições permite verificar como asserções teóricas são suportadas por dados e como os estudantes organizaram as suas proposições durante a elaboração do argumento.

Takao e Kelly (2003) apresentam ainda implicações que esse tipo de análise traz para o ensino da comunicação científica. A tarefa de formular argumentos científicos requer abstração de dados específicos para fazer afirmações teóricas. No entanto, esse processo requer etapas intermediárias e exige que o aluno compreenda certas características da comunicação científica. A partir disso, os autores recomendam envolver os estudantes em experiências de avaliação do nível epistêmico de proposições em sua própria escrita e na de outros, bem como na avaliação da relação entre as diferentes partes de um argumento e como as evidências são formuladas em cada uma delas. Isso permite aos estudantes desenvolver a capacidade de identificar os tipos de evidências necessárias para uma determinada asserção teórica e entender como melhor conectá-las.

Por fim, destaca-se a natureza do cenário educativo estabelecido nessa série de estudos (KELLY; BAZERMAN, 2003; KELLY et al., 2010; KELLY; REGEV; PROTHERO, 2007; KELLY; TAKAO, 2002; PROTHERO JR.; KELLY, 2008; TAKAO; KELLY, 2003). Os argumentos analisados nesses trabalhos advinham do uso de um grande conjunto de dados geológicos, por exemplo, mapas topográficos, gráficos de dispersão etc., acessados pelos estudantes por meio do uso de um CD-ROM. Estes foram requisitados a explorar os dados e escrever um relatório técnico-científico, no qual deveria ser apresentada uma questão de pesquisa, a caracterização de várias áreas geográficas com o uso dos dados geológicos e a discussão dos dados à luz da teoria das placas tectônicas. Ou seja, os estudantes estavam

engajados em práticas científicas autênticas de investigação, que permitiram aprimorar sua capacidade de articular e defender pontos de vista com embasamento científico.

Cenários educativos arquitetados com o propósito de engajar os estudantes no tipo de prática mencionada para a promoção da argumentação têm sido alvo de atenção de diversos pesquisadores (NICHOLS; GILLIES; HEDBERG, 2016; SILVA, 2015; XIAO, 2020). O uso de estudos de caso na concepção desses recebe destaque, em especial no ensino de química (SELBACH et al., 2021), e, por isso, esse método de ensino é destacado a seguir.

2.2 Estudos de Caso e a Promoção da Argumentação no Ensino de Química

O ensino por estudos de caso vem ganhando cada vez mais espaço em ambientes de ensino de ciências. A partir do uso de narrativas, os estudantes são incentivados a se familiarizar com determinadas personagens que enfrentam problemas e dilemas e, levando em conta as circunstâncias, buscar soluções que as auxiliem, argumentando, em seguida, a favor da melhor delas. Tal contexto possibilita ao professor diversas iniciativas em sala de aula capazes de contribuir com a formação dos estudantes (QUEIROZ; SACCHI, 2020).

A origem dos estudos de caso se dá na metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (em língua inglesa, *Problem Based Learning*), que propicia aos estudantes o contato com problemas reais, antes de alcançarem os semestres finais do curso de graduação, e a integração de conhecimentos que são abordados, geralmente, de maneira fragmentada durante a formação (SÁ; QUEIROZ, 2010). Entre as diversas vantagens de uma instrução baseada em casos, citam-se: ser uma estratégia centrada no estudante; propiciar oportunidades para que estes coloquem em prática conhecimentos aprendidos em fontes diversas e observem a evolução do próprio aprendizado ao longo do trabalho de resolução do caso; proporcionar o desenvolvimento de habilidades, como por exemplo, pensamento crítico, trabalho cooperativo e colaborativo, busca de informação, tomada de decisão etc. (SÁ; QUEIROZ, 2010; ÇAKMAK; AKGÜN, 2018).

Em contraposição às vantagens anteriormente citadas, entre as limitações de uma instrução baseada em casos estão: a produção e aplicação dos estudos de caso pode ser demorada; dificuldades em encontrar casos já prontos que estejam alinhados aos temas que se intenciona abordar e adequados para o nível de conhecimento dos estudantes; a aplicação em salas de aula numerosas pode ser demasiadamente trabalhosa e requerer a presença de um monitor ou assistente; obstáculos na gestão e avaliação de ações didáticas usualmente

associadas à aplicação de estudos de caso, como trabalhos em grupo ou debates (ÇAKMAK; AKGÜN, 2018; BERNARDI; PAZINATO, 2022).

De acordo com a revisão de Bernardi e Pazinato (2022), estudos de caso têm sido utilizados durante a última década em todos os níveis do ensino de química e em diversas áreas dessa disciplina, com maior atenção ao nível superior, e no contexto das aulas de química geral, analítica, orgânica, ambiental etc. Segundo os autores, o objetivo mais comum reportado nos artigos é o de analisar a eficácia dos estudos de caso em relação ao ensino tradicional, apontando-se ganhos relacionados à promoção da aprendizagem significativa, à prevenção no desenvolvimento de concepções equivocadas e à melhoria nas atitudes e crenças dos estudantes em relação à química.

Apesar do reconhecimento do método como promissor, alguns professores de química ainda são resistentes a adotá-lo, e os motivos para isso se relacionam principalmente com a falta de tempo e a escassez de instruções pedagógicas (HERREID, 2013; MASSENA; GUZZI FILHO; SÁ, 2018). Por outro lado, os estudantes possuem boas percepções acerca dos casos, sendo a favor de seu uso, já que os enxergam como uma oportunidade para aplicar princípios de química obtidos ao longo da graduação em situações as quais poderão encontrar no futuro (GEYER, 2014; MENDONÇA; MORALLES; BEGO, 2019; SILVA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2011).

No ensino de química, no contexto nacional, o método encontra excelente receptividade. Na revisão de Bernardi e Pazinato (2022), o Brasil, junto com a Turquia, ocupa o segundo lugar de origem das produções, sendo superado apenas pelos Estados Unidos da América. Nesse sentido, ressalta-se a contribuição do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos (GPEQSC)¹, coordenado pela Dra. Salete Linhares Queiroz, na sua difusão no país. O site do GPEQSC disponibiliza, como material gratuito para download, diversos estudos de caso e materiais de apoio que subsidiam a implementação de práticas neles pautadas em salas de aula. Além disso, é de autoria da Dra. Queiroz diversos livros que demonstram as possibilidades de utilização de estudos de caso, não somente no ensino de química (QUEIROZ; SACCHI, 2020; QUEIROZ; ALEXANDRINO, 2018; QUEIROZ; CABRAL, 2016; QUEIROZ; SILVA, 2017; QUEIROZ; SOTÉRIO, 2023; SÁ; QUEIROZ, 2010). Materiais como os disponibilizados pelo GPEQSC são importantes para a contínua disseminação do método em ambiente de ensino de ciências no Brasil, visto que tal difusão depende muito do acesso aos estudos de caso pelos professores.

¹gpeqsc.iqsc.usp.br

Estudos de caso têm sido frequentemente apontados nas pesquisas da área de Ensino em Ciências e de Ensino de Química, tendência esta mencionada em Souza, Cabral e Queiroz (2015). O leque de pesquisas que relacionam o seu uso para a promoção da argumentação, especificamente no contexto do ensino de química, tem se ampliado, indicando também a sua potencialidade na promoção do entendimento dos estudantes sobre conceitos científicos, assim como a respeito da própria natureza da ciência, além do desenvolvimento de habilidades de raciocínio e pensamento crítico, conforme pode-se constatar a partir da leitura de artigos publicados em número exclusivo sobre a argumentação na revista Química Nova na Escola (PORTO; QUEIROZ, 2021).

Considerando o conjunto de 12 artigos presente no referido número, nove apresentam estratégias promotoras de argumentação e quatro remetem-se à utilização de estudos de caso (OLIVEIRA; CRUZ; SILVA, 2021; RODRIGUES; WEBER, 2021; SILVA; FRANCISCO, 2021; SILVA; QUEIROZ, 2021). Tais estudos mostram as suas potencialidades, não apenas para a elaboração de argumentos que incluem diferentes aspectos (ciências, economia, sociedade, meio ambiente, política, ética etc.), mas também para favorecer a capacidade de compreensão sobre aspectos socioeconômicos e ambientais relacionados à ciência e ao trabalho científico (RODRIGUES; WEBER, 2021), habilidades de pesquisa e trabalho em grupo (RODRIGUES; WEBER, 2021) e construção de uma consciência crítica em relação à temáticas sociocientíficas (OLIVEIRA; CRUZ; SILVA, 2021). Silva e Francisco (2021) reforçam também a importância da mediação do professor durante as atividades, as quais devem estar baseadas em iniciações que exijam a expressão de opiniões e a formulação e explicitação de pensamentos por parte dos estudantes.

Os artigos presentes no número especial da Química Nova na Escola sobre a argumentação, além de oferecerem um panorama das pesquisas nacionais e as suas contribuições para o ensino de química, em especial, no que diz respeito à relevância do uso de estudos de caso na promoção da argumentação, também deixam evidentes lacunas que ainda podem ser suprimidas, como o desenvolvimento de estudos sobre argumentação em contextos que abarquem novas tecnologias de informação e comunicação, especialmente relevantes durante a pandemia de Covid-19, e o desenvolvimento de estudos que visem à promoção de letramento gráfico. Além disso, ressalta-se que, até onde vai o nosso conhecimento, não foram encontrados na área de Ensino de Química trabalhos que realizam associação entre o desenvolvimento do letramento gráfico a partir da aplicação de estudos de casos.

2.2.1 Estudos de Caso de Caráter Interrompido

Estudos de caso podem ser aplicados de diferentes maneiras e formatos, sendo o mais comum aquele em que uma única narrativa é apresentada, com um problema bem definido para o qual os estudantes devem buscar uma solução. Um formato pouco recorrente no ensino de química no Brasil é o de estudo de caso interrompido: as informações e os dados são apresentados progressivamente em múltiplas etapas (HERREID, 2005a, 2011; PRUD'HOMME-GÉNÉREUX, 2016).

A escrita das etapas para um estudo de caso interrompido pode ser feita a partir de trabalhos originais de pesquisa como artigos, teses, dissertações, resumos expandidos apresentados em eventos etc., e, portanto, permite que os estudantes vivenciem a maneira como pesquisadores da área enfrentaram e analisaram um problema real (HERREID, 2005a; 2005b). A estrutura de toda a atividade deve ser construída de maneira a permitir que o professor estabeleça um fluxo de fornecimento de informações, sendo dada aos estudantes a chance de levar a cabo uma investigação autêntica, o que pode promover a motivação e participação ativa na resolução do caso, diferentemente de assumir um papel passivo na aprendizagem, apenas lendo sobre o que foi produzido por alguém (HERREID, 2011; PRUD'HOMME-GÉNÉREUX, 2016).

De maneira mais detalhada, após criar uma narrativa com base em um trabalho original de pesquisa, Herreid (2005a) sugere o seguinte caminho a ser trilhado para a aplicação do caso interrompido, tomando como exemplo um grupo de alunos: a) com o caso em mãos, os membros do grupo discutem o seu conteúdo e, após um período curto, relatam as hipóteses e ideias levantadas a respeito do problema; b) o professor solicita, então, que os estudantes proponham um experimento capaz de solucioná-lo; c) decorrido um período considerado satisfatório para a execução dessa proposta, os alunos a apresentam aos colegas e argumentam a favor da escolha do design experimental sugerido; d) os colegas acatam a argumentação ou contra-argumentam aspectos da proposta; e) na sequência, o professor revela para a turma, de forma sucinta, a maneira adotada pelos autores do artigo para atacar o problema; f) os métodos empregados pelos autores são também expostos pelo professor e, diante dos métodos, os estudantes precisam sugerir/fazer previsões sobre os resultados que foram, de fato, alcançados; g) novamente, o grupo compartilha as suas previsões com o restante da turma, que acata a argumentação ou contra-argumenta sobre aspectos referentes à sua adequação; h) os dados presentes na seção de *Resultados* do artigo são disponibilizados ao grupo, que deverá interpretá-los e extrair conclusões, ponderando sobre as hipóteses originalmente levantadas por seus

membros; i) o professor discute as conclusões e interpretações dos autores do artigo frente ao problema e comenta/enfatiza aspectos que julgue relevantes para a formação do aluno, na perspectiva das colocações feitas por eles, no escopo da disciplina ministrada.

Como mencionado, o formato de caso interrompido é pouco recorrente no ensino de química, o que pode ser atestado considerando-se que, por exemplo, de todos os artigos (19) publicados no *Journal of Chemical Education* na última década, identificados na revisão de Bernardi e Pazinato (2022), apenas dois o utilizam (FEDERICO et al., 2013; HIBBARD, 2019). Além disso, no âmbito internacional, destaca-se a iniciativa do *National Center for Case Study Teaching in Science*² (NCCSTS), organizada inicialmente pela *University at Buffalo*, e agora pela *National Science Teaching Association*, que disponibiliza em rede uma coleção de quase 1000 estudos de caso. Dados levantados, em 2012, por Herreid (2013), acerca do público do NCCSTS, apontavam que 90% dele era composto por professores da área da Biologia e Saúde. O autor destaca ainda que professores de química não utilizam estudos de caso por considerarem atividades experimentais como análogas. Apesar das suas características práticas, tais atividades dificilmente possuem narrativas ou enredos, o que não permite-caracterizá-las como estudos de caso (HERREID, 2013). Diante disso, ilustram-se, a seguir, alguns exemplos de estudos de caso interrompido para o ensino de química encontrados na literatura, com apresentação também de diferentes conhecimentos e habilidades que podem ser desenvolvidos a partir da sua aplicação, que dificilmente seriam alcançados pelo ensino tradicional.

No contexto internacional, o caso *Kermit ou Kermette?* (DINAN, 2006, tradução nossa), disponibilizado no NCCSTS, explora os efeitos colaterais da introdução de produtos químicos no meio ambiente, com destaque para questões envolvidas no uso do herbicida atrazina nos Estados Unidos. A substância, classificada como um xenoestrogênio, pode atuar como um agente de feminização ou castração química durante o desenvolvimento sexual de rãs machos. O caso, dividido em três partes, foi criado com base em uma série de artigos originais de pesquisa (CARR et al., 2003; HAYES, 2004; HECKER et al., 2003) e encontra possibilidade de uso em disciplinas de bioquímica, química ambiental ou química geral.

Na primeira parte, o cientista Tyrone Hayes é contratado pela companhia suíça Syngenta Corporation, principal fornecedora de atrazina nos Estados Unidos, para apresentar informações sobre a segurança do uso do herbicida para a Agência de Proteção do Meio-Ambiente (EPA) do país. Após descrever os experimentos realizados por Hayes, a narrativa apresenta gráficos com dados acerca da feminização de girinos em amostras de água com

²nsta.org/case-studies

diferentes concentrações de atrazina, coletadas em riachos e lagoas. Como atividade, os estudantes precisam interpretar os gráficos e avaliar em que condições de concentração a atrazina altera o desenvolvimento sexual dos girinos. Dada a situação não favorável, na segunda parte, a companhia decide cortar o financiamento de Hayes e contrata o cientista James Carr. Ao comentar acerca da falta de reprodutibilidade dos experimentos do primeiro, Carr publica gráficos com dados semelhantes àqueles da primeira parte, porém os girinos foram criados em amostras de água com maior variedade de concentração de atrazina, sem cloro, obtidas em laboratório. Diante disso, os estudantes precisam interpretar os gráficos de Carr, discutindo ainda acerca da validade e precisão dos experimentos realizados por ambos os pesquisadores.

Na última parte, são apresentados novos dados acerca da concentração de testosterona no sangue de rãs criadas em água tratada com e sem atrazina, obtidos por Hayes e pela Syngenta. Apesar de observar que o grupo de controle da companhia não estava totalmente livres do herbicida, a EPA decide aprovar a licença da Syngenta para comercialização de atrazina no país. Nesse contexto, os estudantes são requisitados a interpretar os gráficos fornecidos e discutir demais fatores que podem ter influenciado na decisão da EPA. De acordo com os dados e informações apresentados no estudo de caso *Kermit ou Kermette?*, o autor destaca as possibilidades do desenvolvimento pelos estudantes de conhecimentos acerca dos mecanismos de atuação de xenoestrogênio e de habilidades de interpretação de gráficos, tomando ainda ciência das maneiras como grupos com diferentes pontos de vista políticos e econômicos podem analisar um mesmo conjunto de dados (DINAN, 2006).

Ainda no âmbito internacional, Federico et al. (2013) apresentam uma disciplina fundamentada na aplicação de estudos de caso, que leva os estudantes de graduação ou pós-graduação de cursos de ciências ou artes em um tour virtual pelas ruínas das cidades de Pompéia e Herculano, soterradas por cinzas vulcânicas da erupção de Vesúvio em 79 d.C. Os casos aplicados tratam do descobrimento de pinturas, mosaicos e esculturas, a partir dos quais solicita-se a investigação dos materiais que os compõem e a solução de problemas relacionados à sua preservação e restauração. O trabalho põe em destaque o estudo de caso *O Mosaico na Casa de Netuno e Anfitrite* (tradução nossa), utilizado para introduzir estruturas cristalinas e algumas técnicas de análise instrumental.

O caso é dividido em cinco partes, cada uma delas com uma narrativa e uma sequência de atividades para auxiliar na progressão da investigação. Na primeira parte, o Mosaico de Netuno e Anfitrite é apresentado aos estudantes, os quais são solicitados a investigar os materiais, estruturas e reações químicas existentes por trás da produção de vidros e argamassas, que os compõem. Na segunda parte, ocorre a erupção de Vesúvio e o soterramento do mosaico

em 79 d.C., e a sua redescoberta em 1930. Dada as condições da peça, os estudantes são requisitados a avaliar a escolha de alguns materiais para a preservação e reparação do mosaico naquela época, bem como propor um método para sua conservação. Na terceira parte, agora em 2009, problemas de infiltração estão fazendo as tesselas (peças de vidro do mosaico) se destacarem e caírem da argamassa da peça. É necessária, então, a apresentação da opinião acerca da ética por trás da remoção e substituição da peça por uma cópia, visando prevenir a sua degradação. Dando continuidade, na quarta parte, os personagens decidem utilizar técnicas instrumentais de fluorescência de raio-X, espectroscopia de absorção na região do infravermelho e ressonância magnética nuclear para melhor avaliar as condições do mosaico, sendo este um momento para os estudantes conhecerem melhor cada uma das técnicas e os dados que podem ser obtidos a partir de delas. A quinta parte apresenta os dados obtidos e os estudantes precisam dar o seu parecer acerca da composição química e de como a umidade está afetando o mosaico.

Dada a natureza dos conteúdos químicos enfatizados, os autores destacam as possibilidades que o caso *O Mosaico na Casa de Netuno e Anfitriote* proporciona na realização de um ensino com situações e experiências reais, que interconectam as áreas de Química, Artes, História e Tecnologia Antigas, considerando ainda a sua aplicação em aulas de análise instrumental ou físico-química (FEDERICO et al., 2013). Resultados iniciais reportados dizem respeito à potencialidade do caso na motivação e engajamento dos estudantes, sendo verificada a sua participação ativa na busca por soluções aos problemas discutidos e no entendimento da química aí envolvida.

No contexto nacional, até onde vai o nosso conhecimento, só existem três trabalhos publicados acerca da aplicação de estudos de caso interrompidos no ensino de química, todos de nossa autoria (LIMA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2022; LIMA; POZZER; QUEIROZ, 2023; QUEIROZ; LIMA; SANTOS, 2023), o que novamente põe em pauta as contribuições do GPEQSC para a popularização do ensino baseado na utilização do método no país. Destaca-se o trabalho de Lima, Oliveira e Queiroz (2022), que relata a aplicação do caso *Canavial de Lixões*, na exploração dos efeitos do mal gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e seus impactos na agricultura.

Criado com base em artigos originais de pesquisa publicados por Segura-Muñoz et al. (2004; 2006), o caso conta a história de Charles, dono de canaviais na região de Ribeirão Preto, no estado de São Paulo, os quais sofrem com uma doença chamada clorose. A plantação se localiza próxima a um aterro controlado e Charles acredita que o aparecimento da doença pode ter relação com o aterro e os metais pesados existentes no chorume que é produzido no local.

Tomando conhecimento da situação, seu neto Jefferson, um pós-graduando em química, se oferece para investigar as concentrações de diferentes metais em amostras de solo e cana-de-açúcar (LIMA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2022). O caso foi elaborado para ser solucionado por estudantes de um curso de graduação em química, trabalhando em grupos, e está dividido em quatro partes.

Na Parte I, são apresentados os personagens, o contexto e a situação observada no canavial, sendo os grupos direcionados a se familiarizar com conceitos importantes para entender o problema e requisitados a levantar hipóteses sobre a causa do problema. Na Parte II, Jefferson viaja até o canavial do seu avô e, realizando algumas pesquisas, encontra um mapa da região. A partir dessa figura, os estudantes são solicitados a fazer a demarcação de pontos de amostragem de solo e cana-de-açúcar e escolher uma técnica analítica instrumental para determinar a concentração de metais nas amostras. Na Parte III, Jefferson conta como decidiu realizar a coleta e análise dos pontos de amostragem, incluindo o procedimento de preparo de amostra e a técnica instrumental escolhida por ele. A partir dessas informações, os grupos realizaram comparações entre os pontos de amostragem e equipamentos escolhidos por eles e os de Jefferson, ponderando ainda sobre alterações na proposta. Ainda na Parte III, foram apresentadas, na forma de tabelas, as concentrações de metais no solo do canavial obtidas a partir dos experimentos. Os estudantes interpretaram os dados e elaboraram considerações a respeito das hipóteses levantadas no início da investigação. Por fim, na Parte IV, foi apresentada a análise das amostras de cana-de-açúcar e os resultados obtidos, na forma de gráficos, para as concentrações de metais na raiz, caule e folha da planta. A narrativa continha ainda dados acerca da transferência de metais do solo para os vegetais. Os alunos realizaram a interpretação dos dados disponibilizados visando à elaboração de conclusões acerca da situação da cana-de-açúcar de Charles.

Os estudantes preencheram individualmente quadros-síntese a respeito do processo de resolução do estudo de caso, que foram analisados buscando-se identificar os conhecimentos ambientais (FRICK; KAISER; WILSON, 2004) com os quais tiveram que lidar e como se relacionam com as metas estabelecidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU)³. Foram investigadas ainda as percepções dos estudantes frente às atividades. Compreende-se então que o caso *Canavial de Lixões* proporcionou o desenvolvimento de conhecimentos ambientais de diferentes tipos, associados principalmente aos conteúdos de efeitos dos metais pesados no ambiente, legislação e gestão

³un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/

ambiental, qualidade do solo, gerenciamento de resíduos sólidos e remediação do solo. Tais conhecimentos permeiam e contemplam vários ODS, com maior destaque para o 12º (Consumo e Produção Responsáveis). Ou seja, as discussões viabilizadas pelas atividades auxiliaram na incorporação da dimensão ambiental e da educação para o desenvolvimento sustentável no ensino de química universitário. A aplicação do caso proporcionou ainda o desenvolvimento de diferentes habilidades, tais como trabalho em grupo, resolução de problemas, pensamento crítico e busca por informações, de tamanha importância na formação do químico (BRASIL, 2001; LIMA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2022).

Os exemplos apresentados evidenciam a ampla gama de tópicos e temáticas que podem ser abordadas no ensino de química por meio de estudos de caso de caráter interrompido. A partir das considerações e recomendações apresentadas anteriormente, três casos interrompidos foram criados com base em artigos originais de pesquisa da área de Química Ambiental, visando à aplicação de atividades didáticas favoráveis à promoção de letramento gráfico associado à argumentação.

3 LETRAMENTO GRÁFICO

O termo “letramento gráfico” surge em Balchin e Coleman (1966), no contexto da educação geográfica, e posteriormente é definido como a comunicação de informações espaciais que não podem ser transmitidas adequadamente por meios unicamente verbais ou numéricos, como por exemplo, um mapa de uma cidade (BALCHIN, 1972). Ainda segundo os autores, o letramento gráfico junto à literacia⁴, oracia⁵ e numeramento são os quatro ases do pacote educacional, e se algum deles for negligenciado, a educação escolar é considerada incompleta. Com base nisso, Wilmot (1999) postula que palavras, números e desenhos não possuem condições superiores ou inferiores entre si, tendo eles pertinências diferentes em situações comunicativas específicas.

Outras definições de letramento gráfico encontradas na literatura auxiliam a caracterizar o objeto de estudo desta pesquisa. Segundo Fry (1974), letramento gráfico representa as habilidades de ler e escrever (ou desenhar) representações gráficas, as quais são abordadas pelo autor em um sentido mais amplo e incluem qualquer representação visual bidimensional de um conceito. Já Tierney, Readence e Dishner (1990) definem o letramento gráfico como a capacidade de interpretar gráficos, mapas, diagramas e outras representações visuais para complementar o texto verbal presente em livros didáticos, livros comerciais de não ficção e jornais.

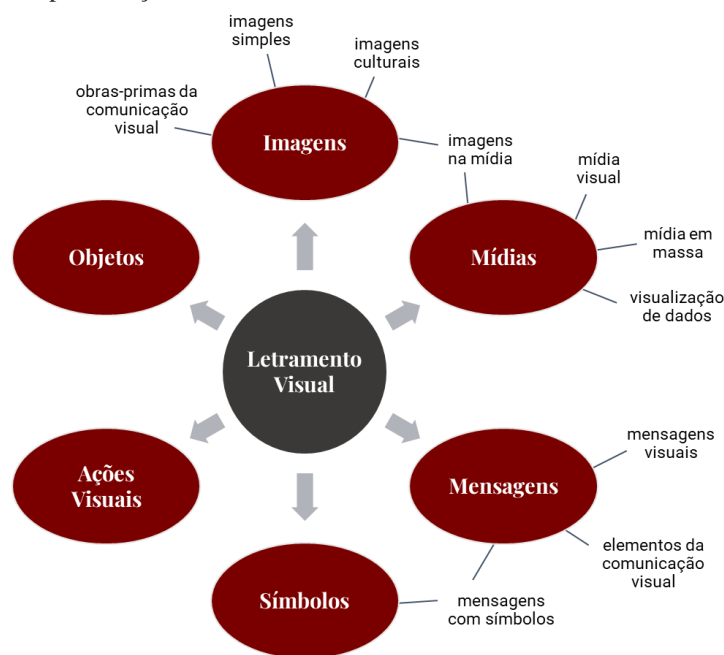
Segundo Aldrich e Sheppard (2000), o letramento gráfico refere-se à capacidade de compreender e apresentar informações na forma de desenhos, fotografias, diagramas, mapas, tabelas, gráficos e outras formas não-textuais bidimensionais. Essa definição é adotada por Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), alinhada ao conceito de inscrições de Latour e Woolgar (1997). Segundo os autores, as inscrições são representações visuais materiais bidimensionais que são especialmente elaboradas para retratar objetos e fenômenos de estudo nas ciências da natureza, tais como aquelas citadas por Aldrich e Sheppard (2000), ou seja, elas nascem nos laboratórios e centros de pesquisa e, após serem formatadas, são inseridas em publicações científicas, de onde são então transportadas até a mídia popular. A concepção de letramento gráfico de Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) é aquela priorizada nesta tese.

⁴Do termo *literacy*, em inglês, que significa capacidade de cada indivíduo compreender, usar e de refletir sobre os textos escritos.

⁵Do termo *oracy*, em inglês, que significa a capacidade de se expressar fluentemente, confiantemente e corretamente na forma falada.

Na literatura, é possível observar a recorrência de outros termos e conceitos na descrição de habilidades de indivíduos para a leitura e interpretação de representações visuais, fazendo-se necessário posicionar o conceito de letramento gráfico frente a tais. Um deles diz respeito ao letramento visual, que, segundo Kędra (2018), pode ser entendido como o conjunto de habilidades necessárias para visualmente interpretar, escrever (utilizar e criar) e pensar criticamente imagens em vários contextos. O autor apresenta os diversos tipos de representações visuais associadas aos estudos de letramento visual (Figura 3.1).

Figura 3.1 - Representações visuais associadas aos estudos do letramento visual.



Fonte: Adaptado de Kędra (2018, p. 81).

A partir da Figura 3.1 é possível elaborar a distinção entre letramento gráfico e letramento visual, no sentido de que, em relação aos tipos de representações visuais nela apresentados, as inscrições estão associadas à categoria de imagens, mais especificamente às imagens culturais, uma vez que fazem parte da cultura científica. Por conseguinte, entende-se que os estudos do letramento gráfico são mais restritos ou são um ramo do letramento visual. Além disso, como mencionado por Lima e Queiroz (2019), a associação do conceito de inscrições ao letramento gráfico destaca a sua relação próxima com os estudos nas áreas das Ciências da Natureza e Matemática. O letramento visual transcende as áreas mencionadas e, muitas vezes, está associado à educação artística (KĘDRA; ŽAKEVIČIŪTĖ, 2019; LEBEDEFF, 2010; OLIVEIRA, 2006).

Outro termo encontrado na literatura é competência representacional, que, segundo Kozma e Russell (2005), diz respeito ao conjunto de habilidades e práticas que permitem um indivíduo utilizar representações visuais para raciocinar, comunicar e pôr em prática conhecimentos químicos. Os autores citam como habilidades a capacidade de usar representações visuais para descrever fenômenos químicos observáveis em termos de entidades químicas fundamentais; a capacidade de utilizar palavras para identificar e analisar características de uma representação visual, tais como o comportamento de moléculas em uma animação; a capacidade de usar representações visuais e suas características como evidências para apoiar reivindicações, fazer inferências e elaborar previsões acerca de fenômenos químicos, entre outras (KOZMA; RUSSELL, 2005). A partir da definição e habilidades apresentadas, observa-se a associação da competência representacional ao campo específico do conhecimento químico, ou seja, ao contexto particular dos procedimentos que químicos utilizam na condução do seu trabalho e na construção do conhecimento científico.

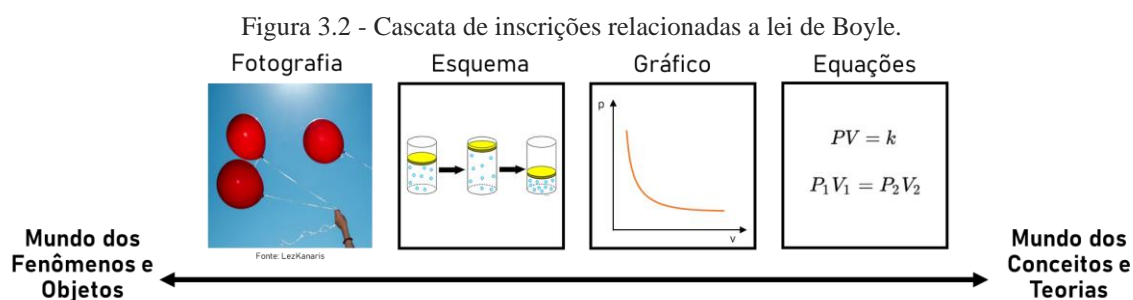
O termo letramento gráfico, no entanto, é utilizado no âmbito dos estudos dos letramentos (LUDEWIG, 2018) e, assim, se preocupa não apenas com a produção do conhecimento científico, mas também da sua disseminação e com aspectos relacionados ao uso de inscrições no cotidiano. Essa relação é observada na concepção de Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) para letramento gráfico, que, em linha com as tendências dos estudos de letramento, reconhecem que somente as capacidades de ler e escrever não são mais suficientes para atuação no mundo atual. Os autores apontam a necessidade de um componente crítico, que no letramento gráfico permite aos indivíduos avaliar inscrições veiculadas em diferentes contextos, a partir de questionamento das relações de poder, identidades e discursos nelas embutidas ou produzidos e reproduzidos durante o seu uso.

Åberg-Bengtsson e Ottosson (2006) alertam para o equívoco do entendimento de que ser graficamente letrado é igual, em status, a ser alfabetizado ou matematicamente letrado, já que a compreensão de inscrições pode depender de outras habilidades e conhecimentos, tais como os de matemática e de leitura. A partir disso, os autores interpretam o letramento gráfico como um constructo de diferentes tipos de letramento, particularmente aqueles relacionados à leitura e à matemática, ao invés de ser tido como um constructo independente. Adicionalmente, com base em Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), compreende-se que o trabalho com inscrições depende também das suas características, bem como da familiarização e participação do indivíduo em práticas sociais, históricas e culturais de uso de inscrições, para o entendimento e percepção dessas características.

3.1 Características das Inscrições e o Letramento Gráfico

Aprender a utilizar inscrições se relaciona com a aquisição de conhecimentos associados às práticas científicas e matemáticas que as originam. A fonte primária para obtenção de tais conhecimentos pelos estudantes, na cultura ocidental, é o livro didático (BOWEN; ROTH, 2002). Assim, a forma como as inscrições são veiculadas nele desempenha um papel importante na apropriação das práticas de inscrições no decorrer da escolaridade. Lima et al. (2022) põem em destaque que a maneira pelas quais as inscrições são apresentadas nos textos científicos utilizados na sala de aula de química pode contribuir ou obstaculizar o desenvolvimento de práticas que fomentam o letramento gráfico, sendo necessário se atentar aos seus elementos internos, que se referem às características visuais (cores, pontos, fundo, perspectiva, linhas etc.), e seus elementos externos, que dizem respeito ao contexto fornecido pelo corpo do texto, legenda e outras partes do texto, no auxílio à interpretação da inscrição. Esses elementos serão abordados a seguir.

Em relação aos internos, diferentes tipos de inscrições possuem diferentes características visuais. Segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), os diversos tipos de inscrições estão distribuídos ao longo de um *continuum*, ou cascata de inscrições, como aquela da Figura 3.2.



Numa das extremidades do *continuum* das inscrições está o mundo dos fenômenos e objetos, e na outra, o mundo dos conceitos e teorias. A proximidade da inscrição com um desses mundos modifica as suas características visuais e a maneira como cada inscrição será percebida, interpretada e utilizada. Quanto mais perto da extremidade do mundo dos fenômenos e objetos a inscrição estiver, como fotografias e desenhos icônicos, menor é o nível de abstração e maior a quantidade de informação contextualizada e detalhes que ela pode apresentar, como também maior a sua semelhança com o que ela representa, ou seja, elas são mais realísticas (POZZER-ARDENGGHI; ROTH, 2010).

O trabalho com essas inscrições se baseia na identificação da relação iconográfica entre as estruturas visuais da inscrição e os fenômenos representados. Dado esse tipo de relação, as informações comumente retratadas em fotografias, desenhos icônicos e esquemas são geralmente conceituais. Além disso, embora sejam mais realísticas, é importante notar que essas representações não são necessariamente mais fáceis de serem interpretadas (CHENG; GILBERT, 2015; POZZER-ARDENGHI; ROTH, 2010).

As fotografias possuem algumas características visuais a serem consideradas durante o trabalho com elas, em especial, o fundo e a perspectiva. Segundo Pozzer e Roth (2003), esses elementos são importantes para a visualização adequada e proeminente do objeto que se busca retratar. Além disso, os detalhes fornecidos pelo fundo de uma fotografia podem não conter informações pertinentes para sua interpretação, mas tem a função de fazer com que ela pareça uma extensão do “mundo vivido” nas páginas do livro, e assim, muitas vezes, esse tipo de inscrição é tomado como evidência de um fenômeno (POZZER-ARDENGHI; ROTH, 2010; POZZER; ROTH, 2003)

Atualmente, são diversos os aparatos tecnológicos (smartphones, tablets, relógios e óculos inteligentes etc.) que capturam e compartilham imagens fotográficas, e, tendo suas práticas de comunicação e informação mediadas por esses aparelhos, os estudantes da atualidade possuem grande familiaridade com fotografias (AMARAL; GONÇALVES, 2020). No entanto, o uso generalizado dessas inscrições no meio social pode fazer com que sejam consideradas como evidentes em si mesmas, o que incentiva seu uso meramente decorativo, sem reflexão apropriada acerca de sua função comunicativa.

Os desenhos icônicos e desenhos esquemáticos também recebem destaque na produção do conhecimento científico, sendo amplamente utilizados para representar processos experimentais, como exemplificado na Figura 3.2. Os desenhos icônicos, ou apenas ícones, ou ainda desenhos naturalistas, são aqueles que possuem ainda elevada semelhança com o objeto que buscam representar. Já os desenhos esquemáticos, ou apenas esquemas, são aqueles que põem em perspectiva alguma parte do objeto ou fenômeno representado, utilizando formas e símbolos para tal. A partir disso, é bastante comum o uso de rótulos para identificação de partes da inscrição (LIMA; QUEIROZ, 2019). A diferença entre essas inscrições é exemplificada na Figura 3.3, onde à esquerda se faz presente um desenho icônico, e à direita, um desenho esquemático.

Figura 3.3 - Desenho icônico, à esquerda, e desenho esquemático, à direita.

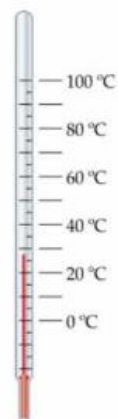


Figura 1.24 Um termômetro com marcação a cada 5 °C. A temperatura está entre 25 e 30 °C e é aproximadamente 27 °C.



Figura 5.19 Vista em corte de uma bomba calorimétrica, na qual as reações ocorrem a volume constante.

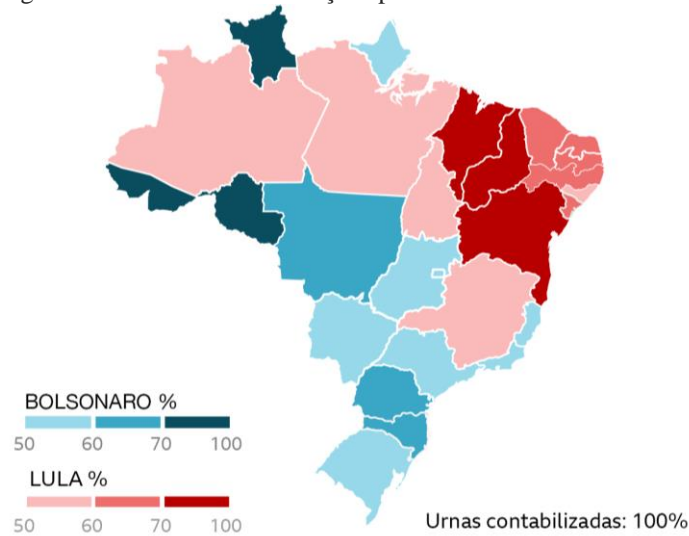
Fonte: Brown et al. (2005, p. 19 e 156)

De acordo com Lima e Queiroz (2019), é comum a solicitação de desenhos icônicos e esquemáticos no ensino de química, pois eles desempenham um papel importante na identificação de conhecimentos prévios ou adquiridos por meio de atividades, e na apresentação de dados obtidos em práticas experimentais. Por exemplo, no estudo de Mendonça et al. (2014), estudantes foram solicitados a esquematizar representações de água potável e não potável. Os autores observaram que os estudantes baseavam suas produções em aspectos visualmente perceptíveis, como a cor da água, e em informações com teor de senso comum. A partir disso, uma intervenção educacional foi realizada para abordar diferentes conceitos, como potabilidade, pureza, pH, substância, mistura e processos de tratamento da água, e como resultado, em novos desenhos produzidos, foram identificados aspectos associados à visão atômico-molecular do conhecimento químico.

Dentre as inscrições que mantêm características que as permitem simultaneamente se relacionar com o mundo dos fenômenos e objetos e o dos conceitos e teorias, destacam-se os mapas. Esse tipo de inscrição retrata tempos, lugares e pontos de vista específicos, sendo amplamente utilizado para compreender a distribuição de fenômenos em um espaço e apresenta muito mais do que delimitações territoriais, podendo conter também diferentes categorias de relações e informações (espaciais, conceituais, numéricas, políticas etc.) (FONSECA, 2010). Como exemplo, o mapa da Figura 3.4 identifica a quantidade percentual de votos que cada candidato à presidência da república do Brasil das eleições de 2022 recebeu por estado. Dessa maneira, a leitura e a utilização de mapas envolvem além da interpretação de elementos de

engenharia cartográfica, tais como escalas e símbolos, elementos da psicologia e da área específica com a qual a inscrição se relaciona (LOPES; LOPES, 2007).

Figura 3.4 - Resultado das eleições presidenciais brasileiras de 2022.



Fonte: BCC News Brasil (2022).

Segundo Lopes e Lopes (2010), a percepção visual de um mapa envolve processos de identificação, reconhecimento e interpretação. Na identificação, o indivíduo é estimulado pelos seus símbolos para detectá-los e discriminá-los. O êxito dessa tarefa depende da habilidade do usuário em olhar cuidadosamente para o mapa e notar pequenas diferenças, sendo bastante útil nesse momento o uso das informações presentes na área denominada “legenda”. Para o mapa da Figura 3.4, por exemplo, é necessário que o leitor perceba diferentes tons de azul e vermelho representando diferentes porcentagens de votos para os candidatos. Já durante o reconhecimento, se localizam aspectos familiares, que para o mapa da Figura 3.4 pode ser, por exemplo, a delimitação territorial do estado baiano. Segundo os autores, os processos de identificação e reconhecimento podem ser entendidos como pré-condicionantes para a interpretação, momento no qual as informações levantadas anteriormente são processadas e conclusões são extraídas. A partir dos processos de identificação e reconhecimento exemplificados para a Figura 3.4, o usuário consegue interpretar que no estado da Bahia, o candidato Lula recebeu mais de 70% dos votos.

Caminhando em direção ao mundo dos conceitos e teorias da Figura 3.2, ocorre a eliminação de detalhes visuais que proporcionavam maior semelhança entre a inscrição e o que está sendo representado, de modo que gráficos, tabelas e equações, não possuem, ou possuem pouca semelhança com os fenômenos retratados. Essas inscrições exibem, geralmente,

informações numéricas do que está sendo representado, assim, o trabalho com elas se baseia na identificação dessas relações matemáticas.

O incremento no nível de abstração faz com que as inscrições se tornem menos contextualizadas e possíveis de serem utilizadas de maneira mais generalizada. Por exemplo, a fotografia de um salmão representa um salmão específico, mas um desenho icônico seu pode representar qualquer salmão. Já um gráfico com dados de importação de pescado ao longo dos anos, do Chile para o Brasil, se refere a diferentes tipos de peixe, incluindo o salmão. Tal incremento simboliza também o movimento de saída das particularidades e observações associadas a um contexto ou objeto específico de pesquisa, para as generalidades de uma teoria durante a realização de investigações científicas (LATOUR; 2000; KELLY; TAKAO, 2002; ROTH; POZZER-ARDENGHI, HAN, 2005).

As tabelas permitem a visualização rápida de conjuntos de dados numéricos, organizados de acordo com uma classificação específica. Esse tipo de inscrição compartilha características com a escrita, já que, geralmente, é lido de cima para baixo e da esquerda para a direita. Os gráficos, em especial os cartesianos, buscam apresentar a maneira contínua como duas ou mais grandezas se relacionam. García (2005) lista elementos estruturais e não estruturais (Quadro 3.1) que influenciam a execução de tarefas relacionadas à construção e interpretação de gráficos no ensino de ciências.

Quadro 3.1 - Elementos estruturais e não estruturais presentes em gráficos.

Elementos Estruturais	Elementos Não-Estruturais (Informativos)
<ul style="list-style-type: none"> - Escala correta nos eixos; - Unidades corretas nos eixos; - Apresentação dos dados dentro e fora do gráfico; - Denominação dos eixos; - Presença de título adequado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Presença de fórmulas químicas ou algébricas; - Presença de dados numéricos; - Presença de ilustrações; - Presença de termos ou conceitos químicos; - Presença de símbolos ou sinais da química.

Fonte: Adaptado de García (2005, p. 114).

Os elementos do Quadro 3.1 surgem a partir do entendimento de que o trabalho com gráficos é influenciado pelas suas características visuais, além dos conhecimentos prévios dos alunos acerca do tipo de gráfico e do fenômeno que está sendo representado. Entram em jogo também as habilidades de localização de informações e de reconhecimentos de padrões, tendências e estruturas nos gráficos. Os elementos podem auxiliar os estudantes a elencarem práticas científicas e estabelecerem relações de continuidade entre os níveis submicro, macro e simbólico da linguagem química; relações entre os processos de modelização (o gráfico em si)

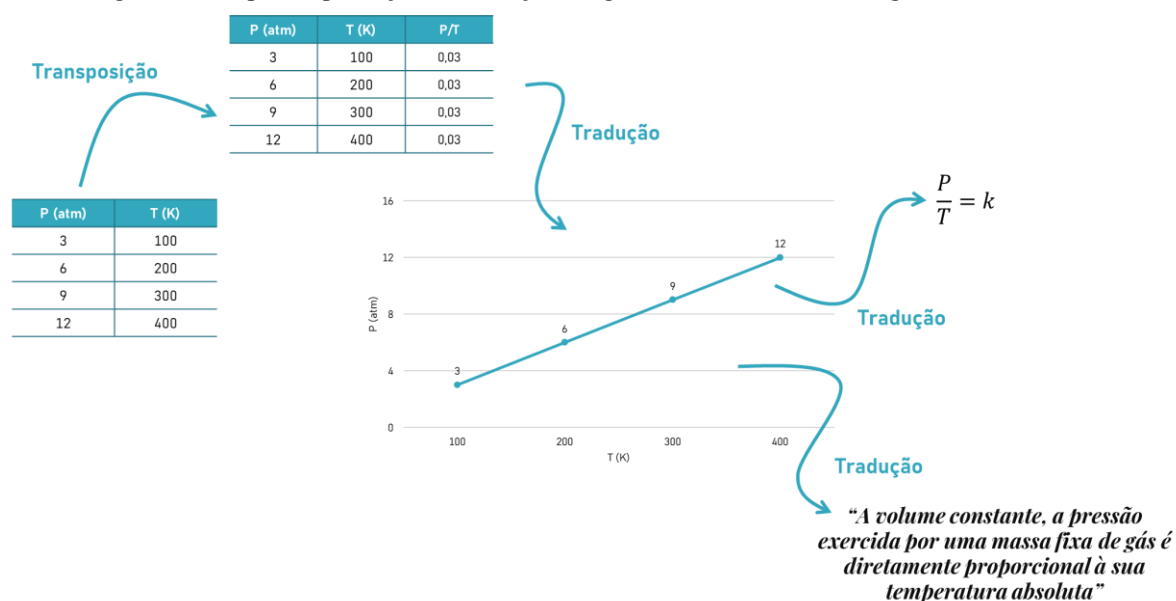
e formalização (fórmulas e equações) e relações entre informações qualitativas e quantitativas. Os elementos podem auxiliar também na realização de processos abstratos de manipulação gráfica, como por exemplo, extrapolação e interpolação de dados (GARCÍA, 2005).

Roth, Bowen e McGinn (1999) recomendam que o contato inicial de estudantes com gráficos deve ser com aqueles de características mais completas, ou seja, gráficos com dados autênticos, utilizados para corroborar ou elucidar relações e que geralmente possuem grande quantidade de elementos do Quadro 3.1. É necessário que os alunos primeiro se familiarizem com esse tipo de inscrição e com o que nela está representado, e posteriormente, possam partir para o uso de gráficos modelos, mais generalizados e que expressam relações deduzidas a partir de um modelo teórico. Esse uso posterior não se configura apenas na instância de resolução de exercícios, após a exposição da teoria, mas muito mais que isso, no uso interdisciplinar e extraclasse das representações visuais. Além disso, apesar de terem um caráter mais opcional em relação aos elementos estruturais, os elementos informativos representam a maneira como as linguagens algébricas e químicas se integram com a linguagem da representação gráfica, e podem auxiliar os estudantes a melhor relacionarem os gráficos com o conteúdo abordado, já que os complementam com informações que geralmente estão ausentes no corpo do texto.

Segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), a força evidencial de tabelas e gráficos na cultura científica se relaciona com a sua capacidade de explorar simultaneamente as duas dimensões do papel ou tela no qual são veiculados, de maneira diferente das demais inscrições. Para os gráficos, uma terceira dimensão pode ainda ser simulada por meio de convenções. Na construção do conhecimento científico, as tabelas se tornam relevantes pois ilustram dados e medidas empíricas originais de uma pesquisa, as quais os cientistas ordenam em eixos cartesianos buscando a redução de um fenômeno a uma linha ou curva que permita facilmente visualizar uma tendência que possa ainda ser posteriormente representada em uma nova inscrição, a equação. Nesse sentido, a investigação científica percorre a produção de inscrições ao longo do *continuum*, se eliminando cada vez mais detalhes visuais, até a matematização de um fenômeno.

Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) classificam os movimentos de produção de inscrições. Quando um tipo de inscrição é gerado a partir de outro tipo, como um gráfico a partir de uma tabela, ocorre o que os autores chamando de tradução. Segundo os autores, a passagem de uma descrição verbal para uma inscrição, e vice-versa, também se encaixa nessa categoria. Já a produção de um tipo de inscrição a partir de outra do mesmo tipo, como por exemplo, de uma tabela para outra tabela, é chamado de transposição. Esses movimentos são exemplificados na Figura 3.5.

Figura 3.5 - Tipos de produção de inscrições, segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005).



Fonte: Autoria própria.

De acordo com as características expostas na Figura 3.5, para alguns tipos de inscrições é importante ressaltar que estas recebem tratamentos diferentes em livros didáticos e artigos originais de pesquisa. Inicialmente, em relação às quantidades, pesquisas demonstram que livros didáticos de química e de outras áreas relacionados às ciências da natureza possuem maior frequências de fotografias, desenhos icônicos e esquemas, ou seja, de inscrições próximas ao mundo dos fenômenos e objetos, em comparação a artigos originais de pesquisa e revistas científicas, que possuem maior frequência de gráficos, tabelas e equações (LIMA et al., 2022; LIMA; LARINE; QUEIROZ, 2021; POZZER; ROTH, 2003; SILVA; BRAIBANTE; PAZINATO, 2013).

Adicionalmente, Bowen e Roth (2002) apontam ainda para diferenças na maneira como os textos mencionados veiculam gráficos com dados e gráficos modelos. Nos artigos existe uma relação clara entre dados reais e a teoria expressa na curva de um gráfico, de forma que algumas práticas assumidas pela comunidade científica durante a produção dessas inscrições podem ser facilmente identificadas. Porém, gráficos com dados, que permitem a integração entre dados empíricos e a natureza teórica das ciências e da matemática, estão pouco disponíveis nos livros didáticos de educação básica. Nestes, as inscrições se apresentam separadas de situações empíricas, a partir das quais elas poderiam ter se originado ou serem relacionadas. Essa fragmentação, segundo Nass (2008), obstaculiza a utilização das inscrições de maneiras distintas à função ilustrativa e fomenta o estudo da química pautado na memorização de

conceitos e definições prontas, o que não contribui para um desenvolvimento adequado de letramento gráfico.

Os diferentes tipos de inscrições apresentam características comuns, propostas por Roth e McGinn (1998), que explicam a ubiquidade e utilidade na apresentação de informações científicas. As inscrições possuem fácil mobilidade, o que permite que sejam incorporadas ou reproduzidas em diferentes contextos, sejam eles científicos ou não. Além disso, durante o processo de enviar uma inscrição de um local para o outro ou de redimensionamento, as suas características visuais e relações internas permanecem as mesmas. Inscrições podem ainda ser combinadas ou sobrepostas em camadas.

Para concluir a abordagem dos elementos internos das inscrições, destacam-se algumas recomendações fornecidas por Gkitzia, Salta e Tzougraki (2011) para a sua produção, as quais incluem a verificação da qualidade gráfica das inscrições, a avaliação da necessidade de incluir representações visuais e a seleção adequada dos tipos de inscrições a serem utilizados. Além disso, é crucial ter cautela ao combinar elementos simbólicos com elementos concretos do “mundo real”, pois os estudantes tendem a atribuir maior importância aos objetos com os quais estão familiarizados.

A compreensão de uma inscrição vai além da simples visualização das suas características visuais (ROBERTS; BRUGAR, 2017), sendo necessário ficar atento também à maneira como elas são inseridas no texto. Cientistas frequentemente utilizam inscrições com propósitos retóricos para sustentar suas afirmações, e o texto também se preocupa em restringir os significados que podem ser atribuídos a elas, a fim de alavancar seu poder retórico. Para isso, os autores de textos científicos fazem uso do corpo do texto, legendas e outros elementos externos às inscrições para fornecer restrições específicas à sua leitura e evitar interpretações diferentes das pretendidas. Eles destacam as características percebidas pelos próprios autores ao utilizar a representação para demonstrar um conceito. Portanto, ler e aprender com inscrições requer a interpretação de suas características visuais e o estabelecimento de relações entre tais características e os elementos do gênero textual no qual estão embutidas.

No texto científico escrito, o corpo do texto é o conjunto de elementos verbais escritos que criam a estrutura na qual as inscrições são incorporadas. Por meio de índices, os leitores são encaminhados de um determinado local no texto para a inscrição e sua legenda. Essa última se faz importante pois simplesmente chamar a atenção dos leitores para as inscrições não é suficiente para o seu processamento (SLOUGH et al., 2010), sendo necessário o fornecimento de instruções acerca de como elas podem e devem ser lidas. O espaço principal para a realização dessas instruções é a legenda, porém, elas também podem estar presentes no corpo do texto.

A relação de uma inscrição com a sua legenda pode ainda ser explicada, segundo Pozzer e Roth (2003), por meio do conceito de intertexto, que são todos os outros textos que os leitores utilizam para realizar a produção de sentidos. Assim, apesar de serem modos de comunicação diferentes, a legenda e a inscrição são intertextos entre si, já que abordam uma temática comum e pertencem à mesma estrutura de atividade, ou seja, a ausência de um ou do outro dificultaria a produção de sentidos.

Observando que as informações contidas em legendas podem variar, Slough et al. (2010) apresentam quatro níveis de classificação para legendas que acompanham inscrições em livros didáticos de ciências:

- nível L0 - nenhuma legenda;
- nível L1 - legenda que identifica ou nomeia a inscrição, mas não fornece detalhes sobre tal;
- nível L2 - legenda que fornece uma descrição detalhada da inscrição, associando-a ao conteúdo abordado no corpo do texto; e
- nível L3 - legenda que envolve ativamente o leitor.

A respeito desse último nível, nele se classificam as legendas que fazem perguntas ou sugerem a execução de tarefas relacionadas à inscrição, como por exemplo, requisitam que os estudantes rotulem recursos da representação, o que pode melhorar o engajamento com a inscrição e proporcionar um exame mais detalhado dela.

Slough et al. (2010) abordam ainda a indexação e a proximidade da inscrição com a sua citação no texto por meio do conceito de contiguidade física, como uma forma de contribuição para a efetividade de sua função didática. Segundo os autores, os estudantes possuem um melhor desempenho em suas atividades de leitura quando a inscrição e a sua citação são colocadas próximas, ao invés de separadas uma da outra na página. A respeito, Nyachwaya e Gillaspie (2016) sugerem que o processo de ir para uma página específica atrás de uma inscrição e voltar ao texto requer demasiado esforço cognitivo e pode levar à perda de concentração, o que conseqüentemente atrapalha o estudo do conteúdo. Pozzer e Roth (2003) apontam ainda que o ir e vir das páginas atrapalha na criação do vínculo entre a inscrição e o corpo do texto, de forma que mesmo com legendas, as inscrições acabam por apresentar funções decorativas ao invés de outras funções mais informativas.

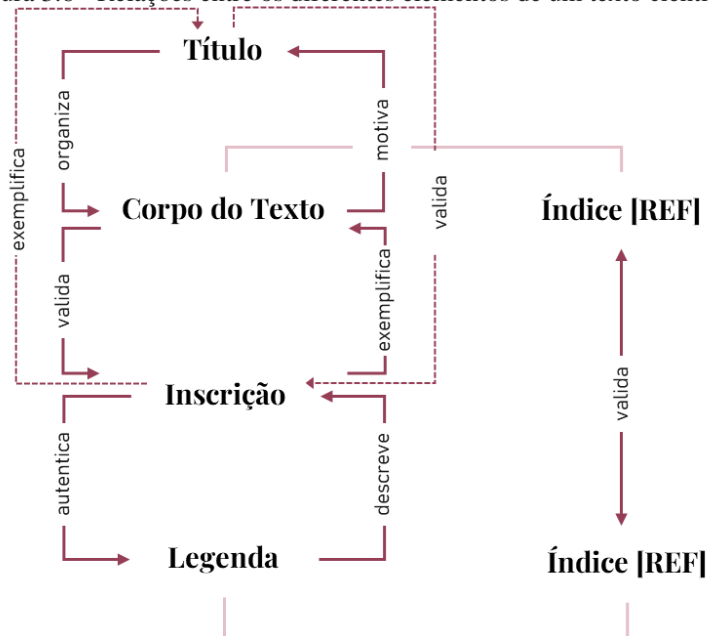
Slough et al. (2010) apresentam uma classificação para a contiguidade física de inscrições em livros didáticos de ciência, considerando a distância entre o momento em que a inscrição é citada e o momento em que ela aparece no livro:

- descontínua: quando a inscrição não é citada no corpo do texto;
- distal: quando é necessário virar uma página para enxergar a inscrição após a sua citação;
- facial: quando a inscrição está em uma página oposta à citação;
- proximal: quando a inscrição está na mesma página que a citação;
- direta: quando a inscrição e a citação são adjacentes.

Ainda com respeito à indexação, Pozzer e Roth (2003) ressaltam que a forma como o índice é construído pode interferir no modo como a inscrição é percebida, sendo que quando ele é colocado imediatamente após uma palavra ou dentro/após uma frase que é cotemática com a legenda da inscrição, ou seja, que está falando exatamente do que está sendo representado, é estabelecido um vínculo direto. Por outro lado, se o índice for colocado no final de um parágrafo que apresenta múltiplos conceitos, o vínculo não é mais direto e há possibilidades de o leitor associar espontaneamente a inscrição com termos que podem não necessariamente corresponderem entre si (POZZER; ROTH, 2003).

As relações entre corpo do texto, inscrição, legenda, indexação no texto científico são sumarizadas por Pozzer-Ardenghi e Roth (2010) na Figura 3.6.

Figura 3.6 - Relações entre os diferentes elementos de um texto científico.



Fonte: Pozzer-Ardenghi e Roth (2010, p. 234).

O diagrama da Figura 3.6 mostra que as diferentes partes de um texto científico se articulam durante a leitura de inscrições por meio de movimentos duplos e reflexivos, de modo que eles se restringem e obtêm suporte um do outro. O título prepara o leitor para o que está por vir e, assim, organiza a leitura do texto. Porém, um título não é escolhido arbitrariamente,

e foi motivado pelo conteúdo do corpo do texto. Este último faz afirmações ou procura explicar um conceito que legitima a utilização de uma inscrição particular. O uso de índices, ou a referência ([REF] na Figura 3.6) permite encaminhar o leitor do corpo do texto diretamente para tal. Essa, por sua vez, ao estar associada com o conceito explicado no corpo do texto, fornece evidências e exemplifica as afirmações feitas nele. O corpo do texto e a legenda descrevem o que olhar na inscrição, ensinando-o a lê-la.

Pozzer-Ardenghi e Roth (2010) propõem que o letramento gráfico surge por meio da interação entre as habilidades de leitura dos indivíduos e os recursos fornecidos pelas inscrições e as diferentes partes do texto, o que abrange a capacidade de discernir as relações entre esses recursos e integrá-las efetivamente na derivação do significado embutido no texto. A partir disso, os autores chamam a atenção dos escritores de livros didáticos para a inclusão dos componentes da Figura 3.6 nas suas obras, visando maximizar o potencial pedagógico das inscrições e fomentar o letramento gráfico. As relações entre tais componentes, além de permitirem que a inscrição, sua legenda, o corpo e o título do texto estejam integrados semanticamente, ou seja, abordem a mesma temática, permitem que eles alcancem integração física (POZZER; ROTH, 2003).

As considerações elaboradas a partir dos referenciais apresentados até o momento têm como foco principal o tipo de texto científico que engloba tanto a comunicação escrita quanto a comunicação visual por meio de inscrições, em particular, os livros didáticos de ciências e os artigos originais de pesquisa. Estudos sobre o papel das inscrições nesses gêneros têm sido amplamente realizados, sendo os gráficos geralmente privilegiados (ARSENAULT; SMITH; BEAUCHAMP, 2006; LIMA et al., 2022; ROBERT; BRUGAR, 2017; SOUZA; MOREIRA; ARROIO, 2012; SOUZA; WEBER, ARROIO, 2013; VOJÍR; RUSEK, 2019; XIAO, 2020). Porém, o conjunto de conhecimentos levantado deixa evidente lacunas que ainda podem ser suprimidas, relacionadas principalmente ao uso de inscrições com finalidades retóricas na comunicação científica que inclui aspectos orais e gestuais, como, por exemplo, exposições orais, sessão de pôsteres, seminários etc., e a potencialidade desses gêneros para a promoção do letramento gráfico.

3.2 Letramento Gráfico na Comunicação Científica Multimodal

No passado, prevalecia a crença de que os modos de comunicação verbal, como a escrita e a fala, eram superiores em práticas comunicativas. As representações visuais eram consideradas apenas recursos ilustrativos a serem utilizados quando os modos verbais não

conseguiam retratar adequadamente os fenômenos e objetos em estudo. No entanto, com o reconhecimento da comunicação como um fenômeno multimodal (JAIPAL, 2009), que utiliza e combina vários modos de comunicação para transmitir uma mensagem, a relação entre os modos verbais, gestuais, gráfico-visuais, entre outros, se tornou mais estreita e igualitária. Além disso, com os avanços tecnológicos contínuos, elementos interativos, emojis, memes, GIFs e outros recursos presentes no mundo digital ampliam ainda mais o aspecto multimodal da comunicação.

O desenvolvimento de habilidades em comunicação multimodal é reconhecido nos currículos nacionais como relevante na formação básica (BRASIL, 2019), bem como na formação do químico para sua atuação no mercado de trabalho e na comunidade científica (BRASIL, 2001). Como resultado, observam-se empreendimentos que visam promover essas habilidades em cursos universitários. No entanto, essa tarefa apresenta desafios, uma vez que o currículo regular dos cursos de ciências já é extenso e a inclusão de disciplinas que abordem a comunicação científica pode ser complicada (ROOTMAN-LE GRANGE; RETIEF, 2018).

Iniciativas adotadas nos cursos de graduação em química para a superação desse desafio são realizadas, usualmente, em disciplinas relacionadas às subáreas dessa ciência (geral, orgânica, analítica etc.) e naquelas voltadas especificamente ao aprimoramento de habilidades de comunicação científica, sendo privilegiadas as do primeiro tipo, particularmente as de caráter experimental, uma vez que os estudantes já dispõem de dados coletados nas aulas de laboratório para apresentação, por exemplo, de relatórios e exposições orais (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2015). Por outro lado, a principal vantagem das disciplinas do segundo tipo é o maior tempo que os estudantes dispõem para se dedicar ao estudo de diversos aspectos da comunicação científica, tanto daqueles que envolvem a multimodalidade dos gêneros que percorrem a academia, por exemplo, aspectos estruturais relacionados ao uso de gráficos e tabelas em um artigo original de pesquisa, quanto de aspectos relacionados à ética, à credibilidade de fontes de informações sobre ciência para o público em geral, entre outros (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2015).

Em ambos os tipos de disciplina, quando os graduandos em química são imbuídos da tarefa de expressar seus conhecimentos, entra em jogo a comunicação multimodal, sendo esperado que sejam capazes de compreender os diferentes recursos representacionais para que possam desenvolver um conhecimento aprofundado sobre como utilizar e representar conceitos científicos (HUBBER; TYTLER; HASLAM, 2010). Uma das maneiras que os estudantes são frequentemente requisitados para realizar tal expressão é por meio do gênero exposição oral, de especial atenção nesta tese.

Lima e Queiroz (2021) discutem o uso de inscrições e o letramento gráfico na elaboração de exposições orais de artigos originais de pesquisa na temática biodiesel, elaboradas por graduandos em química. Nesse cenário, os estudantes possuíam a oportunidade de adaptar para a exposição oral inscrições presentes no artigo ou em outras fontes, bem como de produzir novas inscrições, para uso com fins retóricos de convencimento de pares sobre os resultados de uma investigação. Os autores apontam fatores que influenciam na função (decorativa, ilustrativa ou complementar) que a inscrição assume durante a apresentação. Para Lima e Queiroz (2021), inscrições decorativas são aquelas que não são citadas pelo apresentador. Já as ilustrativas são aquelas brevemente citadas, sem exploração das suas características visuais. Por fim, as complementares, são as inscrições que o apresentador utiliza ativamente na exposição oral e possuem uma relação reflexiva com a fala, de maneira que se motivam e se elaboram mutuamente. Na função complementar, a inscrição é utilizada como um conjunto de dados a ser explorado.

As funções listadas podem ser ainda intercaladas com os processos do Modelo Semiótico de Leitura de Inscrições (MSLI) de Bowen e Roth (2001). Esses autores concebem a leitura de uma inscrição como um processo em duas etapas: estruturação e fundamentação. Na estruturação, o leitor busca compreender e se familiarizar com as características visuais da inscrição, no reconhecimento de como elas contribuem para a produção de sentidos. Já o processo de fundamentação representa o momento de interpretação propriamente dita da inscrição.

O modelo foi empregado por Lima e Queiroz (2020; 2021) para compreender como ocorre a significação de inscrições durante as exposições orais. Para as inscrições decorativas e ilustrativas, de acordo com a maneira pela qual são articuladas na exposição oral, os processos de estruturação e fundamentação ficam a cargo da audiência. Já para as complementares, é observado o engajamento do apresentador na realização de processos do modelo, e a extensão desses é definido, principalmente, pela situação comunicativa da exposição oral.

O gênero exposição oral envolve três dimensões ensináveis: a organização interna, as características linguísticas e a situação comunicativa (DOLZ et al., 2004). A organização interna diz respeito às suas etapas (abertura, introdução, desenvolvimento, recapitulação, conclusão e encerramento). Já as características linguísticas se referem aos recursos linguísticos utilizados pelo expositor para elaboração da mensagem. Por fim, a situação comunicativa refere-se aos parâmetros (quadro espaço-temporal, interlocutores e objetivos) em que o gênero se materializa.

Segundo Lima e Queiroz (2020; 2021), a modificação desses parâmetros, em especial, da situação comunicativa, leva a diferentes usos das inscrições na exposição oral, a partir da realização em maior ou menor extensão das etapas do modelo de Roth e Bowen (2001). O reconhecimento da situação comunicativa e a ponderação sobre o uso da inscrição na exposição oral exige letramento gráfico do expositor. Por exemplo, na situação comunicativa em que a audiência é leiga na temática em discussão e, conseqüentemente, nas representações visuais comumente relacionadas a ela, o expositor deve se atentar não somente ao uso de uma determinada inscrição para ilustrar e explicar um conceito ou discutir dados e resultados, mas também ao fornecimento de instruções sobre como visualizá-la e lê-la, ou seja, o expositor deve fornecer elementos para a realização de ambos os processos do MSLI.

Cada indivíduo é único e possui sua própria maneira de enxergar o mundo, ou seja, uma inscrição não é visualizada da maneira igual por indivíduos diferentes. Essa habilidade de percepção não está diretamente relacionada ao grau de escolaridade do indivíduo, no sentido de que, mestres, doutores e cientistas premiados não conseguem necessariamente perceber características de uma inscrição mais facilmente que um estudante de graduação (ROTH; BOWEN, 2001) em determinados contextos. Isso implica que o apresentador da exposição oral não deve esperar que a sua audiência enxergue uma inscrição da mesma forma que ele.

Semelhantemente ao texto escrito, no qual o seu autor faz uso de diferentes recursos e elementos do texto (título, corpo do texto, legenda e indexação) para limitar o sentido da inscrição, é importante que, na exposição oral, o apresentador guie a audiência na compreensão das características visuais que são relevantes para o entendimento da discussão que será realizada (LIMA; QUEIROZ, 2020; 2021). Pode ocorrer, no entanto, de o estudante se deter no detalhamento das características visuais da inscrição e não conseguir elaborar argumentos, justificativas e conclusões a partir delas, o que segundo Lima e Queiroz (2021), pode ser um indício da falta de conhecimentos científicos adequados acerca do fenômeno retratado.

Já na situação comunicativa de uma audiência ser especializada e familiarizada com as inscrições utilizadas, o processo de fornecer instruções detalhadas sobre as características visuais pode ser resumido ou até mesmo suprimido. De acordo com Lima e Queiroz (2020), isso ocorre comumente quando as inscrições possuem elementos que são socialmente convencionalizados, como os símbolos das operações básicas da matemática, fórmulas comuns da química, setas e outros símbolos amplamente reconhecidos. O estudante expositor pode se concentrar na explanação do conteúdo em si, aproveitando o conhecimento compartilhado com a audiência especializada.

Outros fatores identificados por Lima e Queiroz (2021) que influenciam a função das inscrições em uma exposição oral dizem respeito à sua origem, o compartilhamento de características visuais e a disposição das inscrições no slide. Os autores observam que inscrições provenientes do artigo original de pesquisa ou produzidas pelos estudantes geralmente possuíam função complementar. Por outro lado, as inscrições provenientes de fontes externas, encontradas online, tendiam a ter função decorativa ou ilustrativa.

Já para um conjunto de inscrições com características visuais compartilhadas, como por exemplo, pontos de amostragem em mapas, tabelas e gráficos, a explanação e explicação do contexto físico de cada ponto, ocorria principalmente para a primeira inscrição, enquanto nas demais inscrições, esse processo era geralmente resumido. Por fim, observa-se que quando várias inscrições são colocadas em um mesmo slide, o apresentador geralmente concentra sua discussão em uma delas, que possui uma função complementar, deixando as demais em segundo plano.

Outro aspecto da exposição oral que recebe destaque é o modo gestual de comunicação, que inclui o uso de apontadores laser, gestos de mão e a postura corporal. O uso desses recursos durante a interação entre cientistas, professores e estudantes para falar de inscrições faz com que o letramento gráfico dos indivíduos encontre novas dimensões (POZZER-ARDENGGHI; HAN; ROTH, 2005). Do lado do expositor, existe a articulação dos recursos mencionados para destacar as características visuais da inscrição, algo corroborado por Lima e Queiroz (2021). Já do lado da audiência, o letramento gráfico inclui o conhecimento envolvido no uso dos recursos mencionados para entender a inscrição.

McNeill (1992; 2005) classifica os gestos em quatro tipos principais: rítmicos, ou de batida/marcação, que acompanham o fluxo da fala e auxiliam a enfatizar pontos-chave, pausas ou transições; dêiticos, que são gestos de apontamentos; icônicos, que representam visualmente uma ideia ou um objeto específico, imitando sua forma, ação ou características visuais; e metafóricos, que usam símbolos e metáforas visuais para representar conceitos abstratos. Segundo Pozzer-Ardenghi e Roth (2005), os gestos produzidos por um falante também dependem da sua orientação e postura corporal, que se constituem como molduras para os gestos e limitam sua flexibilidade interpretativa e, assim, potencializam e multiplicam o significado das inscrições. A partir disso, os autores apresentam oito funções para gestos (Quadro 3.2) relacionadas ao uso de inscrições em situações orais, tais como exposições orais, aulas dialogadas, entre outras.

Quadro 3.2 - Funções de gestos relacionados ao uso de inscrições em situações orais.

Função	Tipo de Gesto	Tipo de Referente	Referente na Inscrição	Orientação Corporal
Representar	Ícônico	Genérico	Indisponível	Para a Audiência
Enfatizar	Dêítico/Ícônico	Genérico	Disponível	Para a Inscrição
Destacar	Dêítico	Genérico	Disponível	Para a Inscrição
Apontar	Dêítico	Específico	Disponível	Para a Inscrição
Delinear	Dêítico/Ícônico	Específico	Disponível	Para a Inscrição
Adicionar	Ícônico	Específico	Indisponível	Para a Inscrição
Estender	Dêítico	Específico	Indisponível	Para a Inscrição
Posicionar	Ícônico	Genérico	Indisponível	Para a Inscrição

Fonte: Adaptado de Pozzer-Ardenghi e Roth (2005, p. 280).

O referente de um gesto diz respeito àquilo que ele busca representar ou apontar. De acordo com o Quadro 3.2, gestos podem ser icônicos, que relembram ou possuem o formato dos seus referentes, ou dêíticos, que apontam para um referente. Além disso, um gesto icônico também pode, às vezes, apontar ou chamar atenção da audiência para algo ou uma área da inscrição e, assim, ele é dêítico e icônico simultaneamente. Gestos podem ser específicos, quando fica precisamente claro para a audiência qual o seu referente, ou genéricos, quando o referente não pode ser claramente identificado. Gestos podem ainda utilizar a inscrição como plano de fundo e, dessa forma, o seu referente está visivelmente disponível na inscrição, ou irão indicar um referente que não pode ser visualizado pela audiência. Por fim, o gesto pode ser realizado de frente para a audiência, indicando que esta deve prestar atenção no apresentador, ou em direção à inscrição, indicando que a atenção deve ser direcionada para tal.

Os gestos identificados no Quadro 3.2 desempenham um papel importante no letramento gráfico e na compreensão de inscrições em situações de comunicação científica, limitando, ampliando e multiplicando seus significados. A partir disso, Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) chamam atenção para o fato de que essas combinações de gestos e orientações corporais não são encontradas em livros didáticos. Identificar um objeto específico em uma inscrição por meio de um texto escrito, no mesmo nível que um simples apontamento faz, exigiria uma descrição textual extensa que tornaria o material muito mais complexo. Assim, os autores ressaltam as possibilidades que a tecnologia atual oferece aos professores para a projeção das inscrições dos seus livros didáticos na sala de aula, e o uso dos gestos do Quadro 3.2 para fornecer recursos que promovam sua melhor interpretação pelos alunos.

Os trabalhos destacados anteriormente fornecem conhecimentos valiosos para a criação de cenários educacionais que visam promover o letramento gráfico. Em particular, Lima e Queiroz (2020) destacam as capacidades pedagógicas do MSLI para instruções em sala de aula

de química e outras áreas, sobre o uso apropriado de inscrições em exposições orais, enfatizando a importância da etapa de descrição das características visuais das inscrições antes de discutir o fenômeno retratado. Além disso, a discussão dos gestos identificados no Quadro 3.2 por Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005) abrange as possibilidades de expor os alunos a situações educacionais que promovam o uso consciente de gestos e postura corporal, e o impacto positivo que esses cenários podem ter em seus níveis de letramento gráfico.

4 METODOLOGIA

São apresentados neste capítulo os aspectos metodológicos da pesquisa, a qual possui inicialmente uma abordagem não experimental mista (quantitativa-qualitativa), na qual não há manipulação de variáveis, porém índices numéricos dão sustentação para as observações (MOREIRA, 2004). A pesquisa também é tida ainda como um estudo de caso, a partir dos aspectos mencionados por Lüdke e André (2007), no qual o referencial utilizado no início da investigação pode ser acrescentado à medida que o estudo for se desenvolvendo; o contexto é um fator relevante para entendimento do fenômeno; e existe a possibilidade de generalizações. A partir dos objetivos descritos anteriormente, as etapas metodológicas compreendem a produção e aplicação de estudos de caso de caráter interrompido e análise da argumentação e letramento gráfico, descritas a seguir.

4.1 Produção de Estudos de Caso Interrompidos

Para a construção de atividades didáticas favoráveis à promoção de letramento gráfico associado à argumentação foram criados três estudos de caso de caráter interrompido, os quais foram aplicados junto a estudantes matriculados na disciplina 7500028 - Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II (CELC-II), oferecida no segundo semestre do curso de bacharelado em química do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (IQSC/USP). A descrição da disciplina é apresentada na Seção 4.4.

A produção dos estudos de casos se iniciou com a seleção de três artigos originais de pesquisa da revista Química Nova que abordassem pesquisas na área de Química Ambiental, e de maneira mais específica, a análise de metais em sedimentos de recursos hídricos. A temática é favorável e facilitadora à construção das atividades já que possui conteúdos geralmente compatíveis com os conhecimentos adquiridos por bacharelados em química de segundo semestre (LIMA; OLIVEIRA, QUEIROZ, 2022; LIMA; POZZER; QUEIROZ, 2023). O Quadro 4.1 apresenta as referências e os resumos dos artigos e os títulos dos casos que tais originaram.

Quadro 4.1 - Título dos casos interrompidos e referências e resumos dos artigos que os originaram.

Título do Caso	Referência e Resumo dos Artigos
<i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	<p>COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil. <i>Química Nova</i>, v. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.</p> <p>Os solos do Vale do Ribeira e do Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira foram foco de indústrias de mineração para a exploração de chumbo. Apesar do fim da exploração, os efeitos ambientais das atividades ainda estão presentes no local. O estudo determina concentrações de vários metais pseudototais e biodisponíveis em amostras de sedimento do Rio Betari, usando espectrometria de absorção atômica. Os resultados demonstraram que os sedimentos estão contaminados por chumbo, zinco e cobre.</p>
<i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	<p>VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X. Avaliação da bioacumulação de metais em <i>Cyprinus carpio</i> pela interação com sedimento e água de reservatório. <i>Química Nova</i>, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.</p> <p>O Reservatório de Alagados é uma barragem artificial que serve de abastecimento de água para três municípios do Paraná. Com intensas atividades agrícola e agropecuária ao seu redor, o reservatório tornou-se eutrófico. O estudo determina concentrações de vários metais pseudototais e biodisponíveis em amostras de água e sedimento do Reservatório e em espécies de <i>Cyprinus carpio</i> usando espectrometria de absorção atômica de chama. Os metais nos sedimentos estavam abaixo do nível de prováveis efeitos adversos na biota. Apesar das baixas concentrações no reservatório, a bioacumulação de metais nas brânquias e fígado de <i>C. carpio</i> ocorre por sua interação com água e sedimentos contaminados.</p>
<i>Um Rio de Minérios</i>	<p>MELO, V. D. F.; ANDRADE, M. D.; BATISTA, A. H.; FAVARETTO, N.; GRASSI, M. T.; CAMPOS, M. S. D. Chumbo e zinco em águas e sedimentos de área de mineração e metalurgia de metais. <i>Química Nova</i>, v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.</p> <p>A metalurgia do chumbo em Adrianópolis é o maior problema ambiental do Paraná. O estudo determina concentrações de chumbo e zinco pseudototal e trocável na água e nos sedimentos de duas bacias hidrográficas, por espectrometria de emissão ótica. Os altos níveis de chumbo na água e nos sedimentos na maioria das amostras não permitem o uso humano. Nessa perspectiva, os autores recomendam evitar a turbulência da água.</p>

Os casos listados no Quadro 4.1 abordam a contaminação de recursos hídricos por metais pesados e seus efeitos na saúde humana, e buscam oferecer aos estudantes a oportunidade de encontrar soluções para algumas das questões de investigação tratadas nos artigos que os originaram. Os casos podem ser lidos na íntegra em '<https://gpeqsc.iqsc.usp.br/estudos-de-caso-interrompidos/>' ou ainda nos Apêndices desta Tese. O primeiro caso, intitulado *Resquícios de um Passado Chumbado* (Apêndice A), apresenta os efeitos duradouros da mineração de chumbo em rios, investigando-se a presença de metais nos sedimentos ao longo de um rio que corta uma reserva ambiental. No segundo caso, intitulado *Uma Barragem que não está para Peixe* (Apêndice B), são abordados os efeitos de atividades agrícolas sem planejamento ambiental, próximas a rios e barragens, investigando-se a concentração de metais nos sedimentos de um reservatório. O último caso, intitulado *Um Rio de Minérios* (Apêndice C), aborda novamente os efeitos da mineração de chumbo em rios, investigando-se a presença de zinco e chumbo nos sedimentos de um rio ao longo de um ano.

Os casos não contemplam todo o conteúdo dos artigos, já que neles ainda era possível encontrar conceitos não ministrados até o segundo semestre do curso de bacharelado em química, como por exemplo, as análises estatísticas (teste de Tukey, coeficiente de correlação de Pearson) presentes em Voigt, Silva e Campos (2016), que originou o caso *Uma Barragem que não está para Peixe*. Dessa maneira, a utilização ou obtenção de dados referentes a tais análises não foi adicionada entre as atividades propostas para a resolução do caso. Ressalta-se também que, visando o alcance de uma maior uniformidade, todos os casos abordam apenas as determinações de metais em sedimentos. As análises de outras matrizes (brânquias de peixes, água) e a caracterização físico-química de sedimentos não constam nas atividades propostas para a resolução dos casos.

A criação de narrativas para um estudo de caso deve seguir alguns princípios, elencados por Herreid et al. (2016), para que tal seja considerado como um bom caso, aplicados para todos os estudos de caso criados nesta pesquisa. Bons casos:

- a) *contam uma história, na qual o fim não existe ainda*: em cada etapa dos casos interrompidos, uma nova etapa da narrativa é revelada, de forma que os estudantes são instigados a procurar o seu fim;
- b) *são atuais*: os impactos da mineração no meio ambiente e a sua contaminação por metais pesados é um tema recorrente;
- c) *despertam interesse pela questão*: essa característica é alcançada por meio da utilização de narrativas humorizadas e de personagens interessantes com os quais os estudantes podem se identificar;
- d) *forçam uma decisão*: a urgência e a seriedade envolvidas na resolução do problema fazem com que os estudantes se posicionem frente às diversas soluções possíveis para os casos;
- e) *têm utilidade pedagógica, sendo útil ao curso e ao estudante*: os casos abrem espaço para o ensino e aprendizagem de diversos tópicos de química e relacionados, como por exemplo, técnicas analíticas para determinação de metais em sedimentos, origem de metais no meio ambiente, bioacumulação, biomagnificação etc., bem como para o desenvolvimento de diferentes habilidades.
- f) *incluem citações e diálogos*: este aspecto está presente em todas as partes dos casos, fazendo com que os estudantes possam compreender melhor a situação problema;
- g) *são relevantes ao leitor e podem ser generalizados*: este aspecto se alcança na medida que os casos envolvem os estudantes em um problema que eles possam enfrentar

futuramente, ou seja, possuem aplicabilidade, e não são executados apenas por curiosidade;

- h) *produzem empatia com os personagens centrais*: essa característica é enriquecida pelo fato de todos os casos serem protagonizados por químicos, de maneira que os estudantes podem se enxergar como enfrentando aquela situação futuramente, tornando os casos algo que valha a pena ser estudado;
- i) *são curtos*: embora não sejam necessariamente curtos, dada a característica interrompida, os casos são divididos em etapas curtas, de modo que sua leitura e análise não se tornam tediosas.

A seguir, são apresentados detalhes da construção do caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, destacando que a construção dos demais seguiu o mesmo formato. As narrativas e as atividades propostas para a resolução de todos os estudos de caso podem ser encontradas nos Apêndices.

4.1.1 Elaboração de Casos Interrompidos: o Exemplo do Caso *Resquícios de um Passado Chumbado*

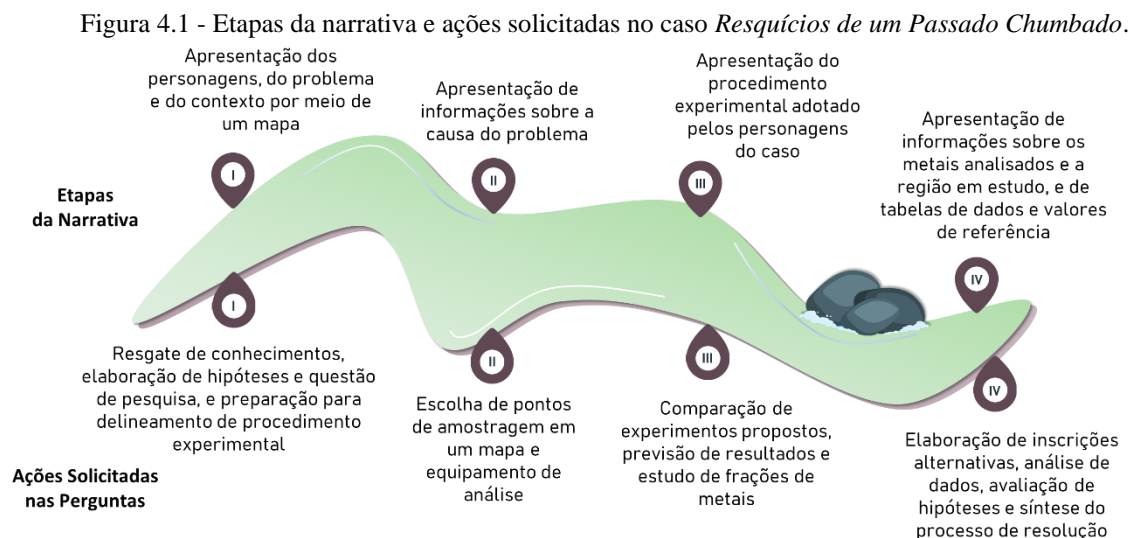
A narrativa do caso *Resquícios de um Passado Chumbado* foi construída com base no artigo *Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil* (COTTA; REZENDE; PIOVANI, 2006), que busca determinar a concentração de metais pseudototais e biodisponíveis em sedimentos dos rios Furnas e Betari, por meio da espectroscopia de absorção atômica. Esses rios se localizam no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira, ou PETAR, que se caracteriza como uma unidade de conservação da Mata Atlântica, localizada no sul do estado de São Paulo.

A região foi um foco de atividades mineradoras por mais de meio século, e a agricultura, junto à descarga de esgoto e expansão populacional, colocaram-na em constante risco ecológico. Por meio da extração, principalmente dos minérios galena, pirita e esfalerita, a Mineradora de Furnas beneficiou entre 7000 e 8000 t de chumbo. E, durante todo o período de exploração, as escórias (material de rejeito) eram despejadas às margens do Rio Furnas. A partir disso, os efeitos da poluição se manifestam até os dias atuais. Cotta, Rezende e Piovani (2006) apontam para concentrações pseudototais de cobre, zinco e chumbo, e concentrações biodisponíveis de zinco e chumbo acima de valores máximos recomendados em Crommentuijn

et al. (2000). Os autores notaram ainda o arraste dos metais do Rio Betari até o Rio Ribeira do Iguapé, o que demonstra a expansão da contaminação.

A partir dessas informações, seguindo as recomendações de Herreid et al. (2016) e Herreid (2005a), foi criado um enredo fictício compatível com os eventos, análises e discussões relatadas no artigo. O caso *Resquícios de um Passado Chumbado* conta a história de Vitória e Igor, que foram visitar um amigo, o Senhor Paulo, morador da Vila do Campo, no Parque Ecológico da Serra Divina, ou simplesmente, Parque da Divina. Paulo conta aos amigos que ficou doente recentemente e que havia se intoxicado com chumbo, e a principal suspeita do médico da região para origem da contaminação recai sobre a água que abastece a vila, advinda do Rio das Hortas. Muito preocupados com a situação do amigo, Vitória e Igor, pós-graduandos em química, se prontificam a investigar o caso. O problema consiste-se em definir a concentração de chumbo, entre outros metais, nos sedimentos do Rio das Hortas, relacionando-a com a presença de minas de chumbo na localidade.

Os casos estão divididos em quatro partes, cada uma composta por duas seções distintas: a narrativa, por meio da qual são apresentados os personagens, o contexto local, o enredo do caso e novas informações; e perguntas, que subsidiam as atividades de pesquisa e busca por soluções ao problema do caso, a serem trabalhadas em horário de aula e em horário extraclasse. As perguntas e atividades foram idealizadas visando à sua realização pelos estudantes divididos em grupos com o apoio dos ambientes virtuais Tidia-Ae e Google Meet, ambos com acesso gratuito fornecido pela USP. A Figura 4.1 resume as etapas da narrativa do caso *Resquícios de um Passado Chumbado* e as ações solicitadas aos estudantes em cada uma delas, discutidas em detalhes, a seguir.



Fonte: Autoria Própria.

Parte I

De início, são apresentados os personagens Vitória, Igor e Senhor Paulo, a problemática e o contexto geográfico em que a história se passa por meio de um mapa (Figura 4.2), no qual é possível ver a localização de diversas minas de chumbo, além de algumas áreas de ocupação humana no Parque.

Figura 4.2 - Mapa inserido na Parte I do caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 4.2 foi criada a partir daquela presente em Cotta, Rezende e Piovani (2006, p. 41). A utilização do mapa original era inviável visto que a situação ocorrida com o Senhor Paulo é fictícia, no entanto, ressalta-se que tal não é infactível. O mapa original possui ainda baixa nitidez, o que dificultaria o trabalho com a inscrição em proporções maiores e sem perda de qualidade. Os demais mapas presentes nos casos *Uma Barragem que não está para Peixe* e *Um Rio de Minérios* também foram criados com base naqueles presentes em seus respectivos artigos de inspiração.

As perguntas a serem discutidas em sala de aula colocam em perspectiva o resgate e entendimento dos conhecimentos que os estudantes possuem até então acerca da temática, a construção de hipóteses e o delineamento de uma questão problema para investigação. A primeira pergunta procura o reconhecimento de informações e conceitos faltantes ou inadequados entre os estudantes. A segunda e terceira pergunta visam à obtenção de indicativos para guiar a investigação, por meio da elaboração de hipóteses acerca da origem da contaminação por chumbo dos habitantes da região e a elaboração de uma questão a ser investigada pelo grupo.

Em relação às perguntas que foram trabalhadas em horário extraclasse, no que tange à ampliação dos conhecimentos que os estudantes possuem sobre a temática abordada no caso, estes são solicitados a buscar e realizar a leitura de um texto de divulgação científica que tratasse do assunto abordado no caso, identificando também quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e resolução do caso. Ressalta-se que os estudantes possuíam conhecimentos acerca de como localizar e quais os aspectos dos textos de divulgação científica, adquiridos a partir do estudo desse gênero textual em disciplina anterior. A partir disso, os grupos precisam listar quais os conteúdos e conceitos (científicos ou gerais) e informações sobre o contexto local seriam interessantes conhecer para uma melhor elaboração de hipóteses e entendimento mais claro do problema a ser solucionado. Visando fornecer subsídios para a escolha de pontos de amostragem, os grupos são também solicitados a realizar a leitura do material *Localização de Pontos de Amostragem* (Apêndice D), elaborado com base em Figueiredo (2004) e CETESB (2001), que apresenta critérios para demarcação de pontos de coleta de amostras em uma área contaminada.

Parte II

Dando continuidade à adição de informações ao estudo de caso interrompido, a narrativa da Parte II apresenta detalhes acerca das atividades realizadas pela Mineradora Hortas no Parque da Divina há 10 anos, que envolviam a extração do minério galena, beneficiamento do chumbo e descarte de materiais junto às margens do Rio das Hortas. Este é o primeiro momento no qual os estudantes têm contato com a informação de que as atividades de mineração na região estão cessadas há bastante tempo. A partir disso, Vitória e Igor se indagam sobre a possibilidade de a água do Rio das Hortas ainda estar sob a influência das atividades da antiga mineradora. Os personagens apresentam, então, informações acerca do comportamento de metais pesados no meio ambiente, em especial, nos recursos hídricos, que podem permanecer acumulados nos sedimentos por longos períodos (COTTA; REZENDE; PIOVANI, 2006). Vitória e Igor debatem ainda acerca da importância dos sedimentos para a avaliação da contaminação por metais em recursos hídricos.

Como atividade de sala de aula, os grupos são solicitados a escolher e demarcar pontos de amostragem de sedimentos nos rios do Parque da Divina, apresentando justificativas para tais escolhas. Para isso, a narrativa da Parte II inclui um mapa idêntico ao da Figura 4.2. Já a pergunta extraclasse solicita a realização de pesquisas acerca de duas técnicas analíticas para determinação de alumínio, cádmio, crômio, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo e zinco em sedimentos, de maneira que tais sejam contrapostas e os grupos argumentem a favor de uma

delas como sendo a mais adequada. Para isso, foram sugeridos os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, entre outros.

Parte III

A narrativa da Parte III apresenta a escolha de pontos de amostragens e o procedimento experimental de preparo e análise de amostras realizados pelos personagens Vitória e Igor, que representam aqueles de Cotta, Rezende e Piovani (2006). As perguntas dessa etapa, todas como atividades extraclasse, colocam em foco a comparação dos pontos de amostragens e equipamento escolhidos pelos estudantes com aqueles adotados pelos personagens, avaliando a necessidade de alteração.

Visando fornecer subsídios para as discussões programadas na próxima parte, a partir dos pontos de amostragens de Vitória e Igor, os grupos precisam elaborar tendências e previsões referentes aos resultados da análise dos metais nos sedimentos do Rio do Campo; e pesquisar acerca dos conceitos de metais biodisponíveis e metais pseudototais. Para o caso *Um Rio de Minérios*, os grupos são requisitados a pesquisar sobre metais pseudototais e metais trocáveis, frações abordadas no artigo de inspiração do caso (MELO et al., 2012).

Parte IV

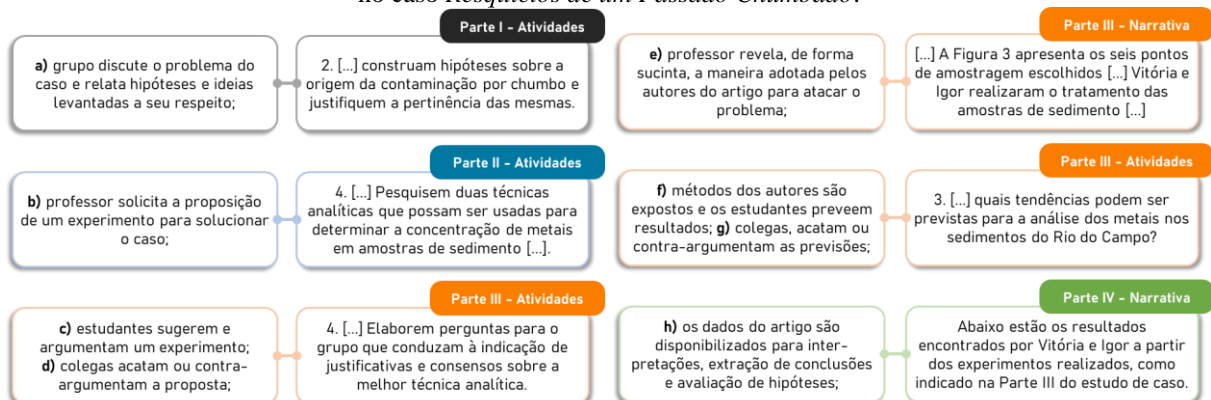
Por fim, na Parte IV, a narrativa apresenta informações conceituais acerca do comportamento aquático dos metais em destaque no caso e tabelas com os dados obtidos por Vitória e Igor com as concentrações de metais pseudototais e biodisponíveis nos sedimentos do Rio do Campo. As tabelas apresentadas foram construídas a partir daquelas presentes no artigo de inspiração do caso. Para o estabelecimento de relações entre os dados obtidos e o contexto físico dos pontos de coleta de amostras, o mapa da região do Parque da Divina (Figura 4.2) é resgatado, junto à apresentação de justificativas às escolhas dos pontos pelos personagens. Por fim, apresenta-se uma tabela com valores de referência para a avaliação da concentração de metais em sedimentos, que se referem àqueles utilizados no artigo de inspiração do caso. Cotta, Rezende e Piovani (2006), para o caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, utilizam os valores disponíveis em Crommentuijn et al. (2000). Voigt, Silva e Campos (2016), para o caso *Uma Barragem que não está para Peixe*, utilizam valores do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 2012). Já para o caso *Um Rio de Minérios*, Melo et al. (2012)

utilizam valores disponíveis em legislações internacionais, mais especificamente, Espanha, Estados Unidos, Países Baixos e Canadá.

As perguntas de sala de aula solicitam o estabelecimento de relações iniciais entre os resultados adquiridos por Vitória e Igor e os pontos de amostragem, e o esboço de representações visuais alternativas para as tabelas disponibilizadas na Parte IV, tendo em vista a melhor interpretação dos dados. A partir disso, as perguntas a serem resolvidas em horário extraclasse requisitam a produção das representações visuais esboçadas e o seu uso para aprofundamento das relações iniciais sugeridas e extração de conclusões acerca da ocorrência de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais pesados. Para finalizar, os últimos questionamentos requisitam uma avaliação das tendências e previsões elaboradas na parte anterior; a elaboração de considerações acerca das hipóteses levantadas na Parte I; e preenchimento de um quadro-síntese das atividades realizadas para a resolução do estudo de caso.

A estrutura de quatro partes ilustrada, que segue a identificação do problema, delineamento de experimentos, análise, discussão e avaliação de resultados, com o uso de inscrições como artefatos no processo de resolução, também foi utilizada para a construção dos demais estudos de caso. A Figura 4.3 apresenta as etapas propostas por Herreid (2005a) para a aplicação de estudos de caso interrompidos e os trechos e perguntas do estudo de caso *Resquícius de um Passado Chumbado* nas quais tais se evidenciam.

Figura 4.3 - Etapas propostas por Herreid (2005a) para aplicação de casos interrompidos e onde se evidenciam no caso *Resquícius de um Passado Chumbado*.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 4.3 ilustra que o estudo de caso *Resquícius de um Passado Chumbado* está alinhado e contempla todas as etapas propostas por Herreid (2005a), estando elas distribuídas ao longo das partes do caso em ordem cronológica de acontecimentos, ou seja, à medida que se

avança na adição de informações, avança-se também na aplicação da proposta. Com respeito ao uso inscrições para produção de argumentos, ao longo da resolução do caso, existem situações em que elas podem ser elaboradas pelos estudantes, como nos itens b (proposição de experimento) e h (interpretação de dados); outras são fornecidas, como nos itens a (apresentação da região), f (experimento adotado pelos personagens) e h (interpretação de dados), momento em que são disponibilizadas inscrições originadas no artigo de inspiração. Além disso, nos itens c, d, i e g, é viável o desencadeamento de ações por parte do professor para que os alunos estabeleçam relação de criticidade e argumentação por meio das inscrições trabalhadas.

4.2 Contexto de Aplicação da Proposta

A aplicação da proposta se deu no curso de bacharelado em química do IQSC/USP, na disciplina CELC-II, durante o segundo semestre de 2020. A adequação da aplicação na referida disciplina se relaciona com o seu principal objetivo, que consiste no aprimoramento das capacidades de escrita, leitura e comunicação oral dos estudantes. A aplicação das atividades baseadas na resolução de estudos de caso interrompidos vai ao encontro dos objetivos da disciplina na promoção de letramento gráfico associado à argumentação. Os estudantes já possuíam conhecimentos acerca das características estruturais do gênero artigo original de pesquisa, por terem cursado a disciplina Comunicação e Expressão em Linguagem Científica I (CELC-I), pré-requisito à CELC-II, ministrada com base no livro-texto *Comunicação e Linguagem Científica: guia para estudantes de química* (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2017).

A disciplina tem carga horária total de 60 horas, equivalente a três créditos (dois créditos aula e um crédito trabalho) e contava inicialmente com 28 alunos, dentre os quais, um evadiu. No referido semestre, a disciplina foi ministrada às quintas-feiras, das 10h às 11h40, de maneira remota, devido às condições impostas pela pandemia de Covid-19. Dessa maneira, foram utilizados dois ambientes virtuais para a realização das atividades. O primeiro deles é o Google Meet, utilizado para realização de encontros semanais com os estudantes e discussão das atividades. Os links de acessos eram enviados aos grupos em momento anterior ao horário de aula. As formas de participação nas reuniões incluíam vídeo, áudio, texto e compartilhamento de tela. Destaca-se o recurso ‘Gravar Reunião’, que permitiu a gravação da participação dos estudantes em diferentes formatos em todos os encontros realizados em horário de aula. O segundo ambiente é o Tidia-Ae, utilizado para envio de avisos, repositório de materiais fornecidos pela docente e escaninho para depósito de materiais pelos discentes.

A participação do aluno de doutorado na disciplina se deu como bolsista do Programa de Aperfeiçoamento de Ensino (PAE), que tem como objetivo aprimorar a formação do pós-graduando para atividade didática de graduação. O bolsista auxiliava na condução das atividades relacionadas aos estudos de caso. A disciplina contava ainda com a participação de outro estagiário PAE, uma aluna de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Química do IQSC/USP, que auxiliava na condução de outras atividades não relacionadas aos estudos de caso. A sequência de atividades desenvolvidas para a aplicação dos estudos de caso pode ser visualizada na Figura 4.4. Ressalta-se que as atividades dos casos intercalavam-se com as demais da disciplina, não associadas à esta pesquisa. O cronograma da disciplina pode ser visualizado no Apêndice E.

Durante a primeira aula, os alunos se dividiram em seis grupos (G1 a G6) de quatro a cinco integrantes, sendo escolhido um gestor para cada grupo, que foi orientado a, no Tidia-Ae, abrir um diretório designado ‘Portfólio do Grupo’, no qual deveriam ser depositadas todas as atividades realizadas em grupo durante a disciplina, que incluíam as atividades do caso. Em seguida, foi realizada a distribuição de três artigos originais de pesquisa entre os grupos, que serviram de base para a realização das demais atividades da disciplina. A leitura do artigo e realização de tais atividades tinham ainda como objetivos aproximar os alunos com a temática de análise de sedimentos em recursos hídricos e auxiliá-los com conhecimentos para a resolução dos casos. O artigo que cada grupo recebeu determinou também qual caso o grupo iria solucionar. As referências dos artigos distribuídos a cada grupo e os estudos de caso associados podem ser visualizados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Referência dos artigos distribuídos entre os grupos da disciplina CELC-II e casos associados.

Grupo	Referência	Estudo de Caso Associado
G1, G4	CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A. D.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). <i>Química Nova</i> , v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.	<i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>
G2, G5	BELO, A.; QUINÁIA, S. P.; PLETSCH, A. L. Avaliação da contaminação de metais em sedimentos superficiais das praias do lago de Itaipu. <i>Química Nova</i> , v. 33, n. 3, p. 613-617, 2010.	<i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>
G3, G6	CAMPOS, A. E. L.; NUNES, G. S.; OLIVEIRA, J. C. S. D.; TOSCANO, I. A. S. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da ribeira, em São Luís, Maranhão. <i>Química Nova</i> , v. 32, n. 4, p. 960-964, 2009.	<i>Um Rio de Minérios</i>

Figura 4.4 - Atividades realizadas para a aplicação dos estudos de caso na disciplina CELCII.



Fonte: Autoria Própria.

Os artigos do Quadro 4.2 foram retirados da revista Química Nova, e foram escolhidos mediante os seguintes critérios: os textos precisavam estar redigidos em língua portuguesa, possuir extensão de 5 a 6 páginas, abranger a determinação de metais pesados em sedimentos de recursos hídricos e com conteúdos compatíveis com os conhecimentos adquiridos até então pelos bacharelados em química, matriculados no segundo semestre.

De acordo com o Quadro 4.2, o texto de Corbi et al. (2006) foi distribuído para os grupos G1 e G4, os quais trabalharam com o caso *Resquícios de um Passado Chumbado*. O artigo de Belo, Quináia e Pletsch (2010) foi destinado aos grupos G2 e G5, que solucionaram o caso *Uma Barragem que não está para Peixe*. Por fim, o artigo de Campos et al. (2009) foi designado aos grupos G3 e G6, que determinou para esses grupos o caso *Um Rio de Minérios*. Em concordância com o Código de Ética da Universidade de São Paulo (Resolução Nº 4871/01), ao final da primeira aula, os alunos foram então solicitados a, caso aceitassem, assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice F) para a participação nesta pesquisa, por meio do Google Forms. Dos 28 alunos, quatro se recusaram a assinar o Termo.

Posteriormente, foram ministradas duas aulas expositivas-dialogadas. A primeira se caracterizou pela apresentação de instruções acerca da elaboração e realização de exposições orais acadêmicas, discutindo com os estudantes os seguintes conteúdos: discurso e comportamento durante a exposição oral; estrutura composicional do gênero exposição oral, de acordo com Cabral, Peron e Queiroz (2019) e Dolz et al. (2004); construção do material da apresentação (slides); e uso de imagens e gestos na exposição oral, de acordo com Lima e Queiroz (2020; 2021) e Cabral, Peron e Queiroz (2019).

A segunda aula se refere à explicação do que são os estudos de caso interrompidos e o fornecimento de instruções acerca de como se daria a sua aplicação na disciplina, sendo apresentado o exemplo do caso interrompido denominado *Canavial de Lixões* (LIMA; OLIVEIRA; QUEIROZ, 2022). Os alunos foram convidados a ler as narrativas, enquanto a docente apresentava os conceitos, as questões e atividades elucidadas durante a resolução do caso. Foram ressaltados ainda aspectos da aplicação referente ao trabalho de pesquisa em grupo, as respostas a serem fornecidas às perguntas do caso, os erros comuns que deveriam ser evitados e a dinâmica de aplicação no Google Meet. Foram também apresentados exemplos referentes a uma EOE *Canavial de Lixões* e de uma exposição oral característica da área de Química, ocorrida em um evento científico, com o objetivo de solidificar os conhecimentos apresentados nas duas aulas.

Durante a aplicação e resolução dos estudos de caso, as atividades eram igualmente realizadas para todos os grupos. Cada grupo era atendido individualmente no Google Meet,

visto que trabalhavam com casos diferentes, e cada sessão durava aproximadamente 40 min. O próximo grupo só entrava na sessão quando finalizado o encontro com o anterior. Entre outras características das sessões destaca-se que:

- a) a apresentação das narrativas, perguntas e outros materiais escritos, que guiavam as sessões, se deu pela construção e uso de slides como material de apoio, projetados no Google Meet;
- b) os grupos foram orientados a realizar anotações acerca dos aspectos discutidos nas sessões;
- c) os grupos deveriam depositar no Tidia-Ae respostas escritas para as questões de sala de aula, em até 40 min após finalizada a sessão online. O prazo para entrega das atividades extraclases, no mesmo ambiente virtual, era de cinco dias;
- d) em momentos anteriores ao início das sessões, a professora depositava no Tidia-Ae o arquivo referente à parte do estudo de caso que seria discutida, e assim, os grupos podiam posteriormente consultar a narrativa e as perguntas;
- e) feedbacks das respostas escritas foram disponibilizados. Para tal, a professora lia o material depositado no Tidia-Ae e escrevia no próprio documento comentários em relação ao cumprimento das solicitações de cada pergunta. Tais considerações eram apresentadas durante as sessões no Google Meet e o arquivo comentado era enviado por e-mail ao grupo.

Serão descritas a seguir as atividades realizadas para a aplicação e resolução dos estudos de caso, em paralelo com as etapas propostas por Herreid (2005a).

a) discussão dos conteúdos do caso e levantamento de hipóteses e ideias a respeito do problema

Para cumprimento da etapa *a)*, na primeira sessão de resolução dos casos, os grupos foram apresentados aos personagens e à situação problema com a qual iriam trabalhar. A primeira etapa do encontro se constituiu na leitura em conjunto da narrativa, de modo que os estudantes assumiram papéis de personagens ou narrador. Em seguida, a professora realizou a leitura das perguntas de sala de aula e mediou as discussões e elaboração de respostas pelos grupos.

Durante as discussões, a professora estabeleceu direcionamentos para que os grupos criassem estratégias de resolução voltadas para a análise de sedimentos, por meio do resgate de informações adquiridas nas demais atividades da disciplina (exercícios individuais e exposições orais acadêmicas), baseadas nos artigos do Quadro 4.2. Os textos em destaque proporcionam conhecimentos acerca da importância dos sedimentos e das justificativas para o seu uso em

investigações ambientais que envolvem recursos hídricos, como por exemplo, em Corbi et al. (2006):

A escolha do sedimento como meio de investigação deve-se ao fato deste desempenhar o papel mais importante no esquema de poluição de sistemas de rios e córregos por metais e compostos organoclorados, uma vez que o sedimento reflete a qualidade corrente do sistema aquático e pode ser usado para detectar a presença de contaminantes que não permanecem solúveis após seu lançamento em águas superficiais. Além disso, de acordo com Margalef, o sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático (CORBI et al., 2006, p. 61).

Após a discussão das perguntas de sala de aula, a professora leu e explicou as atividades a serem realizadas em horário extraclasse.

b) proposição de um design experimental para investigação do problema

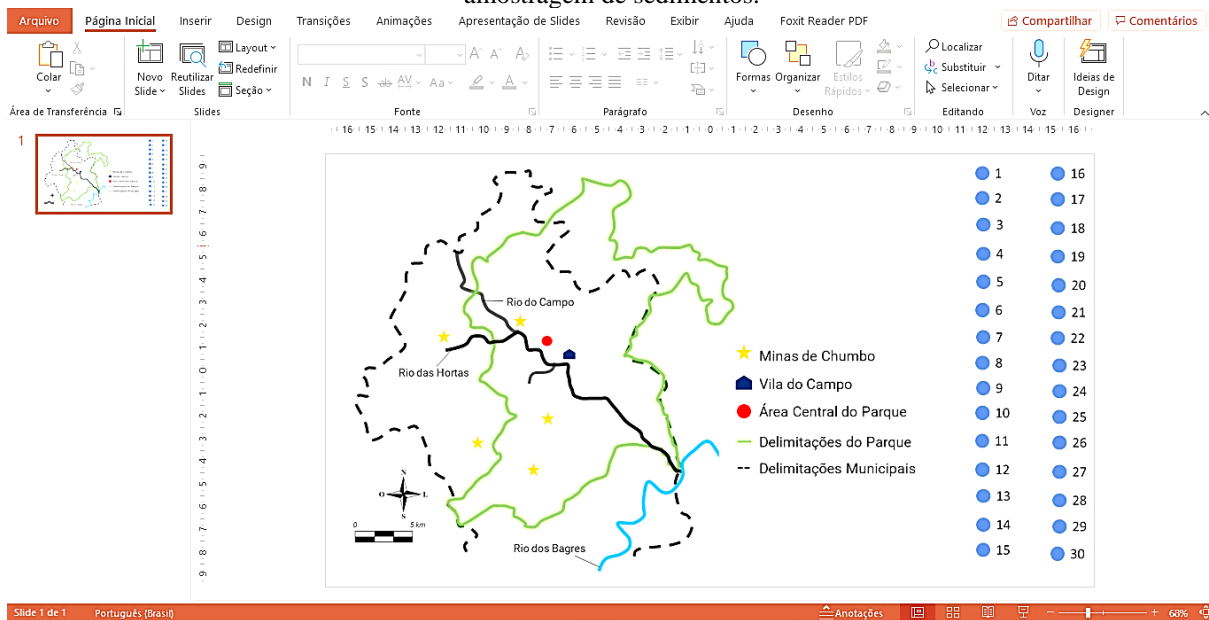
Em relação à etapa *b*), a segunda sessão de aplicação dos estudos de casos foi dividida em dois momentos. O primeiro se constituiu pela apresentação de feedbacks às respostas das perguntas da parte anterior, das quais, uma questionava quais informações acerca do contexto do caso os grupos gostariam de conhecer para uma melhor elaboração de hipóteses. As informações solicitadas possuíam diferentes naturezas. Informações a respeito da região, como por exemplo, relevo e clima, condição das matas ciliares etc., foram apresentadas nesse primeiro momento. Informações a respeito de fatores antropológicos que poderiam estar causando contaminações na região, como por exemplo, se havia depósito de efluentes industriais nos recursos hídricos, foram respondidas durante a leitura da narrativa da Parte II, quando tal contemplava as informações requisitadas. Quando não, tais informações também foram apresentadas no primeiro momento.

No segundo momento, foi realizada a leitura conjunta da narrativa, seguida da leitura da pergunta a ser discutida em sala de aula, que requisitava a demarcação de pontos de amostragem de sedimentos, utilizando dos mapas veiculados em cada caso. Ressalta-se que, como atividade extraclasse, os grupos deveriam ter lido o material *Localização de Pontos de Amostragem* (Apêndice D). Para demarcação dos pontos, junto com o link de acesso ao Google Meet, cada grupo recebeu um arquivo .ppt, que continha o mapa do seu caso e pontos numerados ao lado, como exemplificado na Figura 4.5, que apresenta o arquivo enviado ao G1 e G4.

Um estudante de cada grupo foi convidado a baixar e projetar o arquivo no Google Meet, e junto aos demais integrantes, discutir a localização dos pontos de amostragem, pensando também em justificativas para tal. Ao chegarem em um consenso a respeito de determinado

ponto, o estudante selecionava e arrastava um dos pontos numerados e colocava-o sobre a posição discutida. A professora realizou intervenções quando necessário. Apesar de haver 30 pontos numerados na Figura 4.5, os grupos foram informados que poderiam utilizar a quantidade de pontos que julgassem necessária, seja ela mais ou menos. Ao final da atividade, o grupo depositou o mapa e as justificativas as escolhas de pontos no Tidia-Ae. Por fim, foi realizada a leitura da pergunta extraclasse, que requisitou a pesquisa de duas técnicas analíticas para a determinação de metais em amostras de sedimentos, e argumentação a favor de uma delas como sendo a mais adequada, segundo critérios sugeridos.

Figura 4.5 - Arquivo enviado aos grupos G1 e G4 para realização da atividade de demarcação de pontos de amostragem de sedimentos.



Fonte: Autoria Própria.

c) apresentação aos colegas e argumentação a favor da proposta de design experimental; d) argumentação ou contra-argumentação dos colegas acerca dos aspectos da proposta

Para alcance das etapas *c)* e *d)*, a terceira sessão de estudo de caso se caracterizou pela realização de um debate entre os grupos que estavam trabalhando com o mesmo estudo de caso, ou seja, G1 com G4, G2 com G5 e G3 com G6, com duração média de 30 a 40 min cada. Para organização do debate, inicialmente, as respostas dadas às perguntas da Parte II dos estudos de caso foram coletadas no Tidia-Ae e lidas pela professora, realizando-se apontamentos em relação ao cumprimento das solicitações e do teor científico. Os feedbacks foram enviados via e-mail para cada grupo ao final da terceira sessão. Em seguida foram elaborados três documentos, um para cada dupla de grupos oponentes, que continham instruções para a realização do debate (conduta esperada, escolha de um integrante do grupo para uma

explicação dos experimentos propostos e funcionamento dos turnos de perguntas) e uma tabela com a questão de pesquisa de cada oponente, os mapas de pontos de amostragem e os equipamentos escolhidos para as análises. Com essas informações, cada grupo foi solicitado a elaborar duas perguntas para o grupo oponente, com o objetivo de aquisição de melhor entendimento das propostas. Os arquivos foram enviados por e-mail para os grupos oponentes dois dias antes do encontro online.

A sessão 3 se dividiu em dois momentos. O primeiro deles foi a realização do debate, o qual ocorreu de acordo com a sequência de eventos elucidadas por Fatareli, Ferreira e Queiroz (2014): primeiramente, foram identificados os estudantes que realizariam a explicação inicial, solicitando que cada um deles escolhesse entre números ímpares ou pares. Foi utilizado um gerador de números aleatório on-line para definir a ordem de apresentação. Com base nos sorteios, a apresentação do G1, G2 e G3 antecedeu a do G4, G5 e G6, respectivamente.

As apresentações, com duração de até cinco minutos, se deram com base em um slide projetado pela professora, que continha o mapa de pontos de amostragem do grupo e as técnicas pesquisadas, com destaque para aquela escolhida. A Figura 4.6 exemplifica o slide empregado durante a explicação realizada pelo integrante do G1.

Figura 4.6 - Slide empregado durante a explicação inicial do G1 durante a sessão 3.

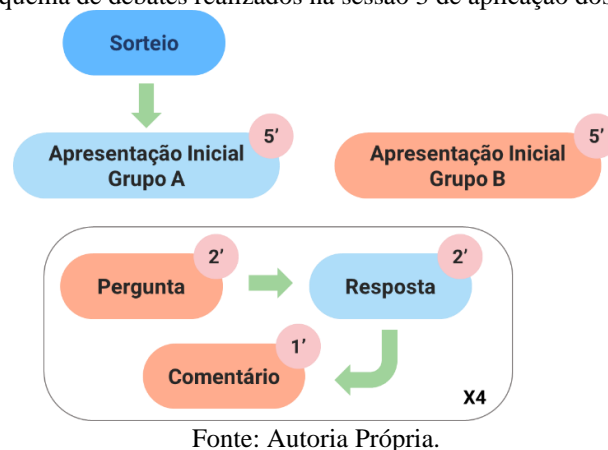


Fonte: Autoria Própria.

Em seguida, deu-se início às rodadas de perguntas. Para tal, o último grupo a apresentar possuiu dois minutos para realizar a primeira pergunta. Em seguida, o grupo oponente, possuiu dois minutos para elaborar sua resposta, e o grupo que realizou a pergunta, possuiu mais um minuto para realizar comentários. Em seguida, o grupo que acabara de responder, agora possuía

o direito de pergunta. Tanto as perguntas, quanto as respostas e os comentários poderiam ser realizados por qualquer integrante dos grupos. Cada grupo elaborou duas questões, de maneira que foram realizadas quatro rodadas de perguntas, com uma duração média de cinco minutos cada. Durante os turnos de pergunta, o slide referente às escolhas do grupo que estava sendo questionado, como aquele exemplificado na Figura 4.6, ficava em exibição no Google Meet. A Figura 4.7 resume a sequência de eventos dos debates.

Figura 4.7 - Esquema de debates realizados na sessão 3 de aplicação dos estudos de caso.



e) apresentação do design experimental adotado pelos personagens do caso; f) elaboração de previsões acerca dos resultados alcançados

Para cumprimento das etapas *e)* e *f)*, após a finalização do debate, ainda com os dois grupos no Google Meet, foi realizada a leitura conjunta da narrativa da Parte III, que continha as escolhas dos personagens para o procedimento experimental, seguida da leitura das perguntas extraclasse, que colocavam em destaque a comparação dos pontos de amostragens e equipamento escolhidos pelos grupos com aqueles propostos pelos personagens, avaliando a necessidade de alteração; a elaboração de tendências e previsões referente aos resultados da análise dos metais nos sedimentos do corpo hídrico em investigação; e o entendimento de conceitos de metais biodisponíveis, pseudototais e trocáveis.

g) disponibilização dos resultados encontrados pelos personagens e discussão com realização de ponderações sobre as hipóteses inicialmente levantadas

Em relação à etapa *g)*, a sessão 4 foi dividida em dois momentos. O primeiro deles foi uma sessão conjunta com todos os grupos, na qual a docente realizou uma aula expositiva dialogada, com uma duração de 25 min, com o objetivo de rever conceitos e ideias fundamentais comuns aos três estudos de casos, visando uma boa interpretação de dados a serem fornecidos

na Parte IV. Os conteúdos abordados foram: fontes naturais e antropológicas de metais em recursos hídricos; forma química dos metais em recursos hídricos e sedimentos; importância dos sedimentos para investigações ambientais; composição dos sedimentos; metais biodisponíveis, pseudototais e trocáveis; mobilização de metais em sedimentos.

Em seguida, foi apresentado o feedback com respeito à questão que solicitava a pesquisa sobre os conceitos de metais biodisponíveis, pseudototais e trocáveis, e exemplificação em pesquisas relatadas em teses ou dissertações. Foi ressaltada a utilidade desses textos, no sentido de que neles poderiam ser verificados exemplos de representação e discussão de dados. O feedback das demais questões foi enviado aos grupos por e-mail, no final da sessão. Para finalizar a sessão conjunta, a professora recomendou a leitura de dois materiais disponíveis no Tidia-Ae: o artigo de revisão de Amorim et al. (2008), *Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multielementares*, e um capítulo de um material didático desenvolvido por Garcia e Passos (2012), que tem como título da *Química de Sedimentos*.

No segundo momento da sessão, individualmente, os grupos realizaram a leitura da narrativa da Parte IV, que continha a apresentação de informações acerca dos metais em destaque na análise de dados, os resultados obtidos pelos personagens na forma de tabelas, o resgate do mapa de pontos de amostragem dos personagens juntamente às justificativas para as escolhas, outras informações a respeito do contexto geográfico do caso e valores máximos recomendáveis. Em seguida, a professora realizou a leitura das perguntas a serem trabalhadas durante a sessão, coordenando a discussão entre os alunos. E por fim, realizou a leitura das questões extraclasse. Foi ainda recomendado que os alunos relesem as narrativas das partes anteriores, visando lembrar aspectos do contexto investigativo que poderiam influenciar na discussão dos dados e no alcance de conclusões. Ressalta-se que a etapa g) aqui descrita, não corresponde àquela proposta por Herreid (2005a), visto que não houve um momento específico para os grupos argumentarem previsões de resultados.

Finalizadas as ações que se relacionam com as etapas propostas por Herreid (2005a), a sessão 5 foi dividida em dois momentos, com os grupos ainda sendo atendidos individualmente. O primeiro deles se configurou como a apresentação dos feedbacks das respostas da Parte IV, buscando melhorar as relações que deveriam ser estabelecidas entre os dados e a localização dos pontos de amostragem, com apoio das representações visuais criadas pelos grupos. Como atividade resultante dessa etapa, os grupos deveriam reescrever as respostas, sendo concedido um prazo de sete dias para tal.

O segundo momento se configurou por uma aula expositiva dialogada conduzida pela docente da disciplina, para elucidação de aspectos acerca do texto argumentativo científico e

dos elementos que ele deveria conter para que fosse convincente aos pares, de acordo com a perspectiva retórica proposta por Takao e Kelly (2003). Além disso, os elementos do TAP foram brevemente apresentados, utilizando exemplos retirados das próprias respostas dos grupos para demonstrar que eles estavam sabendo construir argumentos, que, no entanto, poderiam ser melhorados com a inclusão de determinados aspectos.

Por fim, os grupos foram instruídos acerca da produção de EOEC com as seguintes seções: *Resgate da Narrativa*, *Contextualização do Tema Abordado*, *Hipóteses e Questão Elaboradas*, *Procedimentos Experimentais* (sendo estes aqueles adotados pelo grupo e pelos personagens), *Resultados e Discussão*, *Conclusões* e *Resposta do Grupo aos Personagens do Caso*. Foram ainda revisadas as instruções apresentadas na Aula 2 acerca do uso de representações visuais em exposições orais. Ao final da sessão, os arquivos de feedbacks e os slides utilizados nessa sessão foram enviados por e-mail para os grupos.

Para finalizar, foram ainda realizadas duas atividades. A primeira delas, de caráter individual, se constituiu na escrita de um texto dissertativo-argumentativo, com estrutura semelhante à de um artigo original de pesquisa, que abordasse o processo de resolução do caso. Para tal, os estudantes deveriam utilizar as narrativas e as respostas fornecidas. O texto deveria conter as seguintes seções: *Título*, *Introdução*, *Metodologia Experimental*, *Resultados e Discussão*, *Conclusões* e *Referências*. O texto deveria ser depositado no diretório individual de cada aluno no Tidia-Ae.

A segunda atividade, de caráter grupal, contemplou a apresentação oral das resoluções dos estudos de caso para a professora, estagiários PAE e colegas. Um aluno de cada grupo, por meio da projeção de slides no Google Meet realizou a apresentação, com duração estipulada de 15 min. A ordem de apresentação seguiu a ordem numérica dos grupos, ou seja, do G1 ao G6. Os grupos foram ainda requisitados a depositar no Tidia-Ae os slides elaborados.

A partir das conclusões apresentadas, em aula posterior, a professora discutiu com os grupos que resolveram o mesmo caso as conclusões obtidas pelos personagens, que se caracterizavam por trechos das seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões* dos artigos que deram origem aos estudos de caso. A professora realizou a leitura dos trechos, ponderando se as conclusões extraídas pelos grupos se aproximaram ou não daquelas que estavam sendo comentadas.

4.3 Coleta e Análise de Dados

4.3.1 Dados Coletados

Como mencionado, todas as sessões no Google Meet foram gravadas e toda a produção textual e visual elaborada foi levada ao Tidia-Ae. Com base nos dados coletados por esses recursos, o *corpus* de análise deste estudo se constitui:

- a) pelas **gravações das discussões realizadas em sala de aula em cada sessão de aplicação dos estudos de caso**, pelas **respostas grupais dadas às perguntas inseridas em cada parte dos casos** e pelos **textos dissertativos-argumentativos elaborados individualmente**, que permite um contato com o processo de resolução do caso realizado por cada grupo de alunos; e
- b) pelas **gravações em áudio e vídeo das EOEC** e pelos **arquivos dos slides projetados**, que permitem observar o letramento gráfico associado ao discurso argumentativo desenvolvido ao longo das atividades.

Em relação à seleção de dados para análises, foram considerados os grupos nos quais todos os alunos participaram de todas as atividades de aplicação dos seus respectivos estudos de caso. Com base neste critério, foram analisados o argumento e letramento gráfico referentes aos grupos G1, G2 e G3 durante a apresentação da EOEC, já que é nesta que os grupos elaboram os argumentos para sustentar a solução apresentada e utilizam inscrições de diferentes naturezas.

As EOEC do G1, G2 e G3, doravante EO-G1, EO-G2 e EO-G3, para os casos *Resquícius de um Passado Chumbado*, *Uma Barragem que não está para Peixe* e *Um Rio de Minérios*, respectivamente, foram transcritas, utilizando as convenções ilustradas no Quadro 4.3. Erros gramaticais foram corrigidos durante o processo, de maneira que não houvesse alteração no sentido do discurso.

Quadro 4.3 - Convenções adotadas para a elaboração das transcrições, baseadas em Petri (1999).

Ocorrência	Sinalização
Palavras ou segmentos inaudíveis	()
Comentários do transcritor	((comentários))
Compreensão parcial de palavras ou segmentos	(hipótese do que se ouviu)

4.3.2 Análise da Argumentação

A análise da qualidade da argumentação oral dos estudantes se deu em duas perspectivas: status epistêmico e coesão lexical, ambas com base na classificação das proposições que compõem o argumento nos níveis epistêmicos propostos no Quadro Analítico de Kelly e Takao (2002). Tais níveis são dependentes da atividade e da área do conhecimento em questão. Assim, o primeiro passo de análise diz respeito à adaptação dos níveis epistêmicos do Quadro 2.1 para o contexto das atividades de estudos de caso interrompidos. As definições empregadas nesta pesquisa para os níveis epistêmicos podem ser visualizadas no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 - Níveis epistêmicos para a análise de argumentos produzidos por estudantes durante EOEC que possuem como temática a análise de metais pesados em sedimentos de recursos hídricos, adaptados do Quadro Analítico de Kelly e Takao (2002).

Nível Epistêmico	Definição
VI	Proposições gerais que descrevem processos ambientais ou conceitos científicos atrelados a definições usualmente presentes em livros didáticos ou em normas técnicas.
V	Proposições na forma de assertivas teóricas gerais para a região em estudo, pautadas na discussão dos dados ou da literatura.
IV	Proposições na forma de assertivas teóricas ilustradas a partir do uso de dados e normas técnicas, para a região em estudo.
III	Proposições que estabelecem relações entre dados referentes à região em estudo.
II	Proposições que descrevem ou justificam o uso de dados referentes à região em estudo.
I	Proposições que fazem menção a dados referentes à região em estudo, construídos ou fornecidos no caso.

De acordo com o Quadro 4.4, no nível epistêmico I foram classificadas as proposições que fazem menção a dados da região em estudo, sejam eles fornecidos no estudo de caso, o que inclui inscrições (gráficos, tabelas e mapa) e informações presentes nas narrativas, ou construídos pelos estudantes durante a sua resolução. Com respeito à menção de inscrições no contexto dos modos comunicacionais que compreendem o gênero exposição oral, diferentemente de Kelly e Takao (2002), foram consideradas para compor o nível I as menções orais e gestuais, sendo contabilizadas apenas a primeira menção. Tomando como exemplo a EO-G1, nas proposições “*eu fiz uma tabela ((gestos de movimentos circulares em torno da tabela)) para mostrar estes valores mais de perto*”, e “*a concentração ((gestos de movimentos circulares em torno da célula ‘Concentração (mg/kg)’)) está em miligramas por quilo*”, existem

menções orais e/ou gestuais a uma mesma tabela, no entanto, somente a primeira proposição foi classificada e contabilizada como de nível epistêmico I.

No nível epistêmico II foram classificadas as proposições que descrevem as características ou que justificam os dados utilizados no estudo. Este nível foi adaptado para abarcar aspectos relacionados ao uso e comunicação de inscrições na EOEC, sendo nele classificadas as proposições nas quais os grupos descreviam e justificavam o uso de dados na forma de inscrições (mapas, tabelas e gráficos) na apresentação. Por exemplo, as proposições *“aqui, os resultados dos pseudototais, podemos ver logo de cara que tem a cor vermelha aqui”* e *“Sendo o Nível I da CONAMA, se está abaixo do Nível I, está tranquilo, não sofre, não causa nenhum problema e nenhum impacto para a saúde humana, e nem para a biota marinha, que é aqueles que estão em verde”* foram classificadas como de nível II já que descrevem a presença de elementos visuais (cores) presentes em uma tabela de dados da região em estudo, demonstrando também para a audiência como eles devem ser interpretados. Já a proposição *“eu quero focar apenas no chumbo, no zinco e no cobre, porque nessas minas de chumbo, o minério retirado era a galena”* foi classificada como de nível II porque nela se justifica a delimitação da análise para os metais chumbo, zinco e cobre.

No nível epistêmico III estão as proposições que estabelecem relações entre os dados da região em estudo, elucidadas quando os grupos expunham tendências e/ou comparações entre os dados. Citam-se alguns exemplos característicos de proposições que foram classificadas nesse nível. A proposição *“o zinco, nos pontos perto da Vila, ele possui uma quantidade maior do que o de chumbo”* foi classificada como de nível epistêmico III pois realiza uma comparação entre as concentrações de zinco e chumbo nos pontos de amostragem que se localizam perto da Vila do Campo. Já as proposições *“o crômio, ele aumenta bastante no ponto 2, e depois aumenta mais ainda no ponto 3 e se mantém no ponto 4”* e *“o ponto 16 possui uma grande magnitude”* se classificam no mesmo nível porque estão elaborando tendências nos dados. Como exemplo final, na proposição *“aqui é a tabela dos biodisponíveis, que também no ponto 1, a gente pode ver a presença de valores acima do permissível em zinco”*, ao utilizar o termo *“também”*, o grupo estabelece uma comparação entre os dados de concentração de metais biodisponíveis e pseudototais, apresentados em momento anterior.

No nível epistêmico IV foram classificadas as proposições que elaboravam assertivas teóricas com base no estabelecimento de relações e comparações entre os dados da região em estudo e valores de referência propostos em normas técnicas. Este nível foi adaptado para considerar a requisição aos grupos do estabelecimento de comparação entre os dados obtidos pelos personagens do caso com valores de referência para concentração de metais em

sedimentos. Por exemplo, a proposição *“aqui é a tabela dos biodisponíveis, que também no ponto 1, a gente pode ver a presença de valores acima do permissível em zinco e chumbo”* é classificada como de nível IV já realiza uma comparação dos dados de concentração com uma norma técnica.

O nível epistêmico V inclui as proposições que apresentam assertivas teóricas gerais para a região em estudo, elaboradas a partir da discussão dos dados ou ainda com base em informações da literatura. Por exemplo, na proposição *“a partir desses dados, a gente pode concluir que o rio realmente está contaminado, devido à presença das minas e da extração que era realizada neste local antes dele virar reserva ecológica”*, a partir da articulação dos dados empíricos e dos dados da narrativa, o grupo aponta a conclusão de que o rio está contaminado, o que representa uma asserção teórica geral e, assim, a proposição foi classificada como de nível V. Os trechos *“a partir desses dados”* e *“presença das minas e da extração que era realizada neste local antes dele virar reserva ecológica”* permitem ainda a classificação da proposição como de nível I. Já a proposição *“Os valores acima do permissível seriam aqueles que, onde estivesse com os valores acima desse padrão estabelecido, o rio poderia estar realmente comprometido em sua consistência”* também se classifica como de nível epistêmico V já que nela, com base em uma informação advinda de norma técnica o grupo elabora hipótese (asserção teórica) de que o rio poderia estar comprometido.

Por fim, no nível epistêmico VI, foram classificadas as proposições que apresentam conceitos científicos já estabelecidos, sendo que o conhecimento expresso não obrigatoriamente se relaciona com a área de Química Ambiental. Este nível foi adaptado para considerar, além dos conhecimentos científicos disponíveis em livros didáticos, também aqueles propostos em normas técnicas. Por exemplo, na proposição *“Esses que estão acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2 são aqueles que tem a menor probabilidade e menor risco de acarretar algum problema na saúde humana e na biota marinha”*, são apresentados conhecimentos da norma técnica utilizada para avaliar os resultados, e assim, esta se classifica como de nível epistêmico VI.

Com base na descrição de cada nível do Quadro 4.4, a adaptação das definições representa a ampliação da aplicação do Quadro Analítico de Kelly e Takao (2002) para a análise de argumentos orais. De acordo com a sua natureza, como exemplificado anteriormente, uma mesma proposição pode ser classificada em mais de um nível epistêmico. Além disso, podem existir proposições que não se enquadram em nenhum dos níveis, que neste trabalho se caracterizam principalmente por frases de introdução ou transição entre seções da EOEC, perguntas retóricas e comentários metadiscursivos, por exemplo *“Agora vamos aos resultados e discussão”*. Tais excertos foram classificados como N.A. (não se aplica).

O Quadro 4.4 apresenta também a maneira esperada para a construção dos argumentos, ou seja, os estudantes deveriam expor dados fornecidos na forma de inscrições; descrever as características do uso e da obtenção de tais dados; estabelecer relações entre os dados e comparações com valores de referência; elaborar e discutir conclusões acerca da situação do corpo hídrico em estudo, apoiadas ainda por informações advindas da literatura. Tal processo é dependente não apenas do conteúdo em questão, como também da tarefa atribuída aos estudantes, e assim, à medida que se avança na construção do argumento, ocorre um incremento no status epistêmico das informações que o compõe.

Finalizada a adaptação dos níveis epistêmicos, a partir das transcrições das EOEC, foram selecionadas para análise as seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões*, visto que são nessas que se encontram as articulações dos dados fornecidos na Parte IV dos estudos de caso para o fornecimento de respostas à questão de pesquisa elencada por cada grupo e a partir disso, a maior parte das sentenças argumentativas são apresentadas nas referidas seções.

Foram tomadas como Unidades de Análise (UA) as proposições proferidas durante a apresentação de cada slide. As UA são numeradas de acordo com a paginação do slide, por exemplo, a UA-10 corresponde ao slide 10. Quando ocorrem animações no slide, a UA é subdividida com índices alfanuméricos. Por exemplo, o slide 10 apresentava uma tabela, que posteriormente desapareceu e deu lugar a um gráfico. Assim, a apresentação do slide 10 está dividida nas UA-10a (tabela) e UA-10b (gráfico). Com exceção daquelas classificadas como N.A., as proposições também são numeradas e sua divisão é marcada pelo uso de um ponto final ou ponto de interrogação. Cada UA e suas proposições numeradas foram inseridas em uma tabela junto à classificação dentre os níveis epistêmicos do Quadro 4.4.

A etapa de classificação das proposições foi realizada independentemente pelo doutorando (avaliador 1), pela orientadora deste trabalho (avaliador 2) e por um terceiro membro do GPEQSC (avaliador 3). Finalizada a classificação de um grupo, os três avaliadores se reuniam e compartilhavam a análise. Verificadas discordâncias, as proposições foram colaborativamente revisadas até a obtenção de consenso entre os avaliadores. A partir da classificação das proposições do argumento nos níveis epistêmicos, foi possível realizar o estudo da qualidade do argumento.

4.3.2.1 Status Epistêmico do Argumento

A avaliação do status epistêmico do argumento foi conduzida com base em critérios adaptados a partir daqueles estabelecidos por Kelly e Takao (2002). Tais critérios tinham como

objetivo avaliar a qualidade, classificar e comparar diferentes argumentos, permitindo o ranqueamento destes do melhor ao pior. Os autores visavam ainda verificar a confiabilidade do Quadro Analítico quando utilizado por diferentes analistas na identificação de um bom argumento. Na presente pesquisa, temos como objetivo principal examinar a qualidade e compreender como grupos de estudantes constroem argumentos orais durante uma EOEC. Portanto, os critérios propostos por Kelly e Takao (2002) foram adaptados para viabilizar a análise da qualidade epistêmica do argumento.

O primeiro critério dos autores diz respeito à distribuição das proposições nos níveis epistêmicos, sendo considerados mais fortes aqueles argumentos que contêm suas proposições distribuídas ao longo dos seis níveis epistêmicos. A partir disso, como primeiro critério de análise para avaliar o status epistêmico dos argumentos nesta pesquisa, consideram-se como argumentos de bom status epistêmico aqueles que apresentam distribuição de proposições nos seis níveis epistêmicos.

Baseados na suposição de que argumentos bem fundamentados requerem o uso suficiente de dados, o segundo critério de Kelly e Takao (2002) diz respeito à proporção entre as quantidades de proposições que fazem referência aos dados, ou seja, proposições distribuídas no nível I, e as que fazem afirmações teóricas específicas para a região em estudo, ou seja, aquelas distribuídas nos níveis IV e V. Os autores consideram relativamente mais fortes aqueles argumentos que possuem múltiplas fontes de dados para as afirmações teóricas, ressaltando que extremos nos níveis I ou IV e V não implicam em um argumento forte. A partir disso, como segundo critério de análise, são considerados argumentos de bom status epistêmico aqueles que apresentam equilíbrio entre o uso de dados (proposições de nível epistêmico I) e a elaboração de asserções teóricas (proposições de nível epistêmico IV e V).

Kelly e Takao (2002) propõem ainda um terceiro critério, que diz respeito à distribuição das proposições presentes nas seções analisadas ao longo dos níveis epistêmicos. Os autores analisaram argumentos presentes em relatórios técnico-científicos, considerando seções denominadas *Observações*, na qual os estudantes deveriam mencionar as principais inferências realizadas para os dados obtidos, e *Interpretações*, onde deveria ser discutido o que foi reportado na seção anterior. Com base no que era esperado para cada seção, os autores sugerem que posicionar proposições de nível epistêmico de ordem superior na seção *Interpretações* aponta para um reconhecimento apropriado pelos estudantes a respeito dos tipos e do grau das inferências que devem estar presentes no argumento, ou seja, os argumentos que possuem proposições de níveis IV, V e VI localizados predominantemente na seção *Interpretações*, e

proposições de níveis I, II e III na seção *Observações*, são considerados relativamente mais fortes.

Nesta pesquisa foram examinados argumentos produzidos em um gênero oral específico denominado EOEC. Diferenciando-se da exposição oral formal acadêmica, esse gênero busca apresentar a resolução de um problema apresentado na forma de narrativa, que envolve personagens, histórias e dilemas. Essa característica confere uma maior flexibilidade à estrutura interna do gênero, que já é inerentemente flexível (CABRAL; PERON; QUEIROZ, 2019). Em outras palavras, há certa liberdade em relação às informações que os grupos podem apresentar nas seções escolhidas para análise (*Resultados e Discussão e Conclusões*), e, conseqüentemente, quanto aos níveis epistêmicos esperados nessas seções. Portanto, o terceiro critério de análise não é aplicável a esta pesquisa.

Os dois critérios restantes são suficientes para avaliar a qualidade epistêmica dos argumentos examinados, como verificado em outros trabalhos da área (OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010; QUEIROZ et al., 2009). Ressalta-se ainda que, segundo Kelly e Takao (2002), ambos os critérios possuem a mesma relevância, e que não há absolutos ou exigências numéricas para considerar um argumento forte, ou seja, não é possível estabelecer uma relação direta entre o número de dados apresentados (proposições de nível I) por afirmação teórica (proposições de nível IV e V), na perspectiva de se estabelecer considerações sobre o status epistêmico do argumento.

4.3.2.2 Coesão Lexical do Argumento

Assim como Kelly e Bazerman (2003), a análise da coesão lexical desta pesquisa enfoca a repetição de termos-chave ao longo do argumento. Além disso, de acordo com Gonçalves (2000), a coesão lexical por repetição é a mais comum em textos orais, o que endossa a investigação desse tipo de coesão. Buscando identificar esses termos, foi realizada inicialmente a análise de similitude, utilizando o IRaMuTeQ, um *software* que permite realizar análises estatísticas da estrutura e organização de um texto ou conjunto de textos, visualizar ambientes e temas no discurso de interesse do analista (ALMICO; FARO, 2014; KLAMT; SANTOS, 2021). O uso do programa não se configura como um método direto de análise de dados, mas sim como uma ferramenta para processá-los e organizá-los (BUENO, 2018; KAMI et al., 2016).

O programa é gratuito, de uso relativamente fácil, sendo inicialmente desenvolvido em língua francesa, mas atualmente conta com dicionários completos de diferentes línguas, e entre elas, o português. Dentre as diversas análises que o IRaMuTeQ possibilita realizar, de particular

interesse para esta pesquisa é a análise de similitude. Nesta, o programa gera uma figura, denominada árvore de palavras, na qual é possível observar os termos mais frequentemente evocados e as co-ocorrências e conexidades existentes entre eles, e assim, identificar a estrutura de construção do texto e temas de relativa importância nele presentes (BUENO, 2018; KLAMT; SANTOS, 2021).

O uso do programa iniciou-se a partir da delimitação do *corpus textual* e dos textos que o compõe. O primeiro corresponde ao conjunto de textos que o pesquisador pretende analisar. Nesta pesquisa, as transcrições das seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões* das EOEC de cada grupo corresponderam a um *corpus textual*, ou seja, foram realizadas três análises de similitude no IRaMuTeQ (Versão 0.7 Alpha 2; R 4.1.3), referentes as EO-G1, EO-G2 e EO-G3. Os textos que compõem tais *corpora* são as proposições enunciadas em cada slide das seções estudadas, ou seja, cada UA. A extensão de cada texto e de cada *corpus textual* varia de grupo para grupo. Existem ainda os segmentos de texto, entendidos como os ambientes ou contextos em que as palavras são investigadas pelo *software*, se caracterizando por fragmentos de textos, que, quando dimensionados pelo próprio programa (Tamanho de ST = 40), possuem o tamanho aproximado de três linhas (CARMAGO, JUSTO, 2013).

Selecionado os *corpora textuais*, o arquivo de texto a ser inserido no IRaMuTeQ foi formatado. Para tal, foram seguidas as instruções fornecidas em Bueno (2018) e Camargo e Justo (2013), e assim, todos os textos que compõem um *corpus textual* foram organizados em um único arquivo, separados por linhas de comando, com indicação das UA referentes (*****UA_X). Além disso, excluíram-se caracteres e formatações especiais como negrito ou itálico; substituíram-se siglas e abreviaturas pelos termos completos; agruparam-se termos que devem ser compreendidos como uma única unidade utilizando traço *underline*; transformou-se ênclises ou mesóclises em próclises; e utilizou-se algarismos no lugar de números por extenso. Por fim, o arquivo foi salvo em formato .txt com codificação Unicode (UTF-8). Ressalta-se também que indicações de gestos e comentários do transcritor foram retirados do arquivo.

Após formatado, o texto foi inserido no IRaMuTeQ, seguindo também instruções fornecidas em Bueno (2018) e Camargo e Justo (2013): após abrir o arquivo no *software*, definiu-se a codificação *uft_8_sig*, idioma português e segmentos de texto de tamanho 40, padrão do programa, como ilustrado na Figura 4.8.

Para a análise de similitude, nas propriedades-chave, foram selecionadas quais classes gramaticais o programa deveria incluir na análise e quais deveriam ser ignoradas, sendo considerados apenas os substantivos. Ao gerar a lista de palavras, foram tomadas para composição da árvore de palavras, somente aquelas diretamente relacionadas com a temática

dos estudos de caso. A Figura 4.9 exemplifica, à esquerda, uma lista de 13 palavras, das quais, ‘gente’, ‘tabela’, ‘presença’ e ‘influência’ não foram selecionadas para compor a árvore de palavras. É possível observar ainda, à direita, que as árvores obtidas nesta pesquisa retratam a co-ocorrência de termos, na formatação *kamada kawai* e com os valores de co-ocorrência. A formatação mencionada auxilia na melhor identificação de grupos de termos que têm relações entre si.

Figura 4.8 - Definições para os *corpora textuais* em análise no IRaMuTeQ.

The screenshot shows the 'Geral' (General) tab of the IRaMuTeQ interface. The 'Limpando' (Cleaning) sub-tab is active. The configuration includes:

- corpus: C:\Users\mikeo\OneDrive\Documentos\USP\Doutorado\Trechos Novos Tese\ARGUME
- Nome do corpus: G1_CORPUS
- Definir caracteres: utf_8_sig - all languages
- Idioma: portuguese
- Dicionário: Padrão (portuguese) selected, with an 'Outro' (Other) option and a 'Browse' button.
- Pasta de saída: C:\Users\mikeo\OneDrive\Documentos\USP\Doutorado\Trechos Novos Tese\ARGUME, with a 'Mudar ...' (Change ...) button.
- Marcador de texto: ****
- Use o dicionário de expressões:
- Crie segmentos de texto:
- Método de construção de ST: ocorrências
- Tamanho de ST: 40

Fonte: Autoria Própria.

Figura 4.9 - Exemplo de lista de palavras e definições para a árvore de palavras.

The screenshot shows the 'Configurações gráficas' (Graphical Settings) sub-tab. On the left, a table lists 13 words and their frequency (eff):

formas	eff
valor	17
chumbo	15
rio	12
mina	11
zinco	11
gente	11
ponto	8
metal	7
vila	7
contaminação	6
cobre	6
concentração	4
tabela	4
presença	3
vida	3
influência	3
local	3

On the right, the 'Ajustes gráficos' (Graphical Adjustments) section includes:

- Use coordenadas anteriores:
- Escore: cooccurrence
- Apresentação: kamada kawai
- Tipos de gráficos: statique; Formato de imagem: png
- Árvore máxima:
- Bordas limitrofes: 1
- Texto sobre os vértices:
- Escore nas bordas:
- Edge curved:
- Tamanho do texto: 15
- Comunidades: edge.betweenness.community; halo
- Selecione uma variável:

Fonte: Autoria Própria.

Gerada a árvore de palavras, a sua análise dá-se por meio da observação de determinados aspectos visuais, dos quais se destacam o tamanho da fonte do termo, a espessura e valores numéricos sobre as linhas que ligam as palavras e a ramificação na qual os termos se localizam (KLAMT; SANTOS, 2021). O tamanho da fonte pode indicar a recorrência da palavra no texto, ou seja, quanto maior a fonte, mais frequente tal palavra foi utilizada. Já os valores numéricos representam a recorrência de associação dos termos. Por fim, as ramificações permitem identificar os temas recorrentes e quais palavras geralmente os evidenciam.

Neste sentido, a análise de similitude permite identificar palavras que são representativas de um texto, bem como as suas interrelações, o que justifica a sua realização para verificar a coesão léxica dos argumentos. A partir de procedimentos descritos por Gregory Kelly e colaboradores (KELLY; BAZERMAN, 2003; KELLY et al., 2010; TAKAO; KELLY, 2003), a análise de coesão lexical busca examinar como proposições específicas são conectadas a asserções gerais. Para isso, os autores identificavam manualmente, a partir da leitura do texto, os seus termos-chave, verificando em quais proposições elas se repetiam com o auxílio de planilhas eletrônicas. Portanto, a determinação de uma palavra como representativa do argumento era subjetiva e dependia da interpretação dos analistas.

No presente estudo, as palavras advindas da análise de similitude foram tomadas como representativas do argumento e seus morfemas foram considerados para a análise da coesão lexical. Por exemplo, para contaminação, o morfema de análise é “*deposi-*”. O traço busca captar as inflexões e outras classes de palavras que podem se originar do morfema, ou seja, busca denotar o uso de palavras como *deposição*, *depositou*, *depositado* etc. Estabelecidos os morfemas, foi criada uma figura que apresenta a rede de conexões lexicais presente no argumento, como aquela exemplificada na Figura 4.10. Para tal foi utilizado o *Microsoft Excel para Microsoft 365 (Versão 2205)*.

Figura 4.10 - Exemplo de rede de conexões lexicais.

Unidade de Análise	UA-1									UA-2			UA-3							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Proposição																				
concentra-	X			X	X					X	X		X		X	X	X	X	X	X
meta-	X					X		X					X							
negligenciáve-				X											X	X		X	X	X
permissíve-				X									X				X	X	X	
rio					X													X		

Fonte: Autoria Própria.

Para construção da Figura 4.10, foi verificado quais morfemas estavam presentes em cada uma das proposições do argumento. Os morfemas foram então inseridos em uma planilha, de acordo com a sua primeira menção. Na Figura 4.10, o morfema “*concentra-*” foi localizado

já na proposição 1, e se repete nas proposições 4, 5 10, 11, 13 e 15 a 20. Entende-se que estas proposições se conectam entre si pelo morfema “*concentra-*”. Além disso, de acordo com a Figura 4.10, a proposição 1 realiza um total de 14 conexões, sendo 11 delas com as proposições 4, 5, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 19 e 20, por meio do morfema “*concentra-*”, e três com as proposições 6, 8 e 13, por meio do morfema “*meta-*”.

Identificadas as conexões lexicais que cada proposição realiza, calcula-se a média de conexões lexicais por proposição, que pode auxiliar na percepção do quão coerente o argumento é (KELLY; BAZERMAN, 2003; KELLY et al., 2010). Para isso, substituiu-se os ‘X’ da rede de conexões (Figura 4.10) pela quantidade de proposições em que o morfema é evocado, como ilustrado na Figura 4.11.

Figura 4.11 - Cálculo da média de conexões lexicais para cada proposição.

Unidade de Análise	UA-1									UA-2			UA-3								
Proposição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
concentra-	12			12	12					12	12		12		12	12	12	12	12	12	
meta-	4					4		4					4								
negligenciáve-				6											6	6		6	6	6	
permissíve-				5									5				5	5	5		
rio					2													2			
Repetições	16	0	0	23	14	4	0	4	0	12	12	0	21	0	18	18	17	25	23	18	
Morfemas Evocados	2	0	0	3	2	1	0	1	0	1	1	0	3	0	2	2	2	4	3	2	
Conexões	14	0	0	20	12	3	0	3	0	11	11	0	18	0	16	16	15	21	20	16	

Média = 10

Fonte: Autoria Própria.

A Figura 4.11 indica que o morfema “*concentra-*” se repete ao longo de 12 proposições, ou seja, permite que 12 proposições se conectem entre si. Assim, na Figura 4.11, os ‘X’ foram substituídos pelo número 12 em cada uma das proposições que ele é evocado. O cálculo da média de conexões por proposição pode ser feito de maneira automatizada no *Microsoft Excel*. Primeiramente, soma-se (função =SOMA) os valores presentes na coluna de cada proposição, representados na linha ‘Repetições’ na Figura 4.11. Tomando como exemplo a proposição 1, somam-se os valores 12 e 4, referentes às repetições dos morfemas “*concentra-*” e “*meta-*”, respectivamente, totalizando 16 repetições. O total não deve ser tomado como o número de conexões da proposição 1, já que as proposições não se conectam com elas mesmas. Assim, identifica-se (função =CONT.NÚM) a quantidade de morfemas evocados na proposição, representados na linha ‘Morfemas Evocados’. Por exemplo, para a proposição 1 são dois, “*concentra-*” e “*meta-*”. A diferença entre os valores de ‘Repetição’ e ‘Morfemas Evocados’ representa quantas conexões cada proposição possui de fato, que para a proposição 1 são 14, como mencionado anteriormente. Por fim, a média de conexões lexicais por proposição pode

ser obtida calculando-se a média aritmética (função =MÉDIA) para os valores da linha 'Conexões', arredondando-se para a unidade mais próxima. Para aqueles da Figura 4.11, a média é de 9,8, ou seja, cada proposição possui em média um total de 10 conexões.

A coesão do argumento foi ainda verificada pela análise da rede de conexões (Figura 4.10), buscando-se discutir a distribuição dos morfemas ao longo do argumento. A partir disso, foi verificado como proposições de diferentes níveis epistêmicos se conectam por meio da repetição dos morfemas e criam uma rede de evidência e suporte às conclusões propostas no argumento, de acordo com Takao e Kelly (2003). Considerando o caráter multimodal do gênero exposição oral, destaca-se a presença significativa do modo gestual em sua elaboração. Em análises preliminares, constata-se que esse modo de comunicação é amplamente utilizado nas EOEC analisadas para referir-se e chamar à atenção da audiência para os dados apresentados por meio de inscrições, bem como para realizar múltiplas referências aos dados ao longo do discurso. Reconhecendo que o gesto de apontar para os dados contribui para estabelecer uma conexão entre o discurso oral e as informações visuais, o que auxilia na coesão do argumento, as conexões gestuais também serão consideradas durante a investigação de como as proposições de diferentes níveis epistêmicos se conectam para fundamentar as conclusões, especialmente quando são identificadas proposições que não possuem morfemas para estabelecer conexões.

4.3.3 Análise do Letramento Gráfico

O estudo do letramento gráfico se deu a partir de análises colaborativas baseadas nos preceitos de Jordan e Henderson (1995) para a análise interacional, entendida como a observação microanalítica de regularidades nas ações e processos de produção de sentido que emergem por meio do uso da fala, textos, gestos, artefatos materiais e outras múltiplas formas de registro das interações sociais humanas. Nesse sentido, a análise interacional permite caracterizar as relações estabelecidas pelos grupos a partir do uso de inscrições na EOEC.

Um pressuposto central da análise interacional diz respeito ao fato de que os conhecimentos são produzidos nas interações de indivíduos de uma sociedade no mundo concreto, ao invés de estarem situados na mente. Assim, a análise busca realizar uma observação meticulosa das ações de uma atividade, para compreensão de como indivíduos utilizam artefatos e linguagem disponíveis na construção de significados. Para isso, a análise interacional faz uso da técnica de videografia, tanto no registro quanto na análise propriamente dita dos dados, a partir da visualização repetida de determinada atividade, por múltiplos

analistas. Ou seja, a análise cria e faz uso de uma coletânea de vídeos, que permite questionar a ocorrência de um fenômeno. Jordan e Henderson (1995) identificam alguns procedimentos comuns da análise interacional, os quais foram adaptados nesta pesquisa e serão descritos a seguir.

a) Observação Etnográfica

O uso da videografia para registro dos dados dá-se em conjunto com o trabalho de campo de observação etnográfica do pesquisador, que assume uma posição participante, para adquirir informações (rotinas, práticas culturais etc.) e identificar situações potencialmente relevantes para a investigação (BEZERRA, 2009; JORDAN; HENDERSON, 1995). Na presente pesquisa, foi observada e gravada a participação de 28 graduandos em química na resolução de três estudos de caso interrompidos, descrita na Seção 4.2. Como mencionado, dada a pandemia de Covid-19, as atividades pedagógicas ocorreram de maneira remota, por meio do Google Meet, utilizando do recurso ‘Gravar Reunião’ para registrar a participação dos estudantes nas atividades. O ambiente virtual Tidia-Ae também foi utilizado para coleta das produções dos estudantes. Neste sentido, as plataformas permitiram um registro amplo e detalhado da complexidade das ações e produções dos estudantes durante as atividades de resolução dos estudos de caso, compreendendo um total de 6 aulas e 9 horas de gravação, dos quais 45 minutos foram empregados nas análises do letramento gráfico. Além disso, as inscrições presentes nos estudos de caso foram utilizadas pelos grupos como artefatos para a resolução de problemas. Ou seja, foi estabelecido um cenário passível de ser investigado por meio da análise interacional.

b) Fichamento de Conteúdos

Após a observação etnográfica e realização do registro, na etapa de fichamento de conteúdos, o pesquisador busca se familiarizar ao máximo com os dados e eventos a partir da visualização repetida dos vídeos e elaboração de um catálogo de ações dos participantes, o que é útil para a localização e seleção de eventos de interesse (JORDAN; HENDERSON, 1995). Como mencionado, tomou-se as EOEC como o evento principal a ser investigado porque é nelas que os grupos utilizam diferentes tipos de inscrições num único momento, como é possível verificar na Tabela 4.1. Além dos tipos de inscrições veiculadas, a Tabela 4.1 apresenta o número de slides e número de slides com inscrições em cada EOEC. As gravações dessas foram transcritas, com foco nos enunciados verbais, sendo também descritas ações não verbais, quando relevantes.

Tabela 4.1 - Número de slides e tipos de inscrições utilizadas nas EOEC.

Grupo	Nº de Slides	Nº de Slides com Inscrições	Tipo de Inscrições					
			Fotografia	Desenho	Mapa	Fluxograma	Tabela	Gráfico
G1	13	13	0	13	5	2	4	2
G2	26	9	2	4	3	1	3	0
G3	33	18	1	6	9	0	6	4
Total			3	23	17	3	13	6

Fonte: Autoria Própria.

c) Seção de Análises em Grupo

Selecionados os dados de análise, os vídeos são assistidos repetidamente por um grupo de pesquisadores, realizando pausas quando alguém encontra algo que mereça atenção, propondo-se observações e hipóteses acerca da atividade em estudo (JORDAN; HENDERSON, 1995). As sessões de análise foram realizadas no âmbito do Projeto da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, de Estágio em Pesquisa no Exterior (2020/14789-9), no *Department of Curriculum, Teaching and Learning da Faculty of Education, University of Manitoba*, Winnipeg, MB, Canadá. Os participantes das sessões foram o doutorando, a Profa. Dra. Lilian Leivas Pozzer e a Profa. Dra. Salette Linhares Queiroz. Em encontros com uma a duas horas de duração, via Zoom, os vídeos das EOEC dos grupos indicados na Tabela 4.1 foram assistidos repetidamente, realizando-se pausas para comentários sempre que solicitado por um dos pesquisadores. Como recomendado em Jordan e Henderson (1995), as sessões também foram gravadas para posterior revisão pelo doutorando. Ainda segundo os autores, as análises devem preferencialmente ser livres de categorias para que estas, na verdade, emergjam das múltiplas visualizações e compreensão das interações sociais investigadas.

d) Análises Individuais

Com as gravações das sessões em grupo em mãos, como próxima etapa, o pesquisador revisa o material discutido, na tentativa de produzir assertivas acerca de padrões gerais relacionados a um conjunto de observações empíricas, explicitando também quais são os indicativos e exceções das asserções geradas (JORDAN; HENDERSON, 1995). A partir das gravações das análises em grupo, asserções acerca das habilidades dos grupos em selecionar, produzir e se comunicar com inscrições foram construídas pelo doutorando, apresentadas e discutidas com o grupo analítico, e revisadas pelo doutorando e discutidas à luz de referenciais teóricos destacados no Capítulo 3.

5 ARGUMENTAÇÃO NA RESOLUÇÃO DE ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS

Neste capítulo será discutida a argumentação elaborada pelos grupos G1, G2 e G3, a partir da análise das EOEC, com base na classificação das suas proposições nos níveis epistêmicos do Quadro 4.4, o que permite verificar a qualidade do argumento em termos de seu status epistêmico e coesão lexical.

5.1 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso *Resquícios de um Passado Chumbado*

Nesta seção será apresentada a argumentação elaborada durante o processo de resolução do estudo de caso interrompido *Resquícios de um Passado Chumbado* (Apêndice A) pelo G1, composto por quatro estudantes. Durante a aplicação do caso, observou-se o engajamento dos integrantes do grupo nas atividades de sala de aula e extraclasse, cujas respostas escritas depositadas no Tidia-Ae possuem correspondência em trechos do artigo que deu origem ao caso. O detalhamento do processo de resolução do caso encontra-se no Apêndice G. A discussão dos dados e as conclusões destacadas pelo grupo serão apresentadas no decorrer das análises da argumentação e do letramento gráfico (Capítulo 6).

5.1.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G1 em Níveis Epistêmicos

O argumento desenvolvido nas seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões* da EO-G1, está dividido em quatro UA principais, sendo três para a primeira seção e uma para a segunda. A UA-9 está subdividida em três e o Quadro 5.1 apresenta o slide da UA-9a, as proposições referentes e suas distribuições nos níveis epistêmicos, de acordo com o Quadro 4.4. O detalhamento da classificação das proposições visa reforçar a familiarização do leitor com os tipos de proposições estabelecidas em cada nível epistêmico em todas as exposições orais analisadas. Para as EO-G2 e EO-G3, portanto, esse detalhamento não será realizado. Os movimentos gestuais descritos nas transcrições foram executados utilizando a ponteira virtual do apresentador de slides.

Quadro 5.1 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-9a da EO-G1.

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos																																																																																																																																																														
9a	<p>RESULTADOS:</p> <p>Tabela 1. Concentração dos metais pseudototais em sedimentos do rio do Campo, em diferentes pontos de amostragem.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pontos de Amostragem</th> <th colspan="9">Concentração (mg kg⁻¹)</th> </tr> <tr> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Cr</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Ni</th> <th>Cd</th> <th>Pb</th> <th>Al</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5497,36</td> <td>103,95</td> <td>63,97</td> <td>2785,36</td> <td>53841,28</td> <td>41,31</td> <td>10,00</td> <td>7569,78</td> <td>7989,67</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1412,29</td> <td>133,23</td> <td>37,30</td> <td>1205,80</td> <td>48231,18</td> <td>31,98</td> <td>2,00</td> <td>1823,94</td> <td>14089,86</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>416,5</td> <td>26,66</td> <td>29,32</td> <td>449,16</td> <td>23590,93</td> <td><LO</td> <td>ND</td> <td>205,25</td> <td>13787,8</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1032,65</td> <td>95,27</td> <td>42,64</td> <td>421,05</td> <td>33777,58</td> <td>27,32</td> <td>ND</td> <td>5369,25</td> <td>25723,07</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>329,96</td> <td>109,32</td> <td>30,00</td> <td>1159,86</td> <td>54725,42</td> <td>28,00</td> <td>ND</td> <td>115,98</td> <td>25223,30</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>639,83</td> <td>47,99</td> <td>34,66</td> <td>731,15</td> <td>32324,97</td> <td>24,66</td> <td>ND</td> <td>635,82</td> <td>16261,73</td> </tr> </tbody> </table> <p>LO = Limite de detecção; ND = Não detectado. Valores em negrito representam aqueles que excedem a concentração máxima permissível. Valores sombreados representam aqueles que excedem a concentração máxima negligenciável.</p> <p>Tabela 2. Concentração dos metais biodisponíveis em sedimentos do rio do Campo, em diferentes pontos de amostragem.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pontos de Amostragem</th> <th colspan="9">Concentração (mg kg⁻¹)</th> </tr> <tr> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Cr</th> <th>Mn</th> <th>Fe</th> <th>Ni</th> <th>Cd</th> <th>Pb</th> <th>Al</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5247,27</td> <td>9,49</td> <td>ND</td> <td>355,64</td> <td>478,91</td> <td>ND</td> <td>4,50</td> <td>5280,57</td> <td>926,99</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>802,47</td> <td>7,07</td> <td>ND</td> <td>205,41</td> <td>863,92</td> <td>1,83</td> <td>1,25</td> <td>566,31</td> <td>641,12</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>179,55</td> <td>5,24</td> <td>ND</td> <td>286,02</td> <td>537,89</td> <td>ND</td> <td>ND</td> <td>100,92</td> <td>501,26</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>69,05</td> <td>17,47</td> <td>ND</td> <td>301,12</td> <td>520,59</td> <td>3,08</td> <td>ND</td> <td>4987,18</td> <td>1033,94</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>14,91</td> <td>3,50</td> <td>ND</td> <td>178,28</td> <td>559,01</td> <td>ND</td> <td>ND</td> <td>21,66</td> <td>726,46</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>515,75</td> <td>14,72</td> <td>ND</td> <td>623,88</td> <td>826,01</td> <td>4,41</td> <td>ND</td> <td>370,98</td> <td>752,05</td> </tr> </tbody> </table> <p>ND = Não detectado. Valores em negrito representam aqueles que excedem a concentração máxima permissível. Valores sombreados representam aqueles que excedem a concentração máxima negligenciável.</p>	Pontos de Amostragem	Concentração (mg kg ⁻¹)									Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al	1	5497,36	103,95	63,97	2785,36	53841,28	41,31	10,00	7569,78	7989,67	2	1412,29	133,23	37,30	1205,80	48231,18	31,98	2,00	1823,94	14089,86	3	416,5	26,66	29,32	449,16	23590,93	<LO	ND	205,25	13787,8	4	1032,65	95,27	42,64	421,05	33777,58	27,32	ND	5369,25	25723,07	5	329,96	109,32	30,00	1159,86	54725,42	28,00	ND	115,98	25223,30	6	639,83	47,99	34,66	731,15	32324,97	24,66	ND	635,82	16261,73	Pontos de Amostragem	Concentração (mg kg ⁻¹)									Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al	1	5247,27	9,49	ND	355,64	478,91	ND	4,50	5280,57	926,99	2	802,47	7,07	ND	205,41	863,92	1,83	1,25	566,31	641,12	3	179,55	5,24	ND	286,02	537,89	ND	ND	100,92	501,26	4	69,05	17,47	ND	301,12	520,59	3,08	ND	4987,18	1033,94	5	14,91	3,50	ND	178,28	559,01	ND	ND	21,66	726,46	6	515,75	14,72	ND	623,88	826,01	4,41	ND	370,98	752,05	II
	Pontos de Amostragem		Concentração (mg kg ⁻¹)																																																																																																																																																													
		Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al																																																																																																																																																						
	1	5497,36	103,95	63,97	2785,36	53841,28	41,31	10,00	7569,78	7989,67																																																																																																																																																						
	2	1412,29	133,23	37,30	1205,80	48231,18	31,98	2,00	1823,94	14089,86																																																																																																																																																						
	3	416,5	26,66	29,32	449,16	23590,93	<LO	ND	205,25	13787,8																																																																																																																																																						
	4	1032,65	95,27	42,64	421,05	33777,58	27,32	ND	5369,25	25723,07																																																																																																																																																						
	5	329,96	109,32	30,00	1159,86	54725,42	28,00	ND	115,98	25223,30																																																																																																																																																						
	6	639,83	47,99	34,66	731,15	32324,97	24,66	ND	635,82	16261,73																																																																																																																																																						
Pontos de Amostragem	Concentração (mg kg ⁻¹)																																																																																																																																																															
	Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al																																																																																																																																																							
1	5247,27	9,49	ND	355,64	478,91	ND	4,50	5280,57	926,99																																																																																																																																																							
2	802,47	7,07	ND	205,41	863,92	1,83	1,25	566,31	641,12																																																																																																																																																							
3	179,55	5,24	ND	286,02	537,89	ND	ND	100,92	501,26																																																																																																																																																							
4	69,05	17,47	ND	301,12	520,59	3,08	ND	4987,18	1033,94																																																																																																																																																							
5	14,91	3,50	ND	178,28	559,01	ND	ND	21,66	726,46																																																																																																																																																							
6	515,75	14,72	ND	623,88	826,01	4,41	ND	370,98	752,05																																																																																																																																																							
2	Essa tabela ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela superior</i>)) é a dos pseudototais.	I																																																																																																																																																														
3	Essa tabela ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela inferior</i>)), dos biodisponíveis.	I																																																																																																																																																														
4	Onde os valores que estão em negrito ((<i>aponta para duas primeiras células da coluna 'Zn' da tabela superior</i>)) são os que estão acima do permissível, os que estão sombreados ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da terceira célula da coluna 'Zn' da tabela superior</i>)), acima do negligenciável.	II																																																																																																																																																														
	O que seriam valores acima do permissível?	N.A.																																																																																																																																																														
5	Seriam que onde estivesse com os valores acima desse padrão estabelecido, o rio poderia estar realmente comprometido em sua consistência.	V, VI																																																																																																																																																														
6	Porém eu não queria focar em todos os metais ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela superior</i>)), já que muitos deles, a gente pode ver ((<i>aponta para colunas 'Cr', 'Mn', 'Fe', 'Ni' e 'Cd' da tabela superior</i>)), estava tudo dentro dos conformes.	II, IV																																																																																																																																																														
7	E eu quero focar apenas ((<i>aponta para colunas 'Pb', 'Zn' e 'Cu' da tabela superior</i>)) no chumbo, no zinco e no cobre, por quê?	II																																																																																																																																																														
8	Porque nessas minas de chumbo, o minério retirado era a galena, um metal que é a mistura de chumbo ((<i>aponta para célula 'Pb' da tabela superior</i>)) e zinco ((<i>aponta para célula 'Zn' da tabela superior</i>)), que nessa mina foi muito retirado.	I																																																																																																																																																														
9	E, também nas minas de chumbo, são muito facilmente encontradas o cobre ((<i>aponta para célula 'Cu' da tabela superior</i>)), a presença do cobre também se faz muito presente.	I, VI																																																																																																																																																														

As tabelas do slide da UA-9a apresentam dados de concentrações de metais em sedimentos do Rio do Campo. As quatro proposições iniciais apresentam as inscrições, a maneira como foram construídas e o que nelas é possível visualizar, sendo assim classificadas nos níveis epistêmicos I e II. Após informar que os valores destacados em **negrito** representam aqueles acima da concentração máxima permissível e os **sombreados**, acima da concentração máxima negligenciável, o grupo define com maior especificidade os primeiros, baseados em

informações que são encontradas em normas técnicas. Essa definição é apresentada como uma assertiva teórica sobre o rio, destacando os potenciais efeitos biológicos adversos que podem ocorrer nele. Com base nisso, a proposição 5 é classificada nos níveis epistêmicos V e VI.

Em seguida, o grupo centraliza a discussão em torno dos resultados dos metais chumbo, cobre e zinco, já que, de acordo com as tabelas, a concentração dos demais metais não ultrapassa os valores de referência. Nesse sentido, as inscrições são utilizadas para delimitar o discurso, o que justifica a classificação das proposições 6 e 7 no nível epistêmico II. A proposição 6 se configura ainda como uma assertiva teórica estabelecida para a região, obtida a partir da associação dos dados com normas técnicas e, assim, também se classifica no nível epistêmico IV.

Nas proposições 8 e 9, o grupo justifica e reforça a delimitação da análise com base em informações referentes à extração do minério galena e da presença de cobre na região, ou seja, dados advindos da narrativa o que permite classificar as proposições no nível epistêmico I. No entanto, na descrição da galena, na proposição 8, o grupo comete um erro conceitual ao classificá-la como um metal. Na narrativa do caso, a galena é apresentada como um minério e uma substância composta que contém chumbo. Se a definição estivesse correta, seria possível classificar a proposição 8 no nível epistêmico VI. Em contraste, a proposição 9 informa corretamente que nas minas de chumbo também é possível encontrar cobre, introduzindo uma informação embasada na literatura, o que a qualifica como sendo de nível VI.

O Quadro 5.2 apresenta os slides das UA-9b e 9c, as proposições referentes e suas distribuições nos níveis epistêmicos do Quadro 4.4.

Quadro 5.2 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições das UA-9b e 9c da EO-G1.

(continua)


UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos																															
9b	<p>9</p> <p>RESULTADOS:</p> <p>Pseudototais:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pontos de Amostragem</th> <th colspan="3">Concentração (mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Pb</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5497,36</td> <td>103,95</td> <td>7569,78</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1412,29</td> <td>133,23</td> <td>1823,94</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>416,5</td> <td>26,66</td> <td>205,25</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1032,65</td> <td>95,27</td> <td>117,25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>329,96</td> <td>109,32</td> <td>115,98</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>639,83</td> <td>47,99</td> <td>635,82</td> </tr> </tbody> </table>	Pontos de Amostragem	Concentração (mg/kg)			Zn	Cu	Pb	1	5497,36	103,95	7569,78	2	1412,29	133,23	1823,94	3	416,5	26,66	205,25	4	1032,65	95,27	117,25	5	329,96	109,32	115,98	6	639,83	47,99	635,82	
Pontos de Amostragem	Concentração (mg/kg)																																
	Zn	Cu	Pb																														
1	5497,36	103,95	7569,78																														
2	1412,29	133,23	1823,94																														
3	416,5	26,66	205,25																														
4	1032,65	95,27	117,25																														
5	329,96	109,32	115,98																														
6	639,83	47,99	635,82																														

10 Então aqui, eu fiz uma tabela ((apontador faz movimentos circulares em torno da tabela)) para mostrar estes valores mais de perto.

I, II

Quadro 5.2 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições das UA-9b e 9c da EO-G1.

(conclusão)

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos																															
	11 A concentração ((apontador faz movimentos circulares em torno da célula 'Concentração (mg/kg)')) está em miligramas por quilo.	II																															
9b	12 Aqui estão os seis pontos de amostragem que eu falei, que se encontram aqui ((apontador esboça linha que liga as células '1' a '6')).	II																															
	 <table border="1" data-bbox="571 600 1082 851"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pontos de Amostragem</th> <th colspan="3">Concentração (mg/kg)</th> </tr> <tr> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Pb</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5497,36</td> <td>103,95</td> <td>7569,78</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1412,29</td> <td>133,23</td> <td>1823,94</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>416,5</td> <td>26,66</td> <td>205,25</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1032,65</td> <td>95,27</td> <td>117,25</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>329,96</td> <td>109,32</td> <td>115,98</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>639,83</td> <td>47,99</td> <td>635,82</td> </tr> </tbody> </table>	Pontos de Amostragem	Concentração (mg/kg)			Zn	Cu	Pb	1	5497,36	103,95	7569,78	2	1412,29	133,23	1823,94	3	416,5	26,66	205,25	4	1032,65	95,27	117,25	5	329,96	109,32	115,98	6	639,83	47,99	635,82	
Pontos de Amostragem	Concentração (mg/kg)																																
	Zn	Cu	Pb																														
1	5497,36	103,95	7569,78																														
2	1412,29	133,23	1823,94																														
3	416,5	26,66	205,25																														
4	1032,65	95,27	117,25																														
5	329,96	109,32	115,98																														
6	639,83	47,99	635,82																														
	13 A gente pode ver que no ponto 1, que está sob a influência dessa mina e dessa mina, ele encontra todos os valores desses metais acima do permissível.	I, IV, V																															
9c	14 O ponto 2 também encontra o cobre e o zinco ((aponta para células '103,95' e '5497,36')) de forma bem relevante, que está sobre a influência também ((aponta para estrelas amarelas próximas ao Rio das Hortas no mapa)) das duas minas, porém, ((apontador faz movimentos circulares em torno da estrela próxima do ponto 2)) acho que mais forte essa, claro.	III, V																															
	15 E, também, ((aponta para célula '1823,94')) com valores acima do negligenciável no chumbo.	IV																															
	16 Os pontos 3 e 4 ((aponta para células '3' e '4')), que se encontram perto da vila ((apontador faz movimentos circulares em torno dos pontos 3 e 4 no mapa)), ele tem valores ((aponta para células '416,5' e '205,25')) acima do negligenciável em zinco e chumbo.	II, IV																															
	17 O ponto 4, ele tem valores ((aponta para células '1032,65' e '95,27')) acima do permissível em zinco e cobre.	IV																															
	18 O ponto 5 () garantir ((aponta para pontos 5 e 6 no mapa)) se a contaminação se estende na extensão do rio ((apontador esboça Rio do Campo e Rio das Hortas no mapa)), ele possui valores acima do negligenciável ((aponta para células '329,96' e '639,83')) no zinco e no ponto 6 acima do permissível.	II, IV																															
	19 O ponto 5 possui valores acima do permissível ((aponta para células '109,32' e '47,99')) em cobre, e acima do negligenciável, no seis.	IV																															
	20 E o ponto 6 ((aponta para célula '635,82')) também possui valores acima do negligenciável em chumbo.	IV																															

Na UA-9b, o G1 introduz uma tabela com concentrações pseudototais de zinco, cobre e chumbo. A inscrição é citada na proposição 10, a qual é classificada no nível epistêmico I. São ainda indicados detalhes acerca das unidades de medidas (proposição 11) e aspectos da construção da tabela (proposição 12), o que indica a presença de proposições de nível epistêmico II.

Na UA-9c, o mapa com os pontos de amostragem de Vitória e Igor é inserido com menção no discurso oral, na proposição 13, a qual é classificada no nível epistêmico I. Na mesma proposição, o grupo afirma, para os metais pseudototais, que o “*ponto 1... encontra todos os valores desses metais acima do permissível*”. Isso representa a elaboração de uma asserção teórica para a região em estudo ilustrada a partir de relações entre dados de concentração e valores máximos recomendáveis em uma norma técnica, e assim, permite classificar a proposição no nível epistêmico IV. O grupo continua realizando a leitura da tabela destacando os metais e pontos que estavam com formatação negrito ou sublinhado, classificando-os como valores acima do permissível ou negligenciável, respectivamente. A partir disso, o nível epistêmico IV foi bastante comum na UA-9c.


No entanto, algumas proposições são também classificadas em outros níveis. O grupo descreve tendências nos dados sem o estabelecimento de relações com normas técnicas, ou seja, sem classificá-los como acima de níveis permissíveis ou negligenciáveis. Por exemplo, na proposição 14, o grupo informa que “*o ponto 2 também encontra o cobre e o zinco de forma bem relevante*” e, assim, estabelece uma tendência para o ponto em questão, e permite classificar a proposição no nível epistêmico III.

Já nas proposições 13 e 14, nos trechos “*que está sob a influência dessa mina e dessa mina*” e “*que está sobre a influência também das duas minas, porém, acho que mais forte essa*”, respectivamente, a partir do observado durante elaboração de asserções ilustradas pelo uso de dados e de normas técnicas e de tendências nos dados, o grupo elabora asserções teóricas gerais para a região em estudo que contam que as minas exercem influência na região do ponto 1 e 2, e permite classificar as proposições no nível epistêmico V.

Na proposição 16, os pontos 3 e 4 são descritos como próximos à vila, resultando na classificação da proposição no nível epistêmico II. Por fim, na proposição 18, é explicado que o ponto 5 é parte do estudo para verificar a extensão da contaminação ao longo do rio, mostrando uma justificativa para o uso dos dados, o que leva à classificação da proposição no nível epistêmico II.

O Quadro 5.3 apresenta o slide da UA-10, as proposições referentes e suas distribuições nos níveis epistêmicos, de acordo com o Quadro 4.4.

Quadro 5.3 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-10 da EO-G1.

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos
10		
	21 Aqui é a tabela dos biodisponíveis, que também no ponto 1, a gente pode ver a presença de valores acima do permitido em zinco ((aponta para célula '5247,27')) e chumbo ((aponta para célula '5280,57')).	I, III, IV
	22 No ponto 2 ((aponta para célula '802,47')), também no zinco acima do permitido, e no ponto 2 ((aponta para célula '556,31')), também acima do negligenciável em chumbo.	IV
	23 E no ponto 3 ((aponta para célula '179,55')), o zinco, e o seis ((aponta para célula '515,75')), e, também, o chumbo ((aponta para célula '370,98')), acima do negligenciável, em todos esses pontos.	IV

Na UA-10, o G1 apresenta as concentrações biodisponíveis de zinco, cobre e chumbo por meio de uma tabela similar àquela utilizada na UA-9c. A inscrição em questão é prontamente mencionada na proposição 21, classificada no nível epistêmico I. Devido à semelhança mencionada, o grupo não se detém na descrição das características visuais da inscrição, avançando para sua discussão, na qual são destacados os metais que excedem valores máximos permitidos, como, por exemplo, na proposição 21, “[...] também no ponto 1, a gente pode ver a presença de valores acima do permitido em zinco e chumbo”. Todas as proposições na UA-10 estabelecem este tipo de relação e, portanto, são classificadas no nível epistêmico IV. Além disso, ao utilizar a palavra “também” o grupo estabelece uma comparação entre os dados biodisponíveis e os dados pseudototais, que conta que em ambas as frações, o ponto 1 apresenta os valores de concentração de zinco acima do permitido. Assim, a proposição 21 também se classifica no nível epistêmico III.

O Quadro 5.4 apresenta o slide da UA-11a, as proposições referentes e suas distribuições nos níveis epistêmicos, de acordo com o Quadro 4.4.

Quadro 5.4 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-11a da EO-G1.

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos
11	<p>Gráficos:</p> <p>■ Metais Pseudototais Zn ■ Metais Pseudototais Pb</p> <p>CONCENTRAÇÃO (MG/KG)</p> <p>MINAS (PONTOS 1 E 2) VILA (PONTOS 3 E 4) RIO (PONTOS 5 E 6)</p> <p>PONTOS DE AMOSTRAGEM</p>	
	24 A partir disso, a gente criou esse gráfico para mostrar a diferença ((apontador faz movimentos circulares em cima do gráfico)).	I, II
11a	25 E a gente fez uma média entre os pontos com justificativa igual, que seriam ((fala acompanha apontamento dos textos presentes no eixo das abscissas do gráfico)) os pertos das minas, os pertos da Vila, e ao longo do rio.	II
	26 Também, ((apontador faz movimentos circulares em torno do eixo das ordenadas)) a concentração está em miligramas por quilo.	II
	27 A gente pode ver que ((aponta para rótulo 'Metais pseudototais Pb')) isso aqui é o gráfico dos pseudototais.	II
	28 O chumbo ele ((apontador faz movimentos circulares em torno da barra Pb-Minas)) está acima do permissível, ele é uma quantidade bem significativa e o zinco também ((apontador faz movimentos circulares em torno da barra Zn-Minas)), que são os pontos mais pertos da mina.	II, III, IV
	29 Então, é considerável que esses pontos realmente seriam mais contaminados.	V
	30 O zinco ((apontador faz movimentos circulares em torno da barra Zn-Vila)), nos pontos perto da Vila, ele possui uma quantidade um tanto, relativamente, maior do que o de chumbo ((aponta para barra Pb-Vila)).	II, III
	31 E aqui ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Rio')) eles possuem quase que um equilíbrio ((apontador esboça linha entre o topo das barras 'Rio'))).	III

Na UA-11a, o G1 apresenta um gráfico contendo a concentração pseudototal média de chumbo e zinco em diferentes conjuntos de pontos. Após mencionar a inscrição na proposição 24, que é classificada como de nível epistêmico I, o grupo descreve o seu propósito (proposição 24) e a sua construção (proposições 25, 26 e 27), evidenciando o nível epistêmico II. Em seguida, são estabelecidas proposições que comparam os valores do gráfico entre si. Por exemplo, na proposição 28, destaca-se que os pontos próximos à vila (nível epistêmico II) apresentam concentrações significativas de chumbo e zinco (nível epistêmico III), as quais ultrapassam os valores máximos permitidos estabelecidos pelas normas técnicas (nível epistêmico IV).

Além disso, são apresentadas comparações entre as concentrações de zinco e chumbo nos pontos próximos à vila, na proposição 30, e nos pontos ao longo do rio, na proposição 31, ambas classificadas nos níveis III. A partir do estabelecimento de comparações entre os dados em si (proposições de nível III) e asserções teóricas baseadas nos dados em comparação com normas técnicas, o grupo conclui, na proposição 29 que os pontos próximos às minas são os mais contaminados. Tal proposição representa a elaboração de uma assertiva teórica geral para a região em estudo e, assim, é classificada no nível epistêmico V.

O Quadro 5.5 apresenta o slide da UA-11b, as proposições referentes e suas distribuições nos níveis epistêmicos, de acordo com o Quadro 4.4.

Quadro 5.5 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-11b da EO-G1.

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos
11b	<p>Gráficos:</p> <p>■ Metais Biodisponíveis Zn ■ Metais Biodisponíveis Pb</p> <p>CONCENTRAÇÃO (MG/KG)</p> <p>MINAS (PONTOS 1 E 2) VILA (PONTOS 3 E 4) PONTOS 5 E 6</p> <p>PONTOS DE AMOSTRAGEM</p>	
	32 Esses são dos valores biodisponíveis, onde a gente vai encontrar a mesma situação ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Minas)), com valores lá perto das minas bem altos.	I, III
	33 Perto da Vila ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Vila')) nem tanto, são valores um pouco mais baixos.	II, III
	34 E ao longo do rio ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Rio')), também são valores relativamente mais altos que os da Vila ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Vila'))).	II, III
	35 A gente pensa que a Vila ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras 'Vila')), pela ação humana, pode ter um pouco de influência, nesses pontos.	I, V

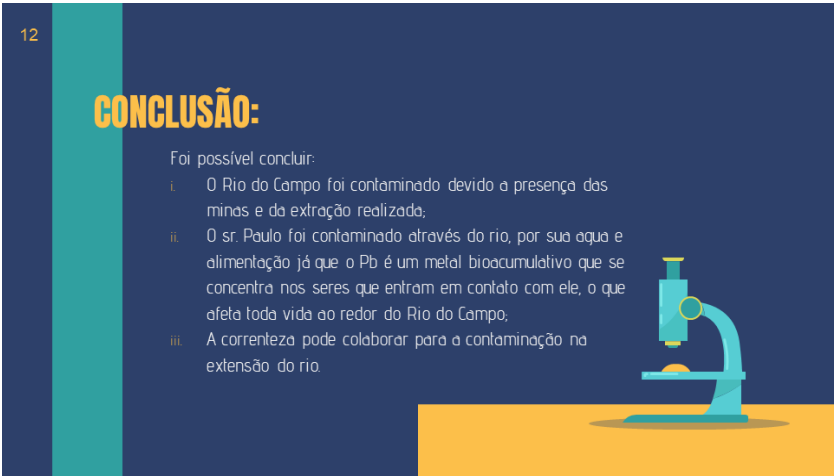
O gráfico dos metais biodisponíveis na UA-11b possui estruturas visuais semelhantes ao gráfico dos pseudototais na UA-11a. Nesse sentido, o grupo não realiza sua descrição detalhada, apenas mencionando-o oralmente e gestualmente na proposição 32, classificada no nível epistêmico I. Na mesma proposição, o grupo observa que a situação em relação aos metais biodisponíveis é análoga à dos pseudototais, com os valores elevados nas proximidades das minas. Assim, essa proposição é classificada no nível epistêmico III. Na proposição 33, o grupo identifica a presença de valores mais baixos nos pontos próximos à Vila do Campo, e na

proposição 34, e destaca a ocorrência de valores altos no restante do rio. Portanto, essas proposições são classificadas nos níveis epistêmicos II e III. Por fim, a proposição 35 é classificada como de níveis epistêmicos I e V já que o G1 associa um dado advindo da narrativa, a presença de atividades humanas na região, com a elaboração de uma asserção teórica geral, de que tais ações podem ter influência direta nas concentrações identificadas.

O G1 apresentou suas conclusões na UA-12, que podem ser visualizadas no Quadro 5.6. Junto ao slide estão as proposições e suas distribuições nos níveis epistêmicos do Quadro 4.4.

Quadro 5.6 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-12 da EO-G1.

(continua)

UA	Slide / Proposições	Níveis Epistêmicos
		
12	36 Então, a partir desses dados, que foram obtidos através da pesquisa, ((<i>fala acompanha apontamento do texto do primeiro parágrafo</i>)) a gente pode concluir que o rio realmente está contaminado, devido à presença das minas e da extração que era realizada neste local antes dele virar reserva ecológica.	I, V
	37 Porque o chumbo, ele é um metal que, quando ele era retirado, ele era deixado às margens do rio à céu aberto.	I
	38 Então, não tinha um cuidado para a contaminação do local.	I
	39 O senhor Paulo, a gente pode concluir também ((<i>fala acompanha apontamento do texto do segundo parágrafo</i>)) que ele foi contaminado através do rio, e temos a opção de ser pela água ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da palavra 'água' no segundo parágrafo</i>)) do rio ou pela alimentação ((<i>aponta para palavra 'alimentação' no segundo parágrafo</i>)).	V
	40 ((<i>Fala acompanha apontamento do texto do segundo parágrafo</i>)) Já que chumbo é um metal bioacumulativo, que se concentra nos seres que entram em contato com ele, o que afeta toda a vida ao redor do campo.	VI
	41 Então, não só o senhor Paulo, assim como também foi nos dados na narrativa, que outros moradores já tinham sido contaminados, já não estavam passando bem por causa de contaminação do chumbo.	I
	42 E se está chegando nos humanos é porque a vida local também já foi afetada, então provavelmente os peixes, as plantas, o rio em si, toda vida que nele habita já está comprometida com essa contaminação.	V

Quadro 5.6 - Distribuição nos níveis epistêmicos das proposições da UA-12 da EO-G1.

(conclusão)

UA	Slide / Proposições	Níveis Epistêmicos
43	E a gente também pode concluir que (<i>fala acompanha apontamento do texto do terceiro parágrafo</i>) a correnteza, ela pôde colaborar de certa forma para a contaminação durante a extensão do rio.	V
44	Já que é um metal e a correnteza ela pode ter (ajudado) na contaminação através do sedimento, o sedimento ele pode ter sido espalhado, então, a concentração perto das minas ela estaria meio que diminuindo, e se acumulado em outros pontos do rio.	V
45	Por isso que eu falei que provavelmente deveria ter um impacto da ação humana na Área Central do Parque e na Vila, onde são mais ativos naquela área.	I, V
46	O rio pode se mexer mais e diminuir a concentração daquele ponto.	V

No slide da UA-12 são discutidas três principais conclusões obtidas pelo grupo. A primeira refere-se à contaminação do Rio do Campo dada a presença e exploração das minas no Parque da Divina, elaborada na proposição 36 de nível epistêmico V. De acordo com o trecho “*a partir destes dados*”, a proposição conecta-se com dados previamente apresentados por meio de tabelas e gráficos e, assim, a proposição 36 também é classificada como de nível epistêmico I. As proposições 36, 37 e 38 são classificadas no nível I, já que trazem dados na forma de informações da narrativa para justificar a conclusão.

A segunda conclusão diz respeito à contaminação dos personagens do caso por meio do contato direto ou indireto com o recurso hídrico, elaborada nas proposições 39 e 42, de nível epistêmico V. Para dar suporte à conclusão, na proposição 40, são apresentadas informações provenientes da literatura sobre a toxicidade do chumbo. Além disso, na proposição 41, são resgatados dados narrativos que fornecem informações sobre a situação da população da Vila do Campo em relação à contaminação. Essas proposições podem ser classificadas nos níveis epistêmicos VI e I, respectivamente.

Por fim, a terceira conclusão diz respeito ao efeito da correnteza e ao transporte dos metais retidos nos sedimentos próximos às minas para os demais pontos do rio, elaborada nas proposições 43 a 46, de nível epistêmico V. Na proposição 45, é retomada a ideia da proposição 35, que estabelece uma associação entre as atividades humanas na Área Central do Parque da Divina e os impactos observados na região. Ou seja, nessa proposição são resgatados dados fornecidos na narrativa, resultando em sua classificação como nível epistêmico I.

A discussão previamente delineada está em consonância com aquela apresentada nos registros arquivados no Tidia-Ae, mostrando que o grupo conseguiu transferir para a EOEC as informações e conclusões derivadas das fases de resolução, resultando em argumentos que refletem predominantemente as ideias coletivas dos estudantes. Como mencionado

anteriormente, as considerações expostas pelo G1 são cientificamente apropriadas e encontram respaldo em trechos do artigo que originaram o caso em questão:

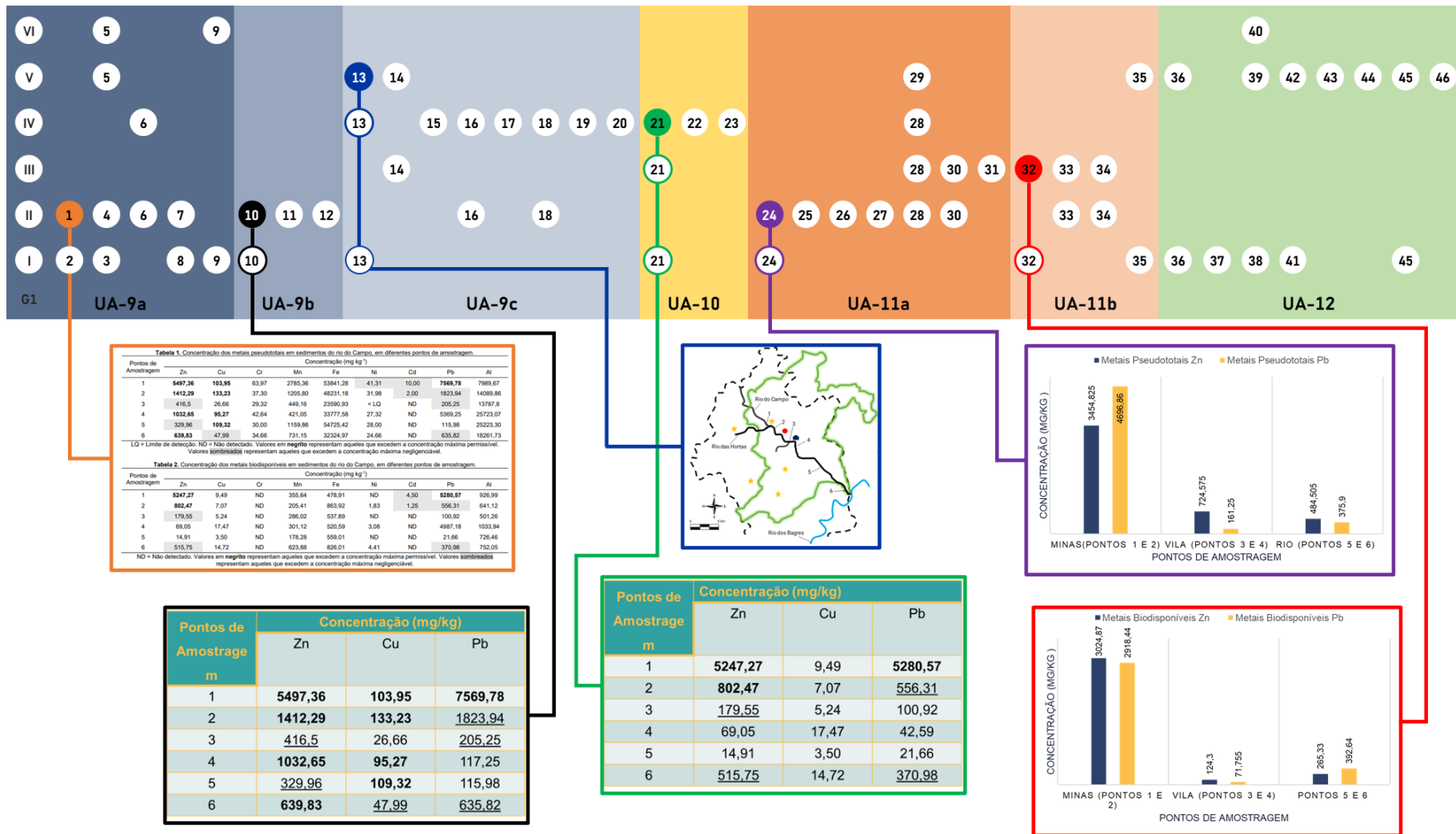
Observa-se que foram encontradas concentrações de Cu, Zn e Pb pseudo-totais e Zn e Pb biodisponíveis acima do valor máximo permitido [...] Os pontos 1 e 2 apresentaram as maiores concentrações desses metais [...] As amostras de sedimento coletadas no rio Furnas (ponto 1) e no rio Betari (ponto 2), logo após o rio Furnas, mostraram-se fortemente influenciadas pelos materiais de rejeito da mina de Furnas [...] Os sedimentos avaliados neste estudo encontram-se altamente contaminados em alguns locais (COTTA; REZENDE; PIOVANI, 2006, p. 43-44).

No que diz respeito ao transporte de metais pela água do rio, mencionado pelo grupo como um fator que pode contribuir para a dispersão da contaminação dos pontos 1 e 2 para o restante do rio, é importante notar que, embora Cotta, Rezende e Piovani (2006) não tenham feito referência específica aos efeitos das correntezas dos Rios Furnas e Betari (que correspondem ao Rio das Hortas e Rio do Campo, respectivamente, no caso *Resquícius de um Passado Chumbado*), essa informação fornecida pelos alunos encontra suporte na literatura. Por exemplo, o estudo de Lunardi (2012) apresenta a interferência da correnteza nas concentrações de cobre ao longo de um arroio (pequena corrente ou curso de água, seja ou não permanente) com descarga de efluentes industriais. Os autores destacam que, devido aos descartes ocorrerem em batelada, em vez de forma contínua, as concentrações de cobre se dispersam e se sedimentam ao longo do curso do arroio, o que dificulta a detecção do metal em pontos de amostragem distintos do local de descarga.

A Figura 5.1 ilustra a distribuição das proposições nos diferentes níveis epistêmicos, assim como a inserção das inscrições ao longo das UA, permitindo a identificação de padrões relacionados ao uso de inscrições no argumento e ao tipo de discurso estabelecido. Na UA-9a, foram introduzidas duas tabelas, as quais, na UA-9b, são substituídas por uma terceira tabela semelhante às anteriores. O discurso nessas UA (proposições 1 a 12) é caracterizado por assertivas que se referem à nomeação e descrição das estruturas visuais das inscrições, além da escolha do enfoque no chumbo, zinco e cobre com base nos dados do estudo de caso. Assim, predominam, nesse contexto, proposições de níveis epistêmicos I e II, como pode ser claramente observado na Figura 5.1.

Na UA-9c, com a inserção do mapa dos pontos de amostragem na proposição 13, inicia-se a discussão dos dados. Na UA-10, ocorre a adição de mais uma tabela. É importante ressaltar que o mapa já havia sido introduzido e explicado anteriormente na EOEC, enquanto a tabela é

Figura 5.1 - Distribuição das proposições do argumento do G1 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC.



Fonte: Autoria Própria.

uma versão reduzida daquela presente na UA-9a. Dessa forma, o grupo não repete o processo de descrição das inscrições, o que resulta em uma predominância de proposições de nível epistêmico superior, especialmente do nível IV.

Na UA-11, uma situação semelhante ocorre com a introdução dos gráficos nas proposições 24 (UA-11a) e 32 (UA-11b). A Figura 5.1 revela que, inicialmente, na UA-11a, há uma predominância de proposições de nível epistêmico inferior, relacionadas à descrição das características visuais do gráfico e à explicação de como ele foi construído. A discussão do gráfico tem início na proposição 28, momento em que proposições de níveis epistêmicos II e III passam a coexistir. A adição de uma nova inscrição na UA-11b não interrompe essa coexistência. Em outras palavras, o uso das inscrições no argumento da EO-G1 envolve etapas de descrição de um conjunto de inscrições visualmente semelhantes, possibilitando, posteriormente, a discussão dos dados sem a necessidade de retomar a descrição das representações. Isso é possível devido às similaridades visuais compartilhadas pelas inscrições, que permitem a identificação de suas características de uma única vez.

Outro fator que molda a predominância de determinados níveis epistêmicos ao longo do argumento do G1 é o papel das inscrições em cada UA, de forma que diferentes conjuntos de inscrições foram utilizados para diferentes propósitos. Nas UA-9 e UA-10, as tabelas fornecem subsídios para a discussão dos dados em termos de valores de referência propostos em uma norma técnica. Isso resulta em uma predominância de proposições de nível epistêmico IV, como demonstrado na Figura 5.1.

Já na UA-11, de acordo com a proposição 24, “*a gente criou esse gráfico para mostrar a diferença*”, o grupo utilizou os gráficos para demonstrar tendências nos dados, o que é realizado por meio de comparações entre os valores e associação desses com a localização dos pontos de amostragem, levando à predominância de proposições de nível epistêmico II e III. A incorporação de gráficos gerados a partir de tabelas configura um acréscimo no status epistêmico do argumento do G1 (LATOURE; WOOLGAR, 2000). De fato, as novas inscrições permitem o estabelecimento de relações distintas daquelas obtidas por meio das tabelas, o que diversifica os tipos de informações apresentadas e enriquece a diversidade de níveis epistêmicos desenvolvidos ao longo do argumento.

Por fim, na UA-12, mesmo sem a presença de inscrições, o G1 apresentou conclusões embasadas na recuperação de dados da narrativa e, assim, ocorre a predominância de proposições de níveis epistêmicos V e I. A Figura 5.1 auxilia, portanto, na verificação de três momentos distintos na EO-G1: o momento 1, que abrange a apresentação de tabelas de dados e a discussão com base nos valores estabelecidos em legislações e normas técnicas (UA-9 e

UA-10); o momento 2, que envolve a apresentação dos dados na forma de gráficos e a exploração das relações identificadas (UA-11); e o momento 3, que engloba as conclusões (UA-12).

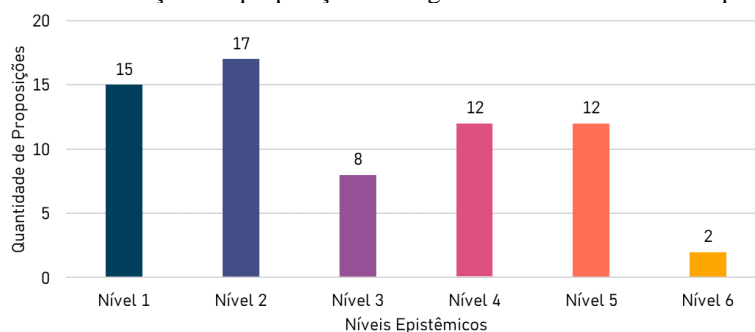
Nesse contexto, é possível constatar a pertinência do Quadro Analítico no delineamento das nuances e sutilezas do argumento, sobretudo no tocante à influência exercida pelo papel das inscrições e ao discurso que se estabelece por meio delas na predominância dos diversos níveis epistêmicos. O Quadro Analítico demonstra ainda sua relevância ao ser identificado que o argumento oral apresentado pelo G1 segue um padrão comparável à argumentação escrita descrita na perspectiva de Latour (2000), incorporada tanto no Quadro Analítico proposto por Kelly e Takao (2002) quanto no do presente estudo. De acordo com Latour (2000), a argumentação científica se inicia pela explicitação de contingências específicas da pesquisa por meio dos dados, visando, posteriormente, generalizar e estender as observações para outros contextos. Essa sequência lógica é claramente evidenciada no argumento estabelecido pelo G1.

A seguir, será realizada a análise do argumento desenvolvido pelo G1, considerando a qualidade em termos de status epistêmico, conforme os critérios estabelecidos por Kelly e Takao (2002), e de coesão lexical, utilizando a análise de similitude do IRaMuTeQ e a análise lexical proposta por Kelly e Bazerman (2003).

5.1.2 Status Epistêmico do Argumento do G1

A Figura 5.2 apresenta a distribuição das 46 proposições do argumento do G1 nos seis níveis epistêmicos, dentre as quais 15 foram classificadas no nível epistêmico I, 17 no nível epistêmico II, oito no nível epistêmico III, 12 no nível epistêmico IV, 12 no nível epistêmico V e três no nível epistêmico VI. As proposições que se classificaram em mais de um nível epistêmico foram contabilizadas em todos os seus respectivos níveis.

Figura 5.2 - Distribuição das proposições do argumento do G1 em níveis epistêmicos.



Fonte: Autoria Própria.

Conforme a Figura 5.2, o argumento elaborado na EO-G1 demonstrou uma distribuição de proposições que abrange todos os níveis epistêmicos, abarcando informações de diferentes naturezas, atendendo, assim, o primeiro critério de análise do status epistêmico do argumento. Observa-se maior número de proposições dos níveis I a V e uma baixa frequência de proposições de nível epistêmico VI, ou seja, no uso de informações provenientes da literatura.

A ocorrência reduzida de proposições de nível VI não é surpreendente, tendo sido constatada em outros estudos (KELLY; TAKAO, 2002; OLIVEIRA; BATISTA; QUEIROZ, 2010; QUEIROZ et al., 2009), e justifica-se pelo fato de proposições neste nível abarcarem aspectos muito gerais, que resultam em não adequação para inserção recorrente nos argumentos construídos pelos estudantes, que tratavam de questões específicas. Conforme apontam Kelly e Takao (2002), tais proposições usualmente facilitam o entendimento do contexto em estudo, a partir da apresentação de definições e informações, por exemplo. Todas as proposições de nível VI identificadas no argumento em questão possuem esse caráter: na proposição 9, o ouvinte da EOEC toma conhecimento de que em minas de chumbo pode ser encontrado o cobre; na proposição 40 é informado sobre o fato do chumbo ser bioacumulativo; na proposição 5, por sua vez, é apresentado o significado do que são valores acima dos permissíveis, no que tange à concentração de um dado metal.

Cabe destacar que informações que poderiam compor proposições presentes nesse nível foram fornecidas em diferentes partes do caso, tendo em vista o oferecimento de subsídios para a construção do entendimento sobre o contexto aí vigente. A título de exemplo, o trecho a seguir, da Parte IV do estudo de caso, destaca informações sobre a ocorrência de efeitos negativos ao meio ambiente, quando a concentração de um metal ultrapassa os valores máximos permissíveis: *“os valores acima da concentração máxima permissível representam a ocorrência provável de efeitos adversos ao meio ambiente”*.

No que diz respeito aos demais níveis epistêmicos, os resultados encontrados também estão alinhados com aqueles reportados na literatura (KELLY; TAKAO, 2002), uma vez que as proposições I a III apresentam observações sobre o local em estudo, enquanto as de IV e V são de cunho interpretativo. Por exemplo, nas proposições 31 e 32 o grupo destaca os valores de concentração de metais biodisponíveis ao longo dos pontos de amostragem, apontando que nos pontos perto das minas (pontos 1 e 2), os valores são altos, perto da Vila (pontos 3 e 4), eles decrescem, e no restante do rio (pontos 5 e 6), eles retornam a aumentar. Ao passo que o grupo está caracterizando comparações e tendências para os dados, também descreve a região física em estudo, configurando, assim, a elaboração de proposições de níveis epistêmicos II e III. Essas relações levam o grupo a interpretar, na proposição 33, que a ação humana na Vila deve

causar alguma influência na concentração dos metais, o que se configura como a elaboração de uma assertiva teórica para a região e permite classificar a proposição como de nível epistêmico V. Dessa forma, é possível afirmar que o argumento construído tomou por base dados presentes nas inscrições e na própria narrativa do caso para gerar assertivas teóricas gerais capazes de solucioná-lo.

O segundo critério de análise refere-se à necessidade de as assertivas teóricas precisarem estar suficientemente amparadas por assertivas que fazem referência aos dados. Conforme ilustra a Figura 5.2, existem 15 proposições que mencionam os dados (nível I) em relação a um total de 24 assertivas teóricas para a região em estudo. Dessas, 12 são ilustradas pelo uso de dados e normas técnicas (proposições de nível epistêmico IV), enquanto 12 são apresentadas na forma de conclusões acerca do problema discutido (proposições de nível epistêmico V). Portanto, o argumento do G1 satisfaz o segundo critério de análise já que a quantidade de dados trazidos pelo grupo é pertinente para a quantidade de asserções teóricas.

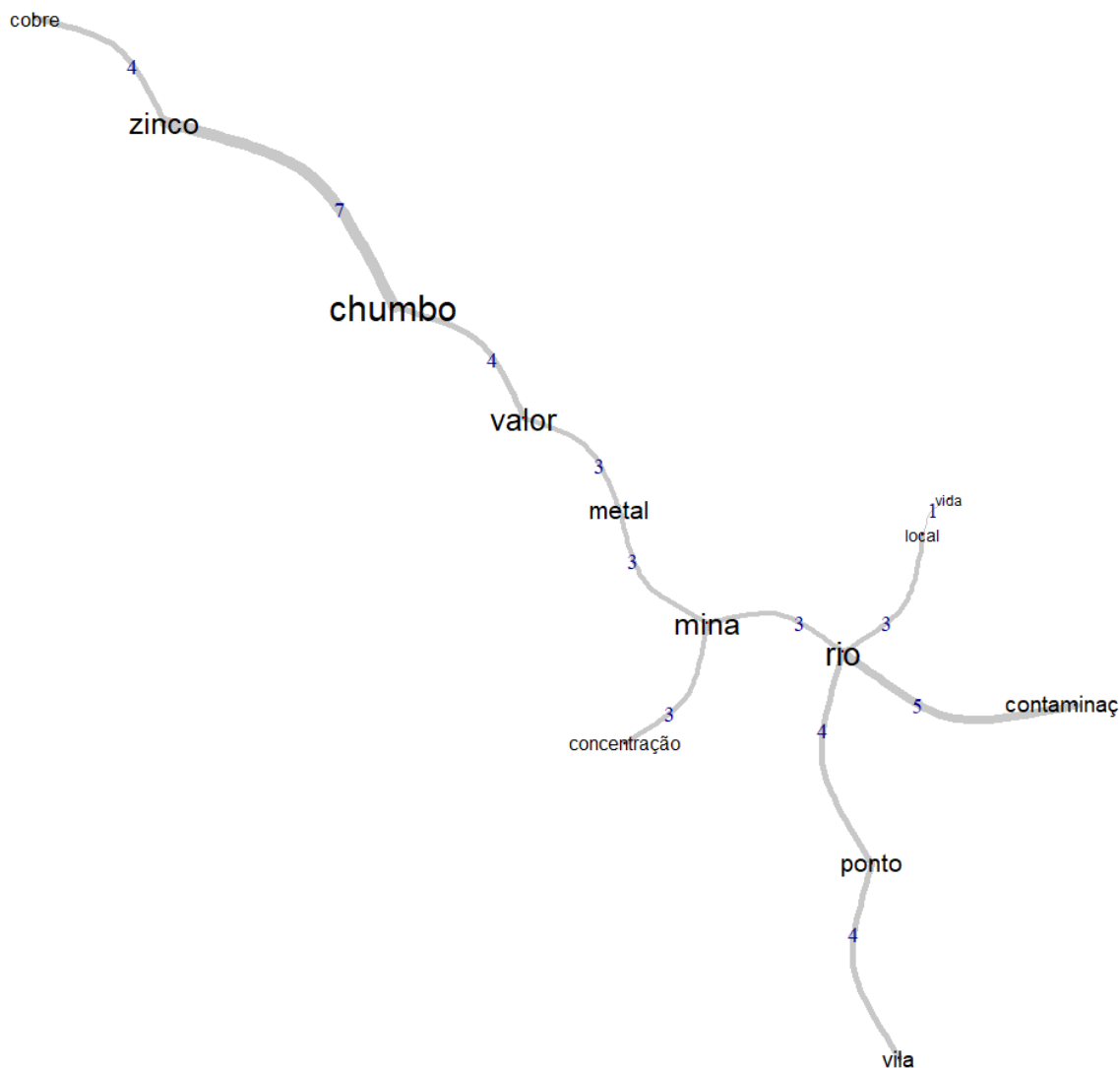
5.1.3 Coesão Lexical do Argumento do G1

A Figura 5.3 apresenta a árvore de palavras da análise de similitude do argumento do G1, obtida no IRaMuTeQ, e auxilia na constatação de termos frequentes e temáticas no argumento. A partir da Figura, o argumento do G1 é estruturado em torno do termo “*rio*”, sendo este o núcleo central com o maior número de conexões (4) com outros termos: “*mina*”, “*ponto*”, “*contaminação*” e “*local*”. Além disso, destaca-se também o termo “*chumbo*”, em maior tamanho de fonte, o que indica sua alta recorrência no texto. Os termos “*rio*” e “*chumbo*” são conectados pelos termos “*valor*”, “*metal*”, “*mina*”. Essa configuração revela que o discurso do argumento gira em torno da discussão das concentrações de chumbo e outros metais nas minas e no rio.

A Figura 5.3 revela ainda algumas ramificações que representam temáticas discutidas no argumento. O núcleo “*rio*” apresenta conexões com as palavras “*contaminação*”, “*local*” e “*vida*”. De fato, a conexidade entre “*rio*” e “*contaminação*” é uma das mais recorrentes, dado o valor numérico (5) sobre a linha entre os termos. Esta ramificação evidencia a discussão da contaminação do rio e os impactos na vida local. A ramificação localiza também a principal conclusão do grupo, enunciada na proposição 36: “*a gente pode concluir que o **rio** realmente está **contaminado***”, o que indica que a ideia possui suporte e apoio na rede construída pelos

demais termos ao longo do argumento, os quais detalham e denunciam a circunstância ambiental de contaminação da região em estudo.

Figura 5.3 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G1.



Fonte: Autoria Própria.

A associação mais recorrente ocorreu entre os termos “*chumbo* e “*zinco*”, como observado no valor numérico (7) sobre a linha entre os termos, o que indica a associação recorrente dos metais durante a construção do argumento, em especial durante a atribuição de relações entre os dados presentes nos gráficos na UA-11, e na discussão das concentrações das tabelas da UA-10 em termos de valores de referência como por exemplo, na proposição 21, “*a gente pode ver a presença de valores acima do permissível em zinco e chumbo*”. Ou seja, apesar do foco do estudo de caso ser a contaminação de chumbo, o grupo resalta outros metais, como também o “*cobre*”.

As palavras identificadas na Figura 5.3 foram consideradas como representantes do argumento e foram utilizadas para gerar a rede de conexões lexicais por repetição de morfemas do argumento do G1. Tal rede é ilustrada na Figura 5.4, a qual é analisada com o objetivo de identificar padrões relacionados à distribuição dos morfemas ao longo do argumento, buscando indícios de sua coesão do mesmo.

É possível observar na Figura 5.4 alguns padrões relacionados à introdução de termos e conceitos ao longo da construção do argumento do G1. Verifica-se que a grande maioria dos morfemas (85%) é introduzida na UA-9, a primeira unidade analisada, sendo que oito morfemas (54%) já são evocados nas primeiras proposições (UA-9a). Após a UA-9, a introdução de novos termos volta a ocorrer somente na UA-12 (*Conclusões*), na qual os morfemas “*local*” e “*vida*” são introduzidos. Além disso, observa-se que a maioria (72%) dos termos inseridos no primeiro momento da EOEC (discussão de dados das tabelas com base em legislações e normas técnicas) estão presentes ao longo dos demais. Os morfemas “*meta-*” e “*cobre*” não são utilizados no momento 2 (discussão de resultados expressos em gráficos) e os morfemas “*valor*”, “*cobre*” e “*zinco*” não se figuram no momento 3 (conclusões).

A introdução dos morfemas “*local*” e “*vida*” somente na UA-12 se alinha com a distinção entre os três momentos da EOEC. Na seção *Resultados e Discussão*, o grupo apresenta asserções intimamente relacionadas com o recurso hídrico em investigação, sem realizar a expansão da discussão para outros contextos físicos e sociais que ele permeia, o que só ocorre na seção de *Conclusões*. Os morfemas “*local*” e “*vida*” são termos que se distanciam do contexto específico do rio e tornam a discussão mais abrangente, por isso ele só encontra espaço nas *Conclusões*. A partir dos termos, o grupo elabora asserções que abrangem as contribuições da área para a contaminação do rio, bem como do rio para a contaminação local, como por exemplo, na proposição 36, “*o rio realmente está contaminado, devido à presença das minas e da extração que era realizada neste local antes dele virar reserva ecológica*” e na proposição 42, “*se está chegando nos humanos é porque a vida local também já foi afetada, então provavelmente os peixes, as plantas, o rio em si, toda vida que nele habita já está comprometida com essa contaminação*”. Apesar de serem introduzidos apenas no final do argumento, os morfemas não estão completamente desconectados dos *Resultados e Discussão*, já que a árvore de palavras (Figura 5.3) mostra que “*vida*”, “*local*” e “*rio*” são termos que se encontram associados. Isso sugere continuidade entre as seções analisadas, o que pode facilitar o desenvolvimento de relações e justificativas.

Os resultados mencionados são indicativos de como termos e conceitos são

Figura 5.4 - Conexões lexicais do argumento do G1.

Unidade de Análise	UA-9a									UA-9b			UA-9c							UA-10			UA-11a						UA-11b					UA-12												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
valor-	X			X	X					X			X		X	X	X	X	X	X	X												X	X	X											
meta-	X					X		X					X																								X			X			X			
rio-					X												X							X										X		X	X	X				X	X	X		X
chumbo							X	X	X						X	X				X	X	X	X					X	X											X	X					
cobre							X		X					X			X		X										X	X																
zinco							X	X						X	X	X	X				X	X	X					X	X																	
min-							X	X					X	X										X		X							X											X		
concentra-										X															X														X					X		X
ponto-											X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X					X										X	X	
vila															X									X					X				X	X	X											X
contamina-																	X											X								X		X	X		X	X	X			
local																																				X		X			X					
vid-																																						X	X							

Fonte: Autoria Própria.

Figura 5.5 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G1.

Unidade de Análise	UA-9a									UA-9b			UA-9c							UA-10			UA-11a						UA-11b					UA-12																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46				
valor-	15			15	15					15			15	15	15	15	15	15	15	15												15	15	15																
meta-	7					7		7					7																							7			7			7								
rio-					11													11					11										11		11	11		11			11	11	11		11					
chumbo							14	14	14						14	14			14	14	14	14					14	14							14				14	14										
cobre							5		5					5			5		5																															
zinco							11	11						11	11	11				11	11	11						11	11																					
min-							9	9					9	9									9				9					9			9													9		
concentra-										5														5															5				5		5					
ponto-											18	18	18		18	18	18	18	18	18	18	18	18					18	18	18					18									18		18				
vila															7								7						7	7	7	7												7						
contamina-																	8										8								8	8	8		8	8	8									
local																																			3	3				3										
vid-																																						2		2										

Repetições	22	0	0	15	26	7	30	41	28	15	5	18	49	43	29	65	49	63	38	47	58	43	43	0	45	5	0	52	26	50	0	24	22	33	25	31	32	11	19	28	22	24	26	43	7	34
Morfemas Evocados	2	0	0	1	2	1	3	4	3	1	1	1	4	4	2	5	4	5	3	3	4	3	3	0	4	1	0	4	2	4	0	2	2	3	2	4	3	2	2	4	2	4	3	4	1	3
Conexões	20	0	0	14	24	6	27	37	25	14	4	17	45	39	27	60	45	58	35	44	54	40	40	0	41	4	0	48	24	46	0	22	20	30	23	27	29	9	17	24	20	20	23	39	6	31

Média = 25,6

Fonte: Autoria Própria.

empregados na construção do argumento. A introdução de termos nos estágios iniciais do argumento do G1 indica o estabelecimento de uma linguagem relevante para a discussão dos dados e resolução do problema, o que permite, posteriormente, que o grupo centralize o argumento na elaboração de relações e conclusões justificadas acerca da contaminação que afeta a região.

De acordo com a Figura 5.5, os 13 morfemas evidenciam uma média de 26 conexões lexicais para cada uma das 46 proposições. Esse resultado demonstra a presença de um número considerável de conexões, indicando a interligação das ideias na construção do argumento. Além disso, na Figura 5.4, é possível observar que 24 proposições (52% do total) ao longo do argumento possuem três ou mais morfemas. Por possuírem múltiplos termos, essas proposições agregam ideias e conceitos-chave, desempenhando um papel essencial na coesão do argumento. Conforme destacado por Kelly e Bazerman (2003), elas conectam morfemas de ordem superior, introduzidos no início da discussão, com morfemas de ordem inferior, introduzidos posteriormente, auxiliam na continuidade da presença dos termos de ordem superior ao longo do argumento e permitem a progressão lógica e conexão consistente entre ideias.

Um exemplo é a proposição 18, que afirma “*o ponto 5 () garantir se a contaminação se estende na extensão do rio, ele possui valores acima do negligenciável no zinco, e no ponto 6 acima do permissível*”, e estabelece conexão entre morfemas de ordem superior, como “*valor-*” e “*rio*”, com morfemas de ordem inferior, como “*contamina-*”. Esses morfemas são reiterados em proposições de diferentes níveis epistêmicos. Por exemplo, o morfema “*contamina-*”, além de estar presente na proposição 18, também é evocado em outras sete proposições, fortalecendo a coesão do argumento.

De acordo com Takao e Kelly (2003), além de reunir evidências por meio do uso de asserções de diferentes níveis epistêmicos, nos argumentos científicos é preciso que as proposições estejam conectadas entre si. Assim, a Figura 5.4 auxilia ainda na verificação de como a repetição de morfemas em proposições de diferentes níveis epistêmicos cria uma rede de evidências às conclusões apresentadas pelo grupo, sendo elas: o Rio do Campo está contaminado devido à presença das minas e da extração que era realizada no Parque da Divina antes que se tornasse uma reserva ecológica (proposição 36); os moradores da região do Parque da Divina e toda a vida ao redor do Rio do Campo estão sendo afetados pela contaminação (proposições 36 e 42); a contaminação se propaga ao longo do Rio do Campo devido à sua correnteza e ações antropogênicas na Área Central do Parque e na Vila do Campo (proposições 43, 44 e 46). A Figura 5.6 retoma o contexto investigado no caso, de modo a tornar mais claro

o teor das conclusões alcançadas e as Figuras 5.7 a 5.9 ilustram as estruturas argumentativas que ofereceram suporte a cada uma delas.

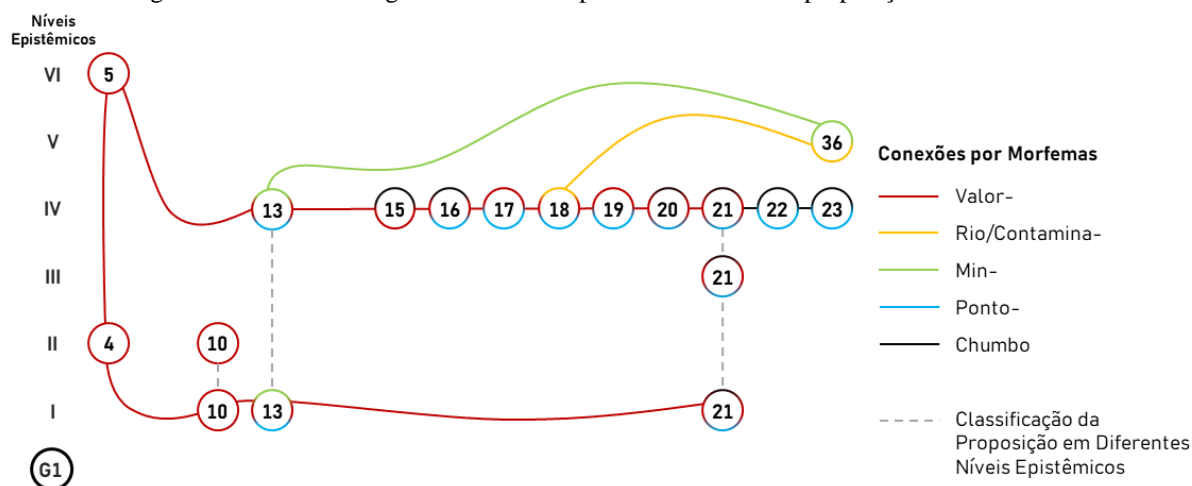
Figura 5.6 - Contexto investigado no estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 5.7 apresenta a estrutura argumentativa que dá suporte à conclusão da proposição 36 da UA-12.

Figura 5.7 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 36 da EO-G1.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 5.7 ilustra as conexões por repetição de morfemas que subsidiam uma assertiva teórica de nível epistêmico V, uma característica de um bom argumento (TAKAO; KELLY, 2003). Os círculos numerados representam as proposições. Aquelas de mesma cor estão conectadas por um determinado morfema. Por exemplo, as proposições 13, 16-23 possuem parte da sua borda na cor azul e se encontram conectadas entre si pelo morfema “*ponto-*”. As

linhas buscam indicar como a estrutura argumentativa é formada, ascendendo de proposições de nível epistêmico inferior às de nível superior, até a conclusão na proposição 36, na qual o grupo afirma que “*a gente pode concluir que o rio realmente está **contaminado**, devido à presença das **minas** e da extração que era realizada neste local antes dele virar reserva ecológica*”. A seguir, discute-se como as proposições indicadas na Figura 5.7 se articulam e fornecem evidências e justificativas à conclusão. A descrição detalhada das relações e morfemas ilustrados na Figura 5.7, nesse momento, visa reforçar a familiarização do leitor com a análise proposta por meio desse tipo de figura. Para as demais conclusões da EO-G1, bem como para as da EO-G2 e EO-G3, essa descrição será realizada de maneira simplificada.

A estrutura argumentativa ilustrada na Figura 5.7 inclui proposições que fazem menções orais e/ou gestuais a dados explorados pelo grupo, ou seja, proposições de nível epistêmico I, que fazem referência aos dados presentes nas tabelas, com valores de concentração dos contaminantes (metais) nas frações pseudototais (proposição 10) e biodisponíveis (proposição 21) em sedimentos do rio, e no mapa com a localização dos pontos de amostragem (proposição 13). As proposições 10, 13 e 21 se inserem na estrutura argumentativa por possuírem o morfema “*valor-*” (linhas vermelhas). A proposição 13 possui ainda os morfemas “*min-*” (linhas verdes) e “*ponto-*” (linhas azuis).

O grupo apresenta também a maneira como trata os dados. Assim, a estrutura argumentativa na Figura 5.7 inclui proposições de nível epistêmico II, que fornecem informações adicionais sobre o contexto e facilitam a compreensão dos dados. Por exemplo, a proposição 4, “*os **valores** que estão em negrito são os que estão acima do permissível, os que estão sombreados, acima do negligenciável*”, descreve características visuais das tabelas. Já a proposição 10, “*eu fiz uma tabela para mostrar estes **valores** mais de perto*”, explicita a função das tabelas.

Ao descrever para audiência como visualizar os dados, o grupo esclarece também a existência de um parâmetro técnico para avaliação da concentração e classificação da contaminação por metais no local. A proposição 5, de nível epistêmico VI, define que as concentrações acima do permissível “*seriam que onde estivesse com os **valores** acima desse padrão estabelecido, o rio poderia estar realmente comprometido em sua consistência*”. A repetição do morfema “*valor-*” nas proposições 21, 10, 4 e 5 permite que elas se conectem, criando e explicando o conjunto de dados que suporta a conclusão da proposição 36.

Uma vez que o grupo traz o parâmetro de avaliação da concentração, o argumento da Figura 5.7 contém também asserções teóricas ilustradas por meio da comparação da concentração de metais com os valores indicados na norma técnica, ou seja, proposições de

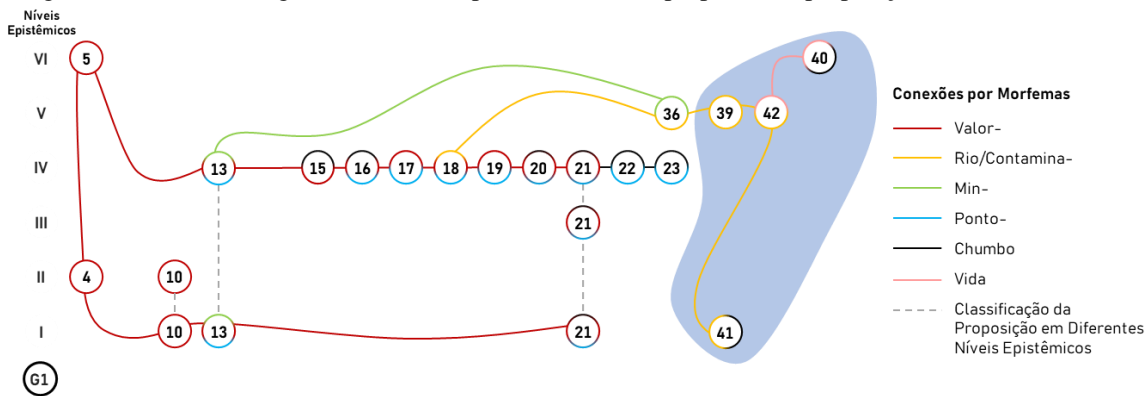
nível epistêmico IV. Essas proposições dão embasamento para verificar os níveis de contaminação do rio. As proposições 13, 15 a 23 são classificadas no nível IV e estão conectadas entre si por meio dos morfemas “*valor-*”, “*chumbo*” e “*ponto-*”, como é possível observar pelas bordas multicoloridas (vermelho, preto e azul). Também por meio do morfema “*valor-*”, o conjunto de proposições de nível IV se conecta ao conjunto de dados e informações criado pelas proposições de níveis epistêmicos I, II e VI.

Destaca-se a proposição 21, “*aqui é a tabela dos biodisponíveis, que também no ponto 1, a gente pode ver a presença de valores acima do permissível em zinco e chumbo*”, que ao utilizar o termo “*também*”, estabelece uma comparação entre os dados das frações de metais pseudototais e biodisponíveis. A partir disso, a conclusão também recebe contribuição de evidências propostas em uma proposição de nível epistêmico III, que mostra que a contaminação observada se refere a ambas as frações investigadas.

Destacam-se também as proposições 13, “*o ponto 1, que está sob a influência dessa mina e dessa mina, ele encontra todos os valores desses metais acima do permissível*”, e 18, “*O ponto 5 () garantir se a contaminação se estende na extensão do rio, ele possui valores acima do negligenciável no zinco e no ponto 6 acima do permissível*”, que além de corroborar as observações estabelecidas na proposição 36, permitem ela que se conecte à rede de evidências criada pelas demais proposições, por meio dos morfemas “*min-*”, “*contamina-*” e “*rio*” (linhas verde e amarelo). Assim, a repetição de morfemas em proposições de níveis epistêmicos I, II, III, IV e VI ajuda a estabelecer conexões na criação de evidências para a assertiva teórica apresentada na proposição 36, que conclui que o recurso hídrico está contaminado.

A segunda conclusão elencada pelo G1 diz respeito aos moradores da região do Parque da Divina e toda a vida ao redor do Rio do Campo estarem sendo afetados pela contaminação, estabelecida nas proposições 39, “*O senhor Paulo, a gente pode concluir também, que ele foi contaminado através do rio*”, e 42, “*E se está chegando nos humanos é porque a vida local também já foi afetada, então provavelmente os peixes, as plantas, o rio em si, toda vida que nele habita já está comprometida com essa contaminação*”, de nível epistêmico V. Tal conclusão recebe suporte das mesmas proposições que compõem a estrutura argumentativa da Figura 5.7 e algumas novas proposições destacadas na Figura 5.8.

Figura 5.8 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão proposta nas proposições 36, 39 e 42 da EO-G1.

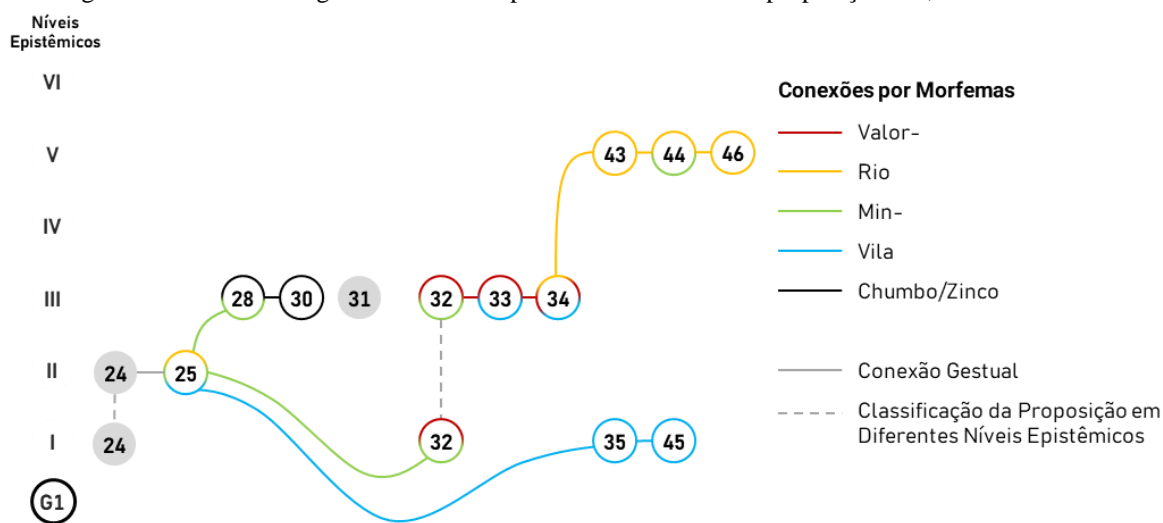


Fonte: Autoria Própria.

Enquanto as proposições da Figura 5.7 põem em destaque dados e evidências que dão suporte à conclusão de que o rio está contaminado (proposição 36), o mesmo conjunto de dados é intercalado, por meio das proposições 40 e 41, para dar suporte às proposições 39 e 42, em destaque (sombreado azul) na Figura 5.8. A proposição 40, “[...] **chumbo** é um metal bioacumulativo, que se concentra nos seres que entram em contato com ele, o que afeta toda a **vida** ao redor do campo”, de nível epistêmico VI, e a proposição 41, “assim como também foi nos dados na narrativa, que outros moradores já tinham sido **contaminados**, já não estavam passando bem por causa de **contaminação do chumbo**”, de nível epistêmico I, trazem informações para o entendimento de que, estando o recurso hídrico contaminado, a população ao seu redor, a qual inclui o Sr. Paulo, também sofre com a contaminação. Por meio dos termos “**chumbo**” e “**vida**” (linhas pretas e rosas, respectivamente), a proposição 40 serve de ponte para que as proposições 39 e 42 se conectem também com as proposições 15, 16, 20-23 e 41. Por meio do morfema “**contamina-**” (linhas amarelas), a proposição 41 se conecta com as proposições 39 e 42. E por meio do morfema “**chumbo**” (borda preta), ela se liga às proposições 15, 16, 20-23, de nível epistêmico IV, fortalecendo mais o seu vínculo com as evidências propostas na Figura 5.7.

A terceira conclusão apresentada pelo G1 diz respeito à contaminação se propagar ao longo do Rio do Campo devido à sua correnteza e ações antropogênicas na Área Central do Parque e na Vila do Campo. Tal inferência é enunciada nas proposições 43, 44 e 46, e a Figura 5.9 demonstra a estrutura argumentativa que dá suporte para tal. Proposições em cinza possuem conexões gestuais, ao invés de morfemas.

Figura 5.9 - Estrutura argumentativa de suporte as conclusões das proposições 43, 44 e 46 da EO-G1.



Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a Figura 5.9 o argumento para a conclusão de que a contaminação se propaga ao longo do rio é construído a partir de proposições de nível epistêmico I, II e III. Os morfemas que atuam na conexão das ideias são “valor-”, “rio”, “min-”, “vila”, “chumbo” e “zinco”. A conclusão mencionada está baseada na exploração dos gráficos que apresentam a concentração de metais ao longo do rio, e na articulação de informações advindas da narrativa acerca das atividades humanas ao redor do rio. Estes dados são mencionados nas proposições 24, 32, 35 e 45 de nível epistêmico I. O grupo explica o propósito e a construção do gráfico nas proposições 24 e 25, que são classificadas no nível epistêmico II. Essas proposições ampliam o entendimento dos dados. A conclusão do grupo recebe suporte de proposições de nível epistêmico III que comparam as concentrações de chumbo e zinco nas diferentes regiões do rio, (proposições 28, 30 a 34) e comparam as frações de metais pseudototais e biodisponíveis (proposições 32 e 34). Por meio desse conjunto de proposições o grupo identifica que as concentrações de chumbo e zinco são altas na região das minas, diminuem na Vila e voltam a aumentar na extensão do rio.

Apesar de não estarem diretamente conectadas às outras proposições por meio de morfemas, as proposições 24 e 31 ainda contribuíram para o fornecimento de evidências à conclusão. Na proposição 25, o grupo realiza apontamentos ao gráfico introduzido na proposição 24, estabelecendo uma conexão gestual. Já a 31 se insere na estrutura argumentativa por meio de apontamentos também ao gráfico da proposição 24. Observa-se o papel das conexões gestuais na manutenção da estrutura do argumento.

Nesse contexto, destaca-se a interferência da espontaneidade da fala durante a elaboração dos gêneros orais. A proposição 24, “a gente criou esse gráfico para mostrar a

diferença”, de acordo com essa construção, parece incompleta, não ficando claro exatamente entre quais elementos o grupo quer mostrar uma diferença. Em adição à 25, “*a gente fez uma média entre os pontos com justificativa igual, que seriam os pertos das minas, os pertos da Vila, e ao longo do rio*”, é possível inferir que o grupo criou os gráficos para mostrar a diferença nas concentrações de metais entre os pontos de amostragem.

Apesar de refletir a autenticidade do pensamento em tempo real, a presença dos marcadores do modo falado pode resultar em um argumento menos estruturado, em comparação com aqueles escritos. Isso, porém, não quer dizer que o gênero exposição oral não é organizado ou, até mesmo, ensaiado (CABRAL; PERON; QUEIROZ, 2019). Observa-se que a ocorrência de expressões fragmentadas, pausas e hesitações, marcas inerentes da fala (MORTIMER; MORO; SÁ, 2011), além de diminuírem a coesão do argumento, dificultam a percepção pela audiência das conexões pretendidas e do fluxo de ideias. Nisso destaca-se a necessidade e possibilidade de realização de instruções acerca do planejamento e estruturação do argumento oral, visando à sua elaboração de maneira mais coesa, elevando a sua qualidade.

Com base nas análises realizadas, é possível afirmar que o argumento do G1 é notavelmente forte, possuindo um bom status epistêmico e uma coesão lexical. A distribuição das proposições em todos os níveis epistêmicos garante abrangência de informações de diferentes naturezas. Além disso, o argumento possui um equilíbrio adequado entre afirmações teóricas e referências aos dados, ou seja, o discurso combina entendimento conceitual com evidência empírica. Destaca-se também o uso hábil de termos e conceitos ao longo da construção do argumento, o que possibilita uma discussão lógica dos dados e facilita o entendimento da resolução do problema em questão. A ocorrência de um alto número de conexões lexicais e de proposições com múltiplos morfemas reforça a coesão do argumento e a sólida interconexão de ideias. A partir disso, verifica-se também que as conclusões estabelecidas estão embasadas por evidências distribuídas em diferentes níveis epistêmicos, conectadas por meio da repetição de múltiplos morfemas.

5.2 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso *Uma Barragem que não está para Peixe*

Nesta seção é apresentada a argumentação elaborada durante o processo de resolução do estudo de caso interrompido *Uma Barragem que não está para Peixe* pelo G2, composto por cinco membros. O caso conta a história do Thomas, um estudante de pós-graduação em Química que mora e estuda em Campos Verdes. A cidade é abastecida por um reservatório de água artificial, a Barragem Diamantina, criada a partir das águas do Rio das Carpas (Figura

5.10). A Barragem serve ainda para geração de energia elétrica e irrigação, além de dessedentação de animais, pesca, balneário e viabiliza ações de lazer. Diante de tantas atividades, o recurso hídrico se tornou eutrófico. Os pais de Thomas moram na região, e ele os visita regularmente. Em uma dessas ocasiões, ele descobre que os habitantes do local estão sofrendo com intoxicação de cádmio e zinco. Os médicos que atendem os pacientes suspeitam que a contaminação esteja relacionada com o consumo de peixes provenientes da Barragem. Neste contexto, o problema do estudo de caso consiste em determinar as concentrações de cádmio e zinco, entre outros metais, nos sedimentos da Barragem Diamantina, relacionando-as com as atividades antropogênicas na localidade.

Figura 5.10 - Mapa da região da Barragem Diamantina.



Fonte: Autoria Própria.

Durante a aplicação do estudo de caso, foi observado que os membros do grupo estavam engajados na resolução do problema e conseguiram elaborar respostas tanto para as atividades em sala de aula quanto para as que foram realizadas fora dela. Essas respostas estavam alinhadas com os trechos do artigo que deu origem ao caso. O detalhamento do processo de resolução do caso encontra-se no Apêndice H. As discussões de dados e conclusões do grupo serão apresentadas ao longo das análises sobre a argumentação, a seguir, e letramento gráfico no Capítulo 6.

5.2.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G2 em Níveis Epistêmicos

O argumento desenvolvido nas seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões* da EO-G2, está dividido em cinco UA, sendo três para a primeira seção e duas para a segunda. O detalhamento acerca da classificação das proposições nos níveis epistêmicos do Quadro 4.4

pode ser encontrado no Apêndice I. A Figura 5.11 apresenta a distribuição das 33 proposições que compõem o argumento nos seis níveis epistêmicos e as inscrições utilizadas ao longo da exposição oral.

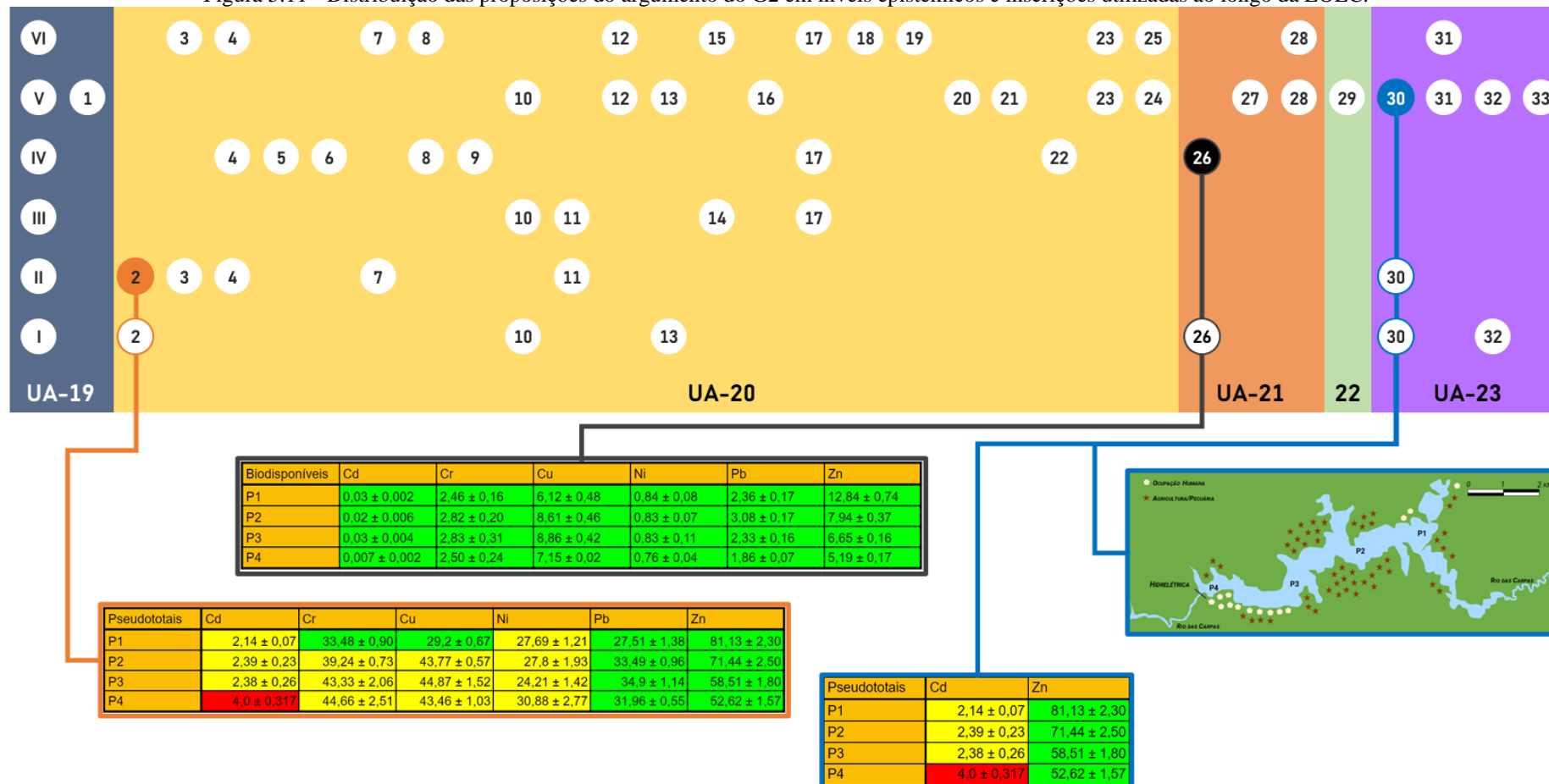
A seção de *Resultados e Discussão* é iniciada na UA-19, quando o G2 enuncia que “*a barragem, aparentemente, não está para peixe, como podemos ver*” (proposição 1), que representa uma síntese da conclusão obtida a partir da análise dos dados. Nessa perspectiva, o grupo realiza encaminhamentos para dar suporte e comprovar o enunciado. Nas UA-20 e UA-21, tabelas de dados referentes aos metais pseudototais e biodisponíveis são introduzidas nas proposições 2 e 26, respectivamente.

De acordo com a Figura 5.11, o grupo dedica maior tempo para a discussão da tabela dos metais pseudototais (a UA-20 possui 24 proposições), comentando metal a metal, de acordo com as cores da tabela, destacando-se, primeiramente, os resultados em verde, depois os em amarelo, e por fim, os em vermelho. A partir disso, são elaboradas proposições classificadas em diferentes níveis epistêmicos ao longo de toda a UA-20. A seguir, exemplificam-se algumas dessas proposições, tendo em vista a elucidação da distribuição das proposições da Figura 5.11.

Um tipo de proposição comumente elaborada na UA-20 se refere à explicação de detalhes visuais da tabela, como por exemplo, a proposição 4, “*se está abaixo do Nível 1, está tranquilo, não sofre, não causa nenhum problema e nenhum impacto para a saúde humana, e nem para a biota marinha, que é aqueles que estão em verde*”. Nessa proposição, o grupo esclarece o significado da cor verde, ou seja, fornece informações sobre a interpretação dos dados, de maneira que ela se classifica no nível epistêmico II. Além disso, na proposição 4, o grupo apresenta informações embasadas na norma técnica utilizada, abordando os impactos e problemas associados às concentrações acima ou abaixo dos valores de referência do Nível 1 do CONAMA. Isso permite classificar a proposição no nível epistêmico VI. Por fim, ao descrever todos os valores em verde como aqueles que estão abaixo do Nível 1, a proposição é categorizada no nível epistêmico IV, pois o grupo formula uma afirmação teórica baseada na associação dos dados com a norma técnica. Classificações semelhantes são elaboradas quando o grupo explica o significado das cores amarela (proposições 7 e 8) e vermelha (proposição 17).

Outras proposições comuns na UA-20 se referem à elucidação de valores e padrões referentes a cada um dos metais presentes nas concentrações entre os Níveis 1 e 2 do CONAMA, representados pelas células em amarelo na tabela. Um exemplo disso são as proposições 14, 15 e 16, que se concentram na explanação das concentrações de cromo na Barragem Diamantina. A proposição 14, “*o cromo, você pode ver que ele aumenta bastante*

Figura 5.11 - Distribuição das proposições do argumento do G2 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC.



Fonte: Autoria Própria.

no ponto 2, e depois aumenta mais ainda no ponto 3 e se mantém no ponto 4 também”, é classificada no nível epistêmico III, já que o grupo chama atenção para os dados do metal, identificando uma relação para os dados, que se referia ao aumento entre os pontos 2 e 3, e estabilização no ponto 4. Na proposição 15, “o cromo, ele é bastante utilizado para a construção de ligas metálicas, fazer uma cromagem, alguma coisa nesse sentido de metalurgia”, o grupo elenca informações que auxiliam no entendimento da origem do cromo em contaminações, relacionadas à sua aplicação na metalurgia, como por exemplo, a construção de ligas metálicas. Tais informações se caracterizam por conhecimentos regularmente presentes em livros didáticos e, assim, a proposição 15 é classificada no nível epistêmico VI. Por fim, na proposição 16, é elaborada uma assertiva teórica geral para a região em estudo, no trecho “pode ser algum descarte de alguma indústria, de algum resíduo que acaba ficando, que esteja sendo descartado lá”, o que permite classificar a proposição como de nível epistêmico V.

A abordagem adotada para a discussão dos outros metais segue um teor semelhante, com o objetivo de identificar relações, padrões e tendências nos dados (nível epistêmico III), relacionando-as com informações embasadas na literatura (nível epistêmico VI), ou ainda dados da narrativa e características da região (níveis epistêmicos I e II), culminando na elaboração de asserções teóricas gerais acerca da contaminação da Barragem Diamantina (nível epistêmico V). Isto se reflete na Figura 5.11, observando-se que na UA-20, das proposições 3 a 21, encontram-se proposições de diferentes níveis epistêmicos, devido aos diversos tipos de informações trazidos.

A tabela que ilustra informações sobre os metais pseudototais (Figura 5.11), mostra que as concentrações de zinco estão abaixo do Nível 1 estabelecido pelo CONAMA, indicando a ausência de risco de contaminação por esse metal. Porém, os personagens do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe* se encontram contaminados pelo metal. Diante dessa discrepância, no final da UA-20, o grupo inicia uma reflexão acerca da exatidão dos dados do zinco, formulando asserções teóricas embasadas em informações da literatura. Por exemplo, a proposição 23 declara que “o zinco é um metal muito solúvel e ele não fica ligado aos sedimentos, e como foram feitas as análises no sedimento, acabou que esse aqui pode ser um falso positivo”. Essa proposição é classificada como de nível epistêmico V e VI. Esse tipo de proposição passa a predominar a partir da proposição 20 até o final da apresentação.

Na UA-21 é introduzida a tabela com os valores de concentração para os metais biodisponíveis, os quais se encontram abaixo do Nível 1 estabelecido pelo CONAMA, sendo representados pela cor verde. Dado que o grupo já havia previamente explicado o significado de cada uma das cores, na UA-21 ele prossegue diretamente para a formulação das asserções

teóricas, sem a necessidade de descrever para a audiência as características visuais da tabela, ou seja, sem a elaboração do nível epistêmico II. Essa tendência também é notada na UA-23, na qual o grupo retoma parcialmente a tabela dos metais pseudototais e o mapa da região. Uma vez que essas representações já foram introduzidas anteriormente, o grupo também não se detém em explicar suas características visuais.

Nesse contexto, é evidente a influência das características visuais das inscrições na construção do argumento do G2. A discussão é organizada de acordo com as cores presentes nas tabelas, o que evidencia a criação de uma estrutura para a apresentação dos dados e permite à audiência direcionar sua atenção para as informações mais relevantes e compreender de forma mais eficiente as conclusões e argumentos apresentados. Além disso, o G2 utiliza um conjunto de representações visuais que compartilham características semelhantes. Nesse caso, a descrição geral dessas representações facilita a comparação e a interpretação posterior dos dados e permite uma compreensão mais rápida das informações apresentadas.

Na UA-21, o grupo elabora asserções teóricas gerais de nível epistêmico IV, na proposição 26, *“a gente vê que estão todos bem tranquilos, não passou nenhum, nem do Nível 1, nem do Nível 2 da CONAMA”*, e de nível epistêmico V, na proposição 27, *“por ser algo em menor quantidade, eles vão estar tranquilos, não está prejudicando a saúde”*. Ainda na proposição 26, o grupo menciona a tabela dos metais biodisponíveis, de maneira que esta é classificada também como de nível epistêmico I. Como observado na Figura 5.11, os níveis epistêmicos V e VI são predominantes até o fim da exposição oral, à medida que o grupo retoma asserções gerais previamente elaboradas para a fração de metais pseudototais. Essas asserções servem como base para a explicitação de conclusões que revelam a situação comprometida da Barragem Diamantina, as quais são fundamentadas em informações provenientes da literatura e da narrativa.

Em resumo, a EO-G2 é composta por dois momentos distintos. No primeiro momento (UA-19, UA-20 e UA-21), houve uma discussão detalhada das tabelas de dados, comparando as concentrações de cada metal com os valores máximos recomendados em normas técnicas, com apoio também da literatura. No segundo momento (UA-22 e UA-23), foram apresentadas as conclusões decorrentes das análises. É importante ressaltar que as informações apresentadas ao longo desses momentos refletem as respostas escritas em grupo registradas no Tidia-Ae. Portanto, o argumento do G2 não representa o ponto de vista de um único estudante, mas sim uma composição de informações provenientes de um conjunto de alunos.

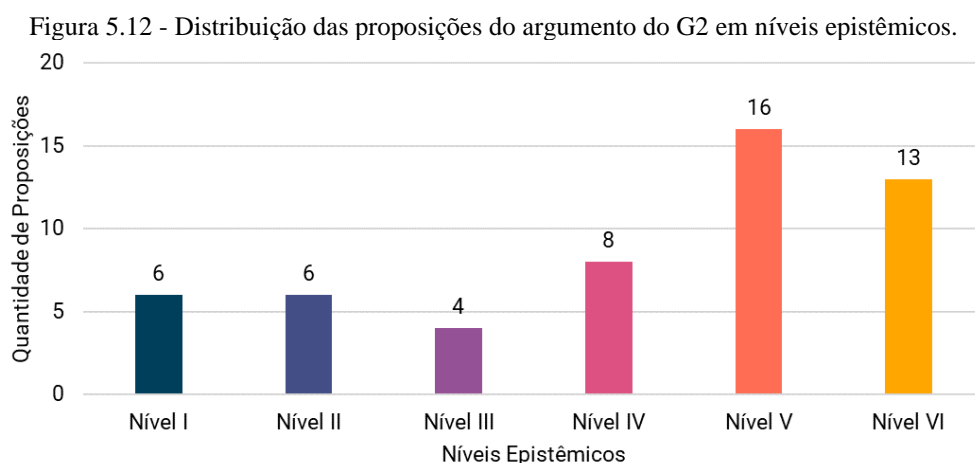
Com base na análise da Figura 5.11, fica evidente mais uma vez a importância do Quadro Analítico na identificação das particularidades do argumento oral, especialmente no

que diz respeito à influência das características visuais das inscrições no discurso e à predominância dos diferentes níveis epistêmicos. Além disso, o Quadro Analítico demonstra sua relevância ao identificar que o argumento apresentado pelo G2 segue a perspectiva de Latour (2000) para a argumentação científica. Ou seja, se inicia pela explicitação das contingências específicas da pesquisa por meio dos dados, com o objetivo de posteriormente generalizar e estender as observações para outros contextos. Essa progressão dos níveis epistêmicos inferiores (I, II, III) até a predominância dos níveis epistêmicos superiores (IV, V, VI) pode ser observada na Figura 5.11.

A seguir, será realizada a análise da qualidade do argumento elaborado pelo G2, nas perspectivas de status epistêmico, com base nos critérios estabelecidos por Kelly e Takao (2002), e de coesão lexical, com base na análise de similitude do IRaMuTeQ e na análise lexical de Kelly e Bazerman (2003).

5.2.2 Status Epistêmico do Argumento do G2

A Figura 5.12 apresenta a distribuição das 33 proposições do argumento do G2 nos seis níveis epistêmicos, dentre as quais seis são classificadas no nível epistêmico I, seis no nível epistêmico II, quatro no nível epistêmico III, oito no nível epistêmico IV, 16 no nível epistêmico V e 13 no nível epistêmico VI. As proposições que se classificavam em mais de um nível epistêmico foram contabilizadas em todos os seus respectivos níveis.



Fonte: Autoria Própria.

Como observado na Figura 5.12, o argumento do G2 é constituído de informações de múltiplas naturezas, já que contém proposições distribuídas em todos os níveis epistêmicos,

atendendo, dessa maneira, o primeiro critério de análise do status epistêmico. Além da distribuição das proposições entre os níveis epistêmicos, o argumento do G2 também demonstra um foco nas asserções teóricas e na incorporação de dados da literatura, ou seja, proposições de nível V e VI.

É possível observar algumas características do argumento elaborado que favorecem a alta frequência de proposições de nível V. Uma delas refere-se à urgência em apresentar a resolução encontrada, visto que já na primeira proposição o grupo enuncia que “[...] *o resultado das análises, que foi obtido e a barragem, aparentemente, não está para peixe, como podemos ver*”. A partir disso, entende-se que o grupo explorou os dados de concentração de metais visando sustentar o que foi enunciado anteriormente. Observa-se, assim, o levantamento de asserções teóricas de nível epistêmico V com respeito aos diferentes metais em análise, como por exemplo, a proposição 12 “*o cobre, como ele é utilizado para alguns fertilizantes na área de trigo, e, também, para alguns controles de pragas e de fungos, ele pode estar sendo afetado, podendo contaminar o lençol freático, e, assim, indo para a barragem*”. A maioria dessas asserções articulam ainda dados provenientes da literatura, o que explica também o valor mais acentuado de proposições de nível epistêmico VI.

A articulação das proposições teóricas de nível V com informações da literatura de nível VI, além de indicar a compreensão da temática pelo grupo, mostra também a sua capacidade em integrar conhecimentos orientados por dados com os já existentes no campo. No entanto, Takao e Kelly (2003) e Queiroz et al. (2009) mostram que argumentos que possuem uma alta frequência de proposições de nível V e VI geralmente encontram suas proposições teóricas e conclusões sem respaldo em evidências na forma de dados, o que cria um alerta em relação ao argumento do G2.

Em relação ao segundo critério, de proporção equilibrada entre as quantidades de proposições que fazem referência aos dados (nível I) e as que fazem asserções teóricas para a região em estudo (níveis IV e V), na Figura 5.12 são observadas seis proposições de nível epistêmico I e 29 proposições de níveis IV e V. O argumento do G2 não atende ao segundo critério, já que, segundo Kelly e Takao (2002), diferenças extremas entre as quantidades em discussão são um indicativo de que o argumento produzido não possui status epistêmico forte.

É importante observar que na EO-G2, em especial na UA-20, a partir de uma única tabela, o grupo elabora asserções teóricas para a região em estudo referente a diferentes metais. Em vez de utilizar múltiplas inscrições, o grupo opta por utilizar uma tabela abrangente que contém todos os dados relevantes. Essa tabela é apontada de forma gestual sempre que necessário. Portanto, a partir da Figura 5.12, não se pode afirmar categoricamente que as

conclusões do G2 não estão embasadas em dados. Isso ocorre porque o Quadro Analítico Adaptado (Quadro 4.4) classifica como proposições de nível epistêmico I, apenas a primeira menção oral ou gestual aos dados na forma de inscrições, o que representa uma limitação da metodologia. Ao focar apenas na primeira menção, o Quadro garante um critério claro, objetivo e consistente para identificar proposições de nível I, mas não captura as demais instâncias nas quais os dados são referenciados ao longo de um argumento oral.

No entanto, contabilizar todas as múltiplas e abundantes menções à única inscrição pode criar a interpretação distorcida de que o argumento se baseia na exploração de múltiplas fontes de dados em inscrições. A partir disso, é necessário encontrar um equilíbrio entre reconhecer o uso dos dados e evitar a superestimação da quantidade de dados na análise de argumentos orais. Ou seja, o uso do Quadro Analítico requer uma exploração também cuidadosa do contexto, propósito e estratégias orais empregadas pelos alunos na utilização de dados para apoiar suas conclusões.

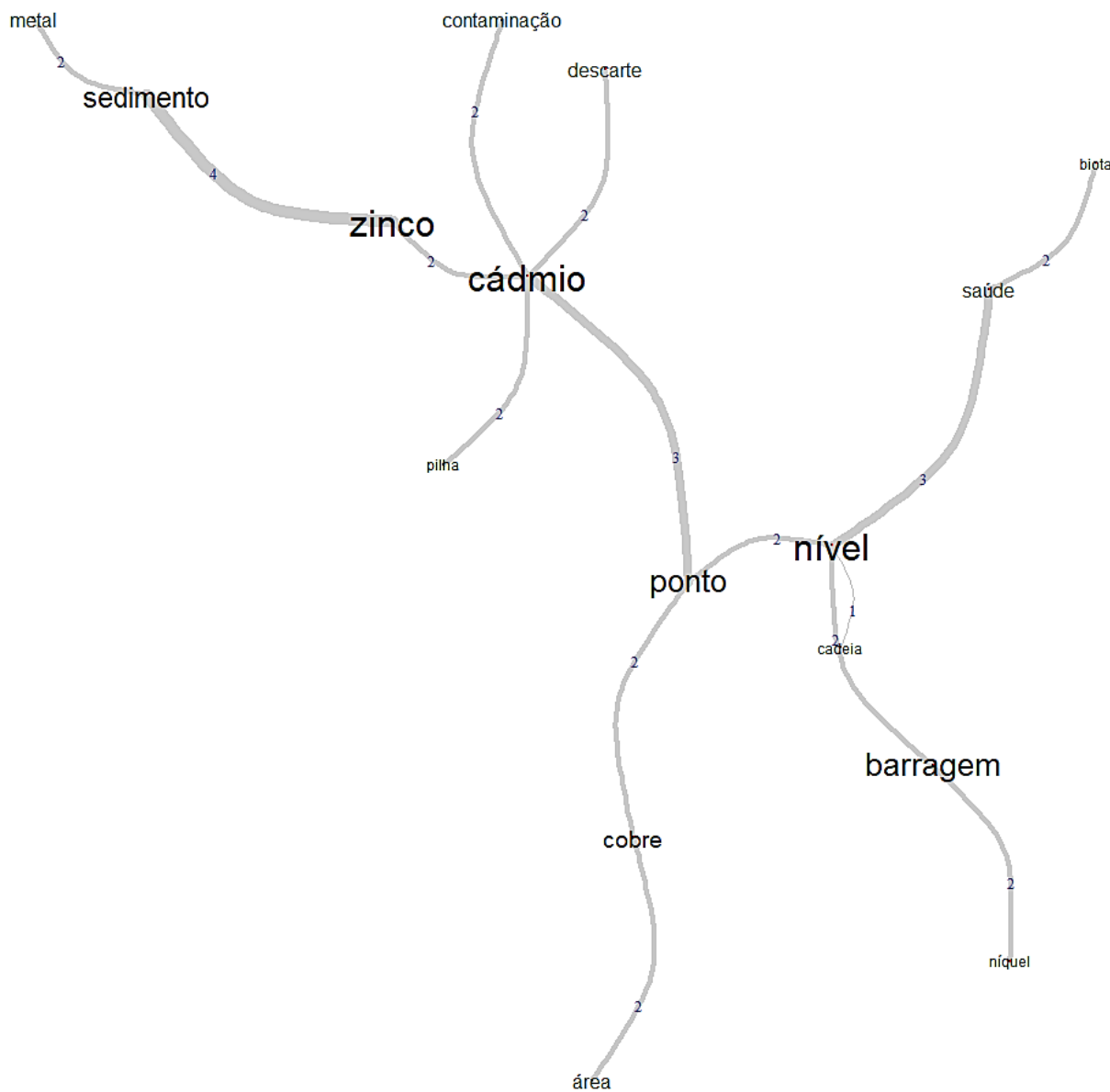
5.2.3 Coesão Lexical do Argumento do G2

A Figura 5.13 apresenta a árvore de palavras da análise de similitude do argumento do G2, obtida no IRaMuTeQ, e auxilia na constatação de temáticas e termos frequentes no argumento. De acordo com a Figura, o argumento do G2 é estruturado em torno do termo “*cádmio*”, o qual possui o maior número de conexões (5) com outros termos: “*zinco*”, “*ponto*”, “*contaminação*”, “*descarte*” e “*pilha*”. Os termos de maior fonte, ou seja, os mais recorrentes são “*cádmio*”, “*zinco*” e “*nível*”, que junto à “*ponto*” constroem o eixo central da árvore de palavras, bem como do argumento, que se baseia na discussão da concentração desses e outros metais em diferentes pontos de amostragem, de acordo com os Níveis de Referência do CONAMA.

A Figura 5.13 apresenta diversas ramificações temáticas que merecem destaque. No subnúcleo “*nível*” encontramos os termos “*saúde*”, “*biota*”, “*cadeia*” (alimentar) e “*barragem*”, tornando clara a importância atribuída pelo grupo aos efeitos negativos das concentrações de metais acima dos Níveis de Referência estabelecidos pelo CONAMA em diversos contextos humanos e ambientais. Exemplo disso ocorre na proposição 8, na qual o grupo afirma que “*esses que estão acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2, são aqueles que tem a menor probabilidade e menor risco de acarretar algum problema na saúde humana e na biota marinha*”. No núcleo do “*cádmio*”, destacam-se os termos “*pilha*”, “*contaminação*” e “*descarte*”, que trazem à tona a possível fonte de contaminação discutida pelo grupo para o

cádmio, como apresentada na proposição 19, “o *cádmio* principalmente, pode ser devido ao descarte de *pilhas* e baterias, que não tem uma cultura no Brasil, popularmente, que abrange essa coleta [...]”.

Figura 5.13 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G2.



Fonte: Autoria Própria.

A partir da Figura 5.13, é possível observar que a associação mais frequente ocorreu entre os termos “*zinco*” e “*sedimento*”, evidenciada pelo valor numérico (4) e pela espessura da linha de conexão entre essas palavras. Essa associação é resultado da recorrente explicação de que os resultados obtidos para o zinco não estavam de acordo com o esperado, devido ao comportamento peculiar desse metal em meio aquático. Isso é exemplificado pelas proposições

23, 25 e 31, que enfatizam a solubilidade do zinco e sua falta de ligação aos sedimentos, pondo em destaque a dificuldade em obter uma concentração precisa do zinco nos sedimentos e a necessidade de considerar suas especificidades físico-químicas.

Na análise apresentada na Figura 5.13, as palavras identificadas são consideradas como representativas do texto e desempenham um papel crucial na construção do argumento do G2. Essas palavras foram utilizadas para gerar a rede de conexões lexicais por repetições de morfemas, conforme ilustrado na Figura 5.14. A análise dessa rede tem como objetivo identificar padrões relacionados à distribuição dos morfemas ao longo do argumento, visando encontrar indícios da coesão do argumento. Ressalta-se que os termos “cadeia” e “níquel” se repetem quatro e três vezes no argumento, porém, todas as suas repetições se localizavam nas proposições 28 e 10, respectivamente. Como os termos não se repetem em diferentes proposições, não há criação de conexões lexicais, e assim, os termos não se figuram na Figura 5.14.

Observa-se na Figura 5.14 alguns padrões relacionados à inserção de termos e conceitos ao longo do argumento. Na EO-G2, o grupo despense maior tempo na UA-20, em especial, na discussão dos metais que possuem valores de concentração destacados em amarelo, ou seja, aqueles que possuem concentração entre os Níveis 1 e 2 do CONAMA. Assim, como observado na Figura 5.14, todos os morfemas identificados são introduzidos antes do final da UA-20. Além disso, antes da discussão dos metais em amarelo (proposições 1 a 6), 57% dos termos já haviam sido incluídos. A partir disso, entende-se que o grupo rapidamente define uma terminologia básica para construção do argumento, o que contribui para clareza e consistência no desenvolvimento das relações e justificativas relacionadas à contaminação humana pelo cádmio e pelo zinco.

No entanto, somente parte dessa terminologia é levada para as conclusões, o que pode limitar a elaboração de implicações mais amplas, ou ainda, impedir que as conclusões se conectem lexicalmente com as evidências levantadas na seção de resultados e discussão. É possível observar na Figura 5.14 que 42% dos termos inseridos ao longo do primeiro momento da EOEC (UA-19, UA-20 e UA-21 - discussão de dados) não são levados até o momento 2 (UA-22 e UA-23 - conclusões). Por exemplo, na UA-20, o grupo põe em pauta diferentes metais, inclusive outros que não se figuram na rede da Figura 5.14 (níquel, crômio e chumbo), mas nas conclusões, somente os morfemas “cádmio” e “zinco” são utilizados.

De acordo com a Figura 5.15, os 14 morfemas gerados evidenciam uma média de 10 conexões lexicais para cada uma das 33 proposições. Em comparação ao G1 (média de 26

Figura 5.14 - Conexões lexicais do argumento do G2.

Unidade de Análise	19	UA-20															UA-21			22	UA-23																
	Proposição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33			
barragem	X										X	X					X																				
contamina-			X							X	X						X			X	X			X										X	X	X	X
níve-			X	X			X	X									X											X	X								
saúde				X				X																				X									
biota				X				X																													
zinco					X																			X	X								X	X			
cobre						X					X	X	X																								
ponto						X	X				X			X			X																X				
área												X	X																				X				
meta-												X	X																				X				
descarte																X			X														X				
cádmio																		X	X	X		X										X			X		
pilha																			X	X																	
sedimento-																							X	X				X				X					

Fonte: Autoria Própria.

Figura 5.15 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G2.

Unidade de Análise	19	UA-20															UA-21			22	UA-23														
	Proposição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
barragem	4										4	4					4																		
contamina-			12								12	12					12			12	12			12				12							
níve-			7	7			7	7									7											7	7						
saúde				3				3																				3							
biota				2				2																											
zinco					5																			5	5								5	5	
cobre						4					4	4	4																						
ponto						6	6				6			6			6																6		
área												3	3																				3		
meta-												3	3																				3		
descarte																3			3														3		
cádmio																		6	6	6		6										6			6
pilha																			2	2															
sedimento-																								4	4				4				4		

Repetições	4	0	19	12	5	10	13	12	0	16	10	26	10	6	0	3	35	8	11	12	18	0	9	12	9	7	3	23	0	33	21	17	18
Morfemas Evocados	1	0	2	3	1	2	2	3	0	2	2	5	3	1	0	1	5	2	3	1	2	0	2	1	2	1	1	3	0	6	3	2	2
Conexões	3	0	17	9	4	8	11	9	0	14	8	21	7	5	0	2	30	6	8	11	16	0	7	11	7	6	2	20	0	27	18	15	16

Média = 9,6

Fonte: Autoria Própria.

conexões lexicais), esse resultado indica uma menor interligação de informações na construção do argumento. A baixa coesão do argumento do G2 se reflete também no fato de que somente 26% das proposições possuem três ou mais morfemas. Esse tipo de proposição é importante para a coesão do argumento e a progressão lógica e conexão consistente entre ideias já que conecta os morfemas de ordem superior com os de ordem inferior (KELLY; BAZERMAN, 2003).

A Figura 5.14 auxilia também na análise da maneira pela qual a repetição de morfemas em proposições de diferentes níveis epistêmicos contribui para a formação de redes de evidências que sustentam as conclusões apresentadas pelo grupo. Nesse sentido, examina-se a seguir como proposições de diferentes níveis epistêmicos fornecem apoio às conclusões apresentadas na EO-G2, sendo elas: nas proposições 30 e 33, o cádmio é o principal contaminante da Barragem; na proposição 31, a análise não pode determinar precisamente a concentração de zinco; e na proposição 29, que é necessário deter a pescaria na Barragem. A Figura 5.16 retoma o contexto investigado no caso, de modo a tornar mais claro o teor das conclusões alcançadas e as Figuras 5.17 e 5.18 ilustram as estruturas argumentativas que ofereceram suporte às conclusões 30 e 31, respectivamente.

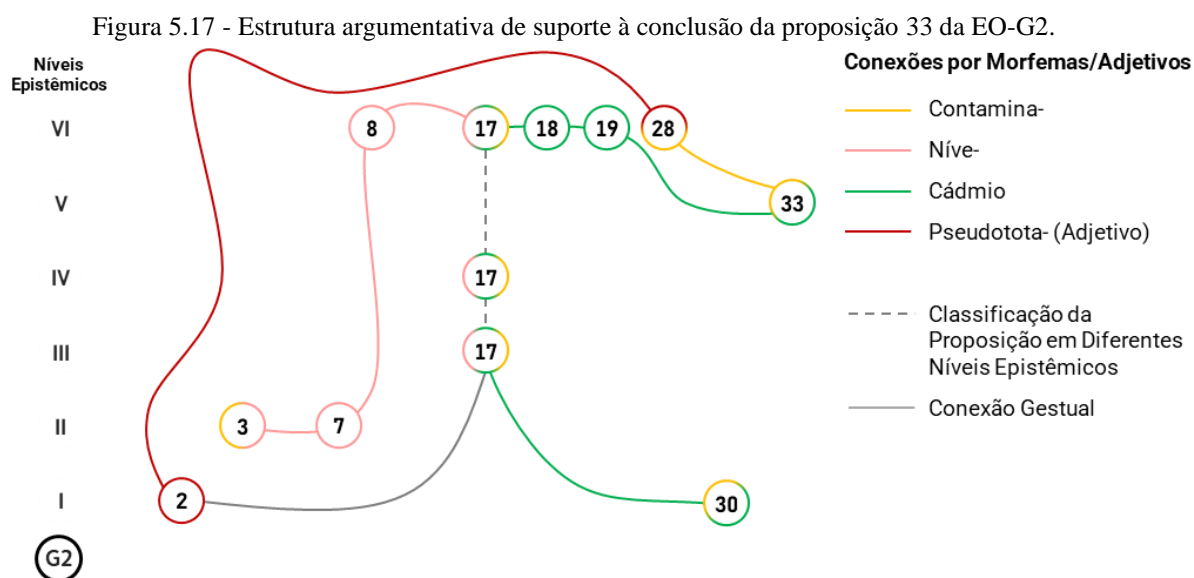
Figura 5.16 - Contexto investigado no estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 5.17 apresenta a estrutura argumentativa relacionada à conclusão apresentada nas proposições 30 e 33, de nível epistêmico V, e permite obter uma compreensão visual do modo como proposições de níveis epistêmicos I, II, III, IV e VI se articulam para evidenciar a conclusão enunciada na proposição 33, na qual o grupo destaca que “*a certeza que a gente tem é que o cádmio está bem **contaminado** aqui então, algo precisa ser feito em relação a isso*”. Os morfemas que atuam nas conexões das proposições são “*contamina-*”, “*níve-*”, “*cádmio*”. O argumento recebe ainda contribuição do morfema “*pseudotota-*” e de conexões gestuais. A

conclusão está baseada em proposições de nível epistêmico I (proposições 2 e 30), que fazem referência a dados presentes em uma tabela com a concentração pseudototal de cádmio na Barragem Diamantina e a dados advindos da narrativa acerca do descarte de efluentes domésticos e industriais na região.



Fonte: Autoria Própria.

Em relação à proposição 2 na Figura 5.17, “*aqui, os resultados dos pseudototais, podemos ver logo de cara que tem a cor vermelha aqui, que chama bastante atenção*”, ela se conecta à proposição 28, “*o problema mesmo são os pseudototais [...] que podem estar ali, acabando, entrando na cadeia alimentar [...] e assim, por biomagnificação, vai rodando ao longo da cadeia, acumulando cada vez mais [...] podendo chegar até nós, que somos o topo da cadeia, muito **contaminados***”, por meio do termo “*pseudototal*” (linha vermelha). Esse se classifica como um adjetivo, classe de palavras desconsideradas na análise de similitude do IRaMuTeQ e, assim, não compõe a rede lexical do argumento (Figura 5.13).

Nesse contexto, torna-se evidente uma limitação da metodologia. O uso do IRaMuTeQ no presente estudo teve como objetivo principal a extração de morfemas para a construção de uma rede de conexões lexicais dos argumentos orais. Por fins de simplificação, a análise considerou exclusivamente os substantivos, porém garantindo que os morfemas derivados abrangessem diferentes classes de palavras. Por exemplo, o morfema “*contamin-*” captura não apenas o substantivo “*contaminação*”, mas também o verbo “*contaminar*” e o adjetivo “*contaminado*”. No entanto, diante do caso do adjetivo “*pseudototal*”, que não foi capturado por nenhum morfema, reconhece-se a necessidade de uma análise mais abrangente que

incorpore uma variedade mais ampla de elementos linguísticos, como adjetivos ou outras classes de palavras, para abarcar todas as conexões dentro da estrutura argumentativa.

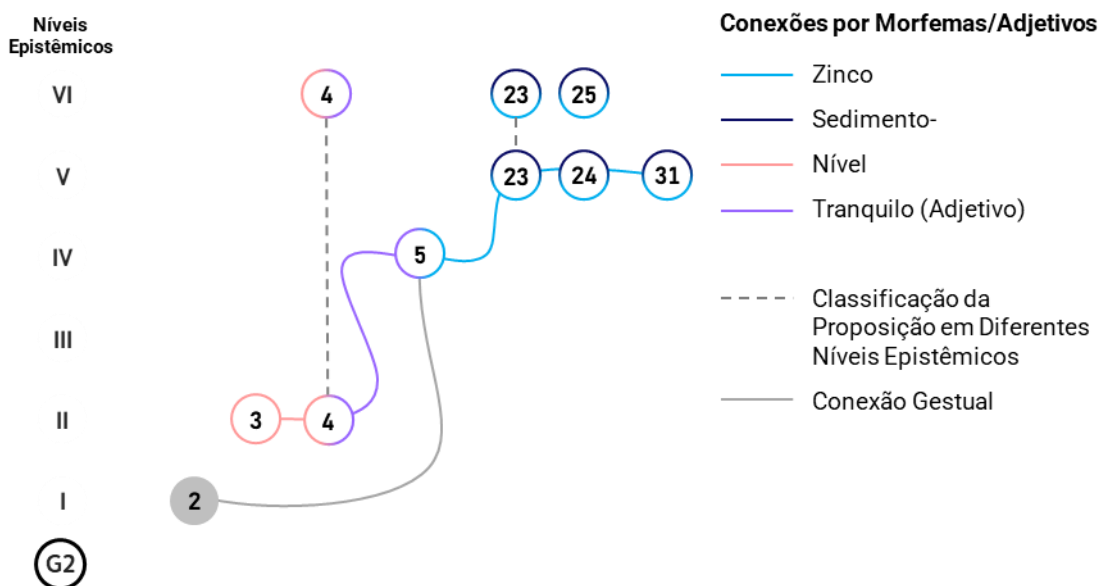
Essa limitação é agravada quando se considera o uso de termos técnicos específicos relacionados a área de Química, uma vez que o próprio programa apresenta limitações em seu dicionário. Ao realizar um teste e tentar incluir os adjetivos na análise de similitude referente à Figura 5.13, observa-se a que o termo “*pseudototal*” não aparece nas listas de palavras. Isso pode ser atribuído à natureza técnica do termo, de maneira que ele não é encontrado em dicionários de língua portuguesa, que alimentam e criam a base de palavras do IRaMuTeQ.

Dando continuidade, o argumento inclui proposições de nível epistêmico II (proposições 3 e 7) e proposições de nível VI (proposições 8 e 17), a partir das quais o grupo explica como interpretar os dados da tabela, deixando claro que os valores de concentração de cádmio em amarelo estão acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2 dos valores de referência do CONAMA, e os valores em vermelho, acima do Nível 2. Tais concentrações podem causar implicações para a saúde humana e o meio ambiente. Além disso, o grupo traz a proposição 28, de nível epistêmico VI, que no trecho “*o problema mesmo são os pseudototais [...] que podem estar ali, acabando, entrando na cadeia alimentar [...] e assim, por biomagnificação, vai rodando ao longo da cadeia, acumulando cada vez mais [...] podendo chegar até nós, que somos o topo da cadeia, muito **contaminados***” amplia as informações acerca dos danos ambientais expressas nas proposições 8 e 17.

Também na proposição 17, o grupo estabelece relações que apresentam a maneira como a concentração do metal se comporta ao longo do recurso hídrico, e compara os valores de concentração com os Níveis do CONAMA, de maneira que o argumento recebe evidências de informações de níveis epistêmicos III e IV. Assim, a conclusão fica fundamentada em evidências propostas em diferentes níveis epistêmicos, uma característica de um bom argumento (TAKAO; KELLY, 2003).

A segunda conclusão apresentada pelo G2 diz respeito às incertezas quanto à contaminação do zinco, enunciada na proposição 31, “*o **zinco**, tem que tomar aquele cuidado, já que, essa análise de **sedimentos** que a gente fez, não conseguiu captar a concentração certa do **zinco**, a contaminação ideal [...]*”. A estrutura argumentativa que evidencia a conclusão pode ser visualizada na Figura 5.18.

Figura 5.18 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 31 da EO-G2.



Fonte: Autoria Própria.

De acordo com a Figura 5.18, a conclusão (nível epistêmico V) de que a análise não pode determinar precisamente a concentração de zinco está baseada em proposições de níveis epistêmicos I, II, IV e VI. Os morfemas que atuam na conexão das informações e progressão lógica do argumento são “*zinco*”, “*sedimento-*” e “*nível*”. A estrutura obtém ainda auxílio do adjetivo “*tranquilo*” e de conexões gestuais. O argumento conta com dados de concentração de zinco veiculados em uma tabela, referenciados gestualmente na proposição 2, de nível epistêmico I. O grupo explica como interpretar os dados do zinco, por meio das proposições 3 e 4, de nível epistêmico II.

Ainda na proposição 4, “*sendo o Nível 1 do CONAMA, se está abaixo do Nível 1, está tranquilo, não sofre, não causa nenhum problema e nenhum impacto para a saúde humana, e nem para a biota marinha, que é aqueles que estão em verde*”, explica que os valores de concentração de zinco, os quais estão todos destacados em verde, estão abaixo do Nível 1 dos valores de referência do CONAMA e não causam implicações para a saúde humana e o meio ambiente. A proposição 4 contém o adjetivo “*tranquilo*” (linha roxa), não considerado na rede de conexões lexicais, mas que auxilia na estrutura argumentativa. O termo é usado para classificar as concentrações que não ultrapassavam o Nível 1. Por exemplo, na proposição 5, “[...] o chumbo, o *zinco*, estão completamente *tranquilos*”, o grupo verifica que as concentrações de zinco estão dentro dos padrões estabelecidos. O termo permite que as proposições 4 e 5 se conectem e que a conclusão receba evidências de nível epistêmico VI e IV.

A problemática do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe* diz respeito à contaminação dos moradores da região da Barragem Diamantina por zinco. No entanto, os dados coletados pelos personagens não evidenciam essa contaminação. Nas proposições 23, 24 e 25 o grupo busca elaborar razões para os dados não estarem condizendo com a situação problema do caso. Tais razões dizem respeito especialmente ao comportamento do zinco em meio aquático, que permanece predominantemente na coluna d'água, ao invés de se ligar aos sedimentos. Assim, a conclusão recebe evidência de informações articuladas na literatura, ou seja, proposições de nível epistêmico VI.

O grupo elaborou ainda uma terceira conclusão, proposta no slide de introdução da seção de *Conclusões* (UA-22), na proposição 29, “*a conclusão do grupo é que detenham a pescaria, por mais que seja algo tradicional lá, não está sendo aconselhável assim*”. Observando a construção em linha das proposições 29 e 30, “*a conclusão do grupo é que detenham a pescaria, por mais que seja algo tradicional lá, não está sendo aconselhável assim* (proposição 29); *principalmente pela contaminação de cádmio, que, podemos ver aqui, no ponto 4, ela está bem, interferência aqui na área humana [...]* (proposição 30)”, entende-se que a proposição 30 busca justificar a proposição 29. Porém, esta função não é plenamente alcançada já que a primeira carece de termos que lhe conectem à segunda.

Esse resultado é reflexo da baixa coesão do argumento, e corrobora também o alerta criado anteriormente, durante a análise do status epistêmico do argumento por meio dos critérios adaptados de Kelly e Takao (2002). Como demonstrado por esses autores, a alta frequência de proposições de nível V e VI pode ser um indicativo de que proposições teóricas e conclusões não possuem respaldo em evidências na forma de dados. No caso das proposições 29 e 30, dado que estas se localizam em slides diferentes e não compartilham morfemas, a conclusão da proposição 29 não se conecta a evidências estabelecidas em outras proposições para relacionar como a contaminação de cádmio impacta a qualidade do pescado da Barragem.

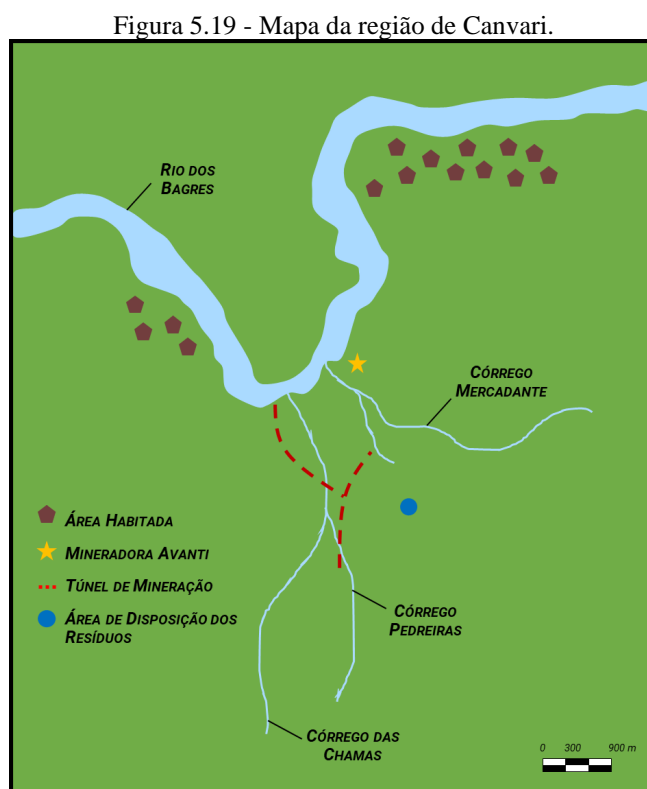
Com base nas análises expostas, pode-se chegar à conclusão de que o argumento apresentado pelo G2 carece de robustez. Embora seja verdade que o argumento englobe proposições de diferentes níveis epistêmicos, a disparidade significativa entre o elevado número de proposições classificadas nos níveis V e VI e a quantidade reduzida de proposições no nível I levanta preocupações pertinentes. Essa discrepância sugere que as conclusões apresentadas carecem de um embasamento sólido na exploração de dados empíricos e na narrativa desenvolvida.

Ademais, o argumento exibe uma coesão lexical frágil, evidenciada pela baixa média de conexões lexicais por proposição e pela escassez de proposições com múltiplos morfemas. Tais

limitações contribuem para uma construção fragmentada do argumento, resultando em conclusões que são e não são respaldadas por evidências provenientes de diferentes níveis epistêmicos. Conseqüentemente, pode-se inferir que o argumento fica aquém, requerendo um maior refinamento e um reforço tanto da base empírica quanto da coesão lexical para elevar sua qualidade geral.

5.3 Argumentação na Resolução do Estudo de Caso *Um Rio de Minérios*

Nesta seção é apresentada a argumentação elaborada durante o processo de resolução do estudo de caso interrompido *Um Rio de Minérios* pelo G3, composto por cinco estudantes. O caso apresenta o município de Canvari, que utiliza a bacia hidrográfica do Rio dos Bagres para abastecimento de água (Figura 5.19). Em um determinado momento, os moradores da cidade são informados sobre casos de intoxicação por chumbo na população. A secretária de saúde de Canvari, Angelina, decide procurar ajuda de sua prima Joana, uma pós-graduanda em química, para conduzir investigações e encontrar a fonte do problema. Joana prontamente concorda em ajudar.



Fonte: Autoria Própria.

No contexto do estudo de caso, os estudantes têm como objetivo examinar as concentrações de chumbo e zinco, além de outros metais, presentes nos sedimentos da bacia hidrográfica do Rio dos Bagres, e relacioná-las com as atividades mineradoras que ocorreram na região. Assim como os demais grupos, observou-se que os integrantes do G3 foram capazes de produzir respostas alinhadas aos trechos do artigo que gerou o caso. O detalhamento do processo de resolução do caso encontra-se no Apêndice J. As discussões de dados e conclusões do grupo serão apresentadas ao longo das análises sobre a argumentação, a seguir, e letramento gráfico no Capítulo 6.

5.3.1 Distribuição das Proposições do Argumento do G3 em Níveis Epistêmicos

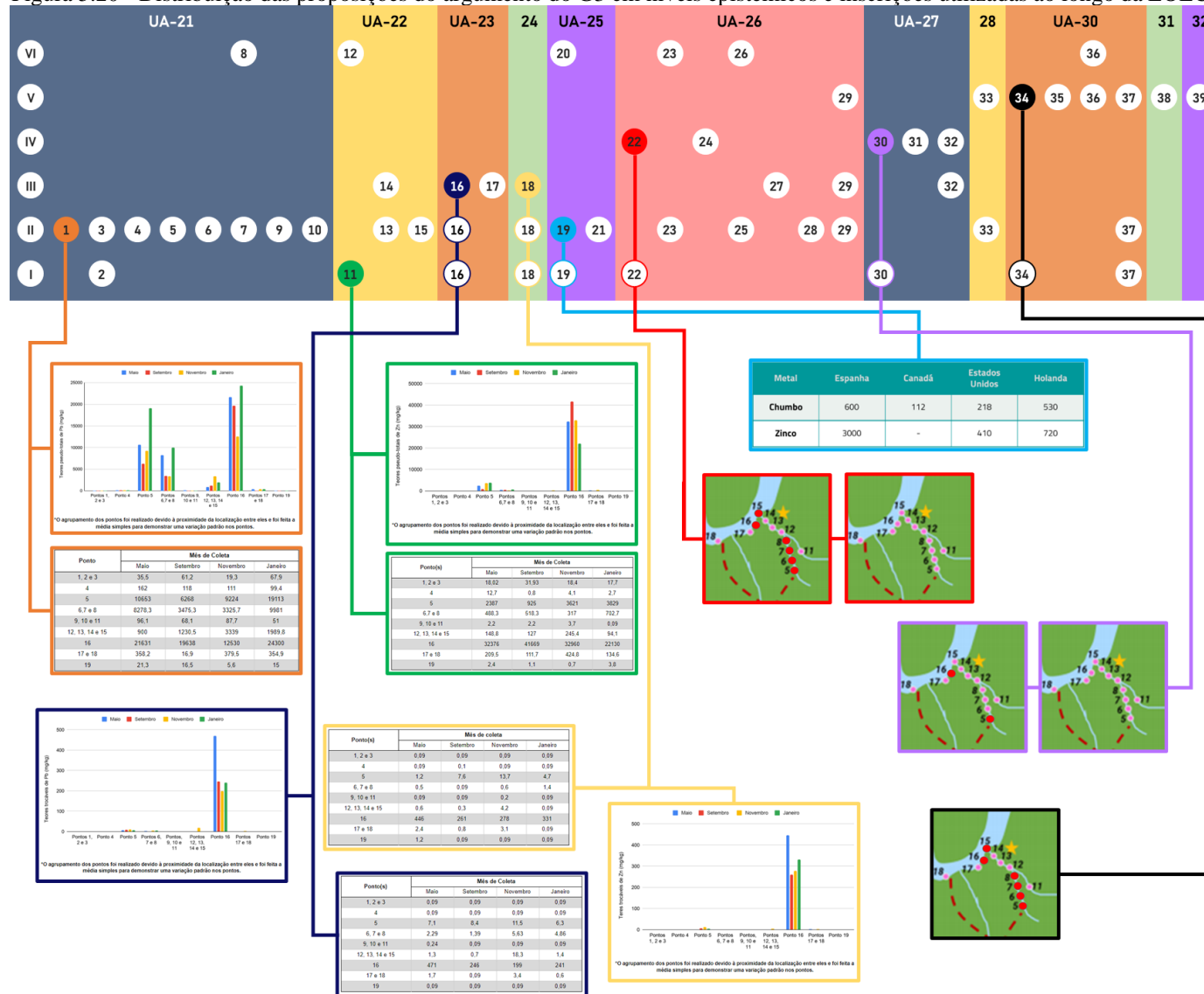
O argumento desenvolvido na EO-G3 está estruturado em 13 UA, nove para a seção de *Resultados e Discussão* e quatro para a seção de *Conclusões* da EOEC. A classificação das proposições nos níveis epistêmicos está detalhada no Apêndice K. A Figura 5.20 mostra como as proposições estão distribuídas nos seis níveis epistêmicos e quais inscrições são utilizadas ao longo das seções analisadas. As UA-20 e UA-29 não compõem a Figura 5.20 pois suas proposições são classificadas como N.A.

De acordo com a Figura 5.20, na UA-21, é introduzido um gráfico e uma tabela que apresentam concentrações pseudototais de chumbo em diferentes grupos de pontos de amostragem dos sedimentos da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres. Com base no trecho “*eu vou mostrar para vocês os dados apresentados, só para mostrar onde realmente ocorre a contaminação*” da proposição 1, o grupo possui a intenção de exibir o conjunto de dados com os quais trabalhou. Dada essa intenção, observa-se na Figura 5.20 que proposições de nível epistêmico II predominam ao longo de toda a UA-21, a partir das quais o grupo explicou características visuais das inscrições, a maneira como foram construídas, como lê-las e relacioná-las.

Por exemplo, na proposição 10 “*a gente não sabe os valores ((aponta para ponto 16 no gráfico)), mas se a gente bater o olho na tabela, por exemplo, o ponto 16, em janeiro, a gente vem no 16 ((aponta para ponto 16 na tabela)) e a gente encontra 24300 miligramas por quilograma*” o grupo exemplifica como associar as inscrições para visualizar valores de concentração que não estão disponíveis diretamente no gráfico.

Como observado na Figura 5.20, nas UA-22 a 24 o grupo continua introduzindo

Figura 5.20 - Distribuição das proposições do argumento do G3 em níveis epistêmicos e inscrições utilizadas ao longo da EOEC.



Fonte: Autoria Própria.

gráficos e tabelas referentes às concentrações trocáveis de chumbo (UA-22) e concentrações pseudototais (UA-23) e trocáveis (UA-23) de zinco. E na UA-25, o grupo introduz uma tabela com valores de referência de legislações internacionais utilizados para avaliar os dados. De acordo com a proposição 19, “*aqui eu mostrei uma tabela [...] para fazer mais ou menos uma referência do que realmente está sendo contaminado*”, a intenção do grupo na UA-25 continua sendo predominantemente exibir dados trabalhados.

Nesse intuito, as proposições elaboradas ao longo das UA-21 a 25 estão intimamente relacionadas aos dados, ou seja, são proposições de nível epistêmico inferior (I, II e III). Por exemplo, na proposição 16 “*eu vim aqui mostrar para vocês, aqui oh, ponto 16 que possui uma grande magnitude também*”, o grupo verifica uma tendência entre os dados de zinco e chumbo. Além disso, as proposições 8, 12 e 20 apresentam definições de fração pseudototal e trocável, e denominam as legislações utilizadas, respectivamente, e assim, são classificadas como de nível epistêmico VI. No entanto, diante do grande conjunto de dados apresentado, considera-se que são poucas as relações estabelecidas, que dizem respeito, principalmente, aos pontos 5, 16, 17 e 18.

O estabelecimento de asserções se inicia na UA-26, com a inserção de mapas que ilustram os pontos de amostragem da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres que excederam os valores máximos permitidos na legislação espanhola. Os mapas da UA-26 tratam das concentrações de chumbo, e os da UA-27, das concentrações de zinco. As inscrições destacam pontos que estão contaminados, obtidos a partir da comparação das concentrações dos metais com valores de legislação internacional, ou seja, elas proporcionam ou ilustram proposições de nível epistêmico IV, como por exemplo, a 24 “*Descobrimos então, que os pontos 5, 6, 7 e 8, 16 e 15, estão contaminados*”, na qual o grupo identifica os pontos contaminados por chumbo pseudototal.

Apesar de os mapas já terem sido apresentados em outros momentos da EO-G3 para ilustrar e comparar pontos de amostragem, na UA-26 o grupo ainda realizou instruções acerca de como ler novos recursos visuais presentes nas inscrições, em específico, os círculos vermelhos que demarcam os pontos contaminados. Nisso, também são elaboradas proposições de nível epistêmico II, o que permite que proposições de níveis epistêmicos inferiores e superiores coexistem. Porém, assim como observado para o conjunto de gráficos e tabelas apresentados anteriormente, diante dos diversos mapas trazidos pelo grupo, são poucas as relações de nível III e asserções teóricas de nível IV estabelecidas. Esses resultados sugerem, além da ausência de um maior envolvimento do grupo com os dados empíricos, a percepção

das inscrições pelo grupo como evidentes em si mesmas ou autoexplicativas, de maneira que a audiência que deveria realizar sua interpretação.

Dado essa baixa exploração dos dados, observa-se que ao contrário dos outros grupos, as respostas escritas submetidas no Tidia-Ae e as informações elencadas na EO-G3 não estão em plena concordância. Enquanto as respostas escritas destacavam as concentrações de metais em pontos de amostragem específicos, relacionando-as com valores máximos recomendáveis e elaborando conclusões sobre a contaminação da região, na EO-G3, o grupo chama a atenção para aspectos relevantes das inscrições, mas sem realizar de maneira marcante processos de discussão dos dados antes da elaboração das conclusões, o que sugere duas hipóteses.

A primeira hipótese seria que o estudante responsável pela apresentação não participou ativamente do processo de resolução do caso, e assim, não se apropriou adequadamente das discussões e conhecimentos levantados em grupo para apresentá-los coerentemente na EO-G3. No entanto, a revisão das gravações das sessões online mostrou a participação ativa do aluno em todas as discussões. Assim, a segunda hipótese seria que os slides haviam sido preparados pelo restante do grupo sem a participação do estudante expositor, ou o contrário, tornando difícil o delineamento de ações discursivas que apresentassem com mais riqueza as relações e conclusões estabelecidas de maneira coletiva.

Por fim, na seção de *Conclusões* predominam as proposições de nível epistêmico V. Na UA-30, há a reprodução de um dos mapas introduzidos na proposição 22, bem como o resgate de informações da narrativa, na proposição 37, o que faz com que algumas proposições de nível epistêmico inferior surjam, mas não de maneira predominante.

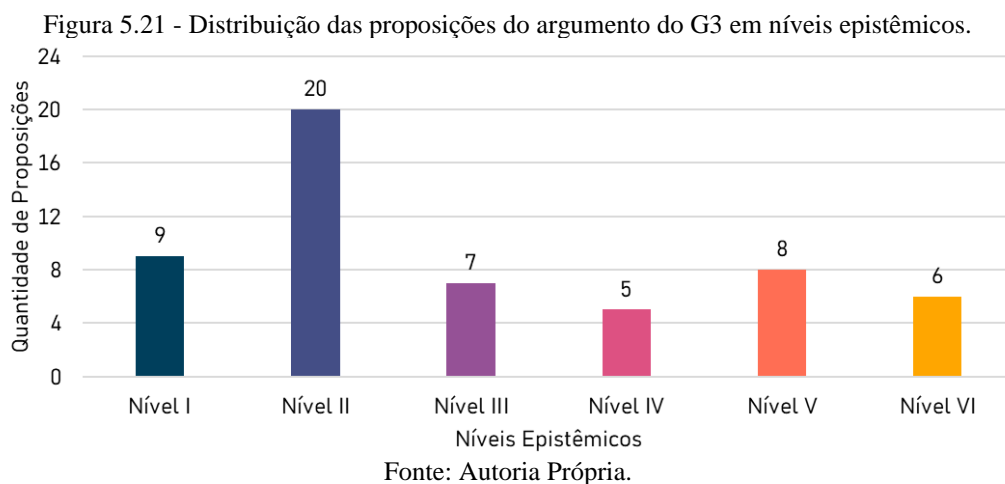
Em resumo, foram observados na EO-G3 três momentos distintos. O primeiro momento (UA-20, UA-21, UA-22, UA-23 e UA-24) se refere à elaboração de instruções acerca de como ler os dados do estudo de caso. O segundo momento (UA-25, UA-26, UA-27 e UA-28) apresenta a discussão dos dados em termo da comparação das concentrações dos metais com valores máximos recomendados em legislações internacionais. E o terceiro momento (UA-29, UA-30, UA-31 e UA-32) refere-se à elaboração de conclusões.

Assim, a Figura 5.20 auxilia na constatação das intenções e objetivos do discurso, corroborando também a pertinência do Quadro Analítico utilizado nesta pesquisa, no que diz respeito à identificação de características dos argumentos orais, bem como um melhor entendimento de como as inscrições são utilizadas na EOEC. Observa-se também, pela Figura 5.20, que o argumento do G3 segue as perspectivas de um argumento científico, já que progride da apresentação dos dados característicos da pesquisa até a elaboração de asserções teóricas gerais.

A análise da qualidade do argumento desenvolvido pelo G3 é apresentada a seguir, abordando tanto a perspectiva do status epistêmico, baseada nos critérios adaptados de Kelly e Takao (2002), quanto a coesão lexical, por meio da análise de similitude do IRaMuTeQ e da análise lexical proposta por Kelly e Bazerman (2003).

5.3.2 Status Epistêmico do Argumento do G3

A Figura 5.21 apresenta a distribuição das 39 proposições do argumento do G3 nos seis níveis epistêmicos, dentre as quais 9 são classificadas no nível epistêmico I, 20 no nível epistêmico II, sete no nível epistêmico III, cinco no nível epistêmico IV, oito no nível epistêmico V e seis no nível epistêmico VI. As proposições classificadas em mais de um nível epistêmico foram contabilizadas em todos os respectivos níveis.



Segundo a Figura 5.21, o argumento desenvolvido na EO-G3 apresentou proposições distribuídas em todos os níveis epistêmicos, ou seja, contém informações de diversas naturezas e atende ao primeiro critério de análise de status epistêmico. Observa-se, no entanto, uma alta quantidade de proposições de nível epistêmico II, dada a ênfase do grupo à descrição das inscrições utilizadas na EOEC, como discutido anteriormente a partir da Figura 5.20. A atenção na descrição dos dados sugere que o grupo toma os dados como o foco principal da EOEC, levando-o a apresentá-los em detalhes, acreditando que isso seja suficiente para convencer a audiência das asserções teóricas elaboradas. Nessa abordagem, o grupo falha em destacar sua capacidade de analisar detalhadamente os dados.

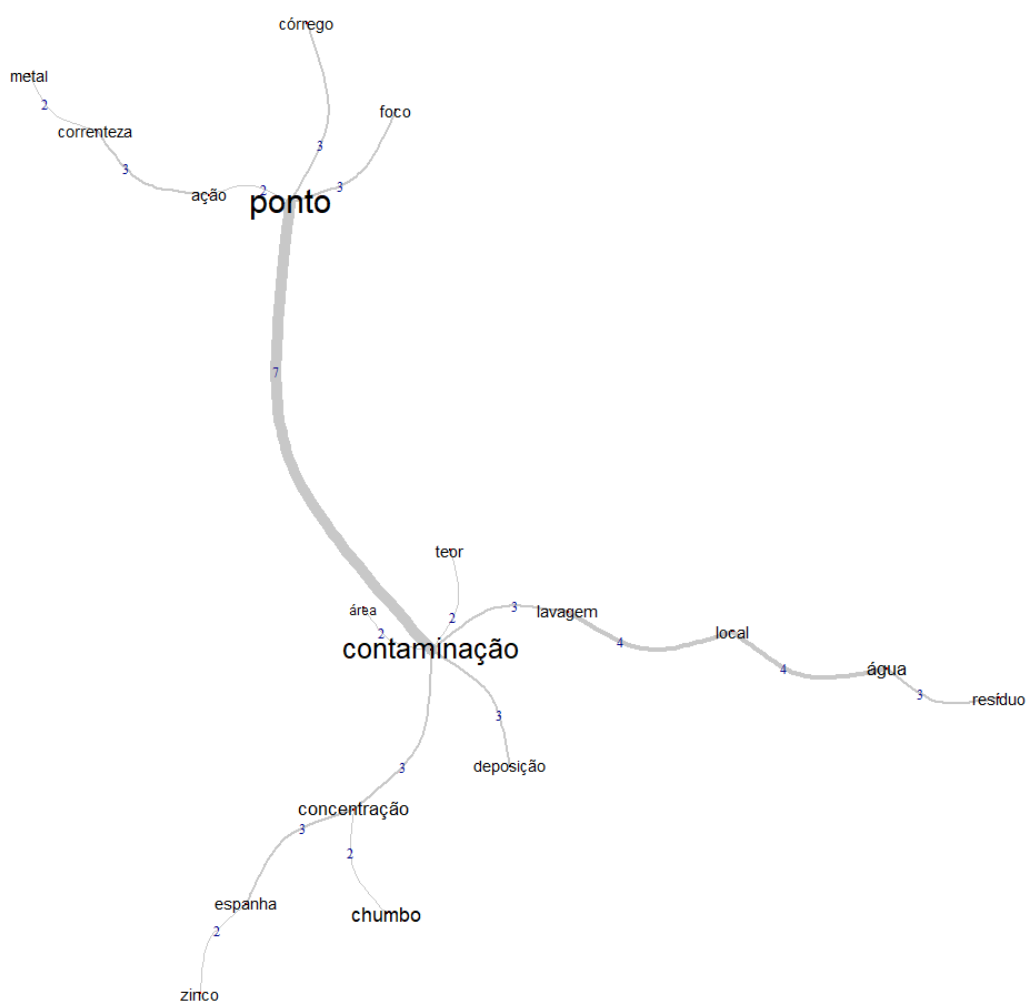
Para o segundo critério, que concerne à necessidade de que as assertivas teóricas estejam devidamente apoiadas por assertivas que se referem aos dados (KELLY; TAKAO, 2002), o argumento apresentado na EO-G3 atende ao critério proposto pois é composto por 9

proposições que mencionam dados (nível I) e 13 assertivas teóricas para a região em estudo, sendo cinco delas ilustradas com o uso de dados e normas técnicas (proposições de nível epistêmico IV) e oito delas na forma de conclusões acerca do problema discutido (proposições de nível epistêmico V). Esses resultados são indícios de que as assertivas teóricas propostas pelo grupo estão adequadamente amparadas por assertivas que fazem referência aos dados.

5.3.3 Coesão Lexical do Argumento do G3

A Figura 5.22 apresenta a árvore de palavras resultante da análise de similitude do argumento do G3, obtida no IRaMuTeQ, a partir da qual é possível constatar temáticas e padrões discursivos já observados durante a análise do argumento.

Figura 5.22 - Árvore de palavras (análise de similitude) do argumento do G3.



Fonte: Autoria Própria.

A análise da Figura 5.22 revela que o argumento apresentado na EO-G3 segue uma estrutura que se concentra no termo “contaminação”, o qual estabelece o maior número de conexões (6 – “ponto”, “concentração”, “lavagem”, “teor”, “deposição” e “área”) e, portanto, constitui um dos núcleos centrais do argumento. Além disso, outro núcleo importante é o termo “ponto”, o qual se destaca devido ao seu tamanho de fonte e às quatro conexões que emanam dele: “contaminação”, “ação”, “foco” e “córrego”. É válido ressaltar também a relevância atribuída ao metal “chumbo”, evidenciada pelo tamanho de fonte, uma vez que esse metal é o principal foco de estudo no caso de *Um Rio de Minérios*.

A Figura 5.22 destaca também algumas temáticas abordadas na EO-G3. No núcleo “contaminação”, é possível observar a formação de um subnúcleo composto pelos termos “concentração”, “Espanha”, “chumbo” e “zinco”, que evidencia o procedimento de avaliação da contaminação dos sedimentos por meio da comparação dos valores de concentração de chumbo e zinco com os parâmetros estabelecidos na legislação espanhola. Por exemplo, na proposição 22, é mencionado que “*aqui nós temos um mapa então, de **concentração de chumbo**, considerando os teores acima da **Espanha***”.

Além disso, no núcleo “contaminação”, surge outro subnúcleo formado pelos termos “lavagem”, “local”, “água”, “resíduo”, que destaca as principais fontes de contaminação discutidas no argumento, conforme expresso na proposição 38, “*a gente conclui, de novo, que os principais focos da **contaminação** ocorrem no **local** de despejo da **água de lavagem**, e, também, próximo ao local da deposição de **resíduos***”.

No núcleo “ponto”, são identificados os termos “ação”, “correnteza”, “foco”, “córrego” e “metal”, que se referem às fontes antrópicas ou naturais de metais que recebem maior atenção na discussão desenvolvida na EO-G3. Esse destaque é exemplificado na proposição 37, na qual o grupo menciona que “*isso explica as altas concentrações nos **pontos** 5, 6, 7, 8, 15 e 16, já que a deposição de resíduos aqui foi um fator importante para a contaminação dessa área aqui, desse **córrego** aqui*”.

As palavras da Figura 5.22 foram consideradas como representativas do argumento analisado e utilizadas para criar a rede de conexões lexicais por reiteração de morfemas do argumento do G3, ilustrada na Figura 5.23. Observa-se na rede de conexões lexicais a introdução de termos e conceitos no argumento do G3 ocorre ao longo da EOEC, sendo que 44% dos morfemas são inseridos no primeiro momento, outros 44% no segundo e 11% no terceiro momento. Esse padrão indica que o grupo resolve o problema como se constasse uma

Figura 5.23 - Conexões lexicais do argumento do G3.

Unidade de Análise	UA-21										UA-22					UA-23	24	UA-25					UA-26					UA-27	28	UA-30					31	32							
	Proposição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39			
contamina-	X		X	X	X														X					X	X								X	X			X	X	X	X			
ponto-			X	X	X					X			X			X	X								X	X			X	X		X	X			X	X						
área			X																																			X					
foco			X																					X							X								X				
teor-							X	X													X								X														
chumbo							X				X			X								X					X	X															
aç-								X																					X								X	X					
zinco																X	X										X			X													
espanha																			X	X		X	X				X			X													
concentraç-																			X	X		X	X				X			X						X			X				
correnteza																													X							X	X						
córrego																													X								X						
água																															X	X							X	X			
lavagem																															X	X							X	X			
local																														X	X								X	X			
deposi-																															X					X	X		X				
meta-																																X	X	X									
resíduos																																				X	X						

Fonte: Autoria Própria.

Figura 5.24 - Cálculo da média de conexões lexicais por proposição do argumento do G3.

Unidade de Análise	UA-21										UA-22					UA-23	24	UA-25					UA-26					UA-27	28	UA-30					31	32							
	Proposição	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39			
contamina-	13		13	13	13														13					13	13							13	13			13	13	13	13				
ponto-			15	15	15					15			15			15	15								15	15			15	15		15	15			15	15						
área			2																																			2					
foco			4																					4							4								4				
teor-							4	4																4						4													
chumbo							6				6			6								6					6	6															
aç-								4																					4								4	4					
zinco														4	4												4			4													
espanha																			6	6		6	6		6	6		6			6												
concentraç-																						6	6				6			6						6			6				
correnteza																															3							3	3				
córrego																															3								3				
água																																4	4							4	4		
lavagem																																4	4							4	4		
local																															4	4							4	4			
deposi-																															4					4	4		4				
meta-																																	3	3	3								
resíduos																																					2	2					

Repetições	13	0	28	34	28	0	10	8	0	15	6	0	0	15	6	19	15	4	13	6	6	22	29	28	15	18	10	15	25	20	19	13	47	21	10	42	45	35	25	
Morfemas Evocados	1	0	2	4	2	0	2	2	0	1	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	4	4	2	1	3	2	1	4	4	2	1	7	5	3	6	7	7	4
Conexões	12	0	26	30	26	0	8	6	0	14	5	0	0	14	5	17	14	3	12	5	5	18	25	26	14	15	8	14	21	16	17	12	40	16	7	36	38	28	21	

Média = 14,7

Fonte: Autoria Própria.

história, introduzindo os conceitos necessários ao seu entendimento somente quando requisitados. A partir da distribuição dos morfemas na Figura 5.23, entende-se ainda que os conceitos elaborados durante a discussão dos dados são carregados para as conclusões, dado que nessa seção estão presentes 81% dos termos previamente inseridos. Somente “*teor*”, “*zinco*” e “*Espanha*” não se figuram nas conclusões. Por exemplo, a proposição 38, “*a gente conclui, de novo, que os principais focos da contaminação ocorrem no local de despejo da água de lavagem, e, também, próximo ao local da deposição de resíduos*”, possui sete dos 18 termos previamente inseridos.

A rede de conexões do argumento do G3 é composta por 18 morfemas, e de acordo com a Figura 5.24, evidenciam, em média, 15 conexões lexicais para 39 proposições, o que é considerado um valor baixo quando comparado ao G1 (26 conexões para 46 proposições). Em relação às proposições com diversos morfemas, observa-se que 13 proposições (33%) possuem três ou mais morfemas. Apesar de algumas possuírem até sete morfemas, como exemplificado anteriormente, o valor total de proposições com múltiplos morfemas é baixo, e essas se concentram principalmente nos momentos finais da EOEC. Esses resultados, se devem pelo fato de que o grupo realiza a introdução de conceitos quando necessário ao longo de toda a EOEC, o que implica numa observação mais detalhada acerca de como ocorre a interconexão de ideias durante a construção do argumento, a seguir.

A partir disso, é verificado se as conclusões elaboradas pelo grupo estão amparadas em evidências propostas em proposições de vários níveis epistêmicos. As conclusões apresentadas pelo grupo são as seguintes: na proposição 38, os principais focos da contaminação são os locais de despejo da água de lavagem e de deposição de resíduos; nas proposições 34 e 39, a mineradora é a principal responsável pela contaminação da região; nas proposições 35 e 36, que a correnteza do Rio dos Bagres influenciou na difusão da contaminação. A Figura 5.25 retoma o contexto investigado, de modo a tornar mais claro o teor das conclusões alcançadas e as Figuras 5.26 a 5.28 ilustram as estruturas argumentativas que ofereceram suporte a cada uma delas.

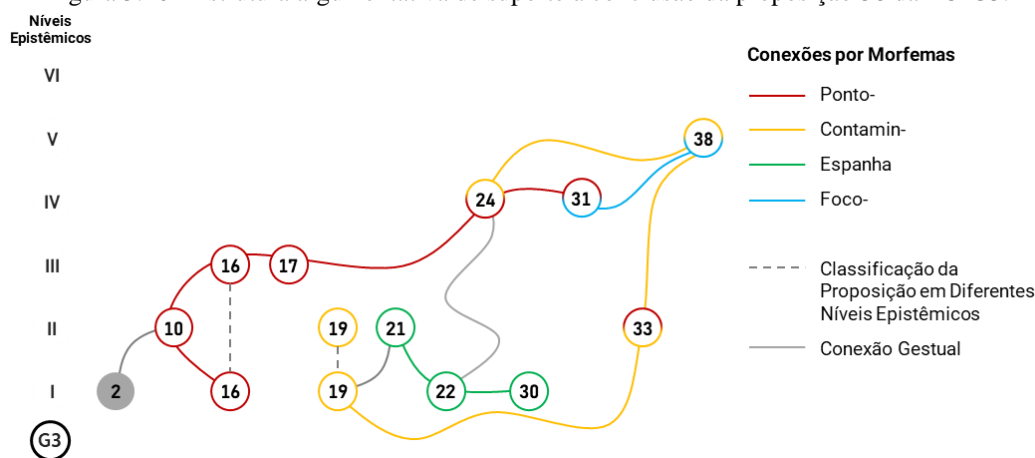
Figura 5.25 - Contexto investigado no estudo de caso *Um Rio de Minérios*.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 5.26 apresenta a estrutura argumentativa relacionada à conclusão da proposição 38, na qual o grupo destaca “*diante disso a gente conclui, de novo, que os principais focos da contaminação ocorrem no local de despejo da água de lavagem, e, também, próximo ao local da deposição de resíduos*”.

Figura 5.26 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão da proposição 38 da EO-G3.



Fonte: Autoria Própria.

A estrutura argumentativa da Figura 5.26 é composta por proposições de nível epistêmico I, II, III e IV em suporte à proposições de nível epistêmico V. As ideias e informações propostas nessas proposições estão interconectadas pelos morfemas “*contamin-*”, “*ponto-*”, “*espanha*” e “*foco-*”. Conexões gestuais também auxiliam na progressão das ideias. A conclusão está baseada na identificação de gráficos e tabelas que apresentam concentrações de chumbo e zinco pseudototal em diferentes pontos, na apresentação de tabela com valores máximos recomendáveis em legislações internacionais de diferentes países e na exploração de

mapas de pontos de contaminação de chumbo e zinco. Estes dados são mencionados nas proposições 2, 16, 19, 22 e 30 de nível epistêmico I.

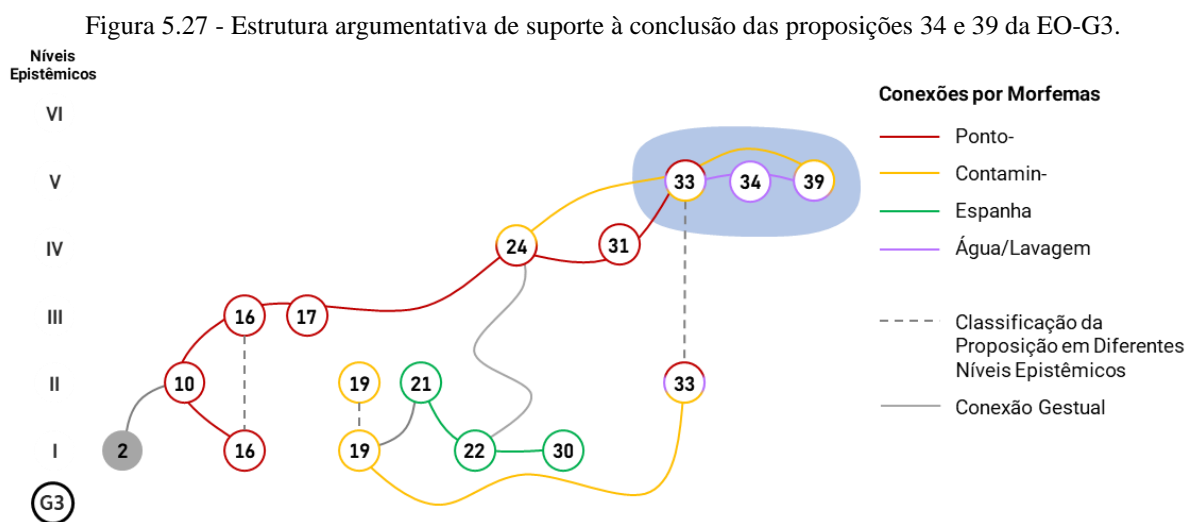
Diante desse conjunto de dados, o grupo põe em destaque a concentração de metais no ponto 16, na proposição 10, de nível epistêmico II, “*o ponto 16, em janeiro, a gente vem no 16 e a gente encontra 24300 miligramas por quilograma*”, e na proposição 16, de nível epistêmico III, “*aqui oh, ponto 16 que possui uma grande magnitude também*”. O grupo destaca ainda a concentração de metais no ponto 5, na proposição 17, de nível epistêmico III. A seguir, o grupo indica nas proposições 19 e 21, de nível epistêmico II, qual legislação internacional irá utilizar para classificar as concentrações, demonstrando isso a partir de mapas.

O grupo elabora a proposição 24, “*descobrimos então, que os pontos 5, 6, 7 e 8, 16 e 15, estão contaminados*”, e proposição 31, “*com foco (de contaminação) no 16 e foco no ponto cinco*”, de nível epistêmico IV, que classificam pontos destacados anteriormente como contaminados, apresentando ainda outros pontos afetados. Por fim, o grupo traz informações sobre as atividades antropológicas que ocorriam nesses pontos. A proposição 33, “*os principais pontos de contaminação são a água de lavagem, no ponto 16, o ponto 15 e o córrego próximo ao local de deposição, que é o ponto 5, 6, 7 e 8*”, é classificada como de nível epistêmico II pois descreve a região em estudo a partir do estabelecimento de relações entre os pontos de amostragem e características da área, por exemplo, os pontos 15 e 16 são aqueles em que a água de lavagem da mineradora era lançada. Assim, proposições de níveis epistêmicos I, II, III e IV servem de evidência para a assertiva teórica presente na proposição 38.

A segunda conclusão do G3 diz respeito ao papel da mineradora na contaminação da Bacia Hidrográfica do Rio dos Bagres, conclusão essa expressa nas proposições 34 “*nós concluímos que as altas concentrações dos metais pesados se deram por causa da má gestão da mineradora em despejar os seus rejeitos de mineração e, também, despejar a água de lavagem nesse local*” e na proposição 39, “*o que indica que o seu mau descarte de resíduos e da água de lavagem por parte da empresa, ou seja, da Mineradora Avanti, ainda são os principais responsáveis da contaminação da população e da vida marinha local*”. A Figura 5.27 apresenta a estrutura argumentativa relacionada.

De acordo com a Figura 5.27, a conclusão de que a mineradora é a principal responsável pela contaminação da região está evidenciada em um conjunto de proposições idêntico àquele discutido na Figura 5.26. A proposição 33 preanuncia a conclusão de que os principais pontos de contaminação são os da água de lavagem e aqueles próximos à área de deposição de resíduos, ou seja, a proposição 33 também se classifica como de nível epistêmico V, e está baseada nas discussões dos gráficos, tabelas e mapas apresentados ao longo da EOEC.

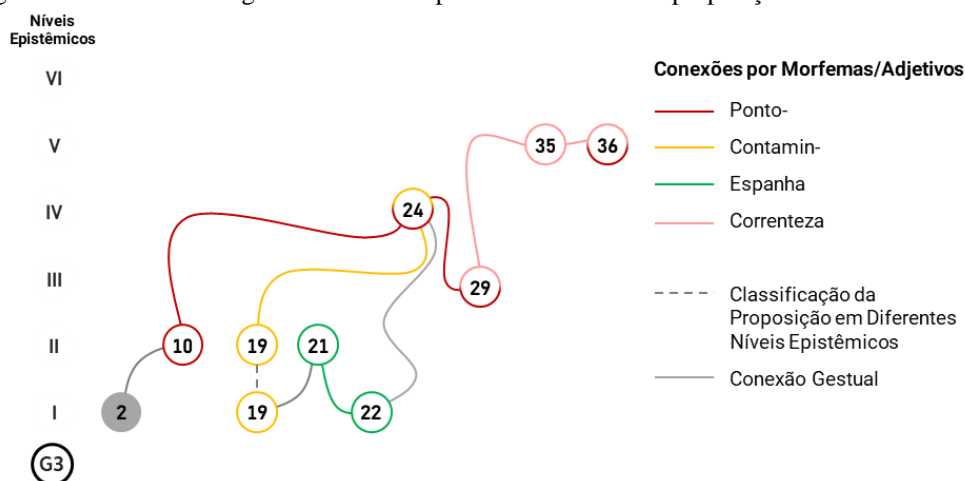
No entanto, ao identificar quais as áreas afetadas (os locais de deposição de água de lavagem e resíduos de mineração), o grupo também está indicando quais atividades da Mineradora Avanti que mais contribuíram para a contaminação do local. A partir disso, eles distinguem nas proposições 34 e 39, destacadas no sombreado azul, que suas ações de descarte impróprio, no rio e no solo, dos resíduos de processamento são as ações que mais contribuíram para a contaminação da região. Por meio dos morfemas “*água*”, “*lavagem*” e “*contamina-*”, a proposição 33 se conecta com as proposições 34 e 39, servindo assim de ponte para que a conclusão elaborada nelas esteja baseada em evidências propostas em proposições de diferentes níveis epistêmicos (I, II, III e IV).



Fonte: Autoria Própria.

A última conclusão elaborada pelo G3 discute o papel da correnteza na contaminação, como mencionado nas proposições 35, “*as ações da **correnteza** contribuíram para o transporte do metal chegar à população*”, e 36, “*a ação da **correnteza** leva alguns metais, alguns ficam depositados é fato, mas alguns ainda são levados, o que pode gerar essa grande contaminação no **ponto 15***”. A Figura 5.28 apresenta a estrutura argumentativa que ilustra a conclusão.

Figura 5.28 - Estrutura argumentativa de suporte à conclusão das proposições 35 e 36 da EO-G3.



Fonte: Autoria Própria.

As proposições 35 e 36 são mostradas em conjuntos de dados que também foram explorados nas demais conclusões, particularmente, os dados expressos em tabelas, gráficos e mapas referentes às concentrações de chumbo. Após verificar os pontos que estavam contaminados, o grupo destaca o ponto 15 na proposição 29, mencionando que “*Porque o ponto 16, por ele está próximo do 15, ele sofre interferência, já que a ação da **correnteza**, faz com que o ponto 15 seja tão elevado, não só a **correnteza** do Rio dos Bagres, mas a **correnteza** dos córregos também, okay?*”, a qual é classificada como de nível epistêmico III já que estabelece relações para os dados. A proposição 29 se insere na estrutura argumentativa por meio da repetição do morfema “*ponto-*”, que junto ao morfema “*correnteza*”, serve de ponte para que a conclusão esteja fundamentada em evidências mostradas em proposições de diferentes níveis epistêmicos (I, II, III e IV).

As análises realizadas revelam uma combinação de pontos fortes e fracos no argumento apresentado pelo G3. Por um lado, o argumento demonstra uma qualidade epistêmica satisfatória, uma vez que apresenta proposições que abrangem todos os níveis epistêmicos e fundamenta as asserções teóricas por meio de referências adequadas aos dados. Por outro lado, é possível observar níveis inferiores de coesão lexical, o que pode ser atribuído à forma gradual como os conceitos são introduzidos ao longo da exposição oral. O G3 elabora seu argumento seguindo uma estrutura narrativa, introduzindo termos progressivamente ao longo da EOEC. Como resultado, essa abordagem contribui para um menor nível de coesão lexical dentro do argumento. Apesar dessa limitação, o grupo é capaz de elaborar conclusões embasadas em evidências presentes em proposições de diversos níveis epistêmicos, por meio do compartilhamento de morfemas e do uso de gestos, o que se configura um aspecto positivo do argumento.

6 LETRAMENTO GRÁFICO NA RESOLUÇÃO DE ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS

Neste capítulo será discutido o letramento gráfico dos membros dos grupos G1, G2 e G3, com base na análise das suas EOEC. A partir da análise de interação (JORDAN; HENDERSON, 1995) proposta na Seção 4.3.3, foram geradas assertivas pautadas no uso de inscrições, que demonstram diferentes aspectos da sua seleção, produção e comunicação. As assertivas estão apresentadas em três seções: na primeira são destacadas situações que contemplam apenas a habilidade de seleção; na segunda, situações que contemplam a seleção e a comunicação, e na terceira, situações referentes às habilidades de seleção, produção e comunicação.

6.1 Habilidade de Seleção de Inscrições

A habilidade de seleção de inscrições para exposições orais foi demonstrada por meio:

- da construção de slides a partir do uso de inscrições disponíveis em *template* associado à temática do estudo de caso - *Assertiva 1*;
- do uso de inscrições para ilustrar equipamentos analíticos utilizados na resolução do estudo de caso - *Assertiva 2*.

Assertiva 1 – Inscrições de um Template

Dentre as instruções fornecidas para a preparação de slides da EOEC foi mencionada a possibilidade de utilização de *templates* disponíveis na internet. Todos os grupos seguiram esta instrução, e chama a atenção aquele escolhido pelo G1, que permitiu a construção de slides que, além dos elementos de design gráfico, apresentavam inscrições do tipo desenho icônico.

A Figura 6.1 apresenta os slides 1, 2, 4 e 12 da EO-G1, construídos a partir do *template Chemistry Thesis* do site *Slidesgo*⁶, no qual, originalmente, é verificada a presença de diversos desenhos relacionados à temática laboratório de química. Por exemplo, no slide da Figura 6.1a, é possível visualizar uma pessoa portando equipamentos de proteção individual (ex., jaleco branco, óculos de proteção etc.) e vidrarias de laboratórios de química. No slide 6.1b, encontra-se o desenho de um termômetro graduado, e no 6.1c, um balão de fundo redondo, em cima de uma chama, com apoio de um suporte e luvas. Essas inscrições representam equipamentos

⁶slidesgo.com/theme/chemistry-thesis

comumente encontrados em laboratórios de química. Observa-se também nos slides a presença de inscrições que retratam equipamentos não diretamente relacionados com laboratórios de química, mas que ainda remetem a laboratórios de ciências, como o desenho icônico de um microscópio no slide 6.1d.

Figura 6.1 - Slides da EO-G1 para o caso *Resquícios de um Passado chumbado* contendo desenhos icônicos de um *template*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

O uso do *template* ilustrado na Figura 6.1 destaca que a apresentação está vinculada à área de química e mostra a habilidade do G1 de **seleção** de inscrições para exposições orais. Os desenhos icônicos são utilizados com atribuições estéticas relacionadas à adição de uma temática e captação da atenção da audiência, e assim não são oralmente citados ou gestualmente apontados pelo grupo, o que permite sua classificação como de função decorativa.

Assertiva 2 – Ilustração de Equipamentos

Durante a resolução do estudo de caso, os grupos tiveram contato com diversas técnicas analíticas instrumentais, e o resgate destas na EOEC, por meio do uso de inscrições, foi observado nas EO-G2 e EO-G3. A Figura 6.2 demonstra o uso de fotografias para ilustrar equipamentos.

Figura 6.2 - Slides contendo fotografia de equipamentos instrumentais de análise.
6.2a - Slide 18 da EO-G3. 6.2b - Slide 17 da EO-G2.



Em relação à EO-G3 para o caso *Um Rio de Minérios*, na Figura 6.2a é possível observar o título *Equipamentos Utilizados*, elementos textuais e uma fotografia com a legenda *Espectrômetro de massa com plasma acoplado indutivamente*. Observa-se ainda a disponibilização da fonte da fotografia⁷, o que permite identificar o emprego de características de inscrições descritas por Roth e McGinn (1998), relacionadas à fácil mobilidade e incorporação em diferentes contextos. Os autores apontam ainda que em novos contextos as inscrições podem obter novos sentidos e uso. De fato, a fotografia no slide da Figura 6.2a foi retirada de um site de venda de equipamentos analíticos, mas não está sendo utilizada nesse sentido na EO-G3. A fotografia não é oralmente citada ou apontada pelo grupo e a sua legenda indica o que nela é possível visualizar, permitindo assim, classificá-la como de função ilustrativa. Dessa forma, a inscrição estabelece um referencial icônico qualitativo para ilustração do equipamento em destaque. Tais aspectos sugerem a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G3.

Situação semelhante ocorre na EO-G2 para o caso *Uma Barragem que não está para Peixe* (Figura 6.2b). A fotografia inserida não possui legenda, no entanto, dados os elementos textuais e o título disponibilizado, e assumindo que a inscrição é cotemática com o que estava sendo discutido, ela ilustra qualitativamente o espectrômetro de absorção atômica de chama. A inscrição também é classificada como ilustrativa e fornece um referencial icônico para o equipamento.

⁷[medicalexp.com/pt/prod/perkinelmer/product-69673-851286.html](https://www.medicalexpo.com/pt/prod/perkinelmer/product-69673-851286.html)

6.2 Habilidades de Seleção e Comunicação de Inscrições

As habilidades de seleção e comunicação de inscrições em exposições orais foram demonstradas por meio de:

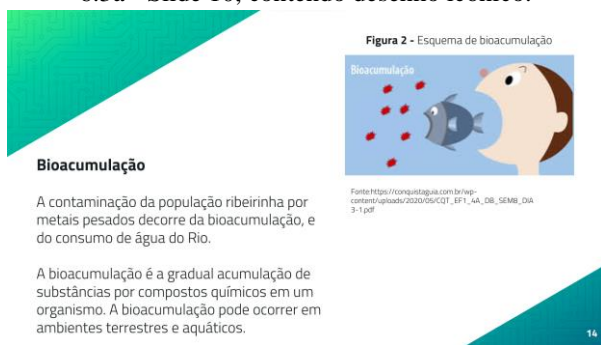
- uso de inscrições para auxiliar na explicação de conceitos atrelados à temática do estudo de caso - *Assertiva 3*;
- uso de mapas para apresentar escolhas de pontos de amostragem para a resolução do estudo de caso - *Assertiva 4*;
- associação de inscrições de mesma natureza para comparar procedimentos experimentais e discutir dados para a resolução do estudo de caso - *Assertiva 5*.

Assertiva 3 – Explicação de Conceitos

A explicação de conceitos científicos importantes para a solução dos estudos de caso, na EOEC, por meio do uso de inscrições, foi observada somente na EO-G3. Os demais grupos se detiveram na solução do problema. A Figura 6.3 ilustra o uso de um desenho icônico para explicar o conceito de bioacumulação e de uma tabela para apresentar valores de referência para a avaliação da contaminação de sedimentos.

Figura 6.3 - Slides da EO-G3 para o estudo de caso *Um Rio de Minérios*.

6.3a - Slide 10, contendo desenho icônico.



Bioacumulação

A contaminação da população ribeirinha por metais pesados decorre da bioacumulação, e do consumo de água do Rio.

A bioacumulação é a gradual acumulação de substâncias por compostos químicos em um organismo. A bioacumulação pode ocorrer em ambientes terrestres e aquáticos.

Fonte: https://www.institutogeo.com.br/wp-content/uploads/2020/05/EGT_EF1_AA_DB_SEMB_DIA_3-1.pdf

6.3b - Slide 25, contendo tabela.

Tabela 6 - Valores internacionais de referência (mg/kg) para a concentração máxima permitível de chumbo e zinco em sedimentos

Metal	Espanha	Canadá	Estados Unidos	Holanda
Chumbo	600	112	218	530
Zinco	3000	-	410	720

Fonte: Adaptado do caso investigativo parte IV.

Fonte: Acervo da Pesquisa.

Primeiramente, em relação ao uso de desenhos icônicos, na Figura 6.3a, inicialmente visualizavam-se apenas os elementos textuais no slide, que, junto ao discurso oral, definem qualitativamente a bioacumulação como a acumulação gradual de substâncias em um organismo a partir do seu contato direto ou indireto com uma fonte de contaminação. Em seguida, uma inscrição do tipo desenho icônico surge no slide, na qual é possível visualizar algumas partículas vermelhas, um peixe com sua boca aberta na direção das partículas e uma

figura humana com a boca aberta na direção do peixe. A figura ainda apresenta o rótulo *bioacumulação* e uma legenda, *Esquema de bioacumulação*.

Dados os elementos gráficos, a legenda da inscrição, e o discurso oral: “*nessa figura dois, eu mostrei um esquema de bioacumulação*”, entende-se que o grupo selecionou a inscrição para ilustrar o conceito de bioacumulação. A seleção de uma inscrição do tipo desenho icônico relaciona-se com a natureza qualitativa das informações que estavam sendo discutidas no momento anterior ao seu surgimento no slide. Segundo Lee e Jones (2005), selecionar uma inscrição para auxiliar na explicação do conteúdo pode ser um indicativo de que tal recurso é visto não apenas como um elemento lúdico, decorativo ou ilustrador, mas como uma ferramenta científica comunicativa. Observando que após o seu surgimento, o discurso continua sobre o conceito de bioacumulação, porém, agora com base na inscrição, entende-se que o desenho auxilia na explicação de um conceito relativamente complexo, que engloba diferentes conhecimentos da área de química, ecologia e fisiologia (KIM; KIM, 2013). Tais aspectos evidenciam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G3.

A apresentação do slide da Figura 6.3a também evidencia a habilidade de **comunicação** com inscrições do G3. Dentre as estratégias comunicativas adotadas pelo grupo, destaca-se inicialmente a descrição do que é possível visualizar na figura. Por exemplo, o uso da fala “*Aqui nessa figura dois, eu mostrei um esquema de bioacumulação, em que tem um peixinho que está comendo uns resíduos de um metal pesado*” em associação a gestos dêiticos de destaque, chama atenção a determinados elementos gráficos (peixe e resíduos metálicos) e interpreta a imagem como representante de um peixe ingerindo partículas contaminadas por metais pesados, ou seja, o grupo utiliza uma estratégia comunicativa multimodal para demonstrar como a inscrição deve ser visualizada pela audiência.

Outra estratégia comunicativa identificada diz respeito à associação de diferentes modos comunicacionais para ampliar o sentido da inscrição e conectá-la com o que estava sendo discutido antes da inscrição surgir no slide. No referido momento, a bioacumulação havia sido definida pelo G3 como a acumulação gradual de substância em um organismo. No entanto, tal acumulação não é necessariamente retratada na inscrição. Isto é, em relação ao que estava sendo discutido, o desenho possui uma lacuna informativa, a qual é suprimida por meio do uso da fala “*tem um peixinho que está comendo uns resíduos de um metal pesado (...) ele vai acumulando, o peixinho crescendo, crescendo, crescendo e aí, se você pesca esse peixe, todo aquele metal que foi acumulado no peixe cai no seu organismo*” e de gestos ilustrados na Figura 6.4.

Figura 6.4 - Gestos realizados na EO-G3 sincronicamente com o termo “*crescendo*”.



Fonte: Autoria própria.

O gesto apresentado na Figura 6.4 é do tipo icônico, que representam objetos concretos ou ações (MCNEILL, 2005), e se configura pelas mãos, em forma de ‘C’, viradas uma para a outra, se afastando, simultaneamente ao discurso “*o peixinho (vai) crescendo, crescendo, crescendo*”. De acordo com Pozzer-Ardenghi e Roth (2005), o gesto também possui a função de adicionar, já que retrata um fenômeno que não está visivelmente disponível na inscrição, mas que está associado à temática do discurso e da imagem. Segundo Lira e Stieff (2018), gestos e fala compõem um único sistema durante a externalização de uma ideia, no qual o primeiro carrega o componente linguístico e o segundo, o componente visual. Dessa maneira, a associação entre inscrição, fala e gesto adiciona sobre a inscrição uma imagem virtual de um peixe crescendo e acumulando metais pesados, permitindo que o sentido da inscrição se amplie e que ela se associe ao discurso anterior ao seu surgimento e ao texto presente no slide.

Por fim, na fala “*isso é a bioacumulação*”, o desenho é reforçado como representação da bioacumulação. A partir da maneira como a inscrição foi utilizada, ela exibe função expositora, auxiliando o grupo na explicação adequada do fenômeno.

As habilidades de **seleção** e **comunicação** de inscrições durante a explicação de conceitos também foram identificadas durante a apresentação do slide 25 da EO-G3 (Figura 6.3b). Na ocasião, o grupo salienta o uso de valores de referência para a avaliação da contaminação de sedimentos, utilizando uma tabela para exemplificar quantitativamente valores presentes em legislações internacionais. Para comunicação, o grupo também utiliza uma estratégia multimodal para apresentar dados e explicar o uso da tabela.

Assertiva 4 - Mapas

A apresentação de pontos de amostragem escolhidos pelos personagens ou pelos grupos, por meio do uso de um mapa, foi observada em todas as EOEC, sendo, nas EO-G1 e EO-G2, destacados os pontos escolhidos pelos personagens dos estudos de caso, e na EO-G3, os pontos escolhidos pelo grupo. A Figura 6.5 ilustra slides com mapa apresentando os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens dos casos das EO-G2 e EO-G1.

Figura 6.5 - Slides contendo mapas com pontos de amostragem escolhidos pelos personagens dos estudos de caso.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

No slide da Figura 6.5a da EO-G2 para o caso *Uma Barragem que não está para Peixe*, são disponibilizados simultaneamente um mapa, idêntico ao fornecido ao grupo na Parte III do estudo de caso, e o título *Demarcações de Pontos de Coleta*. A seleção de uma inscrição do tipo mapa se relaciona com a sua propriedade de representar os elementos mais marcantes do espaço retratado e seu uso na identificação, localização e compreensão da distribuição de diferentes fenômenos (FONSECA, 2010). A partir disso, entende-se que o mapa ilustra e auxilia o grupo na apresentação da localização dos pontos de coleta de sedimentos demarcados na região pelos personagens. Tais aspectos evidenciam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G2.

Observa-se também a elaboração de algumas estratégias comunicacionais, a partir das quais é evidente a habilidade de **comunicação** de inscrições em exposições orais do G2. Uma outra versão do mapa já havia sido introduzida na EO-G2 (Figura 6.10a - Assertiva 6), durante a apresentação da narrativa do caso, ocasião na qual o grupo instruiu a audiência acerca dos elementos gráficos que compõem a inscrição. Com isso, o uso e a comunicação do mapa do slide da Figura 6.5a se dá em torno da discussão dos elementos gráficos que não estavam presentes nele anteriormente, ou seja, a apresentação dos pontos de amostragem e de justificativas às suas escolhas. A princípio, o grupo utiliza da fala “*o Thomas demarcou esses quatro pontos de coleta aqui*” e de gestos dêiticos de destaque para chamar atenção aos pontos como um conjunto. Em seguida, cada ponto é destacado individualmente, de acordo com a sua ordem numérica, relacionando-os às suas posições geográficas e às atividades antropológicas encontradas na região da Barragem Diamantina. Ou seja, os elementos gráficos do mapa guiam o discurso, fazendo com que a inscrição apresente função expositora. Para isso, além da integração dos diferentes modos de comunicação, a explicação também se apoia nas informações referentes à primeira apresentação do mapa.

O ponto 2, por exemplo, é salientado na fala “O ponto 2 é onde que tem maior interferência da agricultura e agropecuária [...] Pode ver que está bem rodeado com tudo” apontando para as estrelas no mapa. O entendimento de que o ponto 2 possui interferência de atividades agropecuárias só é possível porque durante a primeira inserção do mapa, o grupo instruiu a audiência de que as estrelas simbolizam tais atividades. Ou seja, isso favorece, durante a apresentação do slide da Figura 6.5a, o empenho de uma estratégia comunicativa que privilegia a explicação e justificativa da escolha do ponto 2, integrando fala, gestos, inscrições e informações prévias. Situação semelhante é identificada na discussão dos demais pontos, fazendo com que o mapa apresente função expositora.

Observam-se as habilidades de **seleção** e **comunicação** do G1, a partir da apresentação do slide da Figura 6.5b. Semelhantemente ao G2, o mapa apresenta a escolha dos personagens, não possui legenda e já havia sido introduzido anteriormente na EOEC. A partir disso, o grupo também utiliza de uma estratégia comunicativa que gira em torno e é guiada pelos novos elementos gráficos, empregando diferentes modos de comunicação.

Como mencionado, o G3 utiliza de mapas para destacar a sua escolha de pontos de amostragem, apresentando a demarcação realizada pelo grupo durante a Parte II das atividades de resolução do estudo de caso (Figura 6.6a), e, no slide seguinte (Figura 6.6b), a configuração de pontos após as atividades da Parte III.

Figura 6.6 - Slides da EO-G3 contendo mapas com pontos de amostragem escolhidos pelo grupo.

6.6a - Slide 15.



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte II

Figura 3 - Mapa inicial de pontos do grupo

- Pontos de controle de contaminação (2, 8, 9);
- Pontos próximos a zona habitada (1, 3, 5);
- Pontos próximos à área de deposição (6, 10);
- Pontos próximos à mineradora e túnel (4, 7 respectivamente).



6.6b - Slide 16.

Novos Pontos Adicionados



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte II

Figura 4 - Mapa final de pontos do grupo

- Ponto de área de despejo da água de lavagem (11);
- Pontos para maior controle de contaminação (12, 13, 14);
- Ponto de controle do túnel (15).

Fonte: Acervo da Pesquisa.

Assim como os demais, o G3 selecionou os mapas para ilustrar e auxiliar o grupo na apresentação da localização dos pontos de coleta de sedimentos demarcados na região. Em relação à **comunicação**, a inscrição não havia sido apresentada anteriormente, e assim, na apresentação do slide da Figura 6.6a, o grupo adota a estratégia comunicativa de associação de fala, gestos e inscrição para instruir a audiência acerca de como visualizar os elementos gráficos

do mapa, ao passo que descreve e explica a escolha dos pontos de amostragem. A discussão é ordenada pelos tópicos textuais presentes no slide. De fato, o uso de tópicos para organizar a progressão da apresentação é uma estratégia comunicativa comum identificada em exposições orais (MORELL, 2015). Já para o slide da Figura 6.6b, uma vez introduzido o mapa, o grupo utiliza uma estratégia comunicativa semelhante à do G1 e G2, na qual são discutidos somente os novos elementos gráficos das inscrições, a partir da integração de diferentes modos de comunicação, apoiada em informações elencadas durante a primeira apresentação do mapa.

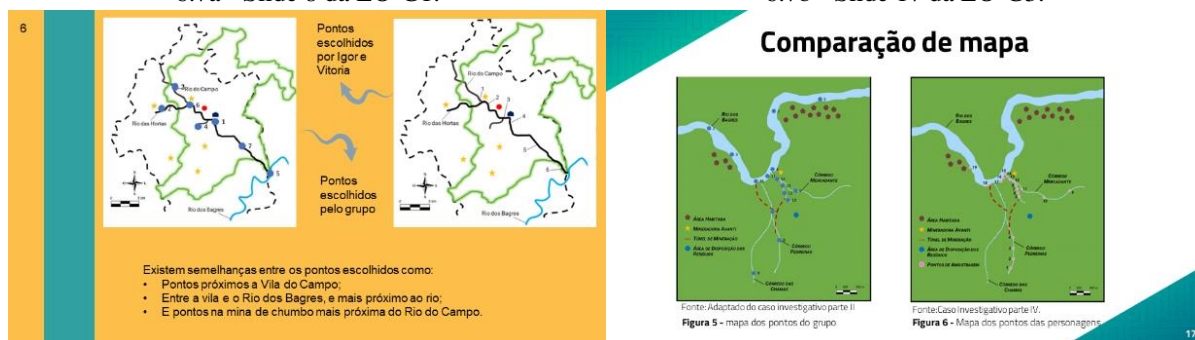
Assertiva 5 – Associação de Inscrições de Mesma Natureza

Durante a resolução dos estudos de caso, os grupos compararam os pontos de amostragem de sedimentos propostos por eles com aqueles indicados pelas personagens. O resgate dessa comparação na EOEC, utilizando mapas posicionados lado a lado no slide, foi observado nas EO-G1 e EO-G3. A Figura 6.7 demonstra o uso de mapas semelhantes arranjados de modo paralelo para comparar os pontos de amostragem escolhidos pelo grupo e pelos personagens.

Figura 6.7 - Slides contendo dois mapas similares posicionados lado a lado.

6.7a - Slide 8 da EO-G1.

6.7b - Slide 17 da EO-G3.



Na EO-G1, para o caso *Resquírios de um Passado Chumbado*, o slide apresentado na Figura 6.7a não possui título e segue a apresentação do mapa com os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens do caso (Figura 6.5b - Assertiva 4). Assim, no slide da Figura 6.7a é possível visualizar dois mapas e setas azuis entre eles, que indicam que aquele à esquerda apresenta os pontos escolhidos pelo grupo, e o da direita, os pontos escolhidos pelos personagens do caso, o qual já havia sido apresentado anteriormente. Abaixo dos mapas observa-se ainda a presença de tópicos textuais. A inserção de duas inscrições da mesma natureza lado a lado, como mencionado por Pozzer e Roth (2003), pode permitir a realização de comparações externas entre elas. E a seleção de inscrições do tipo mapa se relaciona com as

propriedades mencionadas anteriormente de representação dos elementos de interesse para identificação, localização e compreensão de fenômenos e eventos (FONSECA, 2010). A partir disso, os mapas permitem e auxiliam o grupo na comparação das demarcações dos pontos de amostragem. Tais aspectos evidenciam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G1.

Segundo Pozzer e Roth (2003), o posicionamento lado a lado de duas inscrições não é suficiente para dar significado a elas, sendo necessário instruir o leitor acerca de como buscar diferenças e semelhanças entre inscrições. A partir disso, observa-se o desenvolvimento de algumas estratégias comunicativas na comparação dos mapas, o que mostra o desenvolvimento pelo G1 da habilidade de **comunicação** de inscrições em EO. Dado que um dos mapas já havia sido introduzido antes, o grupo elabora uma estratégia comunicativa semelhante àquela do slide da Figura 6.5a (Assertiva 4), na qual são associados diferentes modos de comunicação e utilizadas informações prévias para colocar em pauta novos elementos gráficos (pontos de amostragem escolhidos pelo grupo). Porém, para o slide da Figura 6.7a, tal estratégia é utilizada na comparação das demarcações de pontos, conectando os mapas com os tópicos textuais presentes no slide.

Observa-se também o uso da fala para ampliar o sentido da inscrição. Por exemplo, após apresentar o ponto de amostragem 6 no mapa do grupo (à esquerda), é mencionado que este foi escolhido “*para analisar se elas (as minas) realmente trazem alguma importância nesse rio, na contaminação dele*”. Comunicação semelhante ocorre para os demais pontos escolhidos pelo G1 grupo, e nesse sentido, o mapa do grupo apresenta função expositiva.

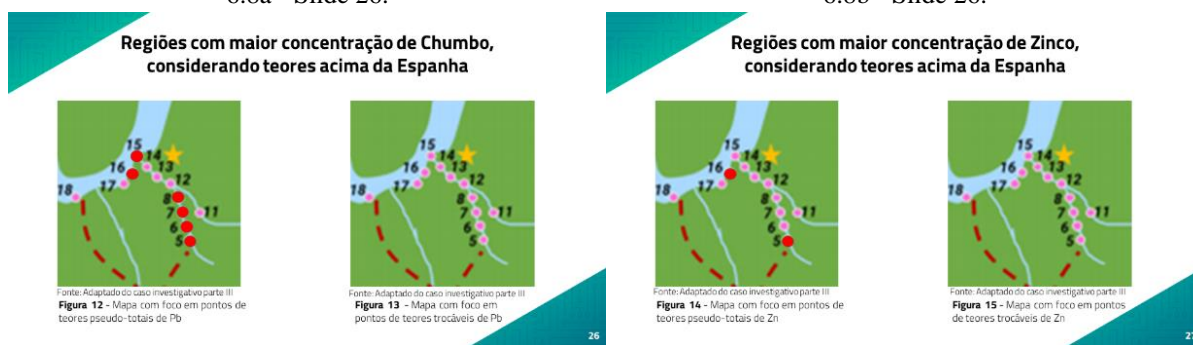
Durante a comparação dos mapas, verifica-se que os gestos ocorrem predominantemente sobre o mapa do grupo. O mapa dos personagens, à direita, é apontado somente uma vez, quando o grupo anuncia que demarcou um ponto a mais que Vitória e Igor. Nesse sentido, os gestos, a fala e as inscrições posicionadas lado a lado na Figura 6.7a trabalham em conjunto para identificar o que há de diferente entre uma nova inscrição e uma inscrição que acabou de ser explicada e que pode ser revisitada no mesmo slide. A partir disso, o mapa dos personagens possui função ilustrativa e é utilizado como uma referência na comparação dos procedimentos de amostragem.

Na EO-G3 para o caso *Um Rio de Minérios*, a apresentação do slide da Figura 6.7b permite constatar a habilidade de **seleção** do grupo, já que os mapas nele inseridos auxiliam o grupo na comparação dos pontos de amostragem escolhidos. Título e legendas nos mapas estão disponibilizados nos slides para corroborar a realização de comparações. Já em relação à habilidade de **comunicação**, tal não é observada. Após enunciar que seria realizada uma

comparação entre os mapas, o grupo apenas nomeia o que cada inscrição representa, sem ressaltar as suas semelhanças e diferenças. Ou seja, o discurso oral não apresenta informações diferentes daquelas já encontradas nas legendas das inscrições, atribuindo aos mapas função ilustrativa. Nesse caso, entende-se que as inscrições são utilizadas como autoexplicativas, ao invés de ferramentas comunicativas científicas (LEE; JONES, 2005).

Existem situações nas quais, além da comparação, os grupos também utilizam a associação de inscrições de mesma natureza para discutir dados. A Figura 6.8 apresenta uma nova associação lado a lado de mapas pelo G3, agora na seção de *Resultados e Discussão* da EOEC.

Figura 6.8 - Slides da EO-G3 do caso *Um Rio de Minérios*, contendo mapas semelhantes.
6.8a - Slide 26. 6.8b - Slide 26.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

A Figura 6.8 apresenta slides nos quais é possível visualizar títulos e dois mapas posicionados lado a lado, com legendas que indicam que o mapa à esquerda se refere aos teores pseudototais, e à direita, aos teores trocáveis de chumbo (Figura 6.8a) e zinco (Figura 6.8b). Os pontos vermelhos sobre os mapas à esquerda surgem no decorrer da apresentação. As inscrições configuram-se como um recorte do mapa com os pontos de amostragem de sedimentos escolhidos pelas personagens, e a sua versão íntegra já havia sido apresentada durante a EOEC (Figura 6.7b). Assim como nos demais casos apresentados nessa assertiva, a inserção de inscrições do tipo mapa em posicionamento lado a lado relaciona-se com a sua natureza e com a promoção de comparações externas (FONSECA, 2010; POZZER; ROTH, 2003), o que auxilia o grupo a discutir dados da concentração de metais na região em estudo, promove a comparação dos dados e evidencia a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais pelo grupo.

Em relação à habilidade de **comunicação**, observa-se que o G3 também adota a estratégia comunicativa de enfatizar novos elementos gráficos das inscrições, elaborando um discurso que se apoia no posicionamento lado a lado das inscrições, nas suas legendas e no uso

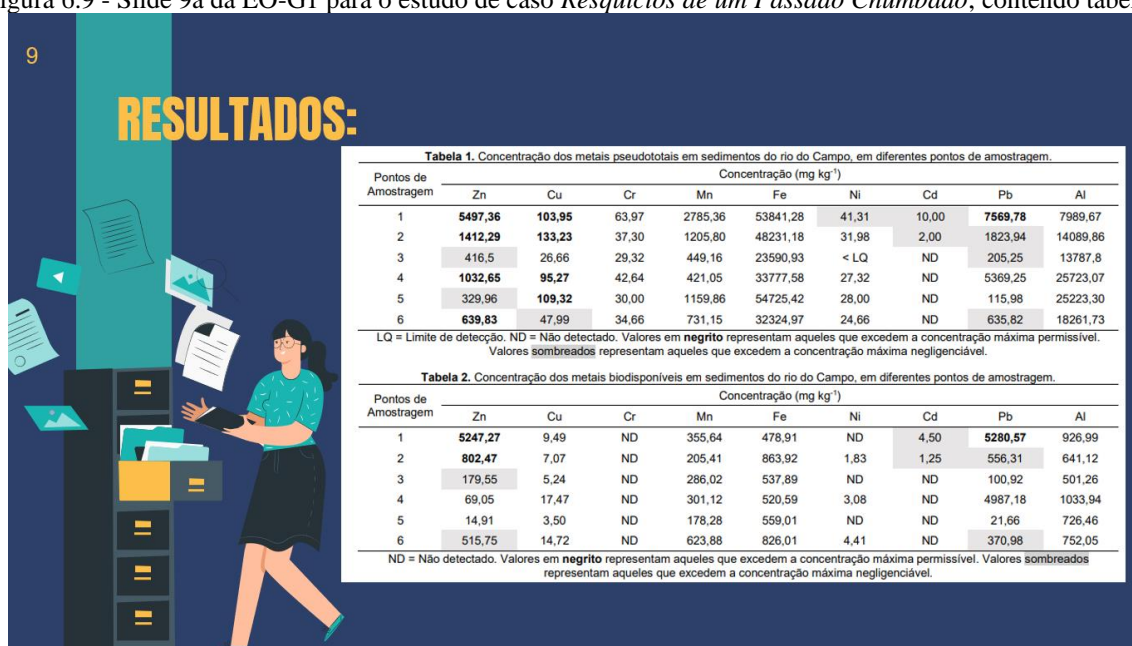
da fala. A partir disso, destacam-se algumas particularidades do discurso, tais como o uso de animações para trazer à tona os pontos vermelhos sobre o mapa, o que, segundo Miller e James (2011), é eficiente para uma familiarização gradual pela audiência com as informações apresentadas na exposição oral. De fato, no início da apresentação do slide da Figura 6.8a, o grupo introduz as inscrições, explicitando o que elas iriam retratar, e adiciona informações relacionadas aos valores de referência que iriam guiar a discussão dos dados: *“aqui nós temos um mapa então, de concentração de chumbo, considerando os teores acima da Espanha. Eu considerei a Espanha pessoal, devido ao fato dele ter a maior concentração, fica um pouco mais notável de a gente ver onde está realmente acontecendo a contaminação de fato”*. Somente após esclarecido o propósito das inscrições é que os pontos vermelhos surgem. A animação serve ainda para chamar atenção para os pontos.

O grupo utiliza gestos dêiticos de apontamento para chamar atenção da audiência aos pontos vermelhos durante a fala *“Descobrimos então, que os pontos 5, 6, 7 e 8, 16 e 15 estão contaminados”*. A associação dos modos de comunicação indicados permite que o grupo instrua a audiência quanto aos círculos vermelhos como indicadores de contaminação e quanto aos pontos 5, 6, 7, 8, 16 e 15 apresentando contaminação de chumbo na fração pseudototal. Caracterizados os pontos vermelhos, o grupo consegue por meio da fala *“Nesse daqui, não tem pontos”* concluir que não existe contaminação associada ao chumbo na fração trocável. O entendimento de que existe contaminação relacionada apenas aos teores pseudototais depende da percepção do mapa à direita como representante de tal fração. Os elementos disponibilizados para realização de tal discernimento são as legendas e o posicionamento lado a lado das inscrições. Ou seja, além dos modos orais e gestuais, a comparação e discussão de dados também se ampara na percepção das legendas dos mapas.

Para o slide da Figura 6.8b, observa-se novamente o uso de animação para revelar quais pontos estavam contaminados e o apoio das legendas na elaboração de conclusões de que existia contaminação associada apenas à fração pseudototal, em uma estratégia comunicativa semelhante àquela empregada anteriormente. Nesse sentido, os mapas em ambos os slides apresentam função expositiva.

Ainda na perspectiva do uso de inscrições de mesma natureza lado a lado para comparação e discussão dos dados, o G1 resgatou para a sua EOEC as tabelas com dados de concentração de metais em sedimentos, fornecidas durante a resolução do estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, como é possível visualizar na Figura 6.9.

Figura 6.9 - Slide 9a da EO-G1 para o estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, contendo tabelas.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

A Figura 6.9 apresenta o primeiro slide da seção de *Resultados e Discussão* da EO-G1, no qual é possível observar o título *Resultados*, um desenho icônico e duas tabelas. O desenho faz parte do *template* da apresentação e representa uma pessoa organizando documentos em um arquivo. Assim, a inscrição não é citada no discurso oral e possui função decorativa. Aspectos acerca de habilidades de letramento gráfico neste contexto foram discutidos na Assertiva 1. Observa-se que a maior parte do discurso se dá sobre as tabelas. Entende-se que a inserção das inscrições já no primeiro slide da seção de *Resultados e Discussão* da EO-G1 se relaciona com os aspectos identificados por Latour e Woolgar (1997) acerca do poder retórico e valorização das inscrições na constatação de fatos durante a produção do conhecimento científico, bem como com as características de mobilidade das inscrições, apontadas por Roth e McGinn (1998), que permitem que elas sejam incorporadas em outros contextos sem alteração das suas propriedades e relações internas. O posicionamento lado a lado na vertical corresponde à maneira como elas foram disponibilizadas para os estudantes na narrativa do estudo de caso, sendo que o grupo também utiliza as legendas originais. Assim, as tabelas apresentam os dados e guiam a discussão quantitativa dos resultados obtidos na resolução do estudo de caso. Tais aspectos evidenciam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G1.

Além da associação lado a lado, tabelas inerentemente proporcionam a realização de comparações durante a discussão dos seus dados, o que foi identificado na apresentação do slide da Figura 6.9 e permite evidenciar a habilidade de **comunicação** com inscrições do G1. Como estratégia comunicativa, em um primeiro momento, o grupo diferencia a tabela superior (metais

pseudototais) da inferior (metais biodisponíveis) e instrui a audiência acerca de como interpretar algumas das suas características visuais. Por exemplo, o grupo utiliza da fala “*os valores que estão em negrito, são os que estão acima do permissível*” e de gestos dêiticos de apontamento para chamar atenção ao elemento gráfico de formatação negrito e atribuir um sentido para a estrutura, a ser entendida como representante de valores de concentração que estão acima de limites permissíveis. O mesmo ocorre para o elemento gráfico sombreado, o qual é destacado como característico dos valores de concentração que estão acima de limites negligenciáveis. A partir disso, o grupo define o que são os valores permissíveis, e assim, a inscrição e suas estruturas visuais guiam a adição de informações que servem, tanto para auxiliar o grupo na discussão dos dados, quanto para ampliar e contextualizar o que a inscrição busca representar.

Em seguida, o grupo anuncia uma delimitação na sua análise: “*eu não queria focar em todos os metais, já que muitos deles, a gente pode ver, estava tudo dentro dos conformes*”, utilizando gestos dêiticos de apontamento de destaque para salientar células que não possuem formatação. Uma vez explicado o que as formatações negrito e sombreado representam, o trecho em destaque justifica a delimitação e instruiu a audiência de que as células sem formatações especiais representam valores de concentração que não ultrapassaram limites de referência, elaborando, portanto, a conclusão de que determinados metais não estavam causando contaminação na região do Parque da Divina. Além disso, dado o posicionamento das tabelas, a conclusão estende-se para ambas as frações em discussão. Nesse contexto, é possível observar que as tabelas guiavam a elaboração das conclusões e delimitações, e estas, reflexivamente, eram evidenciadas por elas, ou seja, as tabelas apresentam função expositiva.

6.3 Habilidades de Seleção, Produção e Comunicação de Inscrições

As habilidades de seleção, produção e comunicação de inscrições em exposições orais foram demonstradas por meio de:

- uso de inscrições para apresentar a narrativa do estudo de caso - *Assertiva 6*;
- uso de fluxogramas para descrever e explicar procedimentos experimentais realizados para resolução do estudo de caso - *Assertiva 7*;
- uso de tabela para comparar procedimentos experimentais e discutir dados para a resolução do estudo de caso - *Assertiva 8*;
- uso de gráficos para discutir dados para a resolução do estudo de caso - *Assertiva 9*;

- associação de inscrições de diferentes naturezas para discussão de dados na resolução do estudo de caso - *Assertiva 10*;

Assertiva 6 – Apresentação da Narrativa do Caso

Foi possível observar em todas as EOEC a apresentação da narrativa do estudo de caso. Destaca-se inicialmente as EO-G1 e EO-G2, nas quais os grupos utilizam inscrições de diferentes naturezas em um único slide para contar a história, como ilustrado na Figura 6.10.

Figura 6.10 - Slides contendo diferentes tipos de inscrições na apresentação da narrativa do estudo de caso.
6.10a - Slide 3 da EO-G1. 6.10b - Slide 11 da EO-G2.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Em relação à EO-G1, para o caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, no slide da Figura 6.10a é possível observar o título *Narrativa*, diferentes inscrições e elementos textuais na forma de tópicos e rótulos, que nomeiam o que cada inscrição representa. O desenho icônico da vidraria de laboratório faz parte do *template* dos slides e possui função decorativa. Os desenhos dos personagens foram obtidos no site *Storyset*,⁸ que disponibiliza representações visuais para a vários usos. Já o mapa foi retirado da narrativa do estudo de caso. Nisto, se evidenciam características referentes à mobilidade, combinação e sobreposição das inscrições, o que pode contribuir, segundo Roth e McGinn (1998) para a multiplicação dos sentidos atribuídos a cada inscrição. O uso dos desenhos dos personagens e do mapa relacionou-se também com a natureza qualitativa das informações veiculadas, notadamente, a introdução e atribuição de características físicas aos protagonistas da história e a apresentação do contexto geográfico da investigação, o que auxilia o grupo no relato da narrativa do estudo de caso e destaca a habilidade de **seleção** do G1.

Durante a apresentação do slide da Figura 6.10a observa-se a presença de estratégias de comunicação que ilustram a habilidade de **comunicação** com inscrições do grupo. As inscrições

⁸storyset.com

surtem gradualmente no slide, por meio de animações, acompanhando a progressão do relato da narrativa, o que indica o seu uso planejado e se configura como uma estratégia comunicativa para, além de chamar atenção, permitir uma familiarização gradual pela audiência com as informações apresentadas pelas várias inscrições (MILLER; JAMES, 2011). As inscrições foram utilizadas de maneiras diferentes, de acordo com suas características visuais. Primeiramente, em relação aos desenhos icônicos, estes representam fenômenos ou entidades a partir de uma relação icônica e os seus usos se baseiam principalmente nas experiências prévias do indivíduo com o que está em representação (POZZER; ROTH, 2010). Assim, os desenhos icônicos da Figura 6.10a estabelecem uma referência visual para os personagens da narrativa. As características físicas atribuídas às figuras humanas não influenciam diretamente no enredo da história, e dado que a audiência consegue facilmente identificar o que as inscrições representam, os desenhos foram apenas brevemente nomeados e apontados pelo grupo no discurso oral, exibindo assim função ilustrativa.

Em relação ao mapa, este tipo de inscrição não possui uma relação icônica direta com o que representa, já que são construídos a partir de linguagem própria (escala, linhas, símbolos etc.), a qual precisa ser compreendida pelo leitor antes da utilização da inscrição. Dessa maneira, o discurso referente ao mapa da Figura 6.10a buscou instruir a audiência acerca de como visualizar as suas características visuais, apresentando detalhes da região por meio da associação de diferentes modos de comunicação, de maneira que a inscrição apresenta função expositiva. Por exemplo, a fala “*aqui a gente pode ver as minas*” em associação com gestos dêiticos de apontamento para as estrelas permite ao grupo chamar atenção, nomear e explicar qual elemento gráfico do mapa representa as minas de chumbo no mapa, instruindo a audiência acerca do que as estrelas representam. Outros elementos de caracterização da região em investigação são semelhantemente colocados em pauta pelo grupo.

Outra estratégia observada durante a apresentação do mapa, refere-se ao uso da fala para o resgate de informações não necessariamente presentes na inscrição, mas que estão relacionadas a ela e ao problema proposto no estudo de caso, como por exemplo, na fala “*que era um parque que, antes de se tornar uma reserva ecológica, ele era um lugar de exploração de minas de chumbo*”, o que contextualiza e amplia o sentido de elementos ilustrados pelo mapa. O detalhamento do mapa no slide da Figura 6.10a se torna importante nesse momento, já que a inscrição esteve constantemente presente na EO, e nessas futuras aparições, o grupo destaca apenas os novos elementos gráficos, utilizando características apresentadas para comparar e discutir experimentos e dados (Figuras 6.5b, 6.7a e 6.18a - Assertivas 4, 5 e 10, respectivamente).

Dado que os mapas e desenhos se encontram combinados e sobrepostos no slide, observa-se também a associação das inscrições por meio de gestos. Por exemplo, na fala “quando eles chegaram lá, eles foram encontrar o Senhor Paulo, que é um velho amigo deles e é zelador do Parque, então, logo ele reside no Parque”, o grupo usa de gestos dêiticos de destaque e aponta para a Vila do Campo no mapa. A associação dos modos de comunicação permite ampliar o sentido das inscrições, de maneira que elas, além de serem visualizadas como peças individuais, são tidas como complementares na representação de um único fenômeno durante o relato da narrativa do estudo de caso.

A apresentação do slide da Figura 6.10b na EO-G2 também mostra as habilidades de **seleção** e **comunicação** do grupo. Em relação à **seleção**, os desenhos icônicos utilizados dizem respeito à emojis de pessoas e objetos que, no contexto do slide, possibilitaram a criação de uma referência visual para elementos de cunho qualitativos da história. Em relação à **comunicação**, de maneira semelhante ao G1, observa-se tratamentos diferentes entre os desenhos icônicos e o mapa, onde os primeiros possuíram função ilustrativa e o último, função expositora. Assim, observa-se a associação de modos comunicacionais para elaboração de instruções acerca de como interpretar elementos visuais do mapa e apresentação do contexto local em investigação. As inscrições foram introduzidas de maneira gradual, por meio de animações, o que também evidencia o planejamento do seu uso na comunicação.

O G3 também utiliza inscrições durante o relato da narrativa do estudo de caso, porém distribuídas em uma série de slides, como ilustrado na Figura 6.11. Cada slide destaca um aspecto diferente da história do caso *Um Rio de Minérios*, observando-se que, com exceção do slide 7, todas as inscrições ilustram o título do slide. No slide 4, o grupo apresentou *A região de Canvari*, inserindo um desenho icônico de uma comunidade ribeirinha. A inscrição possui a legenda *Ilustração da cidade de Canvari*. No slide 5 foi detalhado *O Comunicado* enviado à população acerca de casos de contaminação de chumbo, sendo inserido um desenho icônico de um envelope e uma seta direcionada ao que se pode identificar como figuras humanas. A inscrição não apresenta nenhuma legenda ou rótulo, mas é cotemática com o que está sendo discutido no slide (ou seja, o envio dos panfletos à população de Canvari). O desenho da comunidade ribeirinha foi obtido na internet, de acordo com fonte apresentada, e o do comunicado, no *template* utilizado para construção dos slides⁹, o que também destaca as características relacionadas à mobilidade das inscrições (ROTH; MCGINN, 1998).

⁹slidescarnival.com/donalbain-free-presentation-template/12739

Figura 6.11 - Slides da EO-G3 para relatar a narrativa do caso *Um Rio de Minérios*.
6.11a - Slide 4. 6.11b - Slide 5.



Figura 1 - Ilustração da cidade de Canvari

Fonte: <http://docplayer.com.br/80780160-Protocolo-de-consulta-das-comunidades-r>

6.11c - Slide 6.

A região

A cidade de Canvari situa-se em uma região próxima ao Rio dos Bagres, com áreas de conservação de mata Atlântica e com numerosas cavernas calcárias.

A população de Canvari utiliza o rio para o abastecimento de água.

4

O Comunicado

No final de 2007, a população recebeu um comunicado, em forma de panfleto notificando que havia casos de contaminação por Chumbo na cidade.



A população seria então submetida a um exame de sangue para avaliações clínicas.

5

6.11d - Slide 7.

O telefonema

A secretária de saúde, Angelina, liga para a sua prima, Joelma, que havia se mudado para a capital para cursar química, para auxiliá-la na causa da contaminação do rio.



Angelina

Joelma

Joelma pesquisa sobre a contaminação de Chumbo e encontra informações sobre a mineradora Avanti, na qual praticava atividades de extração de galena na região de Canvari entre 1954 e 1955.

6

Fonte: Acervo da Pesquisa.

A Mineradora

As atividades da mineradora, apesar de estarem desativadas, ainda causam impactos ambientais e colocam a saúde da população de Canvari em risco. A deposição dos materiais foram expostos a céu aberto em regiões próximas ao local na qual se instalava a empresa, alguns jogados diretamente no rio e outros jogados na atmosfera (resíduos particulados).

Joana então encontra sua colega, Stephany, relatando o que estava acontecendo em sua cidade. Stephany oferece a sua ajuda e vão para Canvari investigar.



Stephany



7

Já no slide 6 é apresentado *O telefonema* em busca de auxílio, de Angelina, secretária de saúde da cidade, para sua prima Joelma, estudante de pós-graduação em química. Assim, o slide contém um desenho icônico composto por duas pessoas, cada qual identificada pelos rótulos *Angelina* e *Joelma*, e um telefone entre elas. Por fim, no slide 7 são apresentadas informações acerca da Mineradora Avanti, momento no qual foi introduzida uma nova personagem, Stephany, colega de Joelma. O slide contém dois desenhos icônicos. A inscrição superior é uma pessoa que, de acordo com o rótulo, é identificada como Stephany, enquanto na inscrição inferior, as personagens anteriormente identificadas como Stephany e Joelma são apresentadas juntas, com expressões faciais e gestos que podem ser interpretados como expressões pensativas.

O uso dos desenhos icônicos se relaciona com a natureza qualitativa das informações apresentadas e a sua inserção possibilita a criação de referências icônicas para o contexto do caso e para as personagens. Apenas as inscrições no slide 6 são citadas e apontadas pelo G3 durante a EOEC, por meio da fala “*Aqui, a gente tem Angelina e Joelma*” e de gestos dêiticos de destaque, respectivamente. A partir disso, as inscrições são classificadas como ilustrativas. Tais aspectos salientam novamente a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G3.

Nos slides 6 e 7 (Figuras 6.11c e 6.11d) é evidente também a habilidade de **produção** de inscrições para uso em exposições orais. Os desenhos icônicos inseridos foram elaborados pelo grupo no aplicativo *Bitmoji*,¹⁰ para criação de avatares personalizados. Keđra e Źakevičiūtė (2019) apontam que os estudantes da presente década estão imersos no uso de novas tecnologias, e a partir disso, as suas práticas comunicativas são altamente mediadas por recursos visuais compartilhados em mídias sociais, tais como memes, GIFs, emojis etc. No sentido de que a elaboração de artes gráficas de personagens e cenários para a narração de histórias pode ser uma tarefa que demanda bastante tempo e esforço, a utilização do aplicativo é reportada na literatura como uma estratégia simples, rápida e efetiva para facilitar o processo de ilustração e comunicação de histórias (COSTA JUNIOR et al., 2022).

A narrativa do caso não fornecia detalhes acerca das características físicas das personagens, e dessa forma, os desenhos correspondem a uma maneira de adicionar informações visuais relativas a elas. Visto que as inscrições representam informações textuais fornecidas na narrativa, observou-se uma produção de inscrições que se apoia na tradução do modo de comunicação verbal para o imagético.

Assertiva 7 - Fluxogramas

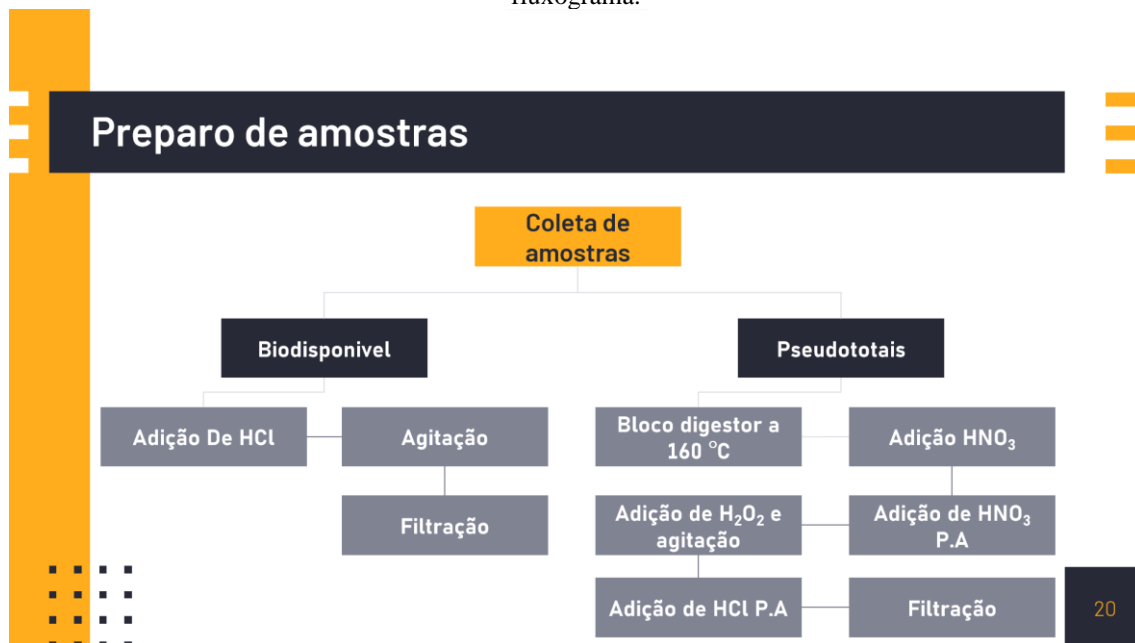
Durante a resolução dos estudos de caso, foram apresentadas aos grupos informações acerca dos procedimentos experimentais de preparo de amostra escolhidos pelos personagens. A retomada desses procedimentos na EOEC, a partir de fluxogramas, foi observada nas EO-G1 e EO-G2. A Figura 6.12 demonstra o uso pelo G2 de um fluxograma para apresentar o preparo de amostras realizado pelos personagens Thomas e Júlio, no estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Fluxogramas são inscrições que retratam informações qualitativas acerca do fluxo de etapas desenvolvidas cronologicamente em um determinado processo. O slide ilustrado na Figura 6.12 é intitulado *Preparo de Amostra* e contém um fluxograma sem legenda, constituído por caixas de texto coloridas, que retratam as etapas do processo de preparo de amostras, e linhas de conexão, que representam as transições entre as etapas. Os elementos mencionados são disponibilizados simultaneamente, e o discurso proferido durante a apresentação do slide refere-se totalmente à inscrição. Dessa forma, o uso da inscrição para ilustrar qualitativamente o procedimento experimental e auxiliar o grupo na explicação do caminho percorrido em um

¹⁰bitmoji.com

preparo de amostras composto por diversas etapas aponta para a habilidade de **seleção** de inscrições do G2.

Figura 6.12 - Slide 18 da EO-G2 para o estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*, contendo um fluxograma.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

A Figura 6.12 também evidencia a habilidade de **produção** de inscrições para uso em exposições orais. O fluxograma foi criado pelo G2 a partir de informações textuais fornecidas na narrativa do estudo de caso e combina elementos simbólicos e textuais. Ou seja, observa-se uma produção de inscrições baseada na esquematização visual de um texto escrito e na tradução do modo de comunicação verbal para o imagético. Acerca da presença dos elementos textuais na inscrição, Ainsworth, Galpin e Musgrove (2007) sugerem que, no contexto de produzir uma inscrição a ser apresentada para colegas, adicionar-lhe textos escritos caracteriza uma estratégia utilizada pelos estudantes para torná-la mais compreensível. Comparando as informações fornecidas na narrativa com aquelas disponibilizadas no fluxograma, este representa o processo de preparo de amostras sem detalhamentos, por exemplo, de volume e concentração de substâncias adicionadas, o que revela uma produção de inscrição baseada também na síntese do conteúdo.

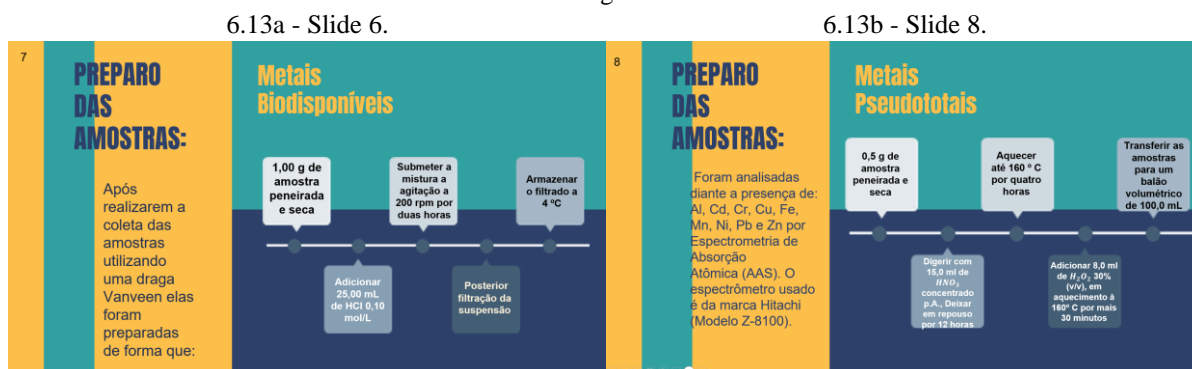
Para finalizar, observa-se a elaboração de algumas estratégias comunicacionais durante a apresentação do slide da Figura 6.12, a partir das quais é exibida a habilidade de **comunicação** de inscrições em exposições orais do G2. O discurso proferido é guiado pela estrutura da

inscrição e se dedica à discussão do preparo de amostras por meio de tais, e nesse cenário, o fluxograma apresenta função expositiva. A comunicação também é multimodal, já que fala e gestos dêiticos do tipo destaque e contorno são utilizados em associação para esboçar e explicar as etapas ordenadas no fluxograma. Por exemplo, após apontar para a caixa de texto *coleta de amostras*, são realizados apontamentos alternados entre as caixas de texto *biodisponível* e *pseudototal*, já que existe uma linha que divide o procedimento experimental em dois caminhos distintos. A sincronicidade da fala e dos gestos do grupo no discurso “*a gente teve a coleta das amostras e depois separou em duas etapas*” representa a externalização de interpretações para as caixas de texto destacadas e para a linha que as conecta. A apresentação do restante do fluxograma tem um molde semelhante ao exemplificado, e assim, enquanto descreve os experimentos realizados, o grupo também instrui a audiência acerca de como interpretar a inscrição.

Destaca-se ainda o uso da fala para resgatar informações que foram previamente excluídas do fluxograma durante a sua construção, a partir do que o grupo demonstra entendimento acerca dos procedimentos discutidos. Como exemplo, após salientar a primeira adição de ácido nítrico no preparo de amostra para determinação dos teores pseudototais, o grupo menciona que a amostra foi deixada “*em refluxo por mais ou menos uns 15 minutos*”, etapa que não possui correspondência visual no fluxograma.

O uso de fluxogramas também foi observado na EO-G1 para descrever e explicar o preparo de amostras para determinação de teores biodisponíveis (Figura 6.13a) e pseudototais (Figura 6.13b), o que também mostra as habilidades de **seleção, produção e comunicação** com inscrições do G1.

Figura 6.13 - Slides da EO-G1 para o estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado* contendo fluxogramas.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Para a habilidade de **seleção**, os subtítulos anunciam qual a fração ilustrada, como por exemplo, *Preparo de Amostras: Metais Biodisponíveis* (Figura 6.13a). Dado o tamanho das inscrições, entende-se que a segmentação é favorável para que estas sejam corretamente visualizadas durante a EOEC. Em relação à habilidade de **produção**, os fluxogramas construídos são do tipo linha do tempo, nos quais são utilizados elementos gráficos e textuais para destacar os eventos do procedimento experimental e a sua ordem cronológica. Comparando as informações presentes na narrativa do estudo de caso com aquelas disponibilizadas nas inscrições, estas organizam graficamente as etapas e detalhes experimentais fornecidos no texto. O grupo também incluiu elementos textuais nos fluxogramas para torná-los mais compreensíveis (AINSWORTH; GALPIN; MUSGROVE, 2007), no entanto, estes correspondem às informações da narrativa do estudo de caso, o que caracteriza um processo de produção de inscrição sem síntese do conteúdo (em contraste ao processo utilizado pelo G2).

Em relação à **comunicação**, o G1 realizou a associação entre a fala, gestos e inscrições para descrever os experimentos, utilizando também a estrutura visual dos fluxogramas para ordenar a apresentação de informações. Nesse sentido, os fluxogramas do G1 também possuem função expositora. Dada a maneira como a inscrição foi construída, observa-se que o discurso não se distancia de uma leitura dos seus elementos textuais.

Assertiva 8 – Tabelas

Tabelas foram utilizadas nas EOEC com diferentes propósitos. Uma delas diz respeito à comparação de técnica analítica proposta pelo G3 com aquela indicada pelas personagens do caso, como demonstrado na Figura 6.14. Na Figura 6.2a (Assertiva 2), o G3 apresentou a espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS) como escolha do grupo para realização das análises. Na tabela inserida no slide da Figura 6.14, o grupo compara a sua escolha com a das personagens do caso, a espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). A partir disso, no slide é possível observar o título *Comparação de Equipamentos* e uma tabela acompanhada da legenda *Comparação dos Equipamentos de Estudo Resumida*. A presença da tabela se alinha com o título do slide, e de acordo com a fala “*Nessa tabela, eu mostrei bem resumidamente mesmo, algumas diferenças*”, o grupo a selecionou para promover a comparação de informações (mostrar diferenças). Tais aspectos salientam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G3.

Figura 6.14 - Slide 19 da EO-G3 para o estudo de caso *Um Rio de Minérios*, contendo uma tabela.

Comparação de Equipamento

	Espectrômetro de massa com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS)	Espectrômetro de emissão óptica (ICP-OES)
Custo	☹️	😐
Ordem de Magnitude	😊	😊
Faixa de Limite de Detecção	😊	😐

Fonte: <https://www.dctech.com.br/criterios-para-selecao-da-melhor-tecnica-de-absorcao-atmica-para-deteccao-de-metals/>
Tabela 1 - Comparação dos Equipamentos de Estudo resumida

Fonte: Acervo da Pesquisa.

Visto que a tabela foi criada pelo grupo, destaca-se a habilidade de **produção** de inscrições. A tabela se originou na atividade que requisitava a verificação da necessidade de alteração no equipamento proposto pelo grupo frente ao sugerido pelas personagens. No arquivo depositado no Tidia-Ae, o grupo defende continuar com o ICP-MS “*pois apesar do custo elevado o equipamento é muito preciso e, assim, o resultado da pesquisa é mais eficiente*”. Nesse sentido, a produção da inscrição é um exemplo de tradução do modo de comunicação verbal para o imagético. Lima e Queiroz (2019) observam que a produção de tabelas no ensino de química está altamente associada à execução de atividades experimentais e à organização do conhecimento. De fato, a produção da tabela representa uma tentativa de dispor visualmente informações de um texto escrito, combinando elementos simbólicos e textuais que permitem, de maneira satisfatória, realizar a comparação dos equipamentos propostos para a realização de um experimento.

Destaca-se ainda a presença dos emojis, definidos como pictogramas de rostos, objetos, animais, símbolos etc. Os emojis fazem parte do cotidiano e são empregados extensivamente por aqueles que possuem acesso à internet, redes sociais e mídias digitais, o que acaba por socialmente convencionalizar sentidos e situações nas quais são utilizados (ALBERT, 2020). Dessa maneira, a sua inclusão na tabela da Figura 6.14 reflete novamente os aspectos relatados por Kędra e Źakevičiūtė (2019) em relação às práticas comunicativas dos estudantes da atualidade serem mediadas por representações visuais amplamente compartilhadas em mídias

sociais e internet, o que representa a influência da cultura digital na expansão da multimodalidade da linguagem científica e pode também representar uma estratégia para aproximá-la da linguagem cotidiana e torná-la mais atraente (PAIVA, 2016; COSTA; ALBUQUERQUE, 2021).

Observa-se também a habilidade de **comunicação** de inscrições em exposições orais do G3, a partir do emprego de diferentes estratégias comunicativas durante a apresentação do slide na Figura 6.14. Visando situar a comparação, inicialmente o grupo indica a técnica proposta pelas personagens utilizando da fala “*O que Joanna e Stephany utilizaram foi o ICP-OES, espectrômetro de emissão óptica*” e de gestos dêiticos para destacar a coluna da tabela que se refere à técnica. A partir disso, o primeiro parâmetro de comparação destacado pelo grupo é o custo. O grupo associa a fala “*o custo, aqui, eu coloquei uma carinha triste, porque é muito caro, e esse daqui uma carinha meio... porque ele é muito caro também, mas não tão caro quanto o ICP*” ao uso de gestos dêiticos de destaque para chamar atenção e nomear os emojis. Ao apontar para o pictograma atribuído ao ICP-MS, o grupo o nomeia de “*uma carinha triste*”. Cada emoji possui um código e nome, determinados pelo sistema UNICODE¹¹, no qual 😞 (U+2639) é chamado de *Carinha Carrancuda*. Este pode ser utilizado para expressar descontentamento, infelicidade, desaprovação, ou, como mencionado pelo grupo, tristeza. A sua presença na tabela indica de maneira rápida e eficaz como o grupo se sente em relação ao preço do ICP-MS durante a comparação dos equipamentos. O grupo ainda justifica o seu descontentamento explicando “*porque é muito caro*”.

De maneira semelhante, o grupo destaca o emoji atribuído ao custo do ICP-OES, referindo-se a ele como uma “*uma carinha meio...*”. O emoji 😕 (U+1F615), é chamado de *Carinha Confusa* e pode ser utilizado para expressar insegurança ou insatisfação. Observa-se que o grupo não consegue completamente nomear o emoji, porém, ao ser comparado com os demais, e dada a convenção social dos seus usos e sentidos, o pictograma sugere que o grupo não está totalmente feliz ou triste com o preço do ICP-OES. Tal emoção é esclarecida na fala “*porque ele é muito caro também, mas não tão caro quanto o ICP*”.

Em seguida, na fala “*A ordem de magnitude dos dois é boa*”, os aparelhos são comparados com base em um critério definido pelo grupo como ordem de magnitude. O grupo utiliza um gesto dêitico de contorno para esboçar as células da terceira linha da tabela e destacar o emoji 😊 (U+263A), chamado de *Carinha Sorridente* e utilizado para expressar felicidade, alegria ou satisfação. Mesmo sem ser nomeado pelo grupo, dado o seu sentido socialmente

¹¹unicode.org/charts/charindex.html

convencionalizado, a presença do pictograma indica de maneira eficaz como o grupo se sente em relação ao critério ordem de magnitude.

Por fim, o grupo compara a faixa de limite de detecção dos equipamentos, utilizando gestos para salientar os emojis *Carinha Sorridente* e *Carinha Confusa* presentes na quarta linha da tabela. Os emojis indicam que o grupo é mais favorável à faixa de limite de detecção oferecida pelo ICP-MS em relação ao ICP-OES, sentido este esclarecido na fala “*a faixa do limite de detecção do ICP-MS, ela é maior, o que faz com que você consiga chegar em resultados bem mais precisos*”.

A comunicação e uso de gestos durante a apresentação do slide na Figura 6.14 detalham os aspectos visuais e significados da tabela, o que representa instruções para a audiência acerca de como enxergar e extrair informações da inscrição. A tabela possui função expositiva, auxiliando e guiando a comparação dos equipamentos instrumentais. O grupo utiliza-se dos sentidos convencionalizados dos emojis, e da associação de elementos visuais gráficos, orais e gestuais para realizar a comparação entre os instrumentos.

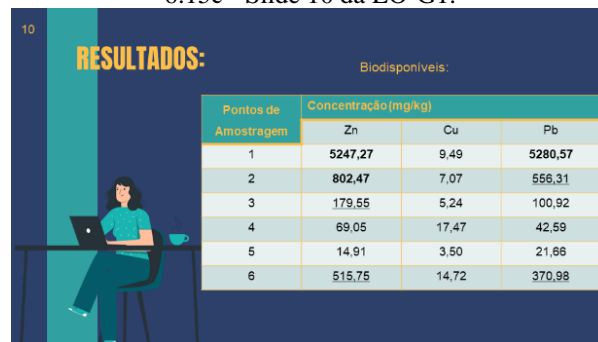
Como parte da resolução dos estudos de caso, foram fornecidos aos grupos tabelas de dados de concentração de metais nos sedimentos dos respectivos recursos hídricos investigados para avaliação da sua contaminação com base em valores de referências disponíveis em legislações ou na literatura. O resgate desses dados a partir da apresentação de uma única tabela por slide, foi observado nas EO-G1 e EO-G2, como é possível visualizar na Figura 6.15.

Inicialmente, em relação ao uso de tabelas na EO-G2, os slides apresentados nas Figuras 6.15a e 6.15b contêm títulos que identificam a fração de metal em destaque, como por exemplo, *Resultados dos pseudototais* (Figura 6.15a) e uma tabela, com uma nota de rodapé, explicando o que as cores representam. Todos os elementos surgem simultaneamente e o discurso durante a apresentação de cada slide é orientado pela inscrição. Tabelas são inscrições que geralmente retratam informações quantitativas (IBGE, 1993), sendo isso que as diferenciam dos quadros, os quais comumente retratam informações qualitativas. Ou seja, tabelas, assim como gráficos e equações, são inscrições utilizadas para exibir relações numéricas de um fenômeno (POZZER; ROTH, 2010). Nesse sentido, a inscrição fornece subsídios à discussão quantitativa dos dados e resolução do estudo de caso no que concerne à avaliação da concentração de metais nos sedimentos e contaminação do recurso hídrico. Tais aspectos evidenciam a habilidade de **seleção** de inscrições para uso em exposições orais do G2.

Figura 6.15 - Slides contendo tabelas com dados para resolução dos estudos de caso.
 6.15a - Slide 20 da EO-G2. 6.15b - Slide 21 da EO-G2.



6.15c - Slide 10 da EO-G1.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

A presença das tabelas nos slides das Figuras 6.15a e 6.15b também mostra a habilidade de **produção** de inscrições pelo grupo. Tais inscrições foram produzidas como representações visuais alternativas a uma das tabelas fornecida no estudo de caso. A Figura 6.16 ilustra, por exemplo, a tabela que dá origem àquela do slide da Figura 6.15a.

Figura 6.16 - Tabela fornecida no estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Tabela 1. Concentração de metais pseudototais em sedimentos da Barragem Diamantina nos quatro pontos de coleta.

Pontos de Amostragem	Concentração (µg g ⁻¹)										
	Ag	Al*	Cd	Co	Cr	Cu	Fe*	Mn	Ni	Pb	Zn
P1	4,08 ± 0,32	76,39 ± 2,06	2,14 ± 0,07	27,03 ± 1,53	33,48 ± 0,90	29,20 ± 0,67	44,57 ± 2,31	340,85 ± 9,99	27,69 ± 1,21	27,51 ± 1,38	81,13 ± 2,30
P2	4,55 ± 0,11	72,11 ± 6,52	2,39 ± 0,23	27,34 ± 0,70	39,24 ± 0,73	43,77 ± 0,57	43,59 ± 3,75	277,95 ± 3,38	27,80 ± 1,93	33,49 ± 0,96	71,44 ± 2,50
P3	5,66 ± 0,16	79,01 ± 1,66	2,38 ± 0,26	28,21 ± 0,93	43,33 ± 2,06	44,87 ± 1,52	62,05 ± 6,65	318,50 ± 0,38	24,21 ± 1,42	34,90 ± 1,14	58,51 ± 1,80
P4	5,17 ± 0,32	74,23 ± 2,08	4,07 ± 0,31	29,43 ± 0,69	44,66 ± 2,51	43,46 ± 1,03	62,09 ± 1,90	408,27 ± 7,81	30,88 ± 2,77	31,96 ± 0,55	52,62 ± 1,57
Média Geral	4,86 ± 0,69	75,44 ± 2,96	2,74 ± 0,89	28,00 ± 1,07	40,18 ± 5,02	40,32 ± 7,44	53,08 ± 1,04	336,39 ± 54,53	27,65 ± 2,72	31,96 ± 3,20	65,93 ± 12,82

(*) Resultados expressos em mg/g, demais resultados de sedimento expressos em µg/g.

Fonte: Acervo da Pesquisa.

A tabela da Figura 6.16 apresenta os dados de concentração de alumínio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel, prata e zinco pseudototais nos sedimentos da Barragem Diamantina. Ela é tomada como base para construção da tabela da Figura 6.15a, a partir da exclusão e adição de informações. Para avaliação dos dados na resolução do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*, o grupo utiliza valores de concentração máxima recomendados pelo CONAMA. Uma vez que a referida legislação

não apresenta valores para alumínio, cobalto, ferro, manganês e prata, os dados desses metais foram excluídos da tabela que o grupo produziu. Outras exclusões dizem respeito às legendas, notas de rodapés e valores de média geral de concentração dos metais.

Comparando ainda as duas tabelas, observa-se a adição de cores ao fundo das células para indicar níveis de concentração ultrapassando os valores recomendados pelo CONAMA. A escolha dessas cores se alinha com padrões socialmente convencionalizados, nos quais vermelho e verde geralmente adquirem sentidos opostos, sendo a primeira cor entendida como significado de perigo/proibição e a segunda de permissão/segurança (CASTRO; PEREIRA, 2018). Tal dicotomia advém da presença dos semáforos nas cidades, e neste sentido, o amarelo apresenta um sentido de atenção/cautela (PASTOUREAU, 1993; CASTRO; PEREIRA, 2018). Ocorre ainda a transferência das informações presentes na primeira linha da tabela da Figura 6.16 para a nota de rodapé da tabela produzida. De acordo com o descrito, a produção representa um processo de transposição entre inscrições do mesmo tipo. A construção da tabela da Figura 6.15b segue um processo semelhante.

Observa-se que a maneira como a tabela foi construída impactou diretamente no discurso e nas estratégias comunicativas elaboradas em cada slide, o que indica a habilidade de **comunicação** do G2. Para o slide da Figura 6.15a, é realizado um discurso multimodal que associa fala, gestos, inscrição e texto escrito na produção de sentidos e fornecimento de instruções para a audiência acerca de como ler as características da tabela e discussão das concentrações de cada metal, explicitando e justificando padrões e comportamentos encontrados nos dados a partir de informações da literatura.

A partir disso, observaram-se dois momentos distintos de explicação das características visuais da inscrição e de interpretação de dados. O primeiro se exemplifica com a fala “*o nível 1 da CONAMA, se está abaixo do nível 1, está tranquilo [...] que são aqueles que estão em verde*”, na qual o grupo descreve o significado da cor verde atribuída a algumas células da tabela. O grupo também utiliza de gestos dêiticos do tipo contorno para esboçar a nota de rodapé da tabela, fornecendo uma referência visual do que estava sendo falado.

Já o momento de discussão dos dados se exemplifica com a fala “*o cádmio, você pode ver que ele começa bem constante na barragem, se mantém, e no ponto 4 ele tem um aumento drástico*”, na qual o grupo descreveu o comportamento da concentração de cádmio ao longo dos pontos de amostragem. Além da fala, gestos dêiticos do tipo destaque (sobe e desce sobre a coluna do cádmio) foram utilizados para demonstrar o comportamento descrito, evidenciado também pelas cores na tabela. O cádmio é o único metal que possui valores de concentração em vermelho, e ao sinalizar isso, o grupo utiliza do termo “*aumento drástico*” já que a cor

representa perigo, de maneira que a discussão e apresentação dos dados são guiadas pelas cores presentes na tabela. A partir disso, a tabela possuía função expositora.

Após explicitação de comportamentos, o grupo procura justificar e relacionar o que foi possível observar com informações advindas da literatura. Por exemplo, para o cádmio o grupo menciona que “*O cádmio principalmente, pode ser devido ao descarte de pilhas e baterias, que não tem uma cultura no Brasil, popularmente, que abrange essa coleta [...] geralmente quando acaba a pilha, o pessoal só joga fora, não liga muito*”. A adição dessas informações, além de auxiliar na comprovação da contaminação, permite que o sentido da inscrição seja ampliado.

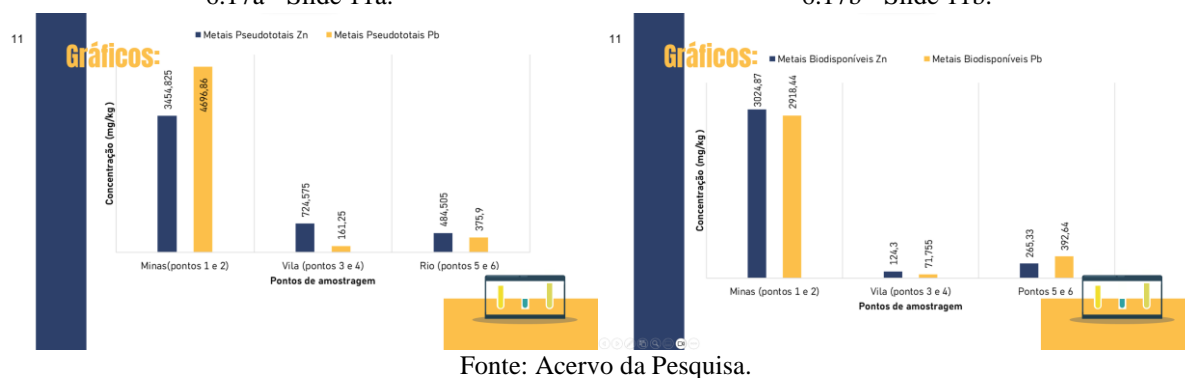
Semelhantemente, no slide da Figura 6.15b, o grupo discute os dados relacionados à fração biodisponível dos metais. Todas as células da inscrição estão coloridas de verde e, uma vez que o grupo já havia explicado o significado da cor, estabelece-se uma estratégia comunicativa multimodal relacionada à identificação de comportamentos e padrões nos dados, com posterior justificativa do observado, de maneira que a inscrição também exibe função expositora.

As habilidades de **seleção**, **produção** e **comunicação** em relação ao uso de tabelas para discutir dados na resolução do estudo de caso também são identificadas na EO-G1, a partir do uso desse tipo de inscrição para discussão e avaliação quantitativa da contaminação associada à presença de cobre, chumbo e zinco biodisponíveis nos sedimentos dos rios do Parque da Divina (Figura 6.15c). Após apresentar um panorama dos dados de todos os metais, o grupo delimita as discussões para o cobre, chumbo e zinco, dado que estes são os metais geralmente associados à extração da galena, minério antigamente explorado na região do Parque da Divina (Figura 6.9 - Assertiva 5). Assim, a tabela criada pelo G1 envolve a exclusão de dados referentes aos outros metais, exclusão de nota de rodapé, reformulação da legenda e substituição da formatação de valores, de sombreado para sublinhado, em relação à tabela fornecida durante o estudo de caso. Ou seja, observa-se uma produção baseada em processo de tradução de inscrições da mesma natureza. Em termos de comunicação, o grupo elabora uma estratégia comunicativa multimodal para destacar como a concentração de metais se comporta ao longo dos pontos de amostragem em relação aos valores de referência presentes na literatura.

Assertiva 9 - Gráficos

A discussão dos dados para a resolução dos estudos de caso também se deu por meio do uso de gráficos como aqueles ilustrados na Figura 6.17.

Figura 6.17 - Slides da EO-G1 contendo gráficos para resolução do caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.
6.17a - Slide 11a. 6.17b - Slide 11b.



Nos slides ilustrados na Figura 6.17 observa-se o título *Gráficos* e inscrições do tipo gráfico de barras e desenhos icônicos. Estes últimos possuem função decorativa. A Figura 6.17a contém um gráfico referente ao chumbo e zinco pseudototais, e a Figura 6.17b um referente aos metais biodisponíveis. Gráficos são inscrição empregadas de maneira retórica no discurso científico para sustentar argumentos e tornar visível informações quantitativas e relações numéricas do fenômeno em estudo (ROTH; BOWEN, 2000; POZZER; ROTH, 2010). Como verificado anteriormente na Figura 6.15c (Assertiva 8), o grupo apresentou tabelas para destacar e avaliar a concentração de metais em relação à valores padrões de referência. Nesse sentido, os gráficos da Figura 6.17 reforçam, evidenciam e tornam visíveis as considerações elaboradas durante a discussão das tabelas apresentadas na EO-G1. Tais aspectos explicitam a habilidade de **seleção** de inscrições do G1.

Os gráficos foram produzidos durante as atividades de resolução do estudo de caso a partir das tabelas disponibilizadas, o que salienta a habilidade de **produção**. A fala “*a gente criou esse gráfico para mostrar a diferença. E a gente fez uma média entre os pontos com justificativa igual*” revela o propósito por trás da criação dos gráficos e apresenta detalhes da sua criação. A partir disso, verifica-se uma produção baseada na tradução de um tipo de inscrição para outro, com engajamento dos estudantes em práticas matemáticas. O cálculo da média de concentração para determinados grupos de pontos de amostragem representa a redução e colapso de informações na tentativa de trazer à tona fenômenos de interesse, o que, segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), é uma estratégia retórica para convencimento de pares. As médias estão dispostas no eixo das ordenadas e os pontos de amostragem no eixo das abcissas. Observa-se a inclusão de elementos estruturais, como a escala, denominação e unidades de medidas nos eixos, e de elementos informativos, como os dados numéricos, o que, segundo García (2005), pode auxiliar no estabelecimento de uma continuidade entre os níveis

micro, macro e simbólico da linguagem química, de relações entre informações qualitativas e quantitativas e na realização de processos abstratos de manipulação gráfica.

Na explicação dos gráficos dos slides da Figura 6.17 o grupo utiliza estratégias comunicativas que evidenciam a habilidade de **comunicação** com inscrições do G1. Inicialmente, em relação ao gráfico da Figura 6.17a, além de apresentar o propósito e detalhes do processo de criação, o grupo apresenta algumas estruturas visuais do gráfico. Por exemplo, por meio da fala “*a concentração está em miligramas por quilo [...] isso aqui é o gráfico dos pseudototais*” e de gestos dêiticos de apontamento e destaque, o grupo identifica a unidade de medida utilizada na inscrição e nomeia que aquele é o gráfico referente aos metais pseudototais. Ou seja, o grupo instrui a audiência acerca de características que devem ser percebidas para a realização de uma leitura sem lacunas informativas. Por fim, o grupo discute os dados, realizando comparações e elaborando conclusões, como por exemplo “*O chumbo, ele é uma quantidade bem significativa e o zinco também, que são os pontos mais pertos da mina [...] é considerável que esses pontos realmente seriam mais contaminados*”, de maneira que o gráfico possui função expositora e alcança o propósito da sua produção, que é trazer à tona a principal localização da contaminação.

Dada a semelhança com o slide da Figura 6.17a, o discurso do slide da Figura 6.17b não se detém na descrição da inscrição, partindo diretamente para a discussão dos resultados, os quais corroboram as conclusões obtidas durante a discussão dos metais pseudototais. Diante do exposto, as inscrições possuem função expositora, sendo utilizadas como evidência às conclusões de que as regiões próximas às minas são as mais contaminadas e que a ação humana na região da Vila do Campo fez com que a concentração dos metais se elevasse ao longo do rio.

Assertiva 10 - Associação de Inscrições de Diferentes Naturezas

Observou-se em todas as EOEC a associação de inscrições de diferentes naturezas para articulação e discussão de dados na elaboração de conclusões e resolução dos casos. A Figura 6.19 apresenta o uso associado de mapa e tabela.

Figura 6.18 - Slides contendo mapa e tabela.

6.19a - Slide 9a da EO-G1.

6.19b - Slide 23 da EO-G2.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Em relação à EO-G1, para o caso *Resquícios de um Passado Chumbado*, o slide da Figura 6.18a continha inicialmente apenas o título *Resultados* e uma tabela com legenda. A tabela apresenta dados de concentração de chumbo, cobre e zinco pseudototais nos seis pontos de amostragem propostos pelos personagens do caso, cujas localizações podem ser visualizadas no mapa. Este surgiu no slide posteriormente. O discurso dá-se totalmente sobre as inscrições, as quais possibilitam a apresentação e discussão de informações quantitativas e relações numéricas dispostas na tabela, em conexão com informações qualitativas a respeito dos fatores geográficos da região em estudo identificados no mapa. O posicionamento atribuído para as inscrições, de maneira que o mapa se localiza ao lado da coluna com os pontos de amostragem da tabela, auxilia na sua associação. Tais aspectos apontam para a habilidade de **seleção** de inscrições do G1. A tabela presente no slide da Figura 6.18a foi criada pelo grupo e evidencia a habilidade de **produção** de inscrições. O seu processo de criação envolve transposição de inscrições e é semelhante àquele descrito na Assertiva 8 para a tabela no slide da Figura 6.15c.

As estratégias comunicativas multimodais utilizadas pelo grupo para apresentar o slide na Figura 6.18a mostram a habilidade de **comunicação** com inscrições do grupo. As inscrições recebem tratamentos diferentes quanto à sua introdução. Em relação à tabela, inicialmente, o grupo apresenta a intenção por trás da sua produção: “*eu fiz uma tabela para mostrar estes valores mais de perto*”. O grupo destaca também, por meio de fala e gestos, determinadas informações e recursos, como por exemplo “*A concentração está em miligramas por quilo. Aqui estão os seis pontos de amostragem*”. Já em relação ao mapa com pontos dos personagens, este já havia sido apresentado e descrito anteriormente em outros slides (Figuras 6.5b e 6.7a - Assertivas 4 e 5, respectivamente) e, portanto, a inscrição não possui legenda e rótulos.

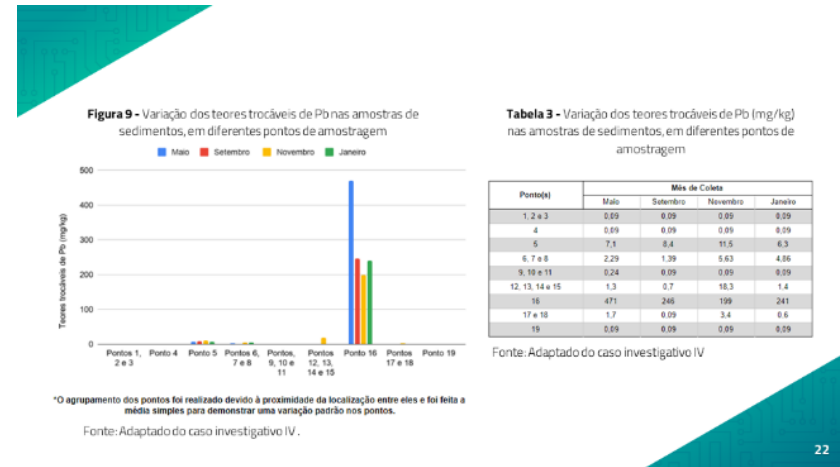
O discurso multimodal do grupo é ordenado pelos pontos de amostragem, associando informações quantitativas e qualitativas na tabela e no mapa, respectivamente. Por exemplo, na fala “*Os pontos 3 e 4, que se encontram perto da Vila, ele (ponto 3) tem valores acima do*

negligenciável em zinco e chumbo”, o grupo inicialmente chama atenção aos pontos 3 e 4 na tabela, por meio do uso de gestos dêiticos de apontamento, e em seguida localiza-os no mapa, por meio da fala e do uso de gestos dêiticos do tipo destaque. Isto permitiu a associação das informações nas inscrições, já que são identificados aspectos diferentes das mesmas entidades. Destacar que os pontos se encontram perto da Vila, possibilita ainda demonstrar e comparar o comportamento da concentração dos metais ao longo da extensão do rio.

O uso associado entre mapa e tabela para discussão de dados também foi verificado na EO-G2 (Figura 6.18b), evidenciando as habilidades de **seleção**, **produção** e **comunicação** do grupo. O uso da tabela, que apresenta as concentrações de cádmio e zinco pseudototais na Barragem Diamantina, em associação com o mapa indicando pontos de amostragem, permite ao grupo sumarizar e ilustrar a relação entre os dados de concentração do cádmio em um ponto de amostragem na tabela e a sua localização no mapa. Dado que ambas as inscrições já haviam sido introduzidas anteriormente, é elaborada uma estratégia comunicativa multimodal para articulá-las e destacar a conclusão de que a contaminação do cádmio se relaciona com a ocupação humana no entorno da Barragem Diamantina.

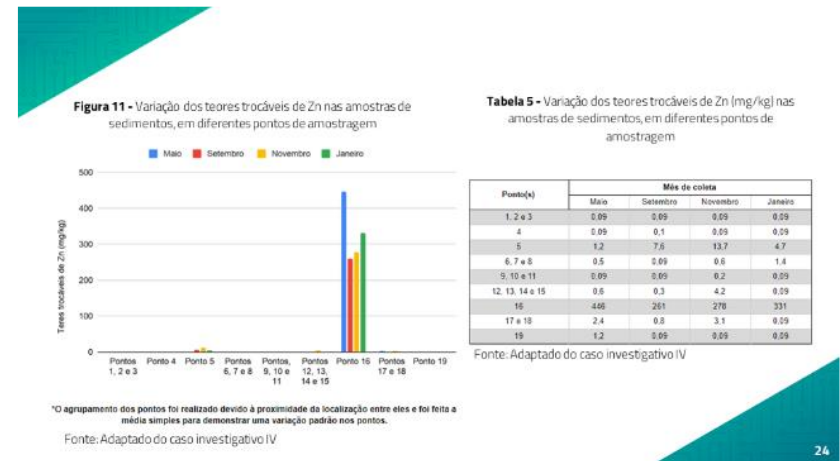
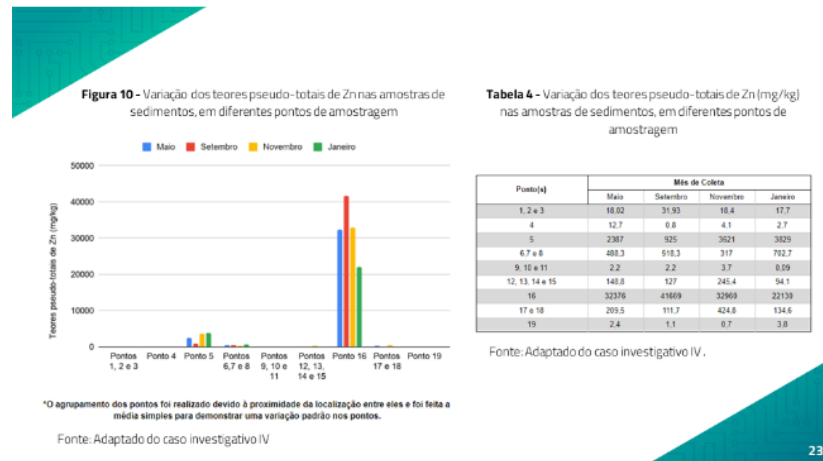
Destaca-se ainda a associação entre tabelas e gráficos na EO-G3 na Figura 6.19, que apresenta slides nos quais é possível visualizar um gráfico e uma tabela com legendas, com valores de concentração de chumbo pseudototal (Figura 6.19a), chumbo trocável (Figura 6.19b), zinco pseudototal (Figura 6.19c) e zinco trocável (Figura 6.19d). Apenas o slide da Figura 6.19a possui o título *Dados Apresentados*. Todos os elementos surgem ao mesmo tempo nos slides e o discurso desenvolvido diz respeito às inscrições. As tabelas e os gráficos são inscrições utilizadas para ilustrar um fenômeno ou entidade por meio das suas relações numéricas e matemáticas, sendo amplamente utilizados na ciência, já que permitem uma identificação rápida e desobstruída de padrões e correlações (POZZER-ARDENGI; ROTH, 2010). Além disso, as inscrições são utilizadas para complementar informações fornecidas em cada uma delas. Por exemplo, na fala “*Aqui (gráfico) a gente não sabe os valores, mas se a gente bater o olho na tabela, por exemplo, [apontando para o gráfico] o ponto 16, em janeiro... [apontando para a tabela] a gente vem no 16, e a gente encontra 24300 mg/kg*”, durante a explicação do slide da Figura 6.19a, o grupo não consegue visualizar adequadamente os valores do gráfico, mas estes podem ser consultados na tabela. Tais aspectos mostram a habilidade de **seleção** de inscrições do G3.

Figura 6.19 - Slides da EO-G3 para o estudo de caso *Um Rio de Minérios*, contendo tabelas e gráficos. 6.20a - Slide 21.



6.20c - Slide 23

6.20d - Slide 24



Fonte: Acervo da Pesquisa.

As inscrições na Figura 6.19 foram produzidas pelo grupo, o que evidencia a habilidade de **produção**. Tanto os gráficos, quanto as tabelas possuem como origem as tabelas de dados fornecidas durante as atividades de resolução do estudo de caso, sendo que os gráficos foram elaborados a partir de um trabalho de tradução entre diferentes tipos de inscrições e as tabelas, a partir de transposição de inscrições do mesmo tipo. Como indica a nota de rodapé que acompanha os gráficos, a produção das inscrições também envolveu práticas matemáticas, já que foi calculada a média aritmética para determinados conjuntos de pontos de interesse do grupo, como verificado na fala “*a gente queria fazer uma pesquisa em área, saber onde existe uma área com maior foco de contaminação, por isso que a gente aglutinou alguns pontos*”, revelando as motivações e objetivos embutidos na produção das inscrições. Ou seja, o grupo produziu as inscrições para sintetizar os dados e facilitar a identificação das áreas contaminadas.

Por exemplo, para a produção das inscrições da Figura 6.19a, ocorre inicialmente a seleção dos dados referentes à fração pseudototal, aglutinação dos pontos de amostragem de interesse e cálculo da média aritmética da concentração nesses. Para a produção da tabela, o grupo dispõe as médias e meses do ano nas colunas, e os conjuntos de pontos de amostragem aglutinados, nas linhas. A legenda da tabela original também está reelaborada. Já para a produção do gráfico, as médias estão dispostas no eixo das ordenadas e os conjuntos de pontos no eixo das abscissas. O gráfico possui diversos elementos estruturais recomendados por García (2005), tais como, escala, denominação dos eixos, unidades de medidas, rótulos e legenda. A tabela funciona ainda como um elemento de apresentação de dados fora do gráfico, o que segundo o autor, pode auxiliar na realização de procedimentos essenciais de transformação e compreensão do gráfico, tais como articulação de valores e informações, como verificado a seguir.

A explicação dos slides da Figura 6.19 mostra a habilidade de **comunicação** com inscrições do G3. Para o slide da Figura 6.19a, observa-se o desenvolvimento de uma estratégia comunicativa multimodal para apresentar os dados com que o grupo trabalhou e instruir a audiência sobre como utilizar o gráfico em associação com a tabela, intenção denotada quando o grupo fala “*Como que eu leio isso?*”. A realização das instruções permite destacar e reconhecer elementos importantes para coordenação da interpretação dos dados, já que, segundo Roth, Pozzer-Ardenghi e Han (2005), tais podem ser utilizados como marcadores neste processo.

Nesse sentido, em relação ao gráfico, os conjuntos de pontos de amostragem no eixo das abscissas e os rótulos de cores são destacados por meio da fala em associação a gestos dêiticos de apontamento ou destaque. O grupo diferencia também que aqueles são os dados

relacionados aos teores pseudototais. Partindo para a tabela, o grupo esclarece que ela foi inserida para permitir a visualização dos valores do gráfico, instruindo e exemplificando que a consulta de valores numéricos do gráfico pode ser realizada a partir dela. Observa-se ainda o uso de gestos dêiticos de destaque ou esboço para guiar a observação dos valores na tabela. Em linha com o objetivo de utilizar as inscrições para verificar quais as áreas com maior contaminação, para exemplificar a associação do gráfico com a tabela, o grupo coloca em destaque os valores do ponto 16, que se apresenta como o mais contaminado.

Nos slides das Figuras 6.19b, 6.19c e 6.19d, o grupo utiliza gestos dêiticos de apontamento ou destaque para salientar as barras do ponto 16 no gráfico e chamar atenção aos valores na tabela, o que permite que as inscrições sejam visualizadas como independentes, porém conectadas, ou que, ainda, representam o mesmo fenômeno de maneiras complementares. A partir disso, as inscrições são classificadas como de função expositiva, auxiliando o grupo na discussão dos dados para a resolução do problema.

Em resumo, os resultados do estudo revelaram a diversidade de aplicações das habilidades de seleção, produção e comunicação por meio de inscrições em exposições orais. A habilidade de **seleção** esteve associada ao reconhecimento criterioso dos tipos de informações e relações conceituais, espaciais, numéricas e matemáticas a serem abordadas. Por sua vez, a habilidade de **produção** envolveu a compreensão da necessidade de utilizar inscrições pertinentes que aprimorassem a compreensão e a comunicação dos dados apresentados. Nesse contexto, os grupos empregaram tecnologias digitais de informação e comunicação, símbolos convencionalizados, elementos textuais e procedimentos matemáticos para elaborar suas inscrições.

Por fim, a habilidade de **comunicação** demonstrada pelos grupos esteve relacionada à combinação de diversos recursos para construir uma mensagem coesa e abrangente. Isso incluiu a utilização de títulos e elementos escritos nos slides, inscrições e suas legendas posicionadas de forma estratégica, além de fala, gestos dêiticos e icônicos, e animações. A articulação desses elementos permitiu que os grupos descrevessem as características visuais mais relevantes das inscrições, ampliassem seus significados, apresentassem, discutissem, explicassem e comparassem conceitos, procedimentos e dados, e ressaltassem novos elementos visuais de inscrições que já haviam sido introduzidas anteriormente na EOEC.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta tese foram apresentados embasamentos teóricos e metodológicos para investigações que visam o desenvolvimento e análise de atividades didáticas que promovam o letramento gráfico associado à argumentação científica. Para isso, a partir de artigos originais de pesquisa foram escritos três estudos de caso interrompidos, intitulados *Resquícios de um Passado Chumbado*, *Uma Barragem que não está para Peixe* e *Um Rio de Minério*, que abordam a contaminação de recursos hídricos por metais pesados e seus efeitos na saúde humana. Os casos foram resolvidos por grupos de bacharelados em química em uma disciplina de comunicação científica. Cada grupo participou de encontros online quinzenais para realização de atividades de resolução dos casos que culminaram na elaboração de uma EOEC.

Buscando respostas para a questão de pesquisa “Qual a qualidade da argumentação dos estudantes a partir da realização das atividades didáticas propostas?” foram analisados o status epistêmico e a coesão lexical dos argumentos orais das EOEC dos grupos G1, G2 e G3, a partir de procedimentos metodológicos propostos em Kelly e Takao (2002) e Kelly e Bazerman (2003). As análises se dão a partir da classificação das proposições que compõem o argumento em seis níveis epistêmicos que representam as informações e movimentos discursivos elaborados pelos grupos durante a argumentação.

Um passo importante para a realização das análises diz respeito à adaptação dos níveis epistêmicos do Quadro Analítico de Kelly e Takao (2002) ao contexto das atividades didáticas e à área do conhecimento dos estudos de caso. Os ajustes efetuados visavam ainda a investigação de argumentos elaborados em situações completamente diferentes daquelas para as quais o Quadro foi originalmente proposto, que se refere à argumentação escrita em um relatório técnico-científico da área de Oceanografia. Nesse contexto, as adaptações ampliam as perspectivas de uso do Quadro nas pesquisas da área de Ensino de Ciências e, nesta tese, permitiram a análise de argumentos multimodais no gênero EOEC, menos formal do que o anteriormente citado, na área de Química Ambiental.

Todos os argumentos analisados nesta pesquisa atenderam o primeiro critério de análise do status epistêmico, ou seja, possuíam suas proposições distribuídas ao longo de todos os níveis epistêmicos. Já em relação ao segundo critério, que diz que as proposições teóricas devem ser adequadamente fundamentadas por proposições de dados, apenas G1 e G3 o atenderam plenamente. O G2 apresentou uma proporção elevada de proposições teóricas em relação às proposições de dados, uma vez que o grupo trouxe apenas quatro inscrições nas

seções *Resultados e Discussão* e *Conclusões* da sua EOEC. No entanto, tais continham dados suficientes para apoiar as conclusões apresentadas.

A partir disso, observa-se uma limitação do Quadro Analítico utilizado nesta pesquisa. A classificação das proposições no nível epistêmico I foi realizada com base apenas na primeira menção oral ou gestual aos dados, não capturando as demais instâncias em que eles são referenciados ao longo de um argumento oral, o que obstaculiza o entendimento pleno de como os dados na forma de inscrições foram utilizados no argumento oral. Portanto, o uso do Quadro Analítico requer uma exploração cuidadosa do contexto, objetivo e estratégias orais empregadas pelos alunos na utilização dos dados para sustentar suas conclusões.

Em relação à coesão lexical dos argumentos, o argumento do G1 apresentou alta média de conexões lexicais por proposição e maior número de proposições que possuem múltiplos morfemas, em relação aos argumentos do G2 e G3, que apresentaram baixos valores para os aspectos mencionados. Cada um desses grupos apresentou um total de três conclusões ao final da EOEC, sendo que o G2 foi o único que possuía uma conclusão estabelecida sem o suporte de evidências distribuídas em proposições de diferentes níveis epistêmicos interconectadas pelo compartilhamento de morfemas.

Nesta pesquisa, o *software* IRaMuTeQ proporcionou avanços significativos na análise dos argumentos. A partir do seu uso foi possível identificar temas centrais já observados durante as leituras preliminares dos argumentos, bem como identificar os termos relevantes da estrutura argumentativa e das conexões entre proposições específicas de dados e asserções teóricas. A análise de similitude realizada pelo *software* permitiu a criação de redes de conexões lexicais, as quais revelaram diferentes estratégias que podem ser empregadas na introdução de termos e conceitos ao longo da construção do argumento. Essas estratégias incluem o estabelecimento inicial de uma terminologia básica para garantir clareza e consistência no desenvolvimento das relações e justificativas ou a introdução gradual de conceitos e termos, conforme necessário, ampliando progressivamente o problema em discussão ao longo da apresentação.

Além de confiabilidade e reprodutibilidade, o uso do IRaMuTeQ possui vantagens que dizem respeito a um menor tempo de análise, o que pode ser um fator determinante quando argumentos extensos são investigados. O uso do *software*, como já mencionado, porém, não se configura como um método direto de análise de dados, mas sim como uma ferramenta para processá-los e organizá-los. Nisso, o analista precisa estar atento ao contexto no qual está trabalhando, pois termos técnicos e específicos da área de conhecimento podem não ser capturados pelo programa.

Durante as análises, verificou-se ainda a relevância do Quadro Analítico Adaptado para obter uma melhor compreensão acerca de como diferentes conjuntos de inscrições foram utilizados na construção do argumento. Foi constatada a apresentação dos dados na forma de inscrições que foram trabalhados na resolução do caso (tabelas, gráficos e mapas), sem aprofundamento na sua discussão, no início dos *Resultados e Discussão* das EO-G1 e EO-G3, momentos nos quais predominaram níveis epistêmicos inferiores.

Observou-se também, em todas as EOEC, o uso de inscrições para identificação de relações entre os dados e discussão desses em termos de valores de referência propostos em uma norma técnica. Na EO-G1 e EO-G2, tal se deu por meio de tabelas, e na EO-G3, por meio de mapas. Todas essas inscrições possuíam um recurso visual que marcava a comparação dos dados com valores de referência, sendo nas tabelas do G1, as formatações negrito e sublinhado; nas tabelas do G2, as cores vermelho, amarelo e verde; e nos mapas do G3, os pontos vermelhos. Assim, as asserções teóricas de nível epistêmico IV se figuravam predominantemente durante o uso dessas inscrições, junto às proposições de demais níveis epistêmicos, de maneira que informações de diferentes naturezas coexistiam.

Constatou-se também o uso de inscrições para identificação de relações entre os dados, sem a discussão desses em termos de valores de referência, que diz respeito aos gráficos da EO-G1 e as tabelas e gráficos da EO-G3. Essas inscrições não possuíam características visuais que retratavam os valores de referência e, assim, não davam margem para a elaboração de proposições de nível epistêmico IV.

Os exemplos apresentados evidenciam a relevância das inscrições na construção de argumentos, uma vez que elas exercem influência na predominância ou ausência de determinados níveis epistêmicos ao longo do discurso. Essa constatação nos leva a compreender que as inscrições podem ser selecionadas, produzidas e inseridas de forma estratégica em um argumento, com o objetivo de alcançar a construção de discursos específicos. Nisso, entra em cena o letramento gráfico. Para a questão de pesquisa “Como os estudantes demonstram letramento gráfico a partir da realização das atividades propostas?” foram realizadas análises interacionais, resultando na elaboração de dez assertivas relacionadas às habilidades de seleção, produção e comunicação com inscrições em diferentes situações na EOEC.

Inicialmente, observou-se o engajamento dos grupos com inscrições de diferentes naturezas, com maior destaque para os desenhos icônicos, mapas e tabelas, que permitiram a elucidação de informações e relações conceituais, espaciais, numéricas e matemáticas. O uso dessas inscrições seguiu tendências visualizadas nas práticas de comunicação científica, nas quais inscrições mais generalizadas, como gráficos e tabelas, encontraram espaço

principalmente na seção de *Resultados e Discussão*. Já as inscrições de caráter mais icônico estavam geralmente presentes nas etapas de *Apresentação da Narrativa*. Os mapas, devido ao seu caráter intermediário, foram utilizados ao longo de toda a apresentação. Nesses contextos, o letramento gráfico se manifestou pela mobilização de diferentes aspectos relacionados às características visuais das inscrições e à elaboração da EOEC.

A demonstração da habilidade de **seleção** se relacionou com o reconhecimento do tipo de informação a ser discutida na EOEC. Por exemplo, para fins de exemplificação e ilustração qualitativa de objetos e fenômenos científicos relacionados aos estudos de caso, foi empregada a seleção apropriada de fotografias e desenhos icônicos. Já para fins de discussão de dados e ilustração quantitativa de relações, foi pertinentemente constatado a seleção de tabelas e gráficos. Observou-se ainda a utilização de inscrições para engajar o público com a apresentação, sendo este o caso do G1, que ao utilizar desenhos icônicos decorativos advindos de um *template*, proporcionou uma melhor atenção e relacionamento da audiência com a EOEC.

O letramento gráfico relativo à habilidade de seleção assumiu ainda dimensões superiores quando os grupos, com o objetivo de comparar pontos de amostragem e discutir dados, associaram inscrições em um mesmo slide, com posicionamento eficiente, para colocar em evidência as relações e comparações discutidas. Caso não estivessem associadas, a visualização efetiva dessas relações seria altamente dificultada.

Já a demonstração da habilidade de **produção** se relacionou com o reconhecimento da necessidade de utilizar inscrições mais relevantes para melhorar a compreensão e facilitar a comunicação da resolução dos dados. A produção de inscrições para a resolução do estudo de caso e elaboração da EOEC se deu no contexto da apresentação da narrativa do estudo de caso, da explicação e comparação de procedimentos experimentais e da discussão de dados, e envolveu o uso de tecnologias digitais da informação e comunicação, de símbolos e sentidos convencionalizados, a inclusão de elementos textuais, o engajamento em práticas e cálculos matemáticos.

Em relação às narrativas, é notável que cada grupo optou por seguir um caminho diferente na caracterização dos personagens. Nesse cenário, os grupos G1 e G2 não exibiram a habilidade de produção, uma vez que utilizaram inscrições provenientes de um banco online de ilustrações e emojis, respectivamente. O G3 demonstrou a referida habilidade já que utilizou o aplicativo *Bitmoji* para personalizar desenhos icônicos dos personagens do caso *Um Rio de Minérios*. Diante das diferentes maneiras de retratar os personagens, nota-se que os recursos visuais e ilustrações amplamente compartilhados em redes sociais não apenas influenciam os processos de comunicação dos estudantes da era atual, mas também suas práticas de produção

de inscrições, tornando-as mais expressivas. No caso do G3, a produção de uma tabela para comparar técnicas analíticas também incorporou esses aspectos. O uso do banco de ilustrações e do *Bitmoji* ressalta ainda a necessidade de saber utilizar os diversos recursos tecnológicos disponíveis em rede para a seleção e produção de inscrições. Ou seja, o desenvolvimento do letramento gráfico na presente era envolve, mais do que nunca, oferecer espaços para que os estudantes sejam aptos a explorar criativamente e criticamente as possibilidades que as ferramentas digitais disponibilizam.

Em relação à discussão dos dados, destaca-se a produção de tabelas e gráficos, por meio de processos de transposição e tradução, respectivamente, das tabelas fornecidas durante a resolução do estudo de caso. Os grupos reconheceram a importância dessas transformações para dar suporte às discussões elaboradas e para trazer à tona os fenômenos de interesse, como verificado nas falas “*eu fiz uma tabela para mostrar estes valores mais de perto*” e “*a gente criou esse gráfico para mostrar a diferença*”. Para a elaboração de muitas das tabelas e gráficos, os grupos desenvolveram cálculos matemáticos, principalmente de obtenção de médias aritméticas, o que demonstra o seu envolvimento em atividades que comumente estão presentes na investigação científica. Isso indica ainda que os grupos não se concentraram apenas na criação de inscrições, mas também se aprofundaram na análise e interpretação dos dados para fortalecer a sua compreensão e discussão das conclusões elaboradas.

Por fim, no que se refere aos procedimentos experimentais, recebe destaque a capacidade dos grupos em produzir fluxogramas para a criação de uma referência visual às etapas dos procedimentos de preparo de amostra. A adição de elementos textuais nessas inscrições teve um impacto significativo na forma como elas eram comunicadas. Por exemplo, os fluxogramas que foram criados com base na síntese do conteúdo do estudo de caso permitiram um processo comunicativo mais abrangente, indo além da simples leitura dos elementos textuais contidos na inscrição, como foi o caso dos fluxogramas em que não houve síntese.

A demonstração da habilidade de **comunicação** se relacionou com a associação de diferentes recursos para a elaboração de uma mensagem: título e elementos escritos no slide, inscrições, suas legendas e posicionamentos, fala, gestos dêiticos e icônicos e animações. A partir disso, o letramento gráfico dos grupos se relaciona com o reconhecimento do poder retórico das inscrições e o emprego dos recursos mencionados para descrever as suas características visuais, importantes para a sua compreensão; conectá-las com outros elementos do slide; ampliar os seus sentidos; apresentar, discutir, explicar e comparar conceitos,

procedimentos e dados; destacar novos elementos visuais de inscrições que já haviam sido introduzidas anteriormente na EOEC.

Uma estratégia multimodal de comunicação recorrente nas EOEC de todos os grupos foi a de utilizar a fala e gestos dêiticos para chamar atenção de elementos visuais das inscrições em momento anterior ao seu uso, quando este tinha o propósito de apoiar asserções de conhecimento, o que ocorreu mesmo diante do uso de inscrições consideradas como de alta confiabilidade e poder retórico nas ciências, como é o caso de gráficos e tabelas. Isso indica que os estudantes reconhecem que a mera inclusão da inscrição na exposição oral não é suficiente para proporcionar evidências às conclusões. Os estudantes reconhecem ainda que a sua audiência enxerga a inscrição de maneira diferente deles e, assim, pode não conseguir perceber as características visuais indispensáveis para o entendimento do conteúdo exposto, o que demanda a etapa de descrição da inscrição. É relevante ressaltar, entretanto, que dadas as restrições advindas do contexto pandêmico e da modalidade de ensino remoto, emerge a necessidade de empreender uma caracterização mais abrangente dos variados gestos executados pelos discentes durante suas interações comunicativas. Tal empreendimento delinea uma perspectiva que se erige como um campo promissor para análises futuras.

As análises realizadas fornecem informações e valiosas recomendações para o delineamento de atividades que visam o desenvolvimento de habilidades de letramento gráfico e argumentação no ensino de ciências. Inicialmente, defende-se que a elaboração de argumentos que tomam como base evidências propostas em inscrições efetivamente selecionadas, produzidas e comunicadas resultou de um cenário educativo que tinha como elemento central os estudos de caso interrompidos e como o eixo transversal o uso de inscrições. Estas estavam presentes em todas as etapas da investigação realizada, que incluiu o levantamento de hipóteses, o delineamento experimental, a análise dos dados e a comunicação dos resultados. Cada uma dessas etapas colocou o uso e a manipulação de inscrições em perspectivas e objetivos diferentes. E além da resolução do estudo de caso em si, destaca-se a realização de instruções acerca do papel de inscrições e da produção de argumentos na comunicação científica.

Os estudos de caso interrompidos permitiram o envolvimento dos estudantes na prática da investigação científica de maneira autêntica, realizando procedimentos comuns entre os cientistas, como por exemplo, transformação de uma tabela em um gráfico, comparação de valores de concentração com normas técnicas, demarcação de pontos de amostragem em um mapa etc. Desse modo, a associação do letramento gráfico com a argumentação estava inserida em uma série de práticas baseadas em inscrições de diversas naturezas.

As atividades promoveram ainda o desenvolvimento do letramento gráfico em uma perspectiva crítica e autônoma. Como momentos que contribuíram para isso cita-se o debate, no qual os grupos precisaram defender (argumentar) as suas escolhas de pontos de amostragem em um mapa, ou seja, suas inscrições, e criticar as dos outros grupos. O debate proporcionou ainda o conhecimento de outras técnicas analíticas instrumentais, as quais poderiam não ter tido contado durante as pesquisas. Outra característica que proporciona a criticidade frente às inscrições é o fato de os casos não possuírem uma única solução. Isso leva, por exemplo, ao grupo G2 questionar a exatidão dos dados de concentração do zinco no caso, *Uma Barragem que não está para Peixe*. Seria interessante, em uma perspectiva futura, verificar o desenvolvimento do letramento gráfico e da argumentação científica em um cenário que, uma vez identificada a contaminação do recurso hídrico, os grupos precisariam também propor maneiras para remediar a situação.

Por fim, é pertinente ressaltar o contexto autêntico no qual os estudantes foram imersos, que mesmo durante a pandemia, permitiu a manifestação de suas habilidades de letramento gráfico e argumentação em cenários de interesse comunitário, ambiental e social, em consonância com as aplicações dessas habilidades fora dos ambientes educacionais. Dessa maneira, os estudos de caso proporcionaram aos estudantes a percepção da relevância dos conceitos científicos e habilidades desenvolvidos para contextos extracurriculares e futuras trajetórias profissionais. Nesse sentido, é crucial apontar que as habilidades em destaque nesta pesquisa não devem ser abordadas de forma isolada, desconsiderando intenções, emoções e as complexas relações políticas, éticas, econômicas e sociais envolvidas.

Lamentavelmente, é essa a situação frequentemente observada nos diversos níveis de ensino de ciências, nos quais os estudantes regurgitam inscrições deficientes e com relações evidentes, deixando pouco espaço para a reflexão crítica, inibindo a criatividade, o que acarreta mais obstáculos do que benefícios. Diante dessa constatação, os resultados e assertivas elaboradas nesta pesquisa possuem potencial para oferecer subsídios teórico-metodológicos no âmbito da incorporação dessas discussões nos espaços formativos, tendo em vista a concepção de cenários educacionais que promovam o contato contínuo e de qualidade dos estudantes com a linguagem associada às inscrições, propiciando, dessa forma, o desenvolvimento adequado do letramento gráfico e da argumentação.

REFERÊNCIAS¹²

ÅBERG-BENGTSSON, L.; OTTOSSON, T. What lies behind graphicacy? Relating students' results on a test of graphically represented quantitative information to formal academic achievement. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 1, p. 43-62, 2006.

AINSWORTH, S.; GALPIN, J.; MUSGROVE, S. **Learning about dynamic systems by drawing for yourself and for others**. In: EARLI CONFERENCE, 2007, Budapest. Disponível em: academia.edu/897518/Learning_by_constructing_self_explanation_diagrams. Acesso em: 19 jun. 2023.

ALBERT, G. Beyond the binary: Emoji as a challenge to the image-word distinction. In: THURLOW, C.; DÜRSCHIED, C.; DIÉMOZ, F. (Eds.). **Visualizing Digital Discourse: Interactional, Institutional and Ideological Perspectives**. Berlim: De Gruyter, 2020. p. 65-80.

ALDRICH, F. K.; SHEPPARD L. Graphicacy: the fourth 'R'? **Primary Science Review**, v. 64, n. 1, p. 8-11, 2000.

ALMICO, T.; FARO, A. Enfrentamento de cuidadores de crianças com câncer em processo de quimioterapia. **Psicologia, Saúde e Doenças**, v. 15, n. 3, p. 724-738, 2014.

ALVES, E. G. **Um estudo multimodal de textos didáticos sobre o efeito fotoelétrico**. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

AMARAL, A. L. O.; GONÇALVES, B. S. Ensino da fotografia e as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação: um estudo com discentes de uma graduação de Design. **DATJournal**, v. 5, n. 1, p. 206-219, 2020.

AMORIM, F. A. C.; LOBO, I. P.; SANTOS, V. L.; FERREIRA, S. L. C. Espectrometria de absorção atômica: o caminho para determinações multi-elementares. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1784-1790, 2008.

ARSENAULT, D. J.; SMITH, L. D.; BEAUCHAMP, E. A. Visual inscriptions in the scientific hierarchy. **Science Communication**, v. 27, n. 3, p. 376-428, 2006.

¹²De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

AYDENIZ, M. Teaching and learning chemistry through argumentation. In: Erduran, S. (Ed.). **Argumentation in Chemistry Education: research, policy and practice**. Londres: Royal Society of Chemistry, 2019. p. 11-31.

BALCHIN, W. G. V. Graphicacy. **Geography**, v. 57, n. 3, p. 185-195, 1972.

BALCHIN, W. G. V.; COLEMAN, A. M. Graphicacy should be the fourth ace in the pack. **Cartographica: the international journal for geographic information and geovisualization**, v. 3, n. 1, p. 23-28, 1966.

BCC NEWS BRASIL. **Cinco dados reveladores sobre o 2º turno das eleições**. 2022. Disponível em: [bbc.com/portuguese/brasil-63458030](https://www.bbc.com/portuguese/brasil-63458030) Acesso em: 19 jun. 2023.

BELO, A.; QUINÁIA, S. P.; PLETSCH, A. L. Avaliação da contaminação de metais em sedimentos superficiais das praias do lago de Itaipu. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 613-617, 2010.

BERLAND, L. K.; HAMMER, D. Framing for scientific argumentation. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 1, p. 68-94, 2012.

BERNARDI, F. M.; PAZINATO, M. S. The case study method in chemistry teaching: a systematic review. **Journal of Chemical Education**, v. 99, n. 3, p. 1211-1219, 2022.

BEZERRA, J. S. **Zona de desenvolvimento proximal como processo de intersubjetivação: o exemplo das comunicações abreviadas**. 2009. 170 f. Tese (Doutorado em Psicologia Cognitiva). Departamento de Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M. Lecturing graphing: What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graphs? **Research in Science Education**, v. 28, n. 1, p. 77-90, 1998.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M. Professionals read graphs: A semiotic analysis. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 32, n. 2, p. 159-194, 2001.

BOWEN, G. M.; ROTH, W. M. Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. **Research in Science Education**, v. 32, n. 3, p. 303-327, 2002.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de jan., seção 1, p. 66, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Parecer CNE/CES 1.303/2001, de 6 de novembro de 2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Química**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, p. 25, 7 dez. 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2019.

BRICKER, L. A.; BELL, P. Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 473-498, 2008.

BROWN, N. J.; FURTAK, E. M.; TIMMS, M.; NAGASHIMA, S. O.; WILSON, M. The evidence-based reasoning framework: Assessing scientific reasoning. **Educational Assessment**, v. 15, n.3, p. 123-141, 2010.

BROWN, T. L.; LEMAY JUNIOR, H. E.; BURSTEN, B. E.; BURDGE, J. R. **Química: a ciência central**. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 972 p.

BUENO, A. J. A. **Uma análise por meio do Software Iramuteq de teses e dissertações defendidas entre 2007 e 2017 com a temática de filmes comerciais no ensino de Ciências**. 2018. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Departamento de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2018.

CABRAL, P. F. O.; PERON, K. A.; QUEIROZ, S. L. Exposição oral no ensino superior de química. **Química Nova**, v. 42, n. 2, p. 221-231, 2019.

ÇAKMAK, Z.; AKGÜN, I. H. A theoretical perspective on the case study method. **Journal of Education and Learning**, v. 7, n. 1, p. 96-102, 2018.

CAMARGO, B. V.; JUSTO, A. M. **Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ**. Laboratório de Psicologia Social da Comunicação e Cognição, Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.

CAMPOS, A. E. L.; NUNES, G. S.; OLIVEIRA, J. C. S. D.; TOSCANO, I. A. S. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 960-964, 2009.

CARR, J. A.; GENTLES, A.; SMITH, E. E.; GOLEMAN, W. L.; URQUIDI, L. J.; THUETT, K.; KENDALL, R. J.; GISEY, J. P.; GROSS, T. S.; SOLOMON, K. R.; VAN DER KRAAK, G. Response of larval *Xenopus laevis* to atrazine: assessment of growth, metamorphosis, and

gonadal and laryngeal morphology. **Environmental Toxicology and Chemistry: An International Journal**, v. 22, n. 2, p. 396-405, 2003.

CASTRO, B. L.; PEREIRA, C. Influência da cor na interpretação de ícones de interação utilizados em aplicativos de relacionamento In: INFORMATION DESIGN INTERNATIONAL CONFERENCE, 8., INFORMATION DESIGN STUDENT CONFERENCE, 8., 2018, Natal. **Anais [...]**, São Paulo: Blucher, 2018. Disponível em: proceedings.blucher.com.br/article-details/influncia-da-cor-na-interpretacao-de-cones-de-interacao-utilizados-em-aplicativos-de-relacionamento-27989 Acesso em: 19 jun. 2023.

CETESB. **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. 2. ed. São Paulo: CETESB, 2001. 389 p.

CHENG, M. M. W.; GILBERT, J. K. Students' visualization of diagrams representing the human circulatory system: the use of spatial isomorphism and representational conventions. **International Journal of Science Education**, v. 37, n. 1, p. 136-161, 2015.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A. D.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

COSTA, J. S.; ALBUQUERQUE, T. C. C. Estamos sendo invadidos: discutindo sobre os conceitos científicos relacionados à pandemia de COVID-19 através da elaboração de memes. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 87, n. 1, p. 115-134, 2021.

COTTA, J. A. O.; REZENDE, M. O. O.; PIOVANI, M. R. Avaliação do teor de metais em sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira: PETAR, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.

CROMMENTUIJN, T.; SIJM, D.; BRUIJN, J.; VAN DEN HOOP, M. A. G. T.; VAN LEEUWEN, K.; VAN DE PLASSCHE, E. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. **Journal of Environmental Management**, v. 60, n. 2, p. 121-143, 2000.

DANOS, X. **Graphicacy within the secondary school curriculum, an exploration of continuity and progression of graphicacy in children aged 11 to 15**. 2012. 496 f. Tese (Doutorado em Filosofia) - Faculty of Social Sciences and Humanities, Loughborough University, Loughborough, 2011.

DE CHIARO, S.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 18, n. 3, p. 350-357, 2005.

DINAN, F. J. Kermit to Kermette? Does the herbicide atrazine feminize male frogs? **Journal of College Science Teaching**, v. 36, n. 2, p. 38-42, 2006.

DOLZ, J.; SCHNEUWLY, B.; PIETRO, J. F. D.; ZAHND, G. A exposição oral. In: ROJO, R. H.R.; CORDEIRO, G. S. (org.). **Gêneros orais e escritos na escola**: tradução de trabalhos de Bernard Schneuwly, Joaquim Dolz & colaboradores. 3. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2004. p. 183-212.

ERDURAN, S.; SIMON, S.; OSBORNE, J. TAPPING into argumentation: developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. **Science Education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

FATARELI, E. F.; FERREIRA, L. N. A.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de química: textos de divulgação científica desencadeando debates. **Acta Scientiae**, v. 16, n. 3, p. 613-630, 2014.

FEDERICO, E. D.; KEHLET, C.; SCHAHBAZ, H.; CHARTON, B. ConfChem Conference on case-based studies in chemical education: chemistry of Pompeii and Herculaneum - A case study course in chemistry at the interface of ancient technology and archeological conservation. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 2, p. 264-265, 2013.

FERNANDES, G.; RODRIGUES, A. M.; FERREIRA, C. A. Os fundamentos essenciais da argumentação no ensino de ciências: um estudo a partir das unidades, elementos taxonômicos e qualidade do argumento. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 1020-1059, 2018.

FIGUEIREDO, F. V. **Avaliação da contaminação do solo por metais provenientes de indústrias recicladoras de chumbo**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004.

FONSECA, R. A. **Uso do Google Mapas como recurso didático para mapeamento do espaço local por crianças do ensino fundamental I da cidade de Ouro Fino/MG**. 2010. 163 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2010.

FRICK, J.; KAISER, F. G.; WILSON, M. Environmental knowledge and conservation behaviour: Exploring prevalence and structure in a representative sample. **Personality and Individual Differences**, v. 37, p. 1597-1613, 2004.

FRY, E. Graphical literacy. **Journal of Reading**, v. 24, n. 5, p. 383-390, 1974.

GARCIA, C. A. B.; PASSOS, E. A. **Caderno do CESAD de Química Ambiental**. Aula 7 – Química de sedimentos. [S. l.]: Universidade Federal de Sergipe, 2012.

GARCÍA, J. J. G. **La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula.** 2005. 358 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Ciências da Educação, Universidade de Granada, Granada, 2005.

GARCIA, V. M.; BARROS, A. A. D.; YAMASHITA, M.; FRANCISCO JUNIOR, W. E. O desenvolvimento da argumentação e da linguagem científica por graduandos em química mediante a produção textual. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 16.; ENCONTRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA DA BAHIA, 10., 2012, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: UFBA, 2012. Disponível em: eneq2012.qui.ufba.br/modulos/submissao/Upload/43103.pdf Acesso em: 10 jun. 2023.

GEYER, A. M. Social networking as a platform for role-playing scientific case studies. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 3, p. 364-367, 2014.

GKITZIA, V.; SALTA, K.; TZOUGRAKI, C. Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 12, n. 1, p. 5-14, 2011.

GONÇALVES, L. C. **A coesão lexical.** 2000. 193 f. Dissertação (Mestrado em Letras) - Faculdade de Letra, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

GRUBER, D.; DICKERSON, J. A. Persuasive images in popular science: testing judgments of scientific reasoning and credibility. **Public Understanding of Science**, v. 21, n. 8, p. 938-948, 2012.

GUSMÃO, E. F.; MACHADO NETO, A. S.; SOUZA, J. P. F.; CÂMARA, M. S. C. Estudo da eficácia do modelo de Kelly e Takao para análise de relatórios de alunos de graduação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 34., 2011, Florianópolis. **Programa e resumos [...]**. São Paulo: SBQ, 2011. Disponível em: <http://sec.s bq.org.br/cdrom/34ra/resumos/T2495-1.pdf> Acesso em: 10 jun. 2023.

HALLIDAY, M. A. K.; HASAN, R. **Cohesion in English.** Londres: Longman, 1976. 374 p.

HAN, J. Y; ROTH, W. M. Chemical inscriptions in Korean textbooks: semiotics of macro-and microworld. **Science Education**, v. 90, n. 2, p. 173-201, 2006.

HAYES, T. B. There is no denying this: defusing the confusion about atrazine. **Bioscience**, v. 54, n. 12, p. 1138-1149, 2004.

HECKER, M.J.; DUPREZ, L.; COADY, K.; VILLENEUVE, D. L.; MURPHY, M. **Response of *Xenopus laevis* to atrazine exposure:** assessment of the mechanism of action of atrazine. Ferndale: Ekorisk, 2003.

HERREID, C. F. Case study teaching. **New Directions for Teaching and Learning**, v. 2011, n. 128, p. 31-40, 2011.

HERREID, C. F. ConfChem Conference on case-based studies in chemical education: the future of case study teaching in science. **Journal of Chemical Education**, v. 90, n. 2, p. 256-257, 2013.

HERREID, C. F. The interrupted case method. **Journal of College Science Teaching**, v. 35, n. 2, p. 4-5, 2005a.

HERREID, C. F. **Using Case Studies to Teach Science**. Education: Classroom Methodology. American Institute of Biological Sciences: 2005b.

HERREID, C. F.; PRUD'HOMME-GÉNÉREUX A.; SCHILLER, N. A.; HERREID, C. W. What makes a good case, revisited: the survey monkey tells all. **Journal of College Science Teaching**, v. 1, p. 60, 2016.

HIBBARD, L. Case studies for general chemistry: teaching with a newsworthy story. **Journal of Chemical Education**, v. 96, n. 11, p. 2528-2531, 2019.

HOEY, M. **On the Surface of Discourse**. Londres: George Allen & Unwin, 1983. 211 p.

HOEY, M. **Patterns of Lexis in Text**. Oxford: Oxford University Press. 1991. 276 p.

HUBBER, P.; TYTLER, R.; HASLAM, F. Teaching and learning about force with a representational focus: pedagogy and teacher change. **Research in Science Education**, v. 40, p. 5-28, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro, 1993. 62 p.

JAIPAL, K. Meaning making through multiple modalities in biology classroom: a multimodal semiotics discourse analysis. **Science Education**, v. 94, n. 1, p. 48-72, 2009.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. **10 ideas clave**: competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona: Graó, 2010. 200 p.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; CASTRO, C. R.; PÉREZ, V. A. Argumentación en el laboratorio de física. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 6., 1998. Florianópolis. **Resumos [...]**. Florianópolis: [s. n.], 1998.

JORDAN, B.; HENDERSON, A. Interaction analysis: foundations and practice. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 4, n. 1, p. 39-103, 1995.

COSTA JUNIOR, A. O. C.; GUEDES, A. J.; SOUZA, G. G.; RIVERA, J. A. A Utilização do APP Bitmoji na Criação de Personagens de Histórias em Quadrinhos sobre Computação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM COMPUTAÇÃO, 2., 2022. **Anais [...]**. Porto Alegre: SOL, 2022. Disponível em: sol.sbc.org.br/index.php/educomp/article/view/19207 Acesso em: 19 jun. 2023.

KAMI, M. T. M.; LAROCCA, L. M.; CHAVES, M. M. N.; LOWEN, I. M. V.; SOUZA, V. M. P. D.; GOTO, D. Y. N. Trabalho no consultório na rua: uso do software IRAMUTEQ no apoio à pesquisa qualitativa. **Escola Anna Nery**, v. 20, n. 3, p. 1-5, 2016.

KĘDRA, J. What does it mean to be visually literate? Examination of visual literacy definitions in a context of higher education. **Journal of Visual Literacy**, v. 37, n. 2, p. 67-84, 2018.

KĘDRA, J.; ŽAKEVIČIŪTĖ, R. Visual literacy practices in higher education: what, why and how? **Journal of Visual Literacy**, v. 38, n. 1-2, p. 1-7, 2019.

KELLY, G. J.; BAZERMAN, C. How students argue scientific claims: a rhetorical-semantic analysis. **Applied Linguistics**, v. 24, n. 1, p. 28-55, 2003.

KELLY, G. J.; BAZERMAN, C.; SKUKAUSKAITE, A.; PROTHERO, W. Rhetorical features of student science writing in introductory university oceanography. In: BAZERMAN, C.; KRUT, B.; LUNSFORD, K.; MCLEOD, S.; NULL, S.; ROGERS, P.; STANSELL, A. (Eds.). **Traditions of Writing Research**, Nova York: Routledge, 2010. p. 265-282.

KELLY, G. J.; TAKAO, A. Epistemic levels in argument an analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. **Science Education**, v. 86, n. 3, p. 314-342, 2002.

KELLY, G.; REGEV, J.; PROTHERO, W. Analysis of lines of reasoning in written argumentation. In: ERDURAN, S.; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. (Eds.). **Argumentation in Science Education: perspectives from classroom-based research**. Dordrecht: Springer, 2007. p. 137-157.

KIM, H. T.; KIM, J. G. How do high school science textbooks in Korea, Japan, and the U.S. explain bioaccumulation-related concepts? **Science Education International**, v. 24, n. 4, p. 416-436, 2013.

KLAMT, L. M.; SANTOS, V. S. O uso do software IRAMUTEQ na análise de conteúdo - estudo comparativo entre os trabalhos de conclusão de curso do ProfEPT e os referenciais do programa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, e8210413786, 2021.

KOZMA, R.; RUSSELL, J. Students becoming chemists: developing representational competence. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2018. p. 121-145.

LAMIM, A. R. S.; QUEIROZ, S. L. Argumentação na educação em química: análise de artigos publicados em periódicos brasileiros. **Investigação Qualitativa em Educação: Avanços e Desafios**, v. 12, p. 1- 12, 2022a.

LAMIM, A. R. S.; QUEIROZ, S. L. Argumentação na educação em química: Análise dos trabalhos completos apresentados no Encontro Nacional de Ensino de Química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 21, n. 2, p. 374-397, 2022b.

LATOURE, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Editora UNESP, 2000. 438 p.

LATOURE, B.; WOOLGAR, S. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997. 310 p

LEBEDEFF, T. B. Aprendendo a ler “com outros olhos”: relatos de oficinas de letramento visual com professores surdos. **Cadernos de Educação**, n. 36, p. 175-195, 2010.

LEE, T.; JONES, G. Instructional Representations as Tools to Teach Systems Thinking. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2018. p. 133-154.

LIMA, M. S.; LARINE, H. M.; QUEIROZ, S. L. Analysis of visual representations in chemistry research articles. In: SYMPOSIUM OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION, 19., 2021, Daegu.

LIMA, M. S.; LARINE, H. M.; SANTOS, D. G. L.; QUEIROZ, S. L. Análise de inscrições em livros didáticos de Química. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 1, p. 81-97, 2022.

LIMA, M. S.; OLIVEIRA, I. M.; QUEIROZ, S. L. Estudo de caso interrompido na promoção de conhecimento ambiental de graduandos em Química: resíduos sólidos urbanos em foco. **Química Nova na Escola**, v. 44, n. 2, p. 149-159, 2022.

LIMA, M. S.; POZZER, L.; QUEIROZ, S. L. Use of interrupted case studies to teach scientific communication: examples from the effects of mining on water resources in Brazil. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 2, p. 722-731, 2023.

LIMA, M. S.; QUEIROZ, S. L. Letramento gráfico no ensino superior de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 26, n. 2, p. 170-195, 2021.

LIMA, M. S.; QUEIROZ, S. L. Letramento Gráfico: perspectivas presentes nos PCNEM e ações no ensino de química. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 3, p. 300-313, 2019.

LIMA, M. S.; QUEIROZ, S. L. Modelo semiótico de leitura de inscrições: aplicação na educação em Química. **Química Nova**, v. 43, n. 7, p. 987-997, 2020.

LIRA, M. E.; STIEFF, M. Using gesture analysis to assess students' developing representational competence. In: GILBERT, J. K. (Ed.). **Visualization in Science Education**. Dordrecht: Springer, 2018. p. 205-228.

LOPES, L. H.; LOPES, E. A. Mapas temáticos - Expressão gráfica para análise de resultados de pesquisas envolvendo espaço e tempo. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON GRAPHICS ENGINEERING FOR ARTS AND DESIGN, 7.; SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMETRIA DESCRITIVA E DESENHO TÉCNICO, 18., 2007, Curitiba. **Graphica**. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/artigos_graphica/MAPAS.pdf Acesso em: 19 jun. 2023.

LUDEWIG, U. **Understanding Graphs: Modeling Processes, Prerequisites and Influencing Factors of Graphicacy**. 2018. 171 f. Dissertação (Doutorado em Ciências) - Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät, Eberhard Karls Universität Tübingen, Tübingen, 2018.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 11. ed. São Paulo: SP EPU, 2007. 99 p.

LUNARDI, K. **Avaliação da presença de metais pesados nas águas do Arroio Barracão no município de Guaporé – RS**. 2012. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2012.

MARTINS, M.; JUSTI, R. Uma nova metodologia para analisar raciocínios argumentativos. **Ciência & Educação**, v. 23, n. 1, p. 7-27, 2017.

MASSENA, E. P.; GUZZI FILHO, N. J.; SÁ, L. P. Produção de casos para o ensino de química: uma experiência na formação inicial de professores. **Química Nova**, v. 36, p. 1066-1072, 2013.

MATEUS, S. Pode uma imagem ser um argumento? **Revista Famecos**, v. 23, n. 2, p. ID21445-ID21445, 2016.

MCNEILL, D. **Gesture and thought**. Chicago: University of Chicago Press, 2005. 328 p.

MCNEILL, D. **Hand and mind: what gestures reveal about thought**. Chicago: The University of Chicago Press, 1992. 423 p.

MELLO, P. S. **O papel de uma atividade de ensino por investigação de imunologia nas aulas de cursos das áreas de ciências biológicas e da saúde**. 2019. 173 f. Tese (Doutorado em Imunologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

MELO, V. D. F.; ANDRADE, M. D.; BATISTA, A. H.; FAVARETTO, N.; GRASSI, M. T.; CAMPOS, M. S. D. Chumbo e zinco em águas e sedimentos de área de mineração e metalurgia de metais. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 22-29, 2012.

MENDONÇA, K. L.; MORALLES, V. A.; BEGO, A. M. Proposta de um Estudo de Caso para o ensino de Substância e Mistura no segundo ciclo do Ensino Fundamental. In: EVENTO DE EDUCAÇÃO EM QUÍMICA, 17., Araraquara, 2019. **Anais [...]** Araraquara: UNESP, 2019. Disponível em: iq.unesp.br/#!/eveq/anais-atualizados/xvii-eveq/ Acesso em: 19 jun. 2023.

MENDONÇA, M. F. C.; PAIVA, P. T.; MENDES, T. R.; BARRO, M. R.; CORDEIRO, M. R. KIILL, K. B. A água da fonte natural: sequência de atividades envolvendo os conceitos de substância e mistura. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 2, p. 108-118, 2014.

MENDONÇA, P. C. C.; FIGUEIRÊDO, K. L. **Ensaio sobre as implicações da perspectiva retórica contemporânea da argumentação no ensino de ciências envolvendo questões sócio-científicas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO, 15., 2010, Belo Horizonte. Disponível em: [researchgate.net/publication/249642327_Perspectiva_retorica_da_argumentacao_e_o_Ensino_de_Ciencias](https://www.researchgate.net/publication/249642327_Perspectiva_retorica_da_argumentacao_e_o_Ensino_de_Ciencias). Acesso em: 10 jun. 2023.

MILLER, S. T.; JAMES, C. R. The effect of animations within PowerPoint presentations on learning introductory astronomy. **Astronomy Education Review**, v. 10, n. 1, p. 107-119, 2011.

MOREIRA, D. A. A Pesquisa Empírica e suas variantes. In: MOREIRA, D. A. **O Método Fenomenológico na Pesquisa**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 1-18.

MORELL, T. International conference paper presentations: A multimodal analysis to determine effectiveness. **English for Specific Purposes**, v. 37, p. 137–150, 2015.

MORTIMER, E. F.; MORO, L.; SÁ, E.F. Referenciais teóricos utilizados na pesquisa: discurso, semiótica social e multimodalidade. In: M. E. F.; QUADROS, A. L. (Orgs.). **Multimodalidade no Ensino Superior**. 1ed. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2018. p. 17-53.

NASS, D. P. **Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-aprendizagem**: uma análise de livros didáticos de química do ensino médio. 2008. 237 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

NICHOLS, K.; GILLIES, R.; HEDBERG, J. Argumentation-based collaborative inquiry in science through representational work: impact on primary students' representational fluency. **Research in Science Education**, v. 46, p. 343–364, 2016.

NICHOLSON-COLE, S. A. Representing climate change futures: a critique on the use of images for visual communication. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, n. 3, p. 255–273, 2005.

NORTHCUT, K. Images as facilitators of public participation in science. **Journal of Visual Literacy**, v. 26, n. 1, p. 1-14, 2006.

NYACHWAYA, J. M.; GILLASPIE, M. Features of representations in general chemistry textbooks: a peek through the lens of the cognitive load theory. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 1, p. 58-71, 2016.

OGUNNIYI, M. B. Teachers' stances and practical arguments regarding a science-indigenous knowledge curriculum: part 1. **International Journal of Science Education**, v. 29, n. 8, p. 963-986, 2007.

OLIVEIRA, F. S.; CRUZ, M. C. P.; SILVA, A. C. T. Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeletrica em Sergipe. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 105-118, 2021.

OLIVEIRA, J R. S.; QUEIROZ, S. L. A retórica da linguagem científica: das bases teóricas à elaboração de material didático para o ensino superior de química. **Química Nova**, v. 35, n. 4, p. 851-857, 2012.

OLIVEIRA, J. R. S.; BATISTA, A. A.; QUEIROZ, S. L. Escrita científica de alunos de graduação em química: análise de relatórios de laboratório. **Química Nova**, v. 33, n. 9, p. 1980-1986, 2010.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. A retórica da linguagem científica em atividades didáticas no ensino superior de química. **Alexandria**, v. 4, n. 1, p. 89-115, 2011.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. Comunicação científica no ensino superior de química: uma revisão. **Química Nova**, v. 38, n. 4, p. 553-562, 2015.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. **Comunicação e linguagem científica: guia para estudantes de química**. 2. ed. Campinas: Átomo, 2017. 116 p.

OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. Elaboração de um mapa de caracterização do texto científico: referenciais teóricos e aplicação em destaque. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 1, p. 142-166, 2015.

OLIVEIRA, S. Texto visual e leitura crítica: o dito, o omitido, o sugerido. **Linguagem & Ensino**, v. 9, n. 1, p. 15-39, 2006.

OSBORNE, J. Arguing to learn in science: the role of collaborative, critical discourse. **Science**, v. 328, n. 5977, p. 463-466, 2010.

PAIVA, V. L. M. O. A linguagem dos emojis. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 55, N. 2, p. 379-401, 2016.

PASTOUREAU, M. **Dicionário das cores do nosso tempo: simbólica e sociedade**. Lisboa: Editorial Estampa, 1993. 187 p.

PETIT, A.; SOTO, E. Already experts: Showing students how much they know about writing and reading arguments. **Journal of Adolescent & Adult Literacy**, v. 45, n. 8, p. 674-682, 2002.

PEZARINI, A. R.; MACIEL, M. D. As dimensões da argumentação no ensino de ciências em pesquisas de 2007 a 2017: um olhar para a caracterização e para as ferramentas metodológicas para estudar esta temática. **Amazônia**, v. 14, n. 32, p. 61-77, 2018.

PORTO, P. A.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de química: pesquisas nacionais em destaque. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 3, 2021.

POSTIGO, Y.; LÓPEZ-MANJÓN, A. Graphicacy in biology textbooks: analysis of activities with images. **Infancia y Aprendizaje**, v. 38, n. 3, p. 509-541, 2015.

POZZER, L. L.; ROTH, W. M. Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 40, n. 10, p. 1089-1114, 2003.

POZZER-ARDENGHI, L.; ROTH, W. M. Photographs in lectures: Gestures as meaning-making resources. **Linguistics and Education**, v. 15, n. 3, p. 275-293, 2005.

POZZER-ARDENGHI, L.; ROTH, W. M. Toward a social practice perspective on the work of reading inscriptions in science texts. **Reading Psychology**, v. 31, n. 3, p. 228-253, 2010.

PRETI, D. **Análise de textos orais**. São Paulo: Humanitas, 1999. 119 p.

PROTHERO JR, W. A.; KELLY, G. J. Earth data, science writing, and peer review in a large general education oceanography class. **Journal of Geoscience Education**, v. 56, n. 1, p. 61-72, 2008.

PRUD'HOMME-GÉNÉREUX, A. Writing a journal case study. **Journal of College Science Teaching**, v. 45, n. 6, p. 65-70, 2016.

QUEIROZ, S. L.; ALEXANDRINO, D. M. (Org.). **Estudos de caso para o ensino de química 2**. Curitiba: CRV, 2018. 150 p.

QUEIROZ, S. L.; KELLY, G.; VELLOSO, A. M. S.; MOTHEO, A. J. Modelo de argumentação na análise da qualidade de apresentações orais de alunos de química sobre o tema corrosão. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. extra, p. 463-466, 2009.

QUEIROZ, S. L.; LIMA, M. S.; SANTOS, D. G. L. Use of interrupted case studies to promote argumentation in chemistry. **Journal of College Science Teaching**, v. 52, p. 3-8, 2023.

QUEIROZ, S. L.; SÁ, L. P. O espaço para a argumentação no ensino superior de química. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 104-110, 2009.

QUEIROZ, S. L.; SACCHI, F. G. (org). **Estudos de caso no ensino de ciências naturais e na educação ambiental**. São Carlos: Diagrama Editorial, 2020. 168 p.

QUEIROZ, S. L.; SILVA, E. M. S. (Org.). **Estudos de caso para o ensino de química 1**. Curitiba: CRV, 2017. 163 p.

QUEIROZ, S. L.; SOTÉRIO, C. (Org.). **Estudos de caso: abordagem para o ensino de química**. São Carlos: Diagrama Editorial, 2023. 125 p.

QUEIROZ, S. L.; CABRAL, P. F. O. (Org.). **Estudos de caso no ensino de ciências naturais**. São Carlos: Art Point Gráfica e Editora, 2016. 116 p.

RIBEIRO, E. M. F.; MAIA, J. O.; WARTHA, E. J. As questões ambientais e a química dos sabões e detergentes. **Química Nova na Escola**, v. 32, n.3, p. 169- 175, 2010.

ROBERTS, K. L.; BRUGAR, K. A. The view from here: emergence of graphical literacy, **Reading Psychology**, v. 38, n. 8, p. 733-777, 2017.

RODRIGUES, J. B. S.; WEBER, K. C. O processo de tomada de decisão e a percepção de aspectos da natureza da ciência no discurso argumentativo sobre casos sociocientíficos. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 94-104, 2021.

ROOTMAN-LE GRANGE, I.; RETIEF, L. Action research: integrating chemistry and scientific communication to foster cumulative knowledge building and scientific communication skills. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 8, p. 1284-1290, 2018.

ROTH, W. M. Emergence of graphing practices in scientific research. **Journal of Cognition and Culture**, v. 4, n. 3-4, p. 595-627, 2004.

ROTH, W. M.; BOWEN, G. M. Learning difficulties related to graphing: A hermeneutic phenomenological perspective. **Research in Science Education**, v. 30, n. 1, p. 123-139, 2000.

ROTH, W. M.; BOWEN, G. M.; MCGINN, M. K. Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n. 9, p. 977-1019, 1999.

ROTH, W. M.; MCGINN, M. K. Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. **Review of Educational Research**, v. 68, n. 1, p. 35-59, 1998.

ROTH, W. M.; POZZER-ARDENGLI, L.; HAN, J. Y. **Critical graphicacy**: understanding visual representation practices in school science. Vol. 26. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2005. 285 p.

RUDSBERG, K.; ÖHMAN, J.; ÖSTMAN, L. Analyzing Students' Learning in Classroom Discussions about Socioscientific Issues. **Science Education**, v. 97, n. 4, p. 594-620, 2013.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de caso em química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. Argumentação no ensino de ciências: contexto brasileiro. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 13-30, 2011.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. **Estudo de Casos no Ensino de Química**. 2. Ed. Átomo: Campinas, 2010. 104 p.

SALAZAR-LÓPEZ, T. I.; CARRILLO-TRIPP, M. Líneas argumentativas de profesores de biología sobre el origen del coronavirus SARS-CoV-2. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 40, n. 2, p. 71-88, 2022.

SAMPSON, V.; BLANCHARD, M. R. Science teachers and scientific argumentation: trends in views and practice. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 49, n. 9, p. 1122-1148, 2012.

SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the ways students generate arguments in science education: current perspectives and recommendations for future directions. **Science Education**, v. 92, n. 3, p. 447-472, 2008.

SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, p. 15-30, 2015.

SEGURA-MUÑOZ, S. I.; BOCIO, A.; TREVILATO, T. M. B.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; DOMINGO, J. L. Metal concentrations in soil in the vicinity of a municipal solid waste landfill with a deactivated medical waste incineration plant, Ribeirão Preto, Brazil. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 73, n. 3, p. 575, 2004.

SEGURA-MUÑOZ, S. I.; OLIVEIRA, A. S.; NIKAIDO, M.; TREVILATO, T. M. B.; BOCIO, A.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; DOMINGO, J. L. Metal levels in sugar cane (*Saccharum spp.*) samples from an area under the influence of a municipal landfill and a medical waste treatment system in Brazil. **Environment International**, v. 32, n. 1, p. 52-57, 2006.

SELBACH, Á. L.; DANIEL, D. P.; RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G. O método de estudos de caso na promoção da argumentação no ensino superior de química: uma revisão bibliográfica. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 38-50, 2021.

SILVA, B. M. **A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia**. 2015. 253 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

SILVA, G. B. **Leitura da história em quadrinhos “Trinity” por licenciandos em química: exercício da argumentação e da sensibilidade moral por meio de questões sociocientíficas**. 2019. 297 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVA, G. B.; QUEIROZ, S. L. História em quadrinhos como fio condutor na promoção da argumentação de Licenciandos em Química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 4-15, 2021.

SILVA, G. S.; BRAIBANTE, M. E. F. PAZINATO, M. S. Os recursos visuais utilizados na abordagem dos modelos atômicos: uma análise nos livros didáticos de Química. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 159-182, 2013.

SILVA, L. G.; FRANCISCO, W. O papel do terceiro na argumentação dialogal: identificando o perfil argumentativo em uma atividade de júri simulado. **Química Nova na Escola**, v. 43, n. 1, p. 86-93, 2021.

SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização Científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 23, p. 1-20, 2021.

SILVA, O. B.; OLIVEIRA, J. R. S.; QUEIROZ, S. L. SOS Mogi-Guaçu: contribuições de um estudo de caso para a educação química no nível médio. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 3, p. 185-192, 2011.

SLOUGH, S. W.; MCTIGUE, E. M.; KIM, S.; JENNINGS, S. K. Science textbooks' use of graphical representation: A descriptive analysis of four sixth grade science texts. **Reading Psychology**, v. 31, n. 3, p. 301-325, 2010.

SOTÉRIO, C.; QUEIROZ, S. L. Chemistry students as science journalists: creating a virtual magazine about COVID-19. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 1, p. 380-388, 2023.

SOUZA, D. D. D.; MOREIRA, M. F.; ARROIO, A. The multimodal learning as a strategy for chemistry representations conversion: the phenomenon to the chart. **Natural Science Education**, v. 9, p. 20-31, 2012.

SOUZA, D. D. D.; WEBER, K. C.; ARROIO, A. Construction of graphics in chemistry: an essential competence in investigative activities. **Natural Science Education**, v. 10, p. 7-20, 2013.

SOUZA, N. S.; CABRAL, P. F. O.; QUEIROZ, S. L. Argumentação de graduandos em química sobre questões sociocientíficas em ambiente virtual de aprendizagem. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 37, p. 95-109, 2015.

TAKAO, A. Y.; KELLY, G. J. Assessment of evidence in university students' scientific writing. **Science & Education**, v. 12, p. 341-363, 2003.

TEIXEIRA, F. M. É possível argumentação sem controvérsia? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. SPE, p. 187-203, 2015.

TIERNEY, R. J.; READENCE, J. E.; DISHNER, E. K. **Reading strategies and practices: a compendium**. 3 ed. Boston: Allyn and Bacon, 1990. 477 p.

TORIJA, B. B.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Articulación del uso de pruebas y el modelo de flujo de energía en los ecosistemas en argumentos de alumnado de bachillerato. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 3, p. 425-442, 2014.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. Trad. R. Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001. 375 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA. **Coronavírus (COVID-19): orientações para a comunidade acadêmica sobre prevenção e riscos**. 2020. Disponível em: novo.ufra.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=2515:coronavirus-covid-19-a-ufra-orienta-comunidade-academica-sobre-prevencao-e-riscos&catid=17&Itemid=121 Acesso em: 10 jun. 2023.

UPAHI, J. E.; RAMNARAIN, U. Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 20, n. 1, p. 146-159, 2019.

USP. **Resolução Nº 4871, de 22 de outubro de 2001**. Aprova o Código de Ética da Universidade de São Paulo. São Paulo: Diário Oficial do Estado, 2001.

VAN EEMEREN, F. H.; GROOTENDORST, R. **A systematic theory of argumentation: the pragma-dialectical approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 216 p.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com sedimento e água de reservatório. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.

VOJIR, K.; RUSEK, M. Science education textbook research trends: a systematic literature review. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 11, p. 1496-1516, 2019.

WENZEL, J. W. Perspectives on argument. In: BENOIT, W. L.; HAMPLE, D. (ed.). **Readings in argumentation**. Berlin: Walter de Gruyter, 1992. 813 p.

WILMOT, P. D. Graphicacy as a form of communication. **South African Geographical Journal**, v. 81, n. 2, p. 91-95, 1999.

WIRZ, C. D.; CATE, A.; BRAUER, M.; BROSSARD, D.; DIPRETE BROWN, L.; CHEN, K.; HO, P.; LUTER, D. G.; MADDEN, H.; SCHOENBORN, S.; SHAW, B.; SPRINKEL, C.; STANLEY, D.; SUMI, G. Science communication during COVID-19: when theory meets practice and best practices meet reality. **Journal of Science Communication**, v. 21, n. 3, p. 1-22, 2022.

XIAO, S. Rhetorical use of inscriptions in students' written arguments about socioscientific issues. **Research in Science Education**, v. 50, p. 1233–1249, 2020.

APÊNDICE A - ESTUDO DE CASO: *RESQUÍCIOS DE UM PASSADO CHUMBADO*

PARTE I – MISTÉRIO NO PARQUE DA DIVINA

O Parque Ecológico da Serra Divina, ou simplesmente Parque da Divina, é uma Unidade de Conservação (UC), que abriga uma vasta porção de Mata Atlântica. Há diversas atrações no local, como trilhas, tirolesa, exploração de cavernas e boia *cross* no Rio do Campo, que corta o Parque. Este, possui cerca de 35 mil ha de extensão, com mais de 1200 ha de floresta.

Em uma tarde de domingo, no início da década de 2000, Vitória e Igor resolveram ir ao Parque, local onde se conheceram. Eles mal podiam esperar para passar um momento romântico juntos, assim como rever um amigo do casal, o Sr. Paulo, que trabalha lá como zelador. No entanto, naquela tarde, o encontro não foi possível. Ao chegarem, foram avisados que o amigo estava doente e afastado do serviço.

- Poxa, que triste. Você acha que depois de passearmos um pouco aqui no Parque poderíamos visitá-lo? – Perguntou Igor.

- Claro que podemos. Ele mora um pouco mais para baixo do percurso do Rio do Campo, na Vila do Campo, não é? - Pergunta Vitória ao zelador que estava substituindo o amigo.

- Isso mesmo, aqui dentro do Parque ainda. Tem uma pequena Vila lá embaixo, é só perguntar pelo Sr. Paulo, que todo mundo sabe dizer onde ele mora.

Após o passeio, os dois foram em direção à Vila. Não demorou muito e encontraram a casa, onde o Sr. Paulo estava descansando, e ficou muito surpreso ao avistar o casal.

- Nossa, o que vocês fazem aqui?

- Olá, Sr. Paulo. Nós fomos ao Parque hoje, ficamos sabendo que o senhor está doente e resolvemos fazer uma visita. O senhor está melhor? O que aconteceu? - Perguntou Igor.

- Eu andei sentido dor na barriga e na cabeça, enjoo, palidez e desequilíbrio. Então, eu fui ao médico da região e realizei alguns exames de sangue. Eu estava intoxicado por chumbo. Mas já estou bem melhor, graças a Deus. - Contou Sr. Paulo.

- Intoxicado por chumbo?? - Vitória pergunta indignada. - Como isso aconteceu?

- O médico acredita que a água que abastece a Vila esteja contaminada. Minha esposa também ficou doente, e alguns outros amigos aqui da região.

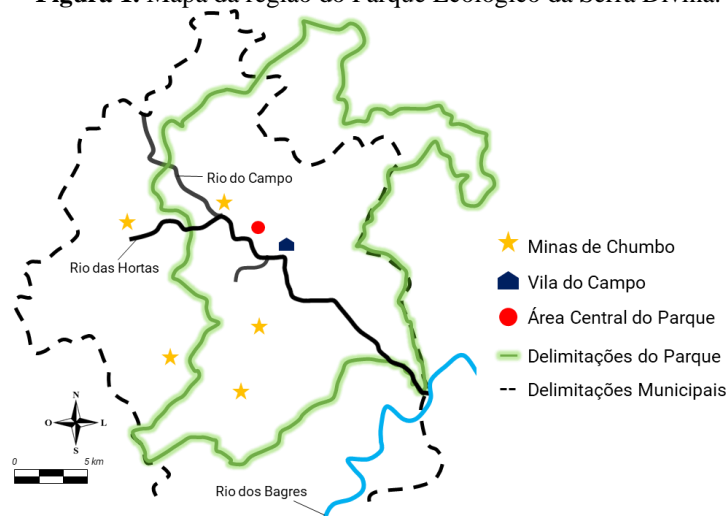
Vitória e Igor, que são pós-graduandos no departamento de química da universidade da região, tiveram uma ideia.

- Sr. Paulo, vamos fazer uma pesquisa e descobrir o que aconteceu, tudo bem?

- Tudo bem, meus queridos.

Bastante preocupados com a situação do Sr. Paulo, ao chegarem em casa, os dois foram pesquisar um pouco sobre a região do Parque da Divina e encontraram o mapa a seguir.

Figura 1. Mapa da região do Parque Ecológico da Serra Divina.



ATIVIDADES – PARTE I

Discussão em Sala

1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso?
2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por chumbo dos habitantes da Vila do Campo e justifiquem a sua pertinência.
3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando.

Atividades Extraclasse

4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica (TDC) que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo a seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso.
5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)?
6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo?
7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão.

PARTE II - OLHANDO O PASSADO PARA ENTENDER O PRESENTE

Continuando a pesquisa, Vitória e Igor encontraram algumas informações sobre a Mineradora Hortas que havia antigamente na região, cujas minas estão identificadas com estrelas amarelas no mapa que haviam estudado.

“Desde mais de meio século, as atividades próximas ao longo do Rio do Campo afetam a região, colocando-a em constante risco ecológico. Dentre as atividades realizadas, como agricultura, descarga de esgoto e expansão populacional, a mineração sempre esteve em foco, pois a região contém grandes reservas de cobre, chumbo e zinco. A antiga Mineradora Hortas, localizada dentro do Parque, encerrou suas atividades em 1992, devido a dificuldades tecnológicas para o beneficiamento do minério, que era essencialmente composto por galena, com até 75% de chumbo e 2,6 a 3,4 Kg de prata por tonelada. A principal mina era localizada às margens do Rio das Hortas, afluente do Rio do Campo, que por sua vez, é afluente do Rio dos Bagres, região onde ocorre bastante precipitação pluviométrica. Durante todo o período de exploração, o material de rejeito era empilhado junto às suas margens”.

- Faz muito tempo que a mineradora foi desativada. É mesmo possível que a água esteja contaminada, como suspeita o médico do Sr. Paulo? - Pergunta Vitória.

- Metais pesados, como o chumbo, não são degradáveis, e acabam por permanecer longos períodos em ambientes aquáticos, acumulados principalmente nos sedimentos. E, se não me engano, a água utilizada na Vila do Campo é proveniente do Rio. Ou seja, a hipótese do médico é bastante plausível. – Explica Igor.

- Entendi. Que tal analisarmos os sedimentos do Rio do Campo para entendermos melhor a situação e ajudarmos a comunidade da Vila? - Pergunta Vitória.

- Eu iria sugerir isso mesmo.

Vitória e Igor analisam o mapa da região, buscando escolher pontos de amostragem de sedimentos do Rio do Campo que ofereçam suporte para a investigação que pretendem realizar. Além disso, o casal começa a especular sobre a forma de analisar os sedimentos.

Figura 2. Mapa da região do Parque Ecológico da Serra Divina. O material de rejeitos era empilhado junto às margens dos rios da região.



ATIVIDADES - PARTE II

Discussão em Sala

1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem no mapa da região pontos de coleta de amostras de sedimentos dos rios do Parque da Divina, com o propósito de ajudar Vitória e Igor na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.

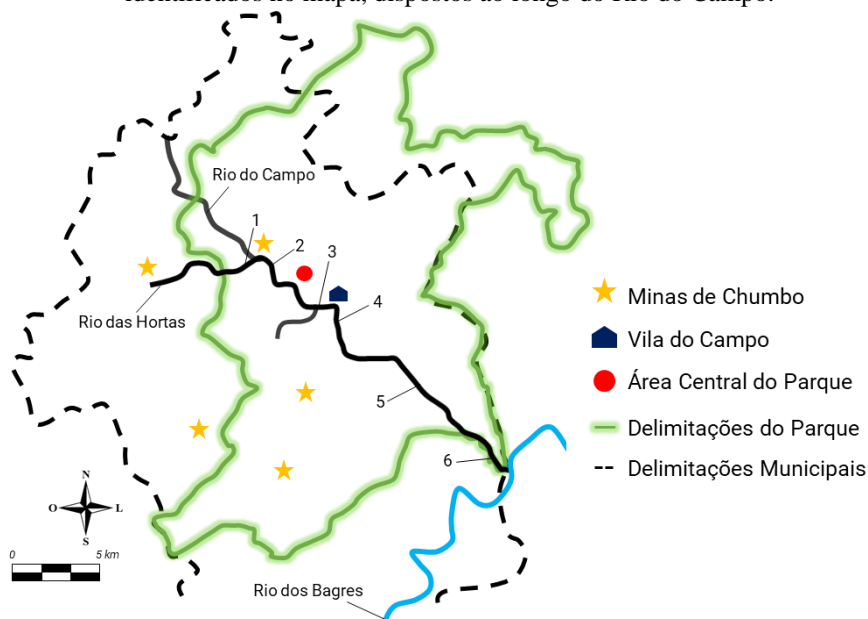
Atividades Extraclasse

2. Auxiliar o casal sobre a forma de como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquisem duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn.

PARTE III – SUBMERGINDO NO RIO DO CAMPO

Assim como o seu grupo, Vitória e Igor pensaram em pontos de coleta de sedimentos ao longo do Rio do Campo. A Figura 3 apresenta o mapa de localização do Parque da Divina e os seis pontos de amostragem escolhidos por eles.

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo. Vitória e Igor demarcaram os seis pontos de amostragem identificados no mapa, dispostos ao longo do Rio do Campo.



Após realizarem a coleta dos sedimentos ao longo dos pontos descritos, utilizando draga Vanveen, Vitória e Igor realizaram o tratamento das amostras de sedimento e a determinação de metais nelas, de acordo com os seguintes procedimentos experimentais:

Preparo de amostras de sedimentos para determinação da concentração de metais biodisponíveis: a partir de 1,00 g de amostra peneirada e seca, adicionar 25,00 mL de HCl 0,10 mol L⁻¹, submeter a mistura a agitação a 200 rpm por duas horas e posterior filtração da suspensão. Armazenar o filtrado a 4 °C.

Preparo de amostras de sedimentos para determinação de metais pseudototais: a partir de 0,50 g de amostra peneirada e seca, digerir com 15,00 mL de HNO₃ concentrado p.a., deixar em repouso por 12 horas, e aquecer até 160 °C por quatro horas. Em seguida, adicionar 8,00 mL de H₂O₂ 30% (v/v), em aquecimento a 160° C por mais 30 minutos. Transferir as amostras para um balão volumétrico de 100,00 mL, completando-se o volume e removendo-se a parte não digerida por filtração.

As soluções foram analisadas quanto à presença de Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn por Espectrometria de Absorção Atômica (AAS). O espectrômetro usado é da marca Hitachi (Modelo Z-8100).

ATIVIDADES – PARTE III

Atividades Extraclasse

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Vitória e Igor, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem? b) Quais critérios foram usados por eles que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Vitória e Igor, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos do rio do Campo? Argumentem a favor das respostas.
4. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.

PARTE IV – INDO MAIS FUNDO NO RIO DO CAMPO

Realizando mais algumas pesquisas, Vitória encontra as seguintes informações, as quais decide compartilhar com Igor.

“O chumbo é um metal bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos. Ao entrar em um corpo aquático, a maior parte do chumbo é retida nos sedimentos e muito pouco é transportado em águas de superfície ou subterrâneas. O zinco é um metal associado ao chumbo na forma de galena e, no ambiente aquático, prende-se, predominantemente, ao material suspenso antes de ser acumulado no sedimento. É preciso deixar claro que mudanças nas condições ambientais podem afetar a biodisponibilidade destes metais, de forma que venham a ser novamente disponibilizados para a coluna d’água, graças a reações de oxirredução, ou a processos de ressuspensão de origem física (correnteza), biológica (atividade dos organismos que vivem nos sedimentos) e humana (navegação).”

- Ou seja, mesmo dez anos depois da mineradora ter cessado suas atividades, essas podem ainda estar influenciando na concentração de chumbo no local. – Comenta Igor.

- Exato! Com as análises que realizamos poderemos, além de determinar a biodisponibilidade dos metais no ambiente, prever os riscos destes metais para a população da região e para o meio ambiente. – Responde Vitória.

Abaixo estão os resultados encontrados por Vitória e Igor, a partir dos experimentos realizados de acordo com os procedimentos indicados na Parte III do estudo de caso.

Tabela 1. Concentração dos metais pseudototais em sedimentos do Rio do Campo, em diferentes pontos de amostragem.

Pontos de Amostragem	Concentração (mg kg ⁻¹)								
	Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al
1	5497,36	103,95	63,97	2785,36	53841,28	41,31	10,00	7569,78	7989,67
2	1412,29	133,23	37,30	1205,80	48231,18	31,98	2,00	1823,94	14089,86
3	416,5	26,66	29,32	449,16	23590,93	< LQ	ND	205,25	13787,8
4	1032,65	95,27	42,64	421,05	33777,58	27,32	ND	117,25	25723,07
5	329,96	109,32	30,00	1159,86	54725,42	28,00	ND	115,98	25223,30
6	639,83	47,99	34,66	731,15	32324,97	24,66	ND	635,82	18261,73

LQ = Limite de detecção. ND = Não detectado. Valores em **negrito** representam aqueles que excedem a concentração máxima permissível. Valores **sombreados** representam aqueles que excedem a concentração máxima negligenciável.

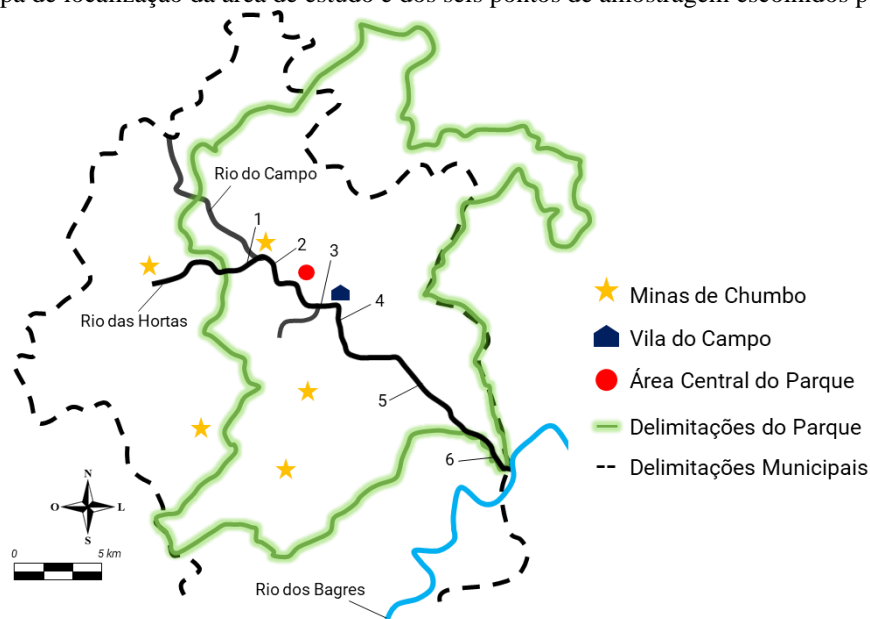
Tabela 2. Concentração dos metais biodisponíveis em sedimentos do Rio do Campo, em diferentes pontos de amostragem.

Pontos de Amostragem	Concentração (mg kg ⁻¹)								
	Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al
1	5247,27	9,49	ND	355,64	478,91	ND	4,50	5280,57	926,99
2	802,47	7,07	ND	205,41	863,92	1,83	1,25	556,31	641,12
3	179,55	5,24	ND	286,02	537,89	ND	ND	100,92	501,26
4	69,05	17,47	ND	301,12	520,59	3,08	ND	42,59	1033,94
5	14,91	3,50	ND	178,28	559,01	ND	ND	21,66	726,46
6	515,75	14,72	ND	623,88	826,01	4,41	ND	370,98	752,05

ND = Não detectado. Valores em negrito representam aqueles que excedem a concentração máxima permissível.

Valores **sombreados** representam aqueles que excedem a concentração máxima negligenciável.

Para avaliar os resultados, Vitória e Igor retomam a escolha de pontos de amostragem (Figura 4). As justificativas oferecidas por eles para a referida escolha foram: os pontos 1 e 2 são os mais próximos das minas de chumbo e podem fornecer dados da região mais afetada; os pontos 3 e 4 podem fornecer dados sobre a contribuição humana (atividades de visitação ao Parque e a ocupação da Vila do Campo) para a contaminação; e os pontos 5 e 6 podem fornecer dados que permitam a investigação sobre transporte de material ao longo do Rio do Campo.

Figura 4. Mapa de localização da área de estudo e dos seis pontos de amostragem escolhidos por Vitória e Igor.

Abaixo estão dispostos os valores de referência utilizados por Vitória e Igor para avaliação da concentração dos metais analisados nos sedimentos. Os valores abaixo da concentração máxima negligenciável indicam que a ocorrência de efeitos adversos ao meio ambiente pode ser considerada insignificante. Já os valores acima da concentração máxima permissível representam a ocorrência provável de efeitos adversos ao meio ambiente.

Tabela 3. Concentrações máximas permissíveis e concentrações máximas negligenciáveis (mg kg⁻¹) para metais analisados por Vitória e Igor nos sedimentos coletados no Rio do Campo.

Concentração Máxima	Zn	Cu	Cr	Mn	Fe	Ni	Cd	Pb	Al
<i>Negligenciável</i>	145	36	116	-	-	35	1,1	132	-
<i>Permissível</i>	620	73	1720	-	-	44	30	4800	-

Fonte: Crommentuijn et al. (2000).¹³

ATIVIDADES – PARTE IV

Discussão em Sala

1. Buscando entender o “legado” e a influência das atividades da mineradora Hortas na região, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Vitória e Igor e os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens?
2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas.

Atividades Extraclasse

3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação.
4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região do parque podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta.
5. Comparando os valores obtidos por Vitória e Igor com as concentrações máximas permissíveis e concentrações máximas negligenciáveis, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta.
6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta.
7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas.

¹³CROMMENTUIJN, T. et al. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. **Journal of Environmental Management**, v. 60, n. 2, p. 121-143, 2000.

APÊNDICE B - ESTUDO DE CASO: UMA BARRAGEM QUE NÃO ESTÁ PARA PEIXE

PARTE I: COM A ÁGUA NA BOCA

A Barragem de Diamantina, ou apenas Diamantina, é um reservatório de água artificial, criado para geração de energia elétrica e abastecimento de água da cidade de Campos Verdes, a 20 km do local. A barragem possui esse nome devido à região que foi inundada pelas águas do rio das Carpas. Com aproximadamente 15 km de extensão, 500 m de largura e profundidade que variam entre 2 a 15 metros, as águas da Diamantina também são utilizadas para irrigação, dessedentação de animais, pesca, balneário e atividades de lazer, como por exemplo, esqui aquático e passeios de barcos.

Thomas é um estudante de pós-graduação em Química na Universidade de Campos Verdes. Ele agora mora em Campos Verdes, mas regularmente visita seus pais que moram na região da barragem. Era um fim de tarde, em 2013, quando Thomas chega em casa e cumprimenta sua mãe, Dona Jacinta.

- Oi, mãe! Tudo bem?

- Oh, meu filho! Tudo sim! E com você?

- Estou bem também. Fiquei com vontade de jantar aquele peixe maravilhoso que a senhora faz, daí resolvi aparecer.

A família de Thomas, assim como as demais da região de Diamantina, tem uma alimentação baseada em carne de peixes pescados na própria barragem. No entanto, naquela noite, não seria possível que Thomas saboreasse o prato de sua mãe.

- Acho que você vai ficar na vontade, então.

- Como assim? – Pergunta Thomas indignado.

- Sabe a Rita, nossa vizinha? Ela andou sentindo umas dores nas pernas, dor de barriga, diarreia e vômito. Ela fez uns exames e acabou descobrindo que estava intoxicada por zinco e cádmio.

- Como isso aconteceu? E o que isso tem a ver com o peixe? Ela está melhor?

- Ela está bem agora. O médico falou para ela parar de comer os peixes da barragem, já que ele acredita que a água está contaminada por metais. Eu fiquei sabendo de outras pessoas aqui na região que também sentiram os mesmos sintomas. Daí, aqui em casa a gente está dando um tempo no peixe.

- Nossa, que problema sério! Já que não vai ter peixe, eu vou fazer umas pesquisas e tentar encontrar o que pode estar causando tudo isso.

- Seria ótimo saber o que está acontecendo com nossa barragem. Semana que vem, eu vou ao mercado, compro um peixe e faço para você, certo?

Enquanto sua mãe prepara o jantar, Thomas pesquisou um pouco sobre a região da Barragem Diamantina em seu celular, encontrando o mapa a seguir.

Figura 1. Mapa da região da Barragem Diamantina.

ATIVIDADES – PARTE I

Discussão em Sala

1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso?
2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por zinco e cádmio dos habitantes da região da Barragem Diamantina e justifiquem a sua pertinência.
3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando.

Atividades Extraclasse

4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica (TDC) que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo a seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso.
5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)?
6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo?
7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão.

PARTE II - AO REDOR DA BARRAGEM DIAMANTINA

Ao retornar para casa, Thomas continuou a pesquisa que estava realizando e encontrou mais algumas informações sobre a Barragem Diamantina e as atividades efetuadas ao redor da mesma.

“A Barragem Diamantina é responsável por 40% do abastecimento de Campos Verdes, sendo o restante da captação realizada diretamente do rio das Carpas em área mais próxima do perímetro urbano. Em um estudo realizado pela Companhia de Saneamento de Campos Verdes (CSCV), 40% da bacia hidrográfica de Diamantina é utilizada para agricultura anual em sistema de plantio direto de soja, milho, feijão, trigo, cevada e aveia; 22% da área é destinada a pastagem e agropecuárias de suinocultura, avicultura e bovinocultura; 25% da região é ocupada por floresta, e 13% é constituída por mata ciliar. A partir desse cenário, as áreas de preservação permanente estão comprometidas, já que grande parte dessas atividades não se adequam à legislação ambiental. Outro problema recorrente diz respeito à lavagem de sacos e containers de adubo químico em riachos que deságuam no reservatório, ocasionando eutrofização. A exploração minerária clandestina também é conhecida na região, com a extração de minerais utilizados na construção civil como areia, brita, cascalho e saibro, contribuindo para processos erosivos e assoreamento do leito dos rios e da represa”.

No dia seguinte, ao chegar no laboratório do seu grupo de pesquisa, Thomas encontra seu amigo, Júlio, e lhe conta sobre a situação da Barragem Diamantina.

- Já que não se tem uma preocupação com o meio ambiente, as atividades ao redor da barragem representam mesmo um perigo e podem estar contaminando os peixes, a água e os sedimentos.
- Comenta Júlio.
- Até os sedimentos?
- Isso mesmo! Além disso, os metais que estão na água são geralmente imobilizados nos sedimentos. Só que alterações físico-químicas ou perturbações podem fazer com que os metais se tornem biodisponíveis novamente, e acabem por contaminar mais ainda a água e os animais que dependem dela.
- Você pode me ajudar a realizar uma análise dos sedimentos da barragem, então?
- Claro! Te ajudo sim.

Thomas mostra para Júlio o mapa que encontrou da região da Barragem Diamantina, e juntos eles começam a pensar sobre os pontos de amostragem de sedimentos que ofereçam suporte para a investigação que pretendem realizar. Além disso, eles especulam sobre a forma de analisar os sedimentos.

Figura 2. Mapa da região da Barragem Diamantina. Campos Verdes se localiza na direção esquerda do mapa e o ponto de captação de água pela CSCV ocorre em ponto posterior à hidrelétrica.



ATIVIDADES - PARTE II

Discussão em Sala

1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem na Figura 2 pontos de coleta de amostras de sedimentos na Barragem Diamantina, com o propósito de ajudar Thomas e Júlio na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.

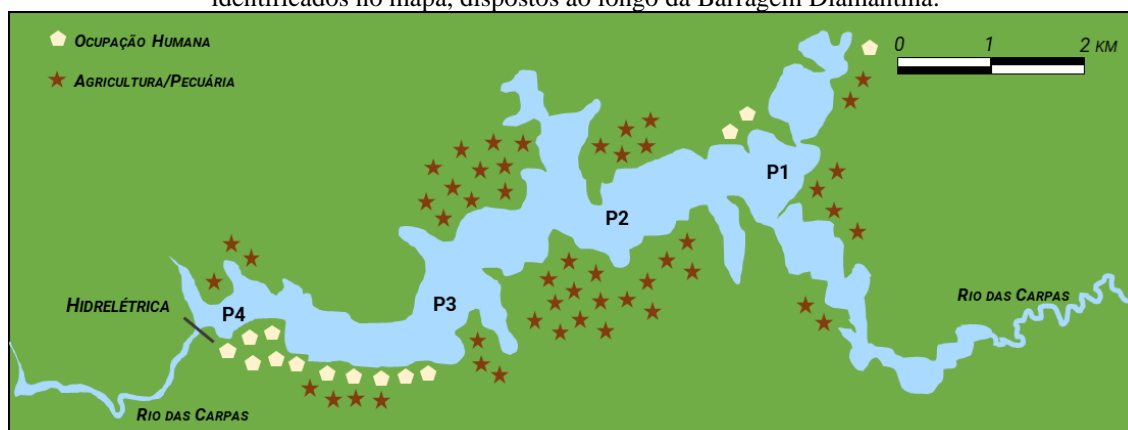
Atividades Extraclasse

2. Auxiliar Thomas e Júlio sobre a forma de como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquisem duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn.

PARTE III - MERGULHANDO FUNDO NA DIAMANTINA

A partir do mapa apresentado anteriormente, Thomas e Júlio escolheram quatro pontos de coleta de sedimentos. A Figura 3 apresenta o mapa de localização do reservatório e os pontos de amostragem escolhidos.

Figura 3. Mapa de localização da área de estudo. Thomas e Júlio demarcaram os quatro pontos de amostragem identificados no mapa, dispostos ao longo da Barragem Diamantina.



No dia seguinte, Thomas e Júlio foram até a Diamantina para realizar a coleta de amostras de sedimentos. Para tal procedimento, eles utilizam um coletor Ekman – Birge, realizando a coleta no nível mais profundo da barragem em cada ponto de coleta da Figura 3. Ao retornarem para o laboratório, as amostras foram liofilizadas, maceradas até homogeneização e peneiradas em uma malha de 53 μm . Em seguida, foram determinados os teores de metais pseudototais e biodisponíveis, de acordo com os seguintes procedimentos experimentais:

Preparo de amostras de sedimentos para determinação de metais pseudototais: 0,5 g de cada amostra homogeneizada foram digeridas em bloco digestor a 160 °C, com adição de 10 mL de HNO₃ 1:1 em refluxo por 10 minutos, seguindo de adição de 5 mL de HNO₃ concentrado p.a. em refluxo por 30 minutos. O processo foi repetido até completa digestão e redução do volume em 5 mL. Após resfriamento, foram adicionados 2 mL de H₂O₂ 30%, repetindo-se a adição até que não houvesse mais bolhas. Por fim, foram adicionados 10 mL de HCl concentrado p.a. em refluxo por 15 minutos, e completando-se o volume em 50 mL. A parte não digerida foi removida por filtração.

Preparo de amostras de sedimentos para determinação de metais biodisponíveis: 1,0 g de cada amostra homogeneizada foi colocada em Erlenmeyer, em seguida, foram adicionados 25 mL de HCl 0,1 mol/L, mantendo por 2 horas em agitador horizontal a 200 rpm e filtrando a suspensão.

As determinações dos metais Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn foram realizadas por Espectrometria de Absorção Atômica de Chama, em equipamento Varian®, AA 240FS. Para o metal Al foi empregada chama redutora óxido nitroso/ acetileno, com fluxo de 10,24 L min⁻¹ e 6,95 L min⁻¹. Para os demais metais foi empregada chama oxidante de ar/acetileno, com fluxo de 13,50 L min⁻¹ e 2,00 L min⁻¹.

]

ATIVIDADES – PARTE III

Atividades Extraclasse

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Thomas e Júlio, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem? b) Quais critérios foram usados por eles que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Thomas e Júlio, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos da Barragem Diamantina? Argumentem a favor das respostas.
4. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.

PARTE IV - DESVENDANDO OS SEDIMENTOS DA BARRAGEM DIAMANTINA

Realizando algumas pesquisas, Júlio encontra as seguintes informações, as quais ele decide compartilhar com o amigo, Thomas.

“O zinco é considerado um micronutriente essencial e desempenha um papel importante no metabolismo de diversos organismos. No entanto, em elevadas concentrações, o metal pode causar sérios efeitos adversos à saúde humana e ao meio biótico, sobretudo aos vegetais e à macrofauna do solo. No ambiente aquático, o zinco prende-se, predominantemente, ao material suspenso antes de ser acumulado no sedimento. Já o cádmio é um elemento pouco abundante na crosta terrestre e que tem efeitos nocivos nos organismos. Além de presente nos sedimentos, o metal pode permanecer na água intersticial, estar associado à fracção sólida ou ser redistribuído no interior dos sedimentos. É preciso deixar claro que mudanças nas condições ambientais podem afetar a biodisponibilidade desses metais, de forma que eles podem ser novamente disponibilizados para a coluna d’água, graças a reações de oxirredução, ou a processos de ressuspensão de origem física (correnteza), biológica (atividade dos organismos que vivem nos sedimentos) e humana (navegação).”

- Ou seja, a situação da barragem pode ser bem mais complicada do que imaginamos. Aliás, você lembra que encontramos alguns locais eutrofizados? – Pergunta Thomas.

- Lembro sim! A eutrofização ocorre devido ao aumento, principalmente de nutrientes, com destaque para fósforo e nitrogênio, certo?

- Isso mesmo, o que ocasiona então a proliferação excessiva de organismos como algas e cianobactérias. Esses organismos consomem grande quantidade do oxigênio da água da barragem, de forma que os seres vivos acabam morrendo.

- Que situação devastadora!

- Mas nem tudo está perdido. Com as análises que realizamos poderemos, além de determinar a biodisponibilidade dos metais no ambiente, avaliar também a qualidade e o potencial de toxicidade, de forma que conseguiremos prever os riscos desses metais para a população da região e para o meio ambiente. E, conseqüentemente, prever ações de remediação.

Abaixo estão os resultados encontrados por Thomas e Júlio a partir dos experimentos realizados de acordo com procedimentos indicados na Parte III do estudo de caso.

Tabela 1. Concentração de metais pseudototais em sedimentos da Barragem Diamantina nos quatro pontos de coleta.

Pontos de Amostragem	Concentração (µg/g)										
	Ag	Al*	Cd	Co	Cr	Cu	Fe*	Mn	Ni	Pb	Zn
P1	4,08 ± 0,32	76,39 ± 2,06	2,14 ± 0,07	27,03 ± 1,53	33,48 ± 0,90	29,20 ± 0,67	44,57 ± 2,31	340,85 ± 9,99	27,69 ± 1,21	27,51 ± 1,38	81,13 ± 2,30
P2	4,55 ± 0,11	72,11 ± 6,52	2,39 ± 0,23	27,34 ± 0,70	39,24 ± 0,73	43,77 ± 0,57	43,59 ± 3,75	277,95 ± 3,38	27,80 ± 1,93	33,49 ± 0,96	71,44 ± 2,50
P3	5,66 ± 0,16	79,01 ± 1,66	2,38 ± 0,26	28,21 ± 0,93	43,33 ± 2,06	44,87 ± 1,52	62,05 ± 6,65	318,50 ± 0,38	24,21 ± 1,42	34,90 ± 1,14	58,51 ± 1,80
P4	5,17 ± 0,32	74,23 ± 2,08	4,07 ± 0,31	29,43 ± 0,69	44,66 ± 2,51	43,46 ± 1,03	62,09 ± 1,90	408,27 ± 7,81	30,88 ± 2,77	31,96 ± 0,55	52,62 ± 1,57
Média Geral	4,86 ± 0,69	75,44 ± 2,96	2,74 ± 0,89	28,00 ± 1,07	40,18 ± 5,02	40,32 ± 7,44	53,08 ± 1,04	336,39 ± 54,53	27,65 ± 2,72	31,96 ± 3,20	65,93 ± 12,82

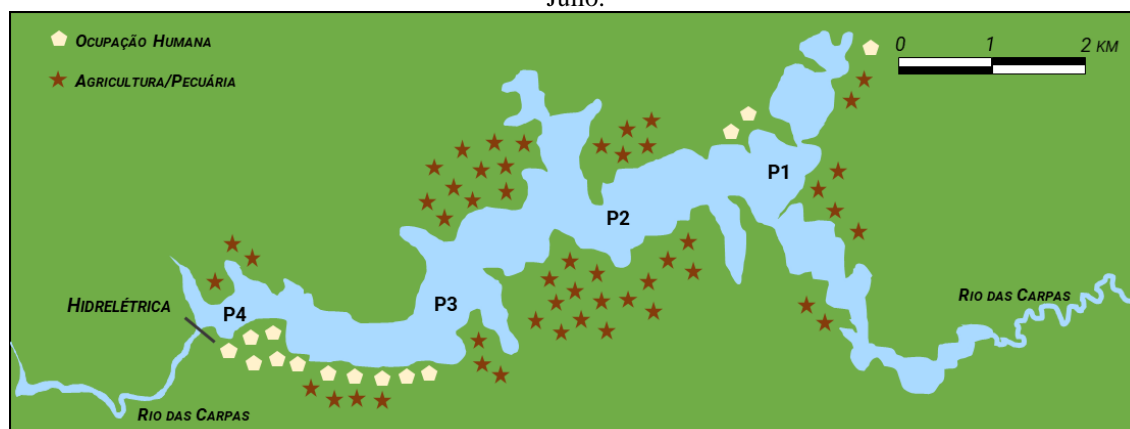
(*) Resultados expressos em mg/g, demais resultados de sedimento expressos em µg/g.

Tabela 2. Concentração de metais biodisponíveis em sedimentos da Barragem Diamantina nos quatro pontos de coleta.

Pontos de Amostragem	Concentração ($\mu\text{g/g}$)										
	Ag	Al*	Cd	Co	Cr	Cu	Fe*	Mn	Ni	Pb	Zn
P1	$0,48 \pm 0,06$	$0,32 \pm 0,01$	$0,03 \pm 0,002$	$1,22 \pm 0,22$	$2,46 \pm 0,16$	$6,12 \pm 0,48$	$3,69 \pm 0,30$	$186,05 \pm 6,55$	$0,84 \pm 0,08$	$2,36 \pm 0,17$	$12,84 \pm 0,74$
P2	$0,77 \pm 0,12$	$0,87 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,006$	$0,33 \pm 0,06$	$2,82 \pm 0,20$	$8,61 \pm 0,46$	$3,71 \pm 0,17$	$154,36 \pm 4,21$	$0,83 \pm 0,07$	$3,08 \pm 0,17$	$7,94 \pm 0,37$
P3	$0,73 \pm 0,09$	$1,11 \pm 0,07$	$0,03 \pm 0,004$	$0,34 \pm 0,19$	$2,83 \pm 0,31$	$8,86 \pm 0,42$	$6,7 \pm 0,68$	$193,27 \pm 8,00$	$0,83 \pm 0,11$	$2,33 \pm 0,16$	$6,65 \pm 0,16$
P4	$0,32 \pm 0,02$	$0,70 \pm 0,02$	$0,007 \pm 0,002$	$0,26 \pm 0,06$	$2,50 \pm 0,24$	$7,15 \pm 0,02$	$6,43 \pm 0,51$	$209,65 \pm 11,8$	$0,76 \pm 0,04$	$1,86 \pm 0,07$	$5,19 \pm 0,17$
Média Geral	$0,57 \pm 0,21$	$0,75 \pm 0,33$	$0,02 \pm 0,01$	$0,54 \pm 0,45$	$2,65 \pm 0,20$	$7,68 \pm 1,28$	$5,15 \pm 1,67$	$185,83 \pm 23,1$	$0,81 \pm 0,03$	$2,40 \pm 0,50$	$8,15 \pm 3,32$

(*) Resultados expressos em mg/g, demais resultados de sedimento expressos em $\mu\text{g/g}$.

Para avaliar os resultados, Thomas e Júlio retomam a escolha de pontos de amostragem (Figura 4). A justificativa oferecida por eles para a referida escolha foi a necessidade de contemplar toda a extensão da Barragem Diamantina e também de considerar o nível de impactação da mesma. Nessa perspectiva, o ponto um (P1) representa o alto do reservatório; o ponto dois (P2), a área com agricultura intensiva; o ponto três (P3), o início das habitações; e o ponto quatro (P4), as proximidades da hidrelétrica.

Figura 4. Mapa de localização da área de estudo e dos quatro pontos de amostragem escolhidos por Thomas e Júlio.

Abaixo estão dispostos os valores de referência do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)¹⁴, utilizados pelos rapazes para avaliação da concentração dos metais analisados nos sedimentos. Os valores do Nível 1 representam o nível limiar de efeitos adversos possíveis à comunidade biológica, ou seja, são os valores máximos para que os efeitos de contaminação sejam mínimos, e os valores do Nível 2 representam o nível limiar de efeitos adversos prováveis à comunidade biológica, ou seja, concentrações acima desse nível indicam altas possibilidade da ocorrência de efeitos adversos. Para efeitos de comparação entre valores, é importante ressaltar que a unidade de medida $\mu\text{g g}^{-1}$ é análoga a mg kg^{-1} , ou seja, a comparação entre a maioria dos valores presentes nas Tabelas 1 e 2 com os valores da Tabela 3 pode ser feita sem a necessidade de cálculos de conversão.

¹⁴BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012.** Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 01 de jan., seção 1, p. 66.

Tabela 3. Valores referência de concentrações máximas permissíveis (mg kg^{-1}) para os metais analisados por Thomas e Júlio nos sedimentos coletados na Barragem Diamantina. (-): não existe critério para este parâmetro.

Concentração Máxima	Ag	Al	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Nível 1	-	-	0,60	-	37,30	35,70	-	-	18,00	35,00	123,00
Nível 2	-	-	3,50	-	90,00	197,00	-	-	35,90	91,30	315,00

ATIVIDADES – PARTE IV

Discussão em Sala

1. Buscando entender a influência das atividades antrópicas na região da Diamantina para com a vida aquática da barragem, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Thomas e Júlio e os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens?
2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas.

Atividades Extraclasse

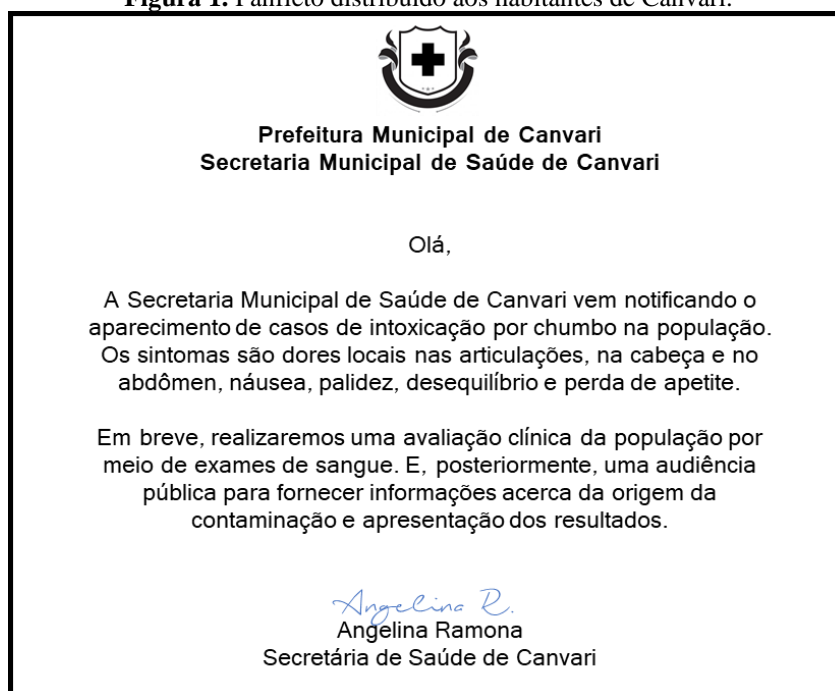
3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação.
4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta.
5. Comparando os valores obtidos por Thomas e Júlio com aqueles propostos na Tabela 3, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta.
6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta.
7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas

APÊNDICE C – ESTUDO DE CASO: *UM RIO DE MINÉRIOS*

PARTE I - PANFLETANDO NA CIDADE

Canvari é uma pequena cidade, com pouco mais de 6700 habitantes, localizada às margens do Rio dos Bagres, usado para fins de abastecimento de água. O vale do Rio dos Bagres abriga ainda áreas de conservação da Mata Atlântica e possui numerosas cavernas calcárias. Em uma tarde de primavera em 2007, a população ribeirinha recebeu em suas casas o seguinte panfleto.

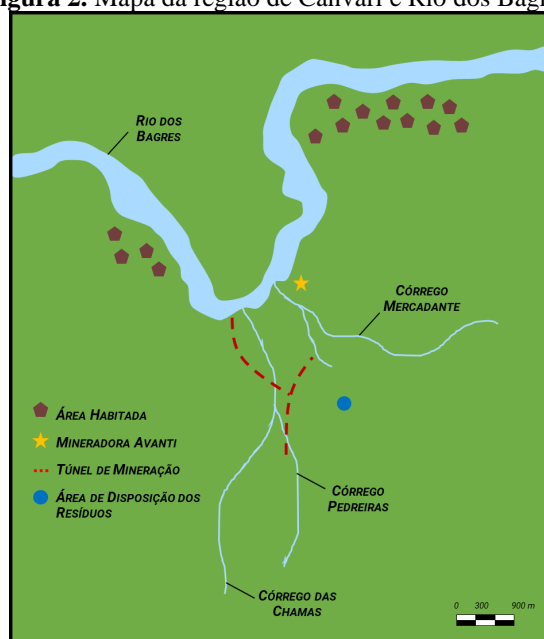
Figura 1. Panfleto distribuído aos habitantes de Canvari.



Bastante preocupada com a situação, a Secretária de Saúde, Angelina, liga para sua prima, Joana, que se mudou de Canvari para a capital para estudar química.

- Oi prima, tudo bem? – Pergunta Angelina.
- Tudo sim. E por aí? A mamãe me mandou uma foto dos panfletos que vocês distribuíram hoje na cidade. Parece sério o problema.
- Era sobre isso mesmo que eu queria falar com você. Eu preciso de ajuda para descobrir o que está causando esta contaminação na água do rio.
- Claro que eu te ajudo! Vou fazer umas pesquisas e te comunico o que encontrar.
- Eu ficaria muito agradecida!
- Como vai a tia? - E elas continuam conversando sobre a família.

Após a ligação, Joana pesquisa um pouco sobre a região de Canvari e encontra o mapa a seguir.

Figura 2. Mapa da região de Canvari e Rio dos Bagres.

ATIVIDADES – PARTE I

Discussão em Sala

1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso?
2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por chumbo dos habitantes da região de Canvari e justifiquem a sua pertinência.
3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando.

Atividades Extraclasse

4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica (TDC) que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo a seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso.
5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)?
6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo?
7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão.

PARTE II – A MINERADORA AVANTI

Continuando a pesquisa sobre a contaminação por chumbo, Joana encontra mais algumas informações sobre a Mineradora Avanti, sediada antigamente na região, cujos túneis de mineração, área de deposição dos resíduos e fábrica de beneficiamento estão indicados no mapa anteriormente localizado por ela.

“O município de Canvari foi alvo de atividades de extração e refinamento de chumbo por mais de 50 anos. A principal mineradora da região era a Avanti do Brasil LTDA, que entre 1954 e 1995 realizou a extração do minério galena. Suas atividades cessaram devido ao esgotamento das jazidas. No entanto, mesmo depois de uma década do fechamento da empresa, o passivo ambiental dos resíduos permaneceu. Dentre outras ações realizadas que colocaram o local em constante risco ambiental cita-se a deposição e empilhamento de resíduos a céu aberto em áreas próximas à empresa ou junto à margem do Rio dos Bagres; o lançamento de grandes quantidades de material particulado de chumbo na atmosfera, que se depositou no solo em áreas próximas; e o lançamento de resíduos e efluentes diretamente no leito do Rio dos Bagres. Parte dos rejeitos foi ainda utilizado pelos moradores de Canvari para pavimentar as ruas da cidade”.

No dia seguinte, ao chegar no laboratório da sua universidade, Joana encontra sua colega Stephany e relata para ela o problema que estava ocorrendo em Canvari e o que havia encontrado nas suas pesquisas iniciais.

- Faz tanto tempo que a mineradora foi desativada. Será mesmo possível que a água ainda esteja contaminada por chumbo? – Pergunta Joana.

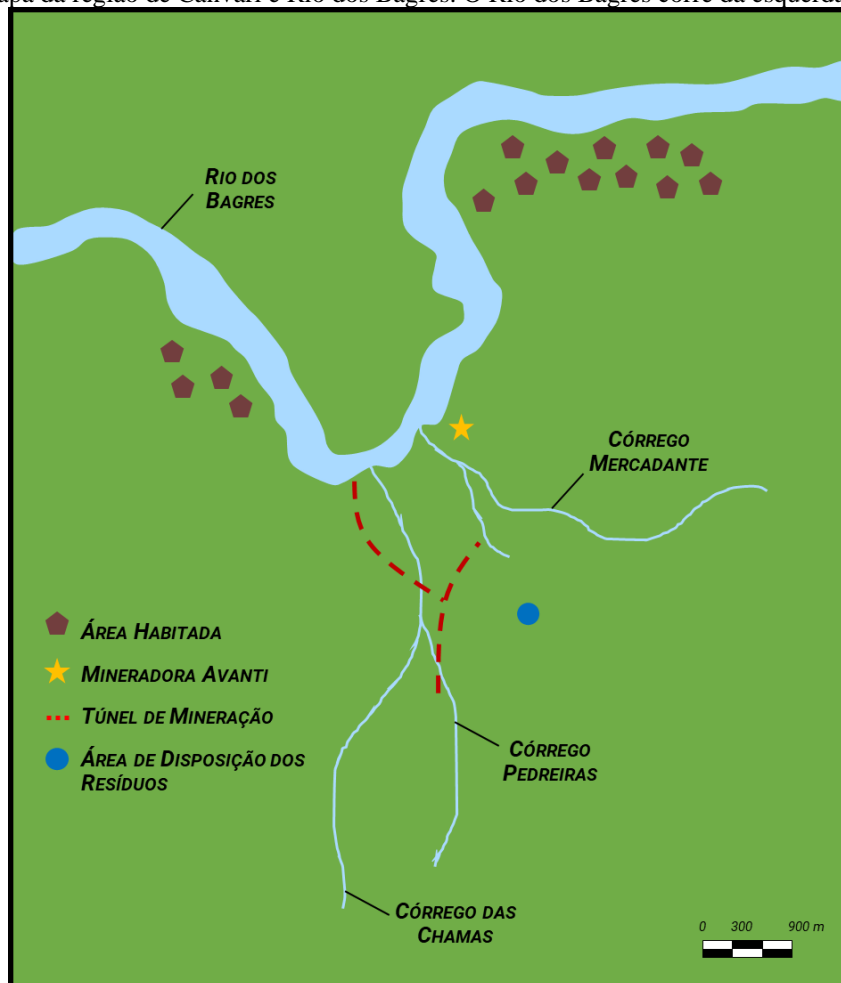
- Não é impossível. Os metais não são biodegradáveis e podem se acumular por anos nos sedimentos de um rio. E com alterações físico-químicas, os metais podem acabar se solubilizando novamente. – Explica Stephany.

- Eu estava mesmo planejando visitar meus pais em Canvari no final de semana. Você quer ir comigo? Nós podemos coletar amostras de sedimentos do rio e dos córregos para analisarmos depois.

- Quero sim! Vai ser muito legal conhecer sua cidade.

As amigas voltam a olhar o mapa ilustrado a seguir para escolher alguns pontos de amostragem de sedimentos do Rio dos Bagres e córregos da região. Além disso, elas começam a pensar sobre a forma de analisar os sedimentos.

Figura 3. Mapa da região de Canvari e Rio dos Bagres. O Rio dos Bagres corre da esquerda para a direita.



ATIVIDADES - PARTE II

Discussão em Sala

1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem na Figura 3 pontos de coleta de amostras de sedimentos do Rio dos Bagres e córregos vizinhos, com o propósito de ajudar Joana e Stephany na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.

Atividades Extraclasse

2. Auxiliar as amigas sobre a forma de como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquisem duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: chumbo e zinco.

PARTE III – NO FUNDO DO RIO DOS BAGRES

Tomando como base o mapa apresentado anteriormente, Joana e Stephany escolheram 19 pontos de amostragem de sedimentos do Rio dos Bagres e os seus córregos. A Figura 4, a seguir, apresenta os pontos escolhidos.

Figura 4. Mapa de localização da área de estudo. Joana e Stephany escolheram os 19 pontos de amostragem de sedimentos identificados no mapa.



Com o objetivo de realizar um estudo mais amplo, Joana e Stephany decidiram realizar coletas de sedimentos nos pontos escolhidos ao longo do ano, nos meses de maio, setembro, novembro e janeiro. Após coletadas as amostras eram secas em estufa a 40 °C e peneiradas em malha de 2 mm. Os teores de Pb e Zn foram determinados em duas frações: pseudototal e trocável. Para obtenção dos teores pseudototais foi realizada a digestão das amostras em micro-ondas, com HNO₃ e HCl concentrados (relação 3:1), segundo o método SW 846-3051A. Após o resfriamento, as suspensões foram filtradas em papel de filtro qualitativo. As formas trocáveis de Pb e Zn dos sedimentos foram extraídas com BaCl₂ 0,1 mol L⁻¹, em agitação circular por 2 h e posterior centrifugação para coleta do extrato. A determinação de Pb e Zn foi realizada por meio de Espectrometria de Emissão Óptica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), fazendo-se uso de um equipamento modelo iCAP 6500 da Thermo Scientific.

ATIVIDADES – PARTE III

Atividades Extraclasse

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Joana e Stephany, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem?
b) Quais critérios foram usados por elas que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Joana e Stephany, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos do Rio dos Bagres? Argumentem a favor das respostas.
4. É comum a determinação da concentração de metais trocáveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.

PARTE IV – ANALISANDO OS SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DOS BAGRES

Joana realizou mais algumas pesquisas acerca do chumbo e zinco nos sedimentos e encontrou as informações apresentadas a seguir, as quais compartilhou com a amiga, Stephany.

“O chumbo é um metal bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos. Ao entrar em um corpo aquático, a maior parte do chumbo é retida nos sedimentos e muito pouco é transportado em águas de superfície ou subterrâneas. O zinco é um metal associado ao chumbo na forma de galena e, no ambiente aquático, prende-se, predominantemente, ao material suspenso antes de ser acumulado no sedimento. É preciso deixar claro que mudanças nas condições ambientais podem afetar a biodisponibilidade destes metais, de forma que podem ser novamente disponibilizados para a coluna d’água, graças a reações de oxirredução, ou à processos de ressuspensão de origem física (correnteza), biológica (atividade dos organismos que vivem nos sedimentos) e humana (navegação).”

- Ou seja, mesmo que a Mineradora Avanti esteja desativada há mais de 10 anos, as atividades realizadas por ela no passado ainda causam influências no local. - Comenta Joana.

- Infelizmente. Isso tudo devido aos resíduos que foram deixados a céu aberto e sem nenhuma proteção. – Stephany fica pensativa.

- Em um relatório que eu encontrei estava indicado um total de 180 Gg de resíduos de beneficiamento da galena deixados na região. Fico triste pelos meus familiares que ainda moram lá.

- É realmente uma situação lamentável, Joana. No entanto, a nossa pesquisa poderá ajudar na busca por uma solução, já que determinaremos a biodisponibilidade dos metais e conseguiremos prever os reais riscos destes metais para a população de Canvari e para o meio ambiente.

- Obrigado pela ajuda, amiga!

A partir dos procedimentos experimentais indicados durante o debate da Parte III do estudo de caso, Joana e Stephany encontraram os resultados apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Teores pseudototais e trocáveis de **chumbo** (mg/kg) nas amostras de sedimentos.

PONTO	MÊS DE COLETA							
	MAIO		SETEMBRO		NOVEMBRO		JANEIRO	
	PTOT	TROC	PTOT	TROC	PTOT	TROC	PTOT	TROC
1	95,8	< 0,1	90,8	< 0,1	22,9	< 0,1	127	< 0,1
2	3,9	< 0,1	14,9	< 0,1	19,2	< 0,1	21,4	< 0,1
3	6,8	< 0,1	78,0	< 0,1	15,9	< 0,1	55,4	< 0,1
4	162	< 0,1	118	< 0,1	111	< 0,1	99,4	< 0,1
5	10653	7,1	6268	8,4	9224	11,5	19113	6,3
6	2073	1,7	3867	2,4	1396	3,2	6886	2,3
7	17741	5,1	4348	1,7	3620	2,2	16750	6,0
8	5021	< 0,1	2211	< 0,1	4961	0,7	6307	6,2
9	38,1	< 0,1	42,9	< 0,1	50,7	< 0,1	43,4	< 0,1
10	29,1	< 0,1	40,4	< 0,1	33,4	< 0,1	31,4	< 0,1
11	221	0,7	121	< 0,1	179	< 0,1	78,2	< 0,1
12	273	< 0,1	635	< 0,1	235	< 0,1	475	1,6
13	394	0,2	337	0,2	622	0,2	203	< 0,1
14	904	2,4	261	< 0,1	8549	47,9	1146	0,8
15	2029	2,6	3689	2,4	3950	25,0	6135	3,1
16	21631	471	19638	246	12530	199	24300	241
17	26,4	< 0,1	17,5	< 0,1	18,9	3,3	23,9	< 0,1
18	690	3,4	16,2	< 0,1	740	3,5	686	1,2
19	21,3	< 0,1	16,5	< 0,1	5,6	< 0,1	15,0	< 0,1

PTOT = Teores Pseudototais; TROC = Teores Trocáveis.

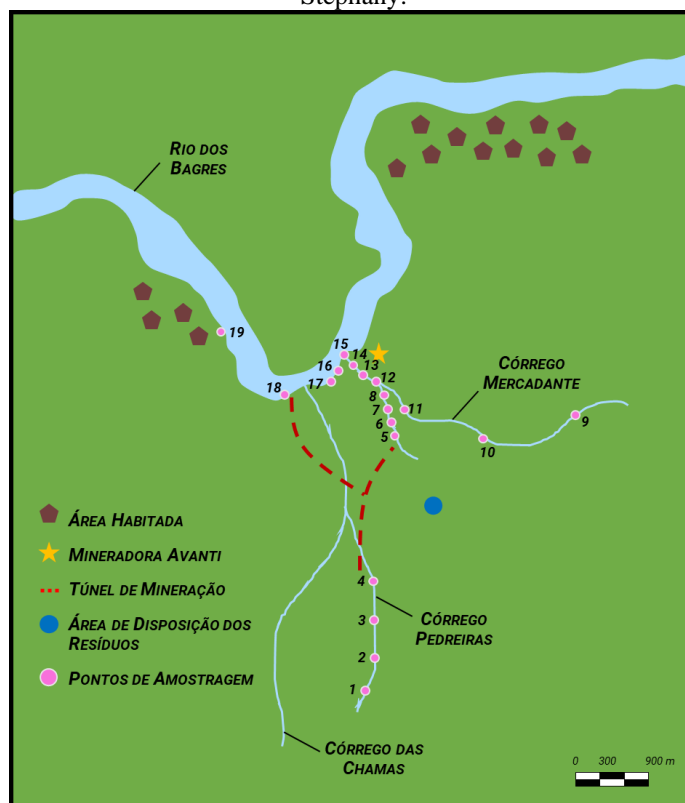
Tabela 2. Teores pseudototais e trocáveis de **zinco** (mg/kg) nas amostras de sedimentos.

PONTO	MÊS DE COLETA							
	MAIO		SETEMBRO		NOVEMBRO		JANEIRO	
	PTOT	TROC	PTOT	TROC	PTOT	TROC	PTOT	TROC
1	53,9	< 0,1	64,5	< 0,1	55,0	< 0,1	50,4	< 0,1
2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
3	< 0,1	< 0,1	31,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	2,6	< 0,1
4	12,7	< 0,1	0,8	0,1	4,1	< 0,1	2,7	< 0,1
5	2387	1,2	925	7,6	3621	13,7	3829	4,7
6	163	0,9	486	< 0,1	160	0,8	625	< 0,1
7	1149	0,5	966	< 0,1	505	0,6	1167	1,6
8	153	< 0,1	103	< 0,1	284	0,4	316	2,6
9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1
10	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
11	6,5	< 0,1	6,4	< 0,1	9,2	0,3	< 0,1	< 0,1
12	23,6	< 0,1	46,7	< 0,1	28,9	1,9	18,1	< 0,1
13	149	< 0,1	40,8	< 0,1	54,5	4,7	18,2	< 0,1
14	81,7	< 0,1	41,6	< 0,1	350	5,7	47,0	< 0,1
15	341	1,4	379	1,1	548	4,5	293	< 0,1
16	32376	446	41669	261	32960	278	22130	331
17	6,9	4,3	1,4	1,2	2,5	1,7	7,1	< 0,1
18	412	0,5	222	0,4	847	4,4	262	< 0,1
19	2,4	1,2	1,1	< 0,1	0,7	< 0,1	3,8	< 0,1

PTOT = Teores Pseudototais; TROC = Teores Trocáveis.

Durante a avaliação dos valores obtidos, Stephany e Joana retomam a escolha de pontos de amostragem (Figura 5). Os pontos 1 e 9 representam as nascentes dos Córregos das Pedreiras e Mercadante, respectivamente, e foram considerados como pontos de referência, devido ao fato de se localizarem em uma posição mais elevada e supostamente não foram impactados pelas atividades de mineração. A partir da localização dos pontos 1 e 9 foram coletadas amostras de sedimento entre os Córregos e o Rio dos Bagres, para verificar a influência direta da mineração e dos resíduos na área. O ponto 16 representa o local onde a água de lavagem da fábrica era depositada. O ponto 19 também serve de referência, pois está imediatamente antes da área de influência.

Figura 5. Mapa de localização da área de estudo e dos 19 pontos de amostragem escolhidos por Joana e Stephany.



Ademais, outra informação importante para a avaliação dos resultados diz respeito ao clima da região de Canvari, que se caracteriza pelos meses de verão com clima quente e concentração de chuvas (temperatura média superior a 22 °C) e meses de inverno com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18 °C).

Visto que a legislação brasileira não possui valores de referência para avaliação de metais em sedimentos, Joana e Stephany buscaram diferentes legislações ambientais internacionais para auxiliar na tarefa de classificar os resultados encontrados. A Tabela 3 apresenta os valores utilizados por elas.

Tabela 3. Valores internacionais de referência (mg/kg) para a concentração máxima permissível de chumbo e zinco em sedimentos.

Tabela 3. Valores internacionais de referência (mg/kg) para a concentração máxima permitida de chumbo e zinco em sedimentos.

Metal	Espanha	Canadá	Estados Unidos	Holanda
Chumbo	600	112	218	530
Zinco	3000	-	410	720

ATIVIDADES – PARTE IV

Discussão em Sala

1. Buscando entender o “legado” e a influência das atividades da Mineradora Avanti na região, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Joana e Stephany (Tabelas 1 e 2), os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens (Figura 5)?
2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas.

Atividades Extraclasse

3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da sua melhor interpretação.
4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região do parque podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta.
5. Comparando os valores obtidos por Joana e Stephany com as concentrações máximas propostas na Tabela 3, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta.
6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta.
7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas.

APÊNDICE D - LOCALIZAÇÃO DE PONTOS DE AMOSTRAGEM

Material criado com trechos dos documentos:

FIGUEREIDO, F. V. **Avaliação da contaminação do solo por metais provenientes de indústrias recicladoras de chumbo**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial). Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004.

CETESB. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. Governo do Estado de São Paulo. 2. Ed. São Paulo: CETESB, 2001. 389 p.

1 PLANO DE AMOSTRAGEM

Para uma melhor avaliação da qualidade do solo, é fundamental que a determinação dos pontos de coleta de amostras de solo seja feita com muito critério e com uma metodologia adequada, de acordo com os dados disponíveis para o caso em estudo. O objetivo da amostragem do solo é assegurar a obtenção de informações confiáveis a respeito da existência, concentração e distribuição de determinadas substâncias na área investigada. Dessa forma, os seguintes fatores devem ser considerados na elaboração de um plano de amostragem do solo:

- Distribuição dos pontos de amostragem
- Número de pontos de amostragem
- Profundidade de amostragem
- Quantidade de amostra necessária – tamanho da amostra
- Amostras simples e compostas
- Protocolo de amostragem e preparação de amostras de solo
- Técnicas de amostragem

Neste documento, trataremos da distribuição dos pontos de amostragem.

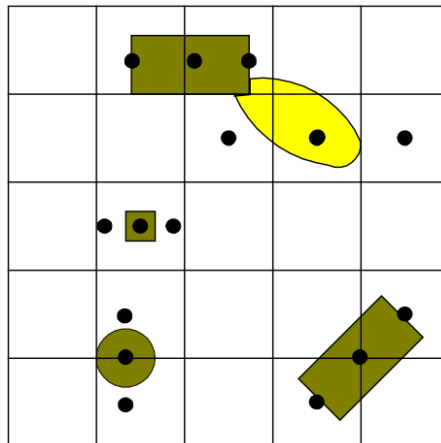
2 DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

A escolha de pontos de amostragem sem uma metodologia apropriada pode levar a interpretações erradas. Além disso, o esquema de distribuição dos pontos de amostragem objetiva facilitar a análise dos dados e a sua implantação em campo além de procurar minimizar os custos da investigação.

A escolha da malha de amostragem mais apropriada estará associada a distribuição dos contaminantes e a sua forma deve ser adaptada às condições locais. Áreas contaminadas que possuem sérios impactos econômicos ou à saúde da população exposta requerem a seleção e aplicação de malhas de amostragem mais detalhadas e precisas. A escolha do esquema de amostragem estará condicionada às informações conseguidas durante a investigação preliminar. Assim, basicamente têm-se os seguintes esquemas de distribuição dos pontos de amostragem:

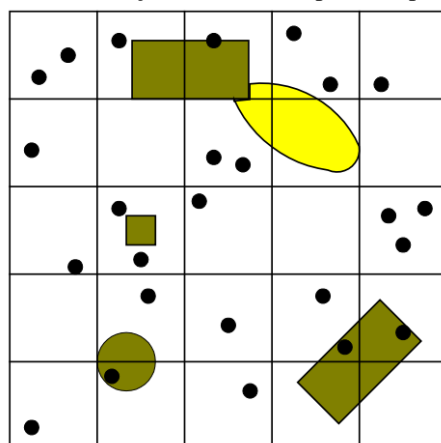
- **Distribuição Direcionada** (Figura 1): é realizada de acordo com o conhecimento já existente a respeito das fontes e vias de disseminação da contaminação, evidências visuais de contaminação do solo ou aplicação de métodos de *screening* na área. Para aplicação deste método é necessária a coordenação de uma pessoa com boa experiência, para que seja obtido um retrato significativo da área, e não retratos de situações específicas.

Figura 1. Esquema de distribuição direcionada dos pontos de amostragem. As áreas amarelas e marrons são aquelas suspeitas de contaminação.



- **Distribuição Aleatória:** algumas investigações são realizadas sem que nenhum esquema de amostragem seja planejado. Isso não pode ser confundido com uma distribuição dos pontos de forma aleatória, pois a adoção desse procedimento também requer um planejamento prévio, ou seja, deve ser assegurado que todo ponto deve ser locado na área sem que seja levado em conta a posição de qualquer outro. Esta distribuição dos pontos pode ser denominada **aleatória simples**, se a área for tratada como um todo, ou **aleatória estratificada**, se a área for dividida de forma regular para que se proceda à distribuição dos pontos, de forma aleatória, em cada uma delas;
 - **Distribuição Aleatória Simples** (Figura 2): Essa forma de investigação simplifica a análise estatística, entretanto, é tipicamente muito dispendioso com os recursos utilizados e muito difícil de ser justificado. Pode ser aplicado em casos em que pouca informação prévia da área está disponível e presume-se uma distribuição irregular das zonas contaminadas;

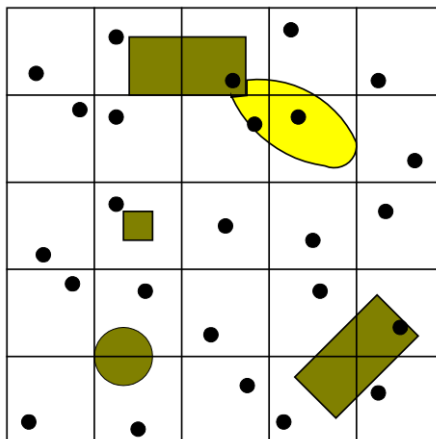
Figura 2. Esquema de distribuição aleatória simples dos pontos de amostragem.



- **Distribuição Aleatória Estratificada** (Figura 3): procede-se uma divisão regular da área, distribuindo-se os pontos de forma aleatória em cada uma delas. Com esse esquema de amostragem, assegura-se que todas as subáreas que compõe o local investigado serão amostradas, o que pode não ocorrer em um

esquema aleatório simples. A subdivisão implantada na área pode levar em conta informações prévias (históricas ou científicas) de que as concentrações dos poluentes são completamente diferentes em determinados segmentos que compõe a área a ser amostrada. A distância em relação à fonte de emissão do poluente é um exemplo de critério a ser utilizado nessa estratificação.

Figura 3. Esquema de distribuição aleatória estratificada dos pontos de amostragem.



Nas duas formas de amostragem aleatórias, com ou sem estratificação, não levam em conta a continuidade e correlação espacial entre as propriedades do solo. Dessa forma, ao assegurar-se uma distribuição aleatória dos pontos de amostragem, dois pontos podem ser localizados muito próximos gerando informação redundante e desperdiçando os recursos empregados.

- **Distribuição Sistemática:** a distribuição dos pontos é feita por meio de uma malha de amostragem, a qual evita a coleta de amostras em pontos muito próximos. Tem como vantagem a facilidade de implantação no campo e a possibilidade de adensamento do número de pontos em que for necessário, por meio de uma amostragem direcionada. Na prática pode não ser possível efetuar o ponto de amostragem no local predeterminado, devido à presença de obstruções, como estradas, construções, rochas, árvores, entulhos e utilidades (galerias, tubulações, etc.), mas a experiência da equipe de campo contornará o problema de forma a localizar o ponto de amostragem o mais próximo possível do originalmente demarcado, respeitando um direcionamento previamente definido e assegurando-se de que a distância entre os dois pontos (original e remarcação) seja menor que a metade do espaçamento utilizado para a malha.
 - Seguindo a agência ambiental americana, uma distribuição sistemática dos pontos, a forma de malha de amostragem mais eficiente é a **triangular** (Figura 4), que proporciona uma hipótese mais segura da distribuição espacial dos poluentes; entretanto, uma malha **quadrada** ou retangular (Figura 5) é facilmente aplicável na prática e a diferença de eficiência não é muito grande;

Figura 4. Esquema de distribuição sistemática dos pontos de amostragem utilizando-se uma malha triangular.

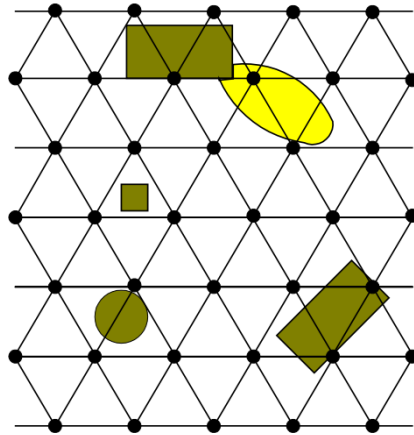
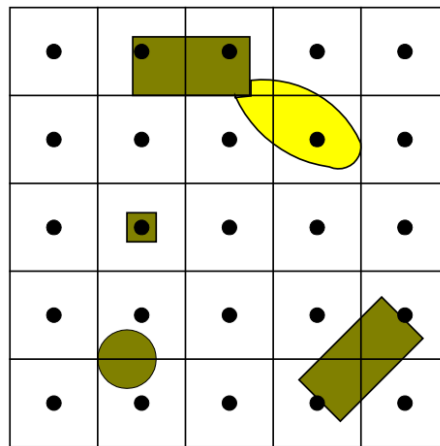
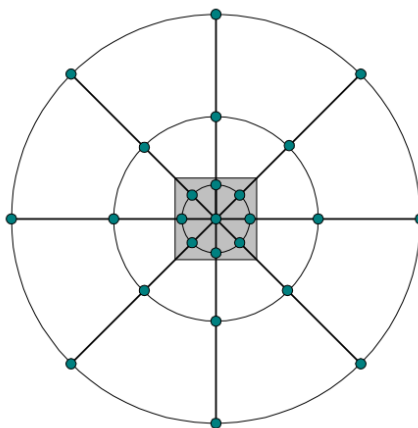


Figura 5. Esquema de distribuição sistemática dos pontos de amostragem utilizando-se uma malha quadrada.



- Uma malha **circular** (Figura 6) apresenta-se vantajosa na investigação da distribuição dos poluentes próximos ao foco de contaminação (por exemplo, uma área de tanques de armazenagem de produtos). Esse tipo de malha de amostragem fornece informações detalhadas a respeito da concentração máxima das substâncias no ponto de emissão dos contaminantes (centro da malha), da distribuição da contaminação e da forma da pluma de contaminação. Por outro lado, a irregularidade na densidade dos pontos de amostragem (diminui do centro para a periferia) nem sempre é adequada, e a distribuição dos pontos de amostragem é realizada em todas as direções sem levar em conta os mecanismos de disseminação dos contaminantes a partir da fonte principal. Esse tipo de malha de amostragem não permite a composição de amostras;

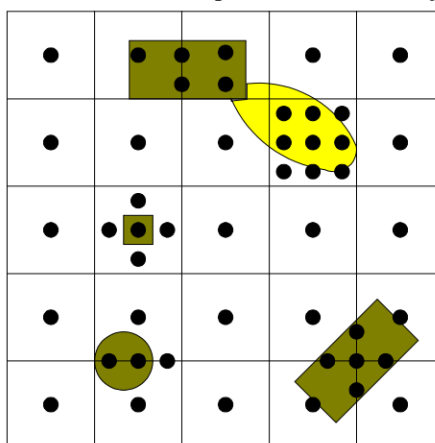
Figura 6. Esquema de distribuição sistemática dos pontos de amostragem utilizando-se uma malha circular.



As dimensões adotadas para a malha estão relacionadas ao nível de detalhe pretendido, que variará de acordo com o objetivo da amostragem (determinar a concentração média de determinada substância na área, localizar pontos isolados de contaminação ou delimitar a pluma de contaminação). A malha de pontos de amostragem pode ser orientada na direção do fluxo de dispersão dos poluentes, os quais, geralmente, seguem a topografia do local ou a direção predominante dos ventos. Estando determinados os parâmetros acima (orientação, densidade e forma da malha de amostragem), a seleção de um único ponto de amostragem servirá de base para a locação dos demais.

Em áreas industriais ativas ou desativadas, o levantamento de informações sobre a área permite, com frequência, que a maior parte dos focos de contaminação seja identificada e localizada. Esses focos devem nortear a malha de amostragem a ser adotada no local. Nesses casos, a configuração mais apropriada é a combinação de uma malha regular com uma direcionada aos pontos suspeitos de contaminação (Figura 7).

Figura 7. Esquema com distribuição sistemática dos pontos de amostragem e adensamentos nos pontos previamente identificados como áreas suspeitas de contaminação (áreas sombreadas).



APÊNDICE E - CRONOGRAMA 7500028 – 2020.2

Aula	Data	Atividade	
Aula 1	27/08	Apresentação do Curso, Composição dos Grupos (4-5 alunos), Distribuição das Referências dos AOP*, Tarefas 1 e 2 do Portfólio e Assinatura do TCLE	
Aula 2	03/09	Aula Expositiva – Elaboração de Exposições Orais	
Aula 3	10/09	Aula Expositiva – A Resolução de Estudos de Caso Interrompido	
Aula 4	17/09	Exposição Oral (Alunos): AOP – Introdução e Procedimentos Experimentais	
Aula 5	24/09	Exposição Oral (Alunos): AOP – Introdução, Procedimentos Experimentais, Resultados e Conclusões	
Aula 6	01/10	Estudo de Caso – Sessão 01 (G1 a G3)	Oficina – Construção de Pôster (G4 a G6)
Aula 7	08/10	Estudo de Caso – Sessão 01 (G4 a G6)	Oficina – Construção de Pôster (G1 a G3)
Aula 8	15/10	Estudo de Caso – Sessão 02 (G1 a G3)	Oficina – Construção de Pôster (G4 a G6)
Aula 9	22/10	Estudo de Caso – Sessão 02 (G4 a G6)	Oficina – Construção de Pôster (G1 a G3)
Aula 10	29/10	Caso Investigativo – Sessão 03 (G1 a G6)	
Aula 11	05/11	Estudo de Caso – Sessão 04 (G1 a G3)	Apresentação Poster: AOP (G4 a G6)
Aula 12	12/11	Estudo de Caso – Sessão 04 (G4 a G6)	Apresentação Poster: AOP (G1 a G3)
Aula 13	19/11	Estudo de Caso – Sessão 05 (G1 a G3)	Prova – Parte I (G4 a G6)
Aula 14	26/11	Estudo de Caso – Sessão 05 (G4 a G6)	Prova – Parte I (G1 a G3)
Aula 15	03/12	Exposição Oral (Alunos): Resolução do Estudo de Caso Prova – Parte II	
Aula 16	10/12	Estudo de Caso – Sessão 06 Avaliação das Atividades da Disciplina	
Aula 17	17/12	Atividades Finais da Disciplina	

(*) Artigo Original de Pesquisa

APÊNDICE F - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E
ESCLARECIDO (TCLE)**

Por favor, leia com atenção as informações abaixo.

Caso o participante deseje, um arquivo PDF deste TCLE pode ser acessado através do link:
shorturl.at/pHM58

Qualquer dúvida entrar em contato com os pesquisadores através do contato
salete@iqsc.usp.br

* Required

1. Email address *

Título do projeto de pesquisa:

Letramento Gráfico Associado à Argumentação no Ensino Superior de Química.

Pesquisadores responsáveis:

Profa. Dra. Salete Linhares Queiroz e Mikeas Silva de Lima (doutorando).

Informações sobre a pesquisa:

Durante o desenvolvimento do presente projeto, que tem como locus as aulas de Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II (SQF321), ministradas durante o segundo semestre de 2020, serão investigadas como a aplicação de casos investigativos de caráter interrompido favorece o desenvolvimento do letramento gráfico associado à argumentação científica em atividades do ensino superior de química.

Assim, convidamos você, aluno de graduação em química, a participar deste estudo. Pedimos também autorização para utilizar seus portfólios e demais textos (verbais escritos ou orais) produzidos durante a realização das atividades, bem como a permissão para gravar em formato audiovisual algumas atividades de apresentação e discussão dos textos analisados e trabalhados nesta disciplina. Assumimos o compromisso de manter sigilo quanto a sua identidade, como também garantimos que o desenvolvimento da pesquisa foi planejado de forma a não produzir riscos para os participantes.

Declaração

Eu, abaixo assinado, tendo recebido as informações referentes à pesquisa “Letramento Gráfico Associado à Argumentação no Ensino Superior de Química”, e ciente dos meus direitos, concordo em ceder os dados produzidos durante a disciplina para o Banco de Dados do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do IQSC (GPEQSC), bem como ter:

1. A garantia de receber todos os esclarecimentos sobre todas as discussões antes e durante o desenvolvimento da pesquisa podendo afastar-me a qualquer momento assim que desejar.
2. A segurança plena de que não serei identificado, mantendo o caráter oficial da informação, assim como está assegurado que a pesquisa não acarretará nenhum prejuízo individual ou coletivo.
3. A segurança de que não terei nenhum tipo de despesa material ou financeira durante o desenvolvimento da pesquisa, bem como esta pesquisa não causará nenhum tipo de risco, dano físico, ou mesmo constrangimento moral e ético.
4. A garantia de que toda e qualquer responsabilidade nas diferentes fases da pesquisa é dos pesquisadores, bem como fica assegurado que haverá ampla divulgação dos resultados finais nos meios de comunicação e nos órgãos de divulgação científica em que a mesma seja aceita.
5. A garantia de que todo material resultante será usado exclusivamente para a construção da pesquisa e ficará sob guarda dos pesquisadores.

Tendo ciência do exposto acima, desejo participar da pesquisa.

2. Nome Completo *

3. RG *

This content is neither created nor endorsed by Google.

Google Forms

APÊNDICE G - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO *RESQUÍCIOS DE UM PASSADO CHUMBADO* PELO GRUPO 1

A Figura 1 apresenta as atividades referentes à Parte I, realizadas em sala de aula e em horário extraclasse.

Figura 1 - Atividades referentes à Parte I do estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.

Estudo de Caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	Atividades – Parte I
<p>Discussão em Sala</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso? 2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por cádmio e zinco dos habitantes da região da Diamantina e justifiquem a pertinência das mesmas. 3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando. <p>Atividades Extraclasse</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo a seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso. 5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)? 6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo? 7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão. 	

Fonte: Autorial Própria.

Com relação à pergunta 1, na Figura 1, em relação aos conhecimentos prévios do grupo para com a temática, foram mencionadas informações advindas do artigo de Corbi et al. (2006), estudado no início da disciplina com o objetivo de aproximá-los da temática, destacando que a contaminação de córregos próximos às áreas de cultivo de cana-de-açúcar se dava por meio de processos de lixiviação associados ao desmatamento das matas ciliares dos córregos. Foram ainda compartilhadas experiências que se referiam ao tombamento de carregamentos de cana-de-açúcar e o impacto de tal acidente nos recursos naturais da região onde viviam os alunos. O grupo demonstrou familiarização com a problemática da contaminação por metais pesados em recursos hídricos, o que é importante para um bom avanço na resolução do estudo de caso.

Considerando as questões 2 e 3, o grupo apresentou a hipótese de que “a contaminação por chumbo dos habitantes da Vila do Campo vem das minas de chumbo que ficam perto da

região, na floresta” e a pergunta “Qual a influência das minas de chumbo na contaminação dos rios no Parque Ecológico da Serra Divina e a sua interferência na fauna e flora local?”. Com respeito à pergunta, foi observado que ela não se constituía como uma questão na qual a sua resposta forneceria uma avaliação prática da hipótese e, posteriormente, na sessão 2, em discussão mediada pela docente, ela foi reformulada para “Qual a concentração de chumbo nos sedimentos do Rio do Campo?”.

Ainda na Parte I, em período extraclasse (Figura 1), em resposta às questões 4 a 6, o grupo escolheu e realizou a leitura do Texto de Divulgação Científica *Contaminação Além do Garimpo* (ANDRADE, 2018), que aborda a contaminação por mercúrio de povos ribeirinhos da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no Pará. A partir disso, o grupo requisitou à docente informações a respeito da preservação das matas ciliares do Rio do Campo, sendo-lhes informado que as matas ciliares dos rios da região deveriam ser consideradas como adequadamente conservadas.

O grupo requisitou ainda informações acerca das atividades que ocorriam nas minas de chumbo do Parque da Divina, o que aponta para o seu engajamento com a investigação do problema do caso. As requisições foram esclarecidas durante a realização da leitura da narrativa da Parte II: “A antiga Mineradora Hortas, localizada dentro do Parque, encerrou suas atividades em 1992, devido a dificuldades tecnológicas para o beneficiamento do minério, que era essencialmente composto por galena, com até 75% de chumbo e 2,6 a 3,4 Kg de prata por tonelada”. Após a leitura da narrativa, os estudantes se dedicaram à realização das atividades ilustradas na Figura 2.

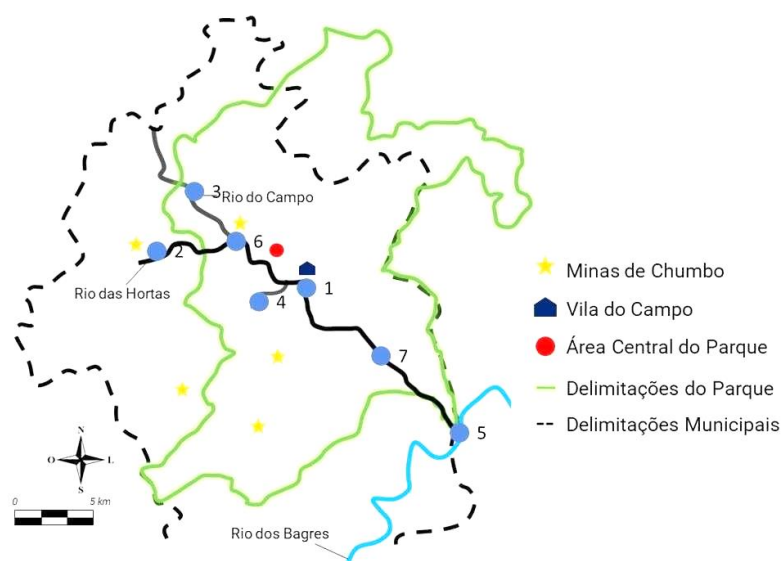
Figura 2 - Atividades referentes à Parte II do estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.

Estudo de Caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	Atividades – Parte II
Discussão em Sala	1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem no mapa da região pontos de coleta de amostras de sedimentos dos rios do Parque da Divina, com o propósito de ajudar Vitória e Igor na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.
Atividades Extraclasse	2. Auxiliar o casal sobre a forma como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquise duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn.

Fonte: Autoria Própria.

Como respostas à questão 1 (Figura 2), foram demarcados um total de sete pontos de amostragem de sedimentos nos rios da região do Parque da Divina, ilustrados na Figura 3, onde os pontos 1, 2, 4 e 6 diziam respeito à necessidade de avaliação da concentração de chumbo ao longo dos rios, e os pontos 3, 5 e 7 serviriam de referência, já que se encontram mais distantes das áreas possivelmente contaminadas.

Figura 3 - Pontos de amostragem escolhidos pelo G1 durante a resolução do caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Em relação à escolha de um equipamento analítico, solicitação da questão 2 da atividade extraclasse (Figura 2), o G1 apresentou informações a respeito da espectrometria de fluorescência de raios-X (XRFS, da sigla em inglês) e da espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS, da sigla em inglês), sendo a primeira aquela escolhida pelo grupo. O argumento defendido se baseava no menor tempo de preparo de amostra e facilidade de execução da XRFS. As escolhas dos pontos de amostragem e da técnica de XRFS foram consideradas adequadas para auxiliar os alunos no avanço da resolução e na elaboração de respostas para a questão que guiava a investigação.

Durante o debate da sessão 3, o G1 foi questionado pelo G4, inicialmente, em relação à quantidade de pontos de amostragem escolhidos, se relacionados com o tempo e o custo das análises, bem como os motivos para a escolha de apenas um ponto fora da delimitação do Parque. Como resposta, o grupo afirmou que julgava adequada a quantidade de pontos, escolhidos sem o estabelecimento de relações com o tempo e custo de análise, e que, apesar de ter marcado apenas um ponto fora da delimitação, os pontos 5 e 7 (Figura 3) serviriam para

comparação com os pontos próximos às minas. A segunda pergunta do G4 para o G1 questionava a adequação da técnica de XRFS para a análise dos sedimentos da região e o grupo realizou menção a trabalhos presentes na literatura que utilizam da metodologia para a análise do chumbo em sedimentos (SILVA; CARNEIRO; FERNANDES, 2012).

Ainda na Parte III, após o debate e apresentação dos pontos de amostragem e equipamento (FAAS) escolhidos pelos personagens do caso, as atividades da Figura 4 foram encaminhadas.

Figura 4 - Atividades referentes à Parte III do estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.

Estudo de Caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	Atividades - Parte III
Atividades Extraclasse	
1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Vitória e Igor, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem? b) Quais critérios foram usados por eles que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.	
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.	
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Vitória e Igor, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos do rio do Campo? Argumentem a favor das respostas.	
4. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.	

Fonte: Autoria Própria.

Em relação às atividades 1 e 2 da Figura 4, o G1 se posicionou a favor da manutenção das suas escolhas experimentais com base na semelhança entre a disposição dos pontos de amostragem do grupo com o dos personagens e a partir das vantagens da XRFS em relação à FASS, ressaltando-se que a técnica possui um preparo da amostra simples, não é destrutiva, e é adequada para determinação de metais pesados em sedimentos. Em relação à terceira atividade, o grupo explicitou tendências de que os pontos próximos às minas de chumbo apresentariam maiores concentrações do metal. Por fim, na atividade 4, os estudantes trouxeram definições adequadas para metais biodisponíveis e pseudototais, baseadas no estudo de Voigt, Silva e Campos (2016).

Na sessão 4, após a leitura da narrativa, os estudantes realizaram as atividades ilustradas na Figura 5.

Figura 5 - Atividades referentes à Parte IV do estudo de caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.

Estudo de Caso <i>Resquícios de um Passado Chumbado</i>	Atividades – Parte IV
<p>Discussão em Sala</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Buscando entender o “legado” e a influência das atividades da mineradora Hortas na região, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Vitória e Igor e os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens? 2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas. <p>Atividades Extraclasse</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos. 4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região do parque podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta. 5. Comparando os valores obtidos por Vitória e Igor com as concentrações máximas permissíveis e concentrações máximas negligenciáveis, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta. 6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta. 7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas. 	

Fonte: Autoria Própria.

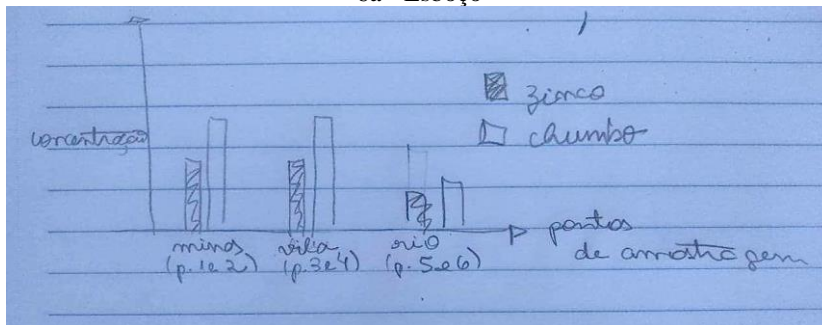
Em relação às atividades de sala de aula, as considerações do grupo ressaltaram a alta concentração de metais nos pontos 1 e 2, associada à alta proximidade destes a minas de chumbo, tanto nos metais pseudototais, quanto nos biodisponíveis, para o chumbo e o zinco. O grupo esboçou para a atividade 2 as representações alternativas ilustradas na Figura 6a, e entregou como resposta da atividade 3, em horário extraclasse, os gráficos da Figura 6b. A construção dos gráficos da Figura 6b se deu pela obtenção da média aritmética das concentrações de chumbo e zinco entre os pontos 1 e 2, que representam a maior proximidade com minas de chumbo; entre os pontos 3 e 4, que representam a área central do Parque da Divina e a Vila do Campo; e entre os pontos 5 e 6, que representam os trechos finais do Rio do Campo.

As principais observações destacadas pelo grupo nas questões 4 e 5 (Figura 5) se referiam as maiores concentrações de chumbo e zinco, pseudototais e biodisponíveis, nos pontos 1 e 2, que ultrapassam os níveis permissíveis para efeitos adversos, dada a proximidade dos pontos às minas; a diminuição das concentrações ao longo dos pontos 3 e 4 e a estabilização dos valores nos pontos 5 e 6, devido à deposição e transporte dos metais ao longo do rio. A partir disso, o grupo concluiu que o Rio do Campo estava contaminado, especialmente por chumbo, devido à exploração realizada nas minas no passado, o que verifica a validade da

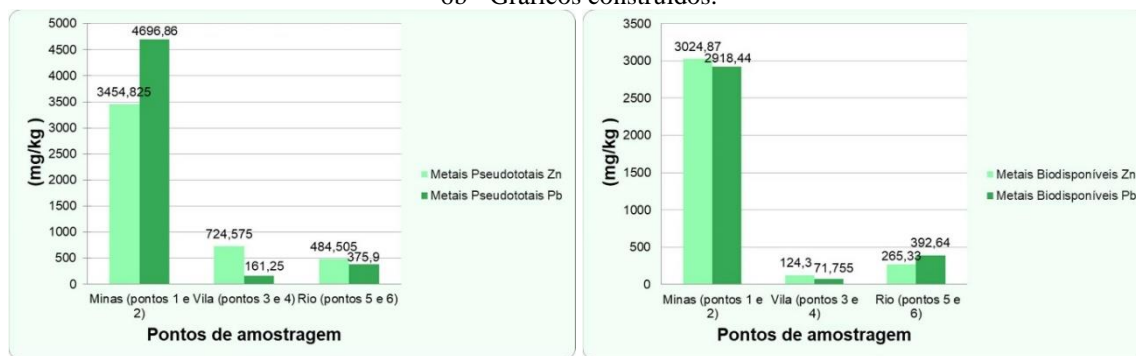
hipótese apresentada inicialmente. Outras relações destacadas pelo grupo foram apresentadas anteriormente durante as análises dos argumentos e do letramento gráfico a partir da resolução do estudo de caso.

Figura 6 - Representações alternativas construídas pelo G1 para os dados apresentados na Parte IV do caso *Resquícios de um Passado Chumbado*.

6a - Esboço



6b - Gráficos construídos.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. O. Contaminação além do garimpo. *Revista Pesquisa FAPESP*, v., 265, 2018.

CORBI, J. J.; STRIXINO, S. T.; SANTOS, A. D.; DEL GRANDE, M. Diagnóstico ambiental de metais e organoclorados em córregos adjacentes a áreas de cultivo de cana-de-açúcar (Estado de São Paulo, Brasil). *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 61-65, 2006.

SILVA, L. I. D.; CARNEIRO, M. C.; FERNANDES, T. L. A. P. Química analítica aplicada ao estudo do chumbo, Santo Amaro -BA. In: FERNANDES, F. R. C.; BERTOLINO, L. C.; EGLER, S. G. (Eds.). **Projeto Santo Amaro - BA, aglutinando ideias, construindo soluções: diagnóstico**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2012. p.174-190.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com sedimento e água de reservatório. *Química Nova*, São Paulo, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.

APÊNDICE H - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO *UMA BARRAGEM QUE NÃO ESTÁ PARE PEIXE* PELO GRUPO 2

O estudo de caso interrompido *Uma Barragem que não está para Peixe* conta a história do Thomas, um estudante de pós-graduação em química que mora e estuda em Campos Verdes. A cidade é abastecida por um reservatório de água artificial, a Barragem Diamantina, criada a partir das águas do Rio das Carpas, como ilustra a Figura 1.

Figura 1 - Mapa da região da Barragem Diamantina.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 1 foi construída com base no mapa presente no artigo original de pesquisa que deu origem ao caso (VOIGT; SILVA; CAMPOS, 2016). Como observado no mapa, a Barragem serve ainda para geração de energia elétrica e irrigação, além de dessedentação de animais, pesca, balneário e atividades de lazer. Os pais de Thomas moram na região, os quais ele visita regularmente, e em uma destas visitas, ele descobre que os habitantes da região estão sofrendo com intoxicação de zinco e cádmio. Os médicos que atendem os pacientes suspeitam que a contaminação esteja relacionada com o consumo de peixes pescados na Barragem.

A Figura 2 apresenta as atividades referentes à Parte I, realizadas em sala de aula e em horário extraclasse.

Figura 2 - Atividades referentes à Parte I do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Estudo de Caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	Atividades – Parte I
<p>Discussão em Sala</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso? 2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por cádmio e zinco dos habitantes da região da Diamantina e justifiquem a pertinência das mesmas. 3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando. 	
<p>Atividades Extraclasse</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo à seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso. 5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)? 6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo? 7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão. 	

Fonte: Autoria Própria.

Com respeito à primeira questão (Figura 2), o grupo relatou conhecimentos prévios que se remetiam aos conceitos de bioacumulação e biomagnificação de metais, com base na leitura do artigo de Belo, Quináia e Pletsch (2010), estudado no início do curso para a realização das demais atividades da disciplina e para fornecer aos estudantes informações que os familiarizariam com a temática do caso e, assim, auxiliaria na sua resolução. Com isso, o grupo demonstrou conhecimentos acerca da temática, úteis no direcionamento de uma resolução efetiva do problema.

Em relação as questões 2 e 3 (Figura 2), as hipóteses formuladas pelo grupo diziam que a contaminação da barragem poderia estar relacionada, “*com o descarte de efluentes inapropriados, que está ligado a ocupação humana*”; ou “*com atividade agropecuária ao entorno da barragem*”; ou “*com a atividade da hidrelétrica instalada em Diamantina, que possui contato direto com a barragem*”. O grupo elaborou também a pergunta “*Qual a concentração de cádmio e zinco nos sedimentos da Barragem Diamantina?*”, a qual foi considerada adequada para guiar a investigação.

Com respeito às questões 4 a 6, das atividades extraclasse (Figura 2), os integrantes do G2 realizaram a leitura do Texto de Divulgação Científica *Contaminação Além do Garimpo* (ANDRADE, 2018), e a partir dos conceitos e discussões do texto, o grupo requisitou

informações a respeito da geologia e geografia local, do saneamento básico e da natureza das atividades humanas e agropecuárias presentes na região, o que demonstrou o engajamento dos estudantes no processo de resolução do caso.

A docente atendeu as solicitações do grupo durante a etapa de feedback, na segunda sessão de aplicação do caso. Em relação à geografia local, foi comentado que a região se configurava como um planalto, com um desnível na região em investigação, que foi aproveitado para realizar o alagamento e criação da Barragem Diamantina (PARANÁ, 2017). Em relação à geologia local, foi informado que existiam na região solos litólicos, pouco profundos e muito susceptíveis à erosão; latossolos vermelho e amarelo, de baixa fertilidade natural; podzólicos vermelho amarelo, facilmente erodíveis; e cambissolos, rasos e de limitado uso agrícola (COPEL, 1999). Em relação ao saneamento básico, foi comentado que existia, de fato, o depósito parcial de resíduos domésticos na barragem, porém a água era tratada após ser canalizada para fins de abastecimento.

As informações com respeito às atividades antropológicas da região foram fornecidas durante a realização da leitura da narrativa da Parte II, como por exemplo, “[...] 40% da bacia hidrográfica de Diamantina é utilizada para agricultura anual em sistema de plantio direto de soja, milho, feijão, trigo, cevada e aveia; 22% da área é destinada a pastagem e agropecuárias de suinocultura, avicultura e bovinocultura; 25% da região é ocupada por floresta, e 13% é constituída por mata ciliar. [...] Outro problema recorrente diz respeito à lavagem de sacos e containers de adubo químico em riachos que deságuam no reservatório, ocasionando eutrofização. A exploração minerária clandestina também é conhecida na região [...]”. Após a leitura da narrativa da Parte II, os estudantes se dedicaram à realização das atividades ilustradas na Figura 3.

Para a demarcação de pontos de amostragem, conforme solicitado na questão 1 (Figura 3), o G2 comentou que gostaria de realizar uma demarcação do tipo sistemática, com malha quadrada, na qual “a distribuição dos pontos é feita por meio de uma malha de amostragem, a qual evita a coleta de amostras em pontos muito próximos” (FIGUEIREDO, 2004, p. 32). Foram demarcados um total de 22 pontos de amostragem, conforme a Figura 4. As justificativas apresentadas para a demarcação ilustrada na Figura 4 diziam respeito à escolha de pontos de referência, no começo do rio; pontos para verificar a influência das atividades ao redor da barragem, na área central e nas proximidades da hidrelétrica.

Figura 3 - Atividades referentes à Parte II do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Estudo de Caso <i>Uma Barragem que não está para Peixe</i>	Atividades – Parte II
Discussão em Sala	
1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem no mapa da região pontos de coleta de amostras de sedimentos da Barragem Diamantina, com o propósito de ajudar Thomas e Júlio na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.	
Atividades Extraclasse	
2. Auxiliar Thomas e Júlio na forma de como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquisem duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn.	

Fonte: Autoria Própria.

Figura 4 - Pontos de amostragem escolhidos pelo G2 durante a resolução do caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Referente à questão 2 da atividade extraclasse (Figura 3), o G2 pesquisou informações sobre a espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS, da sigla em inglês) e sobre a espectroscopia de absorção atômica em forno de grafite (GFAAS, da sigla em inglês). A primeira técnica foi aquela escolhida pelo grupo, com base nos custos dos equipamentos e tempos de análise, que são menores para a FAAS em relação à GFAAS. As escolhas dos pontos de amostragem e da técnica instrumental foram consideradas pertinentes para subsidiar o G2 no avanço da resolução do estudo de caso.

Durante o debate da sessão 3, o G2 foi solicitado pelo G5 a explicar por que o grupo não escolheu o GFAAS, visto que esta possui vantagens em relação a FAAS, no que diz respeito à determinação multielementar e a eficiência; e por que o grupo demarcou os pontos 3 e 6, visto

que o mapa não apresenta nenhum tipo de influência antropológica próxima a eles. Para o primeiro questionamento, o G2 respondeu que, apesar dos métodos em questão serem bastante semelhantes, a GFAAS se mostrou mais cara do que a de FAAS, o que determinou a escolha da última pelo grupo. Já para a segunda questão, o G2 explicou que os pontos 3 e 6 foram tomados como pontos de referência, para comparações com pontos em áreas que sofrem grande influência de atividades humanas, exemplificando que o ponto 16 também foi escolhido com este propósito.

Ainda na sessão 3, após o debate e apresentação dos pontos de amostragem e equipamento (FAAS) escolhidos pelos personagens do caso, as atividades da Figura 5 foram requisitadas.

Figura 5 - Atividades referentes à Parte III do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Estudo de Caso
Atividades – Parte III

Uma Barragem que não está para Peixe

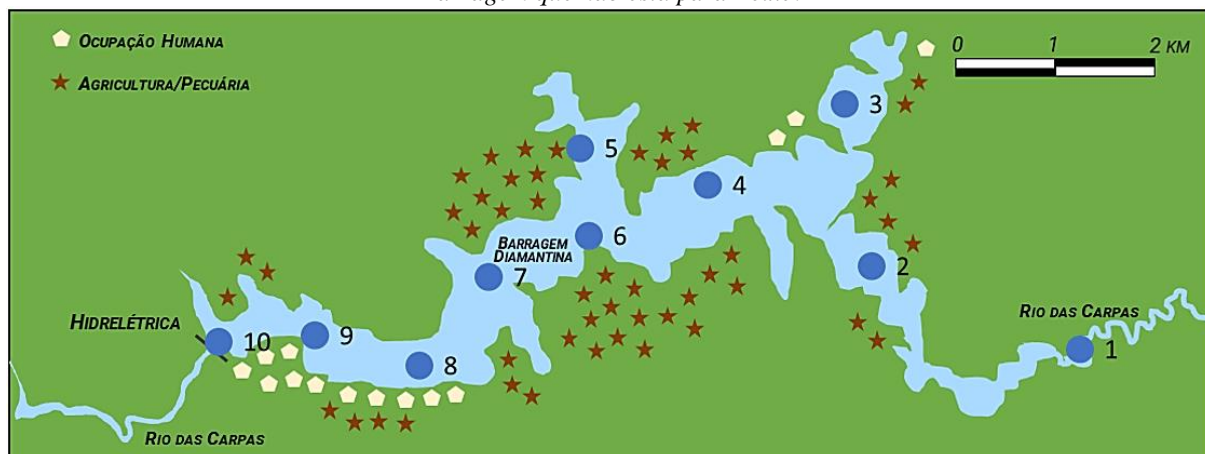
Atividades Extraclasse

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Thomas e Júlio, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem? b) Quais critérios foram usados por eles que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Thomas e Júlio, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos da Barragem Diamantina? Argumentem a favor das respostas.
4. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.

Fonte: Autoria Própria.

Em relação às questões 1 e 2 da Figura 5, o grupo decidiu reduzir a quantidade de pontos de amostragem, visando a redução dos custos e tempo de análise. A Figura 6 ilustra a reconfiguração dos pontos de amostragem escolhidos pelo G2. Com respeito à mudança da técnica analítica instrumental, visto que aquela escolhida pelo grupo é a mesma que aquela escolhida pelos personagens, o G2 defendeu a permanência na utilização da FAAS.

Figura 6 - Nova configuração dos pontos de amostragem escolhidos pelo G2 durante a resolução do caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.



Fonte: Autoria Própria.

Em relação à terceira questão da Figura 5, o grupo explicitou tendência generalizadas de alteração nas concentrações de cádmio e zinco biodisponível nos sedimentos, devido às atividades no entorno da barragem. Na questão 4, o G2 trouxe definições de metais pseudototais e biodisponíveis baseadas no estudo de Ávila, Bianchina e Illia (2015). Observou-se que o grupo demonstrou entendimento parcial dos conceitos de metais pseudototais, definidos pelos estudantes como “*a soma das frações fracamente ligadas e fortemente ligadas*”. Tal definição é incompleta, já que não compreende os aspectos relacionados às maneiras como as frações fortemente ligadas podem ser extraídas.

A partir disso, na quarta sessão de aplicação dos estudos de caso, durante a sessão conjunta, a docente discutiu com o grupo definições adequadas para os conceitos de metais pseudototais e biodisponíveis. Em seguida, após a leitura da narrativa, os estudantes do G2 realizaram as atividades ilustradas na Figura 7.

Em relação às questões 1 e 2 das atividades de sala de aula (Figura 7), como relações iniciais, o G2 indicou concentrações de cádmio pseudototal no ponto 4 acima do Nível 2 do CONAMA (BRASIL, 2012), e aumento das concentrações pseudototais do ponto 1 ao ponto 4 para a maioria dos metais. Acerca das representações alternativas, o grupo esboçou o gráfico de barras da Figura 8a, no qual “*Period*” seriam os metais, e “*Team*” seriam os pontos. O gráfico resultante é aquele apresentado na Figura 8b, que apresenta a distribuição dos resultados referentes à análise dos metais pseudototais ao longo dos quatro pontos de amostragem. As linhas horizontais coloridas representam valores máximos recomendáveis pelo CONAMA (BRASIL, 2012).

Figura 7 - Atividades referentes à Parte IV do estudo de caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Estudo de Caso
Uma Barragem que não está para Peixe
Atividades – Parte IV

Discussão em Sala

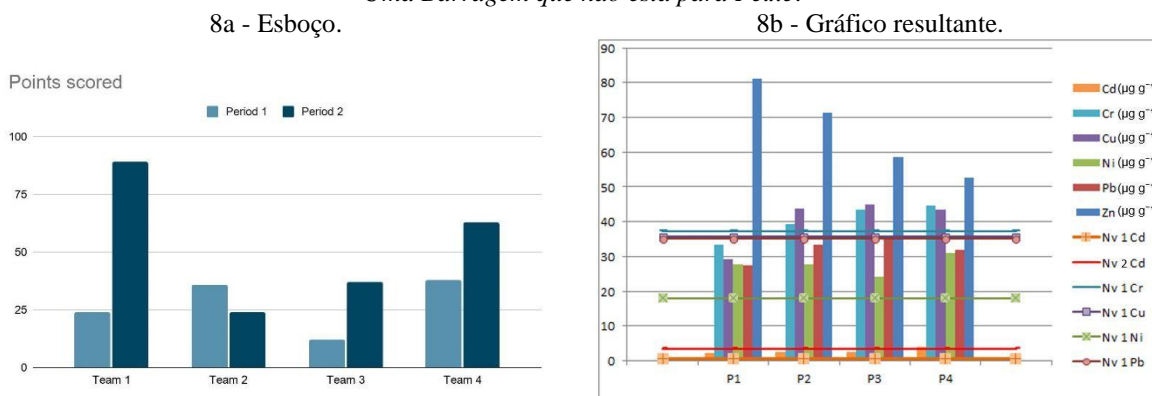
1. Buscando entender a influência das atividades antrópicas na região da Diamantina para com a vida aquática da Barragem, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Thomas e Júlio e os pontos de amostragem escolhidos por eles?
2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas.

Atividades Extraclasse

3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos.
4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região do parque podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta.
5. Comparando os valores obtidos por Thomas e Júlio com os níveis 1 e 2 dos valores referência de concentrações máximas permissíveis do CONAMA, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta.
6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta.
7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas.

Fonte: Autoria Própria.

Figura 8 - Representações alternativas construídas pelo G2 para os dados apresentados na Parte IV do caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Além do gráfico da Figura 8b, o G2 apresentou as tabelas ilustradas na Figura 9, com os valores de concentração dos metais com valor de referência nas normas do CONAMA (BRASIL, 2012). As concentrações que ultrapassam o Nível 2 possuem destaque em vermelho;

concentrações que ultrapassam apenas o Nível 1, possuem destaque amarelo; e aquelas que não ultrapassam o Nível 1, possuem destaque verde.

Figura 9 - Tabelas construídas pelo G2 a partir dos dados apresentados na Parte IV do caso *Uma Barragem que não está para Peixe*.

Tabela 1. Concentração de metais pseudo-totais (Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$)) em sedimentos da Barragem Diamantina nos quatro pontos de coleta.

Pseudo-totais	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P1	2,14 ± 0,07	33,48 ± 0,90	29,2 ± 0,67	27,69 ± 1,21	27,51 ± 1,38	81,13 ± 2,30
P2	2,39 ± 0,23	39,24 ± 0,73	43,77 ± 0,57	27,8 ± 1,93	33,49 ± 0,96	71,44 ± 2,50
P3	2,38 ± 0,26	43,33 ± 2,06	44,87 ± 1,52	24,21 ± 1,42	34,9 ± 1,14	58,51 ± 1,80
P4	4,0 ± 0,317	44,66 ± 2,51	43,46 ± 1,03	30,88 ± 2,77	31,96 ± 0,55	52,62 ± 1,57

Verde= nível abaixo do nível 1 do CONAMA; Amarelo= entre o nível 1 e 2 do CONAMA; Vermelho= acima nível 2 do CONAMA

Tabela 2. Concentração de metais biodisponíveis (Concentração ($\mu\text{g g}^{-1}$)) em sedimentos da Barragem Diamantina nos quatro pontos de coleta.

Biodisponíveis	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P1	0,03 ± 0,002	2,46 ± 0,16	6,12 ± 0,48	0,84 ± 0,08	2,36 ± 0,17	12,84 ± 0,74
P2	0,02 ± 0,006	2,82 ± 0,20	8,61 ± 0,46	0,83 ± 0,07	3,08 ± 0,17	7,94 ± 0,37
P3	0,03 ± 0,004	2,83 ± 0,31	8,86 ± 0,42	0,83 ± 0,11	2,33 ± 0,16	6,65 ± 0,16
P4	0,007 ± 0,002	2,50 ± 0,24	7,15 ± 0,02	0,76 ± 0,04	1,86 ± 0,07	5,19 ± 0,17

Verde= nível abaixo do nível 1 do CONAMA

Fonte: Acervo da Pesquisa.

A partir dessas representações, as principais observações destacadas pelo grupo nas questões 4 e 5 (Figura 7) se referem à ocorrência de concentrações de cádmio pseudototal acima do Nível 1 ao longo de toda a barragem, e acima do Nível 2, no ponto 4, que poderiam estar relacionadas com a ocupação humana e o descarte inadequado de lixo que contenha pilhas e baterias; concentrações de crômio pseudototal aumentando do ponto 1 para o 4, que poderiam estar relacionadas com a utilização do metal em insumos pecuários nas atividades agropecuárias realizadas ao redor da barragem; aumento significativo de cobre pseudototal do ponto 1 para os pontos 2 e 3, que poderia estar relacionado com as intensas atividades agropecuárias ao redor desses pontos, já que o metal é utilizado em atividades agrícolas e processos industriais, referenciando o estudo de Grigoletto et al. (2012); concentrações de níquel pseudototal superiores ao Nível 1 em todos os pontos ao longo da barragem; e concentrações abaixo do Nível 1 para zinco e chumbo.

Como resposta à questão 6, o grupo indicou que os dados auxiliam na confirmação da hipótese de que a contaminação de cádmio pode estar vindo da contaminação, causando a biomagnificação e a bioacumulação dos metais pesados nos organismos da região. O grupo

comenta ainda que hipóteses relacionadas ao zinco não foram validadas, já que o metal não ultrapassa o Nível 1 do CONAMA em nenhum dos pontos de amostragem, justificando esses resultados no fato do zinco se encontrar principalmente solúvel em água e pouco ligado aos sedimentos. A partir disso, o grupo sugere a análise da água da Barragem Diamantina. Outras relações destacadas pelo grupo foram apresentadas anteriormente durante as análises dos argumentos e do letramento gráfico a partir da resolução do estudo de caso.

REFERÊNCIAS

ÁVILA, C. L.; BIANCHIN, L.; ILLI, J. C. Avaliação preliminar de metais pseudo-totais e biodisponíveis em profundidade no sedimento do arroio Luíz Rau em Novo Hamburgo (RS). **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 4, p. 30-36, 2015.

ANDRADE, R. O. Contaminação além do garimpo. **Revista Pesquisa FAPESP**, v., 265, 2018.

BELO, A.; QUINÁIA, S. P.; PLETSCH, A. L. Avaliação da contaminação de metais em sedimentos superficiais das praias do lago de Itaipu. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 613-617, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 454 de 01 de novembro de 2012**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos referenciais para o gerenciamento do material a ser dragado em águas sob jurisdição nacional. Diário Oficial da União: Brasília, 01 de jan., seção 1, p. 66.


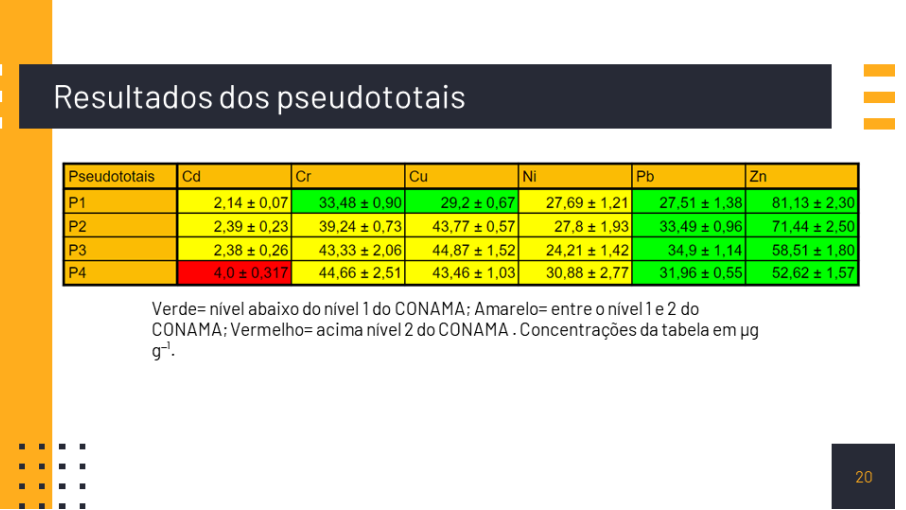
COPEL. **Usina Hidrelétrica São Jorge**. Paraná, 1999. Disponível em: <https://docplayer.com.br/75398179-Usina-hidreletrica-sao-jorge.html> Acesso em: 20 jun. 2023.

FIGUEIREDO, F. V. **Avaliação da contaminação do solo por metais provenientes de indústrias recicladoras de chumbo**. 2004. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2004.

PARANÁ. SECRETARIA DO ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Qualidade das Águas dos Reservatórios do Estado do Paraná**. Paraná: IAP, 2017.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com sedimento e água de reservatório. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.

APÊNDICE I - CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DA EO-G2 EM NÍVEIS EPISTÊMICOS

UA	Slide / Proposições Numeradas	Níveis Epistêmicos																																			
19	 <p style="text-align: center;">Resultados das análises A Barragem não está para peixe</p>	V																																			
20	 <p style="text-align: center;">Resultados dos pseudototais</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Pseudototais</th> <th>Cd</th> <th>Cr</th> <th>Cu</th> <th>Ni</th> <th>Pb</th> <th>Zn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>P1</td> <td>2,14 ± 0,07</td> <td>33,48 ± 0,90</td> <td>29,2 ± 0,67</td> <td>27,69 ± 1,21</td> <td>27,51 ± 1,38</td> <td>81,13 ± 2,30</td> </tr> <tr> <td>P2</td> <td>2,39 ± 0,23</td> <td>39,24 ± 0,73</td> <td>43,77 ± 0,57</td> <td>27,8 ± 1,93</td> <td>33,49 ± 0,96</td> <td>71,44 ± 2,50</td> </tr> <tr> <td>P3</td> <td>2,38 ± 0,26</td> <td>43,33 ± 2,06</td> <td>44,87 ± 1,52</td> <td>24,21 ± 1,42</td> <td>34,9 ± 1,14</td> <td>58,51 ± 1,80</td> </tr> <tr> <td>P4</td> <td>4,0 ± 0,317</td> <td>44,66 ± 2,51</td> <td>43,46 ± 1,03</td> <td>30,88 ± 2,77</td> <td>31,96 ± 0,55</td> <td>52,62 ± 1,57</td> </tr> </tbody> </table> <p style="font-size: small; text-align: center;">Verde= nível abaixo do nível 1 do CONAMA; Amarelo= entre o nível 1 e 2 do CONAMA; Vermelho= acima nível 2 do CONAMA . Concentrações da tabela em µg g⁻¹.</p>	Pseudototais	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	P1	2,14 ± 0,07	33,48 ± 0,90	29,2 ± 0,67	27,69 ± 1,21	27,51 ± 1,38	81,13 ± 2,30	P2	2,39 ± 0,23	39,24 ± 0,73	43,77 ± 0,57	27,8 ± 1,93	33,49 ± 0,96	71,44 ± 2,50	P3	2,38 ± 0,26	43,33 ± 2,06	44,87 ± 1,52	24,21 ± 1,42	34,9 ± 1,14	58,51 ± 1,80	P4	4,0 ± 0,317	44,66 ± 2,51	43,46 ± 1,03	30,88 ± 2,77	31,96 ± 0,55	52,62 ± 1,57	I, II II, VI II, IV, VI IV
Pseudototais	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn																															
P1	2,14 ± 0,07	33,48 ± 0,90	29,2 ± 0,67	27,69 ± 1,21	27,51 ± 1,38	81,13 ± 2,30																															
P2	2,39 ± 0,23	39,24 ± 0,73	43,77 ± 0,57	27,8 ± 1,93	33,49 ± 0,96	71,44 ± 2,50																															
P3	2,38 ± 0,26	43,33 ± 2,06	44,87 ± 1,52	24,21 ± 1,42	34,9 ± 1,14	58,51 ± 1,80																															
P4	4,0 ± 0,317	44,66 ± 2,51	43,46 ± 1,03	30,88 ± 2,77	31,96 ± 0,55	52,62 ± 1,57																															
	<p>1 Após o preparo das amostras, amostras preparadas e analisadas, vem as respostas, o resultado das análises, que foi obtido e a barragem aparentemente, não está para peixe, como podemos ver.</p>																																				
	<p>2 Aqui, os resultados dos pseudototais, podemos ver logo de cara que tem a cor vermelha aqui ((aponta para célula vermelha da tabela)), que chama bastante atenção.</p>																																				
	<p>3 Que para os parâmetros utilizados, melhor dizendo, para os parâmetros utilizados para a gente dizer se estava ou não contaminado, que pode ou não ser adversos, a gente usou os níveis da CONAMA, que a CONAMA disponibiliza para a gente.</p>																																				
	<p>4 Sendo o Nível 1 da CONAMA ((apontador esboça sublinhado do texto 'nível 1 do CONAMA')), se está abaixo do Nível 1, está tranquilo, não sofre, não causa nenhum problema e nenhum impacto para a saúde humana, e nem para a biota marinha, que é aqueles que estão em verde.</p>																																				
	<p>5 Como vocês podem ver, o chumbo, o zinco, ((apontador esboça colunas 'Pb' e 'Zn' da tabela)) estão completamente tranquilos.</p>																																				

6	O cobre, o cromo, ((<i>aponta para células verdes do cobre e do cromo da tabela</i>)) no ponto 1, também passaram de boa.	IV
7	Agora o ponto amarelo ((<i>aponta para texto 'Amarelo'</i>)), aqueles que estão acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2.	II, VI
8	Esses que estão acima do Nível 1 e abaixo do Nível 2 são aqueles que tem a menor probabilidade e menor risco de acarretar algum problema na saúde humana e na biota marinha.	IV, VI
	Não marinha na biota da barragem, perdão.	N.A.
9	Então, são todos esses amarelos.	IV
10	Podemos ver o que o níquel ((<i>apontador esboça coluna 'Ni' da tabela</i>)) apresenta bastante aqui ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno do valor '27,69'</i>)), porém, como vocês podem ver, o níquel, ele se mantém bastante constante ((<i>aponta para valores da coluna 'Ni' da tabela, de cima para baixo, indo e voltando</i>)) ao longo da barragem inteira, levando a pensar que o níquel já vinha contaminado lá do Rio das Carpas, que é o rio que gera a barragem, e não que tenha alguma coisa que esteja interferindo de fato.	I, III, V
11	Agora o cobre, a gente pode ver que, a partir do ponto 2 ((<i>aponta para valor '43,77'</i>)), que é onde tem o maior impacto da agropecuária, ele sobe bastante e depois se mantém constante ((<i>aponta para valores da coluna 'Cu' da tabela, de cima para baixo, indo e voltando</i>)).	II, III
12	E o que faz a gente pensar que o cobre, como ele é utilizado para alguns fertilizantes na área de trigo, e, também, para alguns controles de pragas e de fungos, ele pode estar sendo afetado, podendo contaminar o lençol freático, e, assim, indo para a barragem.	V, VI
13	Então, isso nos faz pensar, já que o cobre está sendo utilizado nessas áreas, ele pode estar sendo um dos causadores, que seja a agropecuária ali envolvida.	I, V
14	O cromo, você pode ver que ele aumenta bastante no ponto 2 ((<i>aponta para valor '39,24'</i>)), e depois aumenta mais ainda no ponto 3 ((<i>apontador esboça linha descendente na coluna 'Cr' da tabela</i>)) e se mantém no ponto 4 também.	III
15	Sendo que o cromo, ele é bastante utilizado para a construção de ligas metálicas, fazer uma cromagem, alguma coisa nesse sentido de metalurgia.	VI
16	Ele pode ser algum descarte de alguma indústria, de algum resíduo que acaba ficando, que esteja sendo descartado lá, isso é uma outra opção também, levantada.	V
17	E o cádmio, você pode ver que ele começa bem constante na barragem ((<i>aponta para valor '2,14'</i>)), se mantém ((<i>aponta para valores da coluna 'Cd' da tabela, de cima para baixo, deixando a ponteira em repouso sobre o último valor</i>)), e no ponto 4 ele tem um aumento drástico, passando do Nível 2, que acima do Nível 2 é onde tem a maior probabilidade e o maior risco de contaminação, certo?	III, IV, VI
	Mas por que o cádmio está tão impactante ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da célula vermelha</i>))?	N.A.
	Por que está bastante impactante no ponto 4 ((<i>aponta para célula 'P4'</i>))?	N.A.
18	Porque o cádmio é bem utilizado na utilização de pilhas, baterias, esses tipos de coisas, então são mais relacionadas à atividade humana, e não tanto na agropecuária, que nem os outros metais.	VI
19	O cádmio principalmente, pode ser devido ao descarte de pilhas e baterias, que não tem uma cultura no Brasil, popularmente, que abrange essa coleta bem, é bem jogado, vamos dizer assim, geralmente quando acaba a pilha, o pessoal só joga fora, não liga muito.	VI

20	Então, tem que ter um pouco mais de consciência nessa parte, que, podemos ver aqui ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da célula vermelha</i>)), acaba contaminando o pessoal.	V
	Outra pergunta que vocês devem estar se perguntando também ((<i>aponta para célula 'Zn'</i>)), já que a vizinha da mãe de Thomas estava contaminada por cádmio e zinco.	N.A.
21	Cádmio a gente pode ver aqui que estava bem contaminado mesmo ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da célula vermelha</i>)).	V
	E zinco? ((<i>apontador esboça coluna 'Zn' da tabela</i>))	N.A.
	Ué, mas porque o zinco?	N.A.
22	Já que está tudo verde.	IV
23	O zinco é um metal muito solúvel e ele não fica ligado aos sedimentos, e como foram feitas as análises no sedimento, acabou que esse aqui ((<i>apontador esboça coluna 'Zn' da tabela</i>)) pode ser um falso positivo, vamos dizer assim.	V, VI
24	Pode estar contaminado, porém nessa análise que a gente fez, não conseguimos saber com certeza ou não, certo?	V
25	Pois o zinco é um metal muito solúvel e não fica ligado aos sedimentos.	VI

Resultados dos biodisponíveis

Biodisponíveis	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
P1	0,03 ± 0,002	2,46 ± 0,16	6,12 ± 0,48	0,84 ± 0,08	2,36 ± 0,17	12,84 ± 0,74
P2	0,02 ± 0,006	2,82 ± 0,20	8,61 ± 0,46	0,83 ± 0,07	3,08 ± 0,17	7,94 ± 0,37
P3	0,03 ± 0,004	2,83 ± 0,31	8,86 ± 0,42	0,83 ± 0,11	2,33 ± 0,16	6,65 ± 0,16
P4	0,007 ± 0,002	2,50 ± 0,24	7,15 ± 0,02	0,76 ± 0,04	1,86 ± 0,07	5,19 ± 0,17

Verde= nível abaixo do nível 1 do CONAMA; Amarelo= entre o nível 1 e 2 do CONAMA; Vermelho= acima nível 2 do CONAMA. Concentrações da tabela em $\mu\text{g g}^{-1}$.

21

21

26	Agora os resultados dos biodisponíveis, a gente vê que estão todos bem tranquilos ((<i>apontador passa por cima da tabela</i>)), não passou nenhum, nem do Nível 1, nem do Nível 2 da CONAMA.	I, IV
27	Então, por ser algo em menor quantidade, eles vão estar tranquilos, não está prejudicando a saúde.	V
28	O problema mesmo são os pseudototais, que remetem aquele todo, que podem estar ali, acabando, entrando na cadeia alimentar devido a alguma alga que puxou do sedimento, alguma coisa que está ali mais embaixo, colocando na cadeia alimentar, e assim, por biomagnificação, vai rodando ao longo da cadeia, acumulando cada vez mais, cada nível trófico que vai subindo, podendo chegar até nós, que somos o topo da cadeia, muito contaminados.	V, VI

22

Conclusão do grupo

Detenham a pescaria

- 29 Bom, a conclusão do grupo é que detenham a pescaria, por mais que seja algo tradicional lá, não está sendo aconselhável assim.

V

23

- Contaminação do Cádmi
- Contaminação do Zinco

Pseudototais	Cd	Zn
P1	2,14 ± 0,07	81,13 ± 2,30
P2	2,39 ± 0,23	71,44 ± 2,50
P3	2,38 ± 0,26	58,51 ± 1,80
P4	4,0 ± 0,317	52,62 ± 1,57



23

- 30 Principalmente pela contaminação de cádmio ((*fala acompanha sublinhamento do texto 'Contaminação do Cádmi'*)), que, podemos ver aqui, no ponto 4, ((*apontador faz movimento circular em torno da célula vermelha na tabela*)) ela está bem, interferência aqui ((*apontador faz movimento circular em torno da demarcação 'P4' no mapa*)) na área humana, onde possivelmente pode ser aqueles descartes de efluentes que não são tão cuidados assim, ou não tão preservados, simplesmente são jogados lá.
- 31 E o zinco ((*aponta para texto 'Zinco'*)), tem que tomar aquele cuidado, já que, essa análise de sedimentos que a gente fez, não conseguiu captar a concentração certa do zinco, a contaminação ideal, pois o zinco não fica ligado aos sedimentos.
- 32 Então, como a vizinha da mãe de Thomas estava contaminada por zinco, ainda é bom deixar um asterisco aqui ((*apontador desenha asterisco ao lado da palavra 'Zinco'*)) no zinco, já que não temos a certeza.
- 33 Porém a certeza que a gente tem é que o cádmio ((*apontador sublinha célula vermelha na tabela*)) está bem contaminado aqui ((*apontador faz movimento circular em torno da demarcação 'P4' no mapa*)), então, algo precisa ser feito em relação a isso.

I, II, V

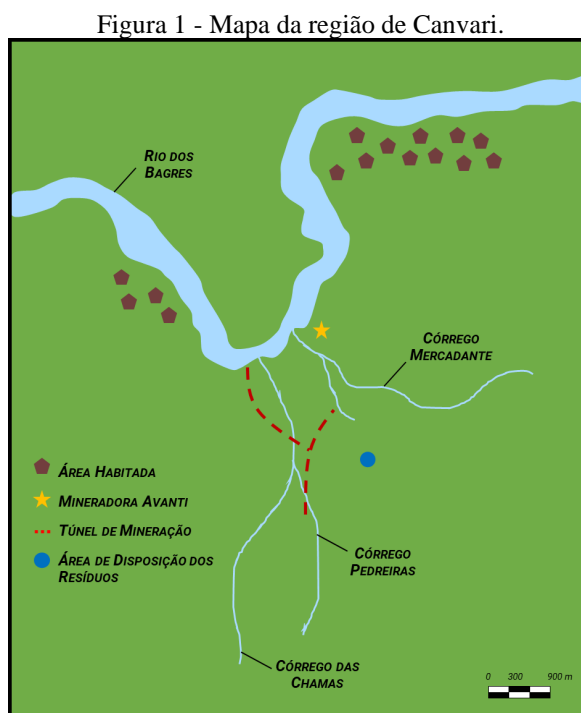
V, VI

I, V

V

APÊNDICE J - RESOLUÇÃO DO ESTUDO DE CASO *UM RIO DE MINÉRIOS PELO GRUPO 3*

O estudo de caso *Um Rio de Minérios* apresentava o município de Canvari, localizado às margens da bacia hidrográfica do Rio dos Bagres, o qual era utilizado para abastecimento (Figura 1).



Fonte: Autorial Própria.

A Figura 1 foi construída com base no mapa presente no artigo que deu origem ao caso (VOIGT; SILVA; CAMPOS, 2016). Os habitantes de Canvari foram informados acerca do aparecimento de casos de intoxicação por chumbo na população e, diante dessa situação, Angelina, a secretária de saúde de Canvari, resolveu consultar sua prima Joana e sua amiga Stephany, estudantes de química, acerca de como proceder nas investigações para encontrar a origem do problema.

A Figura 2 apresenta as atividades referentes à Parte I, realizadas em sala de aula e em horário extraclasse.

Figura 2 - Atividades referentes à Parte I do estudo de caso *Um Rio de Minérios*.

Estudo de Caso <i>Um Rio de Minérios</i>	Atividades – Parte I
<p>Discussão em Sala</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes, quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso? 2. Construam hipóteses sobre a origem da contaminação por chumbo dos habitantes da região de Canvari e justifiquem a pertinência das mesmas. 3. Proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto local da narrativa, e as possíveis respostas devem fornecer informações para que os personagens possam tomar providências para resolver o problema que estão enfrentando. 	
<p>Atividades Extraclasse</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Pesquisem e selecionem um texto de divulgação científica que trate do assunto abordado no caso, construam um resumo a seu respeito, indicando a motivação do grupo para a sua escolha e quais informações nele contidas podem auxiliar na compreensão e ou resolução do caso. 5. Tendo em vista a leitura do TDC, o que vocês acreditam que seria interessante saber para resolver o caso, em termos de conteúdos científicos (da área de ciências naturais) e gerais (demais áreas de conhecimento)? 6. Existem outras informações adicionais acerca do contexto local do caso que permitiriam a elaboração de hipóteses mais precisas e a formulação de uma questão mais clara por parte do grupo? 7. Os membros do grupo devem ler o material “Técnicas de Amostragem”, disponível no Tidia-Ae, como subsídio para o estabelecimento de discussões na próxima sessão. 	

Fonte: Autoria Própria.

Com respeito à primeira questão (Figura 2), o grupo relatou conhecimentos prévios acerca de doenças atreladas à intoxicação por chumbo, como por exemplo, o saturnismo, bem como conhecimentos advindos da leitura do artigo de Campos et al. (2009), estudado no início das atividades da disciplina para a realização das demais atividades da disciplina e para fornecer aos estudantes informações que os familiarizariam com a temática do caso e, assim, auxiliaria na sua resolução. Com isso, o grupo demonstrou conhecimentos acerca da temática, oportunos para a resolução do estudo de caso.

Em relação às questões 2 e 3, as hipóteses elaboradas pelo grupo diziam “*que a contaminação dos habitantes se dá pela má deposição dos rejeitos da mineradora, próxima ao Rio dos Bagres*”. Já em relação à questão investigativa, o grupo apresentou a pergunta “*Quais as concentrações de chumbo (Pb) nos sólidos em suspensão e na água do Rio dos Bagres?*”, a qual foi considerada adequada para guiar a investigação.

Com respeito às questões 4 a 6 das atividades extraclasse (Figura 2), o grupo também teve contato com o Texto de Divulgação Científica de Andrade (2018), *Contaminação além do garimpo*, que trata sobre casos de contaminação por mercúrio de povos ribeirinhos no Pará. A partir da sua leitura, o grupo requisitou informações sobre a possibilidade da contribuição das

cavernas calcárias para a contaminação, e solicitou ainda informações a respeito da cultura e comércio local, da correnteza do rio e da atuação da Mineradora Avanti.

A professora atendeu as solicitações do grupo durante a etapa de feedback, na segunda sessão de aplicação do caso. A respeito das cavernas calcárias da região, foi comentado que tais estavam em equilíbrio ambiental com o ecossistema do Rio dos Bagres. A respeito dos aspectos socioculturais da região, o desenvolvimento econômico da região se baseava principalmente na produção de leite, papel e banana. E, a respeito das correntezas do rio, tais possuíam comportamento de corredeiras, devido a característica geomorfológicas, e que o regime pluvial determinava cheias características no verão e estiagem no inverno.

As informações com respeito às atividades antropológicas da região foram fornecidas durante a realização da leitura da narrativa da Parte II, como por exemplo, “*O município de Canvari foi alvo de atividades de extração e refinamento de chumbo por mais de 50 anos. A principal mineradora da região era a Avanti do Brasil LTDA, que entre 1954 e 1995 realizou a extração do minério galena. Suas atividades cessaram devido ao esgotamento das jazidas. [...] . Dentre outras ações realizadas que colocaram o local em constante risco ambiental cita-se a deposição e empilhamento de resíduos a céu aberto em áreas próximas à empresa ou junto à margem do Rio dos Bagres; o lançamento de grandes quantidades de material particulado de chumbo na atmosfera, que se depositou no solo em áreas próximas; e o lançamento de resíduos e efluentes diretamente no leito do Rio dos Bagres*”. Após a leitura da narrativa da Parte II, os estudantes se dedicaram à realização das atividades ilustradas na Figura 3.

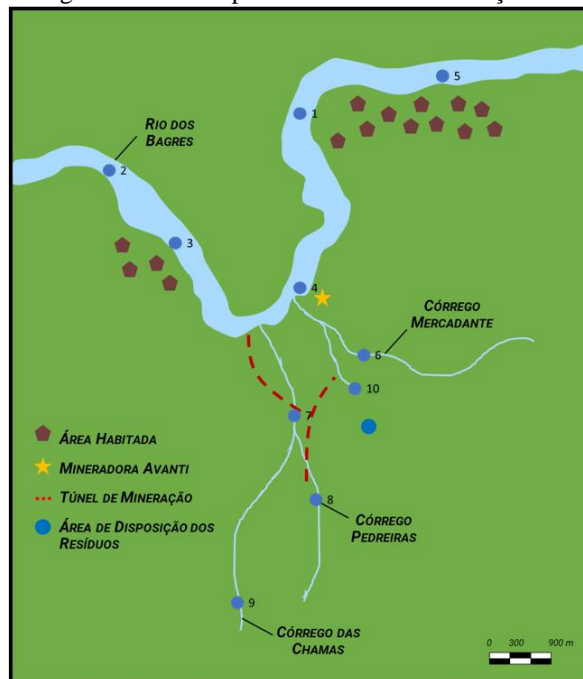
Figura 3 - Atividades referentes à Parte II do estudo de caso *Um Rio de Minérios*.

Estudo de Caso <i>Um Rio de Minérios</i>	Atividades – Parte II
Discussão em Sala	
1. Considerando a questão de investigação proposta pelo grupo e a leitura do material disponibilizado no Tidia-Ae, escolham e demarquem no mapa da região pontos de coleta de amostras de sedimentos no Rio dos Bagres e córregos vizinhos, com o propósito de ajudar Joana e Stephany na investigação que estão realizando. Justifiquem a escolha desses pontos.	
Atividades Extraclasse	
2. Auxiliar Joana e Stephany na forma de como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquisem duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em amostras de sedimento e argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada, de acordo com os seguintes critérios: complexidade de funcionamento do equipamento, faixas de limite de detecção, custo do equipamento, custo das análises, quantidade de amostra necessária para efetuação das análises, tempo de análise, dentre outros que o grupo julgue interessante. Os metais a serem determinados são: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn.	

Fonte: Autoria Própria.

Com respeito à questão 1 da atividade de sala de aula (Figura 3), o grupo demarcou 10 pontos de amostragem identificados no mapa da Figura 4.

Figura 4 - Pontos de amostragem escolhidos pelo G3 durante a resolução do caso *Um Rio de Minérios*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

As justificativas apresentadas para a demarcação ilustrada na Figura 4 se referiam à escolha de pontos de controle em áreas que supostamente não estariam contaminadas (pontos 2, 8 e 9), e escolha de pontos, a partir dos quais, seria possível estabelecer relações entre as concentrações e atividades antropológicas próximas (pontos 1, 3 a 7 e 10).

Em relação à escolha e argumentação de uma técnica analítica na questão 2 da atividade extraclasse, os estudantes do G3 pesquisaram acerca da espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS, da sigla em inglês) e da espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES, da sigla em inglês), argumentando a favor da primeira com base na exatidão, velocidade de análise e menor interferência da técnica. A partir das justificativas apresentadas pelo grupo, os pontos e técnica analítica selecionadas foram considerados adequados para dar prosseguimento à resolução do caso.

Durante o debate da sessão 3, o G3 foi questionado pelo G6 a respeito dos critérios para a escolha da quantidade de pontos da Figura 4 e dos critérios para seleção da ICP-MS. Os estudantes do G3 comentaram que, para a escolha dos pontos de amostragem, o grupo levou em consideração os locais que gostariam de examinar, selecionando, assim, localizações não muito próximas, para que não houvesse redundância nos dados. O grupo mencionou ainda que

a escolha de 10 pontos se relacionava também com o alto custo de operação da ICP-MS, técnica escolhida, e, dessa forma, não implementaram mais pontos de amostragem visando não encarecer a análise. Com respeito aos critérios para seleção da ICP-MS, o grupo comentou que, apesar do seu custo, a sensibilidade, precisão e limite de detecção, superiores a ICP-OES, foram os fatores determinantes na sua escolha.

Ainda na sessão 3, após o debate e apresentação dos pontos de amostragem e equipamento (ICP-OES) escolhidos pelos personagens do caso, as atividades da Figura 5 foram solicitadas.

Figura 5 - Atividades referentes à Parte III do estudo de caso *Um Rio de Minérios*.

Estudo de Caso
Um Rio de Minérios

Atividades – Parte III

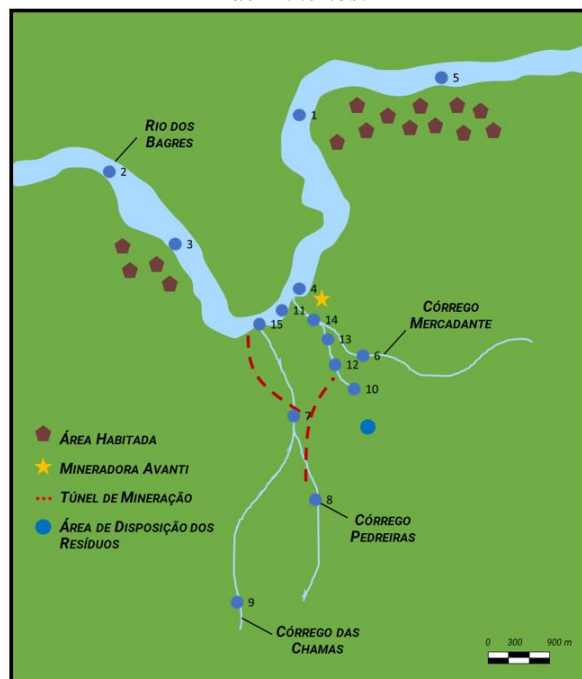
Atividades Extraclasse

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Joana e Stephany, pelo grupo de colegas e pelo grupo de vocês na seleção de pontos de amostragem? b) Quais critérios foram usados por eles que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? c) Vocês julgam pertinente alterar a delimitação dos pontos de coleta propostos pelo grupo? Argumentem a favor das respostas.
2. Vocês julgam pertinente alterar o equipamento propostos pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos colegas e pelos personagens? Argumentem a favor da resposta.
3. Considerando a questão investigativa proposta pelo grupo, a partir dos pontos de amostragens escolhidos por Joana e Stephany, quais tendências podem ser previstas para a análise dos metais nos sedimentos do Rio dos Bagres? Argumentem a favor das respostas.
4. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Apresentem o significado destes conceitos e exemplifiquem o seu uso em situação reportada em dissertação ou tese.

Fonte: Autoria Própria.

Em relação às questões 1 e 2 da Figura 5, o grupo sugeriu modificar a quantidade de pontos de amostragem, apresentando um novo mapa (Figura 6), sendo o ponto 11 adicionado para obtenção de informações a respeito do local de deposição da água de lavagem da mineradora, os pontos 12 a 14, adicionados para maior controle da concentração ao longo do córrego, e o ponto 15 para obter mais informações a respeito da influência do túnel de mineração. Com respeito à técnica, o grupo optou por permanecer com a ICP-MS, justificando que *“apesar do custo elevado, o equipamento é muito preciso e, assim, o resultado da pesquisa é mais eficiente”*.

Figura 6 - Nova configuração dos pontos de amostragem escolhidos pelo G3 durante a resolução do *caso Um Rio de Minérios*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Em relação à terceira questão da Figura 5, o grupo comentou que esperava encontrar uma maior concentração de metais pesados na região próxima à mineradora e na região de deposição dos metais. Na questão 4, o G3 definiu metais trocáveis como “*metais ligados eletrostaticamente em sítios de adsorção carregados negativamente na matéria orgânica ou em minerais, sendo assim, pode ser facilmente trocado por íons presentes na solução do solo, sendo então biodisponibilizados*”, e os metais pseudototais como “*metais que não se encontram sozinhos, uma parte que está ligada fracamente com a fase sólida, os metais que estão nos sedimentos*”. A definição apresentada para o conceito de metais trocáveis encontra-se adequada e possui correspondência em Martinelli et al. (2014). Porém, em relação aos metais pseudototais, o grupo demonstrou compreensão parcial do conceito, já que a definição apresenta certas lacunas, por exemplo, se uma parte da fração se encontra ligada à fase sólida, onde se encontra a outra parte da fração?

Na parte conjunta da quarta sessão para aplicação do estudo de caso, as definições apresentadas foram abordadas pela docente, bem como a discussão de definições mais adequadas. Em seguida, após a leitura da narrativa, os estudantes do G3 realizaram as atividades ilustradas na Figura 7.

Figura 7 - Atividades referentes à Parte IV do estudo de caso *Um Rio de Minérios*.

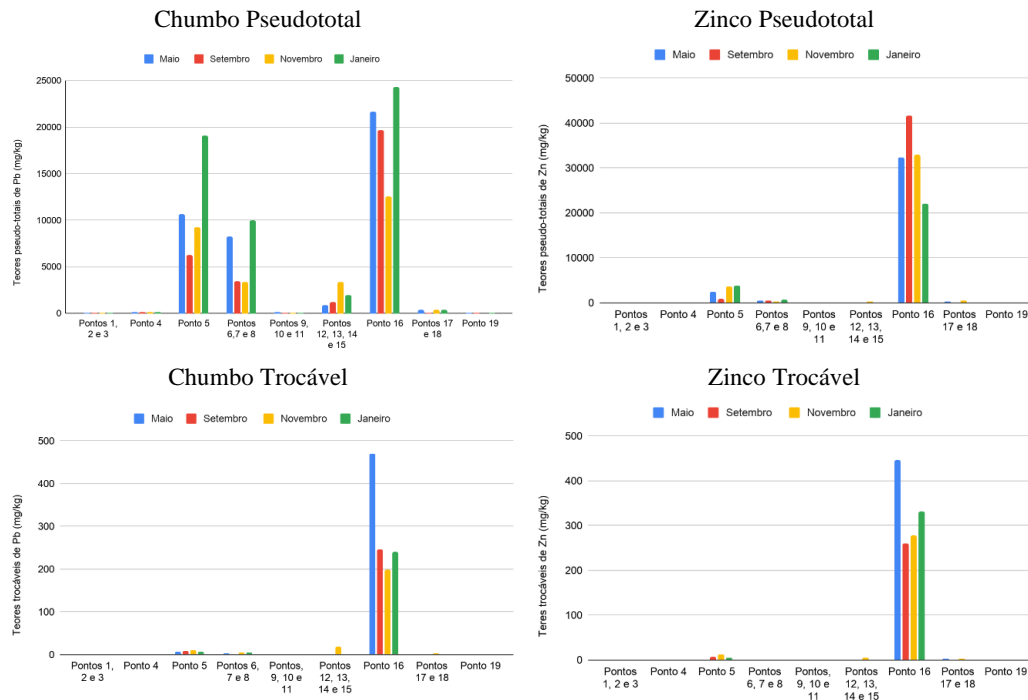
Estudo de Caso <i>Um Rio de Minérios</i>	Atividades – Parte IV
<p>Discussão em Sala</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Buscando entender o “legado” e a influência das atividades da mineradora Avanti na região, quais relações podem ser estabelecidas entre os resultados adquiridos por Joana e Stephany e os pontos de amostragem escolhidos por eles? 2. Sugiram alternativas para as tabelas de dados tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos. Explicitem as sugestões da maneira mais clara possível, de preferência traçando esboço das alternativas. <p>Atividades Extraclasse</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Apresentem novas formas de representação dos dados ilustrados nas tabelas tendo em vista a obtenção da melhor interpretação dos mesmos. 4. A partir das novas representações de dados, reelaborem a resposta fornecida na Questão 1, visando o aprofundamento das relações alcançadas, estabelecendo-se, com a maior clareza possível, como as atividades antrópicas e naturais presentes na região do parque podem estar relacionadas com os dados encontrados para cada metal nos pontos de coleta. 5. Comparando os valores obtidos por Joana e Stephany com os níveis 1 e 2 dos valores referência de concentrações máximas permissíveis do CONAMA, o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais? Justifiquem a resposta. 6. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo? E o que é possível afirmar com relação às tendências explicitadas na Parte III? Justifiquem a resposta. 7. Construam um quadro-síntese das ações e resultados obtidos em todas as etapas do estudo: situação problema, problema, hipóteses, planejamento da investigação, dados, conclusão e justificativas. 	

Fonte: Autoria Própria.

Em relação à questão 1 de sala de aula (Figura 7), como observações iniciais obtidas pelo grupo, foram citadas com maiores concentrações no ponto 16 e no ponto 15, em relação aos demais, visto que era a área utilizada pela empresa para depositar a água de lavagem; altas concentrações nos pontos cinco e 18, que podem estar relacionadas ao túnel de mineração; maiores concentrações de chumbo e zinco durante o mês de janeiro, em especial, nos pontos 5, 6, 7, 8 e 16; e possibilidades de influência do curso do rio nos teores de metais ao longo do mesmo, em face às baixas concentrações do ponto 19.

Com relação à questão 2 de sala de aula, no arquivo depositado no Tidia-Ae não foi encontrado nenhum esboço visual, como aqueles dos grupos G1 e G2, apenas uma descrição textual, tal qual, mencionava a construção de quatro gráficos referente aos dois elementos e as duas frações analisadas (pseudototais e trocáveis), se caracterizando por gráfico de colunas, com o eixo x indicando os meses e eixo y, as concentrações dos metais. Para a construção dos gráficos, seriam ainda selecionados pontos específicos, porém sem identificá-los precisamente. Os gráficos da Figura 8 foram construídos pelo grupo na questão 3.

Figura 8 - Gráficos construídos pelo G3 a partir dos dados apresentados na Parte IV do caso *Um Rio de Minérios*.



Fonte: Acervo da Pesquisa.

Os gráficos da Figura 8 foram construídos a partir da divisão dos pontos de amostragem em grupos com base nas suas localizações ou interesses particulares, sendo ainda obtida uma média aritmética para cada grupo. As médias obtidas foram disponibilizadas por meio de tabelas, e podem ser visualizadas na Figura 9.

Figura 9 - Tabelas construídas pelo G3 a partir dos dados apresentados na Parte IV do caso *Um Rio de Minérios*.

Ponto	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	35,5	61,2	19,3	67,9
4	162	118	111	99,4
5	10653	6268	9224	19113
6, 7 e 8	8278,3	3475,3	3325,7	9981
9, 10 e 11	96,1	68,1	87,7	51
12, 13, 14 e 15	900	1230,5	3339	1989,8
16	21631	19638	12530	24300
17 e 18	358,2	16,9	379,5	354,9
19	21,3	16,5	5,6	15

Ponto(s)	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	18,02	31,93	18,4	17,7
4	12,7	0,8	4,1	2,7
5	2387	925	3621	3829
6, 7 e 8	488,3	518,3	317	702,7
9, 10 e 11	2,2	2,2	3,7	0,09
12, 13, 14 e 15	148,8	127	245,4	94,1
16	32376	41669	32960	22130
17 e 18	209,5	111,7	424,8	134,6
19	2,4	1,1	0,7	3,8

Ponto(s)	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	0,09	0,09	0,09	0,09
4	0,09	0,09	0,09	0,09
5	7,1	8,4	11,5	6,3
6, 7 e 8	2,29	1,39	5,63	4,86
9, 10 e 11	0,24	0,09	0,09	0,09
12, 13, 14 e 15	1,3	0,7	18,3	1,4
16	471	246	199	241
17 e 18	1,7	0,09	3,4	0,6
19	0,09	0,09	0,09	0,09

Ponto(s)	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	0,09	0,09	0,09	0,09
4	0,09	0,1	0,09	0,09
5	1,2	7,6	13,7	4,7
6, 7 e 8	0,5	0,09	0,6	1,4
9, 10 e 11	0,09	0,09	0,2	0,09
12, 13, 14 e 15	0,6	0,3	4,2	0,09
16	446	261	278	331
17 e 18	2,4	0,8	3,1	0,09
19	1,2	0,09	0,09	0,09

Fonte: Acervo da Pesquisa.

Com base nas representações de dados das Figura 8 e 9, as considerações inicialmente elaboradas durante o encontro no *Google Meet* foram enriquecidas nas questões 4 e 5. Em relação ao ponto 16, o G3 observou concentrações pseudototais e trocáveis de zinco e chumbo, ao longo de diversos meses do ano, maiores do que aquelas recomendadas em legislações internacionais, atribuindo tal observação à localização do ponto, que se referia ao ponto do rio no qual a Mineradora Avanti lançava sua água de lavagem. Com referência ao ponto 15, foram mencionadas altas concentrações de chumbo ao longo de todo o ano, influenciadas também pela proximidade com as ações da mineradora, bem como, possivelmente, pelo fluxo do rio, da esquerda para direita, de maneira que a correnteza pode ter levado a contaminação do ponto 16 para o 15.

Em relação aos pontos 5 ao 8, o grupo comentou a presença de altos índices de contaminação de chumbo, especialmente no mês de janeiro, visto que tais estavam próximos aos túneis de mineração e da área de deposição dos resíduos, a qual era feita a céu aberto e assim, é facilmente carregada pela chuva. Por fim, sobre os pontos 1, 9 e 19, tais não apresentam altas concentrações dos metais analisados já que se encontram em regiões distantes dos principais focos de contaminação. O grupo comenta ainda que as concentrações de zinco são menores que as de chumbo, com base no fato de que este metal prende-se, preferencialmente, ao material suspenso antes de se prender aos sedimentos, e dessa forma, a ação da correnteza é mais suscetível em relação à concentração desse metal. Outras relações destacadas pelo grupo foram apresentadas anteriormente durante as análises dos argumentos e do letramento gráfico a partir da resolução do estudo de caso.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, R. O. Contaminação além do garimpo. **Revista Pesquisa FAPESP**, v., 265, 2018.

CAMPOS, A. E. L.; NUNES, G. S.; OLIVEIRA, J. C. S. D.; TOSCANO, I. A. S. Avaliação da contaminação do Igarapé do Sabino (Bacia do Rio Tibiri) por metais pesados, originados dos resíduos e efluentes do Aterro da Ribeira, em São Luís, Maranhão. **Química Nova**, v. 32, n. 4, p. 960-964, 2009.

MARTINELLI, A. C.; BARRADA, R. V.; FERREIRA, S. A. D.; FREITAS, M. B. J. G. D.;

LELIS, M. D. F. F. Avaliação da lixiviação do cádmio e níquel provenientes da degradação de baterias níquel-cádmio em uma coluna de solo. **Química Nova**, v. 37, n. 3, p. 465-472, 2014.

VOIGT, C. L.; SILVA, C. P.; CAMPOS, S. X. Avaliação da bioacumulação de metais em *Cyprinus carpio* pela interação com sedimento e água de reservatório. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 180-188, 2016.

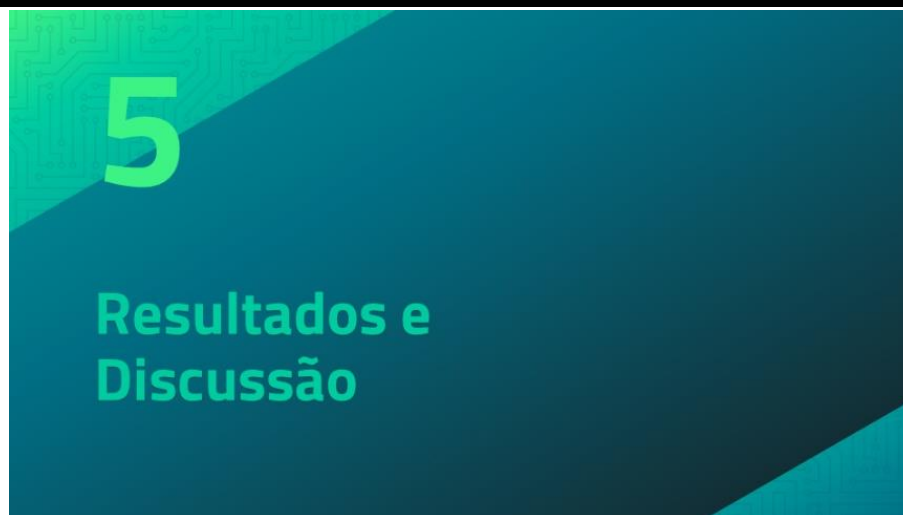
APÊNDICE K - CLASSIFICAÇÃO DAS PROPOSIÇÕES DA EO-G3 EM NÍVEIS EPISTÊMICOS

UA

Slide / Proposições Numeradas

Níveis Epistêmicos

20



Agora vamos aos resultados e discussão.

N.A.

Dados Apresentados

Figura 8 - Variação dos teores pseudo-totais de Pb nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

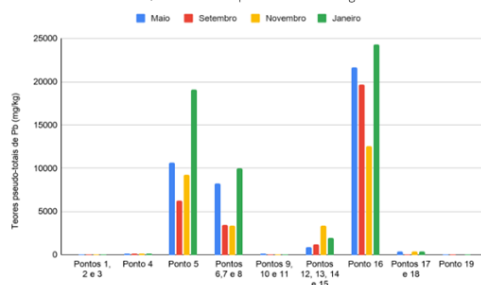


Tabela 2 - Variação dos teores pseudo-totais de Pb (mg/kg) nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

Ponto	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	35,5	61,2	19,3	67,9
4	162	118	111	99,4
5	10653	6268	9224	19113
6, 7 e 8	8278,3	3475,3	3325,7	9901
9, 10 e 11	96,1	68,1	87,7	51
12, 13, 14 e 15	900	1230,5	3339	1589,8
16	21631	19638	12530	24300
17 e 18	368,2	16,9	379,5	354,9
19	21,3	16,5	5,6	15

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

*O agrupamento dos pontos foi realizado devido à proximidade da localização entre eles e foi feita a média simples para demonstrar uma variação padrão nos pontos.

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

21

21

- | | | |
|---|---|------|
| 1 | Então eu vou mostrar para vocês os dados apresentados, só para mostrar onde realmente ocorre a contaminação. | II |
| 2 | Aqui nós temos uma figura, com um gráfico e uma tabela ((apontador faz movimentos circulares em torno do gráfico e depois da tabela)). | I |
| | O que é isso? | N.A. |
| 3 | Essa tabela aqui ((apontador faz movimentos circulares em torno do gráfico)), ela mostra os pontos ((aponta para cada um dos pontos no eixo das abcissas)), alguns aglutinados e outros não, sobre todas as contaminações ((apontador faz movimentos circulares em torno do eixo das abcissas do gráfico)) no mapa de Joana e Stephany. | II |
| | Por que que você aglutinou alguns pontos? | N.A. |
| 4 | Bom, a gente agrupou alguns pontos ((aluno expositor configura suas mãos em formato de 'C' e as aproxima)) devido à sua proximidade, então a gente queria fazer uma pesquisa em área ((aluno expositor configura suas mãos em formato | II |

de 'C', ligeiramente mais abertas, colocando-as uma de frente para a outra)), saber onde existe uma área com maior foco de contaminação, por isso que a gente aglutinou alguns pontos.

5	E outros pontos a gente deixou isolado, mais para um controle de contaminação, para ver onde está ((<i>aluno expositor realiza apontamentos genéricos com a mão direita e com a mão esquerda</i>)) realmente contaminado.	II
	Como que eu leio isso?	N.A.
6	Aqui nós temos ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da legenda de cores do gráfico</i>)), em cores, representando ((<i>aponta para cada legenda de cor do gráfico</i>)) os meses em que foram feitas as coletas, ((<i>aponta para cada legenda de cor do gráfico</i>)) sendo azul, maio, setembro, vermelhinho, amarelo, novembro, e verde, janeiro.	II
7	Aqui a gente fez com teores pseudototais de chumbo ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da denominação do eixo das ordenadas do gráfico</i>)).	II
8	Teores pseudototais são os teores que estão disponíveis no ambiente, naturalmente, e os que não estão disponíveis naturalmente, ou seja, que foram encontrados lá devido à uma ação antrópica.	VI
9	Aqui nós temos uma tabela ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela e depois aponta para gráfico</i>)) relacionando os valores.	II
10	Aqui a gente não sabe os valores ((<i>aponta para a barra referente ao mês de janeiro no ponto 16, circula a legenda de cor 'Janeiro' no gráfico</i>)), mas se a gente bater o olho na tabela, por exemplo, ((<i>apontador faz movimento circular em torno da barra referente ao mês de janeiro no ponto 16 no gráfico</i>)) o ponto 16, em janeiro ((<i>aponta para legenda de cor 'Janeiro' no gráfico</i>)), a gente vem no 16 ((<i>esboça linha do ponto 16 na tabela</i>)) e a gente encontra 24300 ((<i>apontador faz movimento circular em torno da célula '24300' na tabela</i>)) miligramas por quilograma.	II

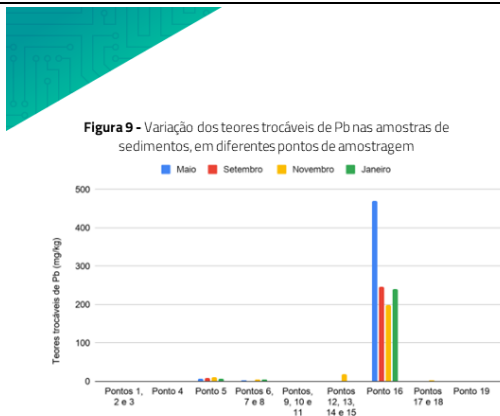


Figura 9 - Variação dos teores trocáveis de Pb nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

Tabela 3 - Variação dos teores trocáveis de Pb (mg/kg) nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

Ponto(s)	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	0,09	0,09	0,09	0,09
4	0,09	0,09	0,09	0,09
5	7,1	8,4	11,5	6,3
6, 7 e 8	2,29	1,39	5,63	4,86
9, 10 e 11	0,24	0,09	0,09	0,09
12, 13, 14 e 15	1,3	0,7	18,3	1,4
16	471	246	199	241
17 e 18	1,7	0,09	3,4	0,6
19	0,09	0,09	0,09	0,09

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

22

*O agrupamento dos pontos foi realizado devido à proximidade da localização entre eles e foi feita a média simples para demonstrar uma variação padrão nos pontos.

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV.

22

11	Nisso, a gente fez os trocáveis e os pseudototais de chumbo, sendo os trocáveis esse daqui ((<i>apontador faz movimento circular em torno da denominação do eixo das ordenadas, e depois em torno das barras do ponto 16 do gráfico</i>)).	I
12	Trocáveis é uma outra fração também, que são fracamente adsorvidos, ou seja, eles ficam pouco no ambiente.	VI
13	Aqui nós temos também outra tabela ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela</i>)), mostrando os valores ((<i>aponta para a barra referente ao mês de maio no ponto 16 do gráfico</i>)).	II
14	Existem pontos, pessoal ((<i>apontador faz movimentos circulares acima do eixo das abscissas em torno das áreas referentes aos pontos 1, 2 e 3, ponto 4, pontos 9, 10 e 11, pontos 17 e 18 do gráfico</i>)), em que não ocorre, que você não tem	III

um valor exato aqui, quase não dá para ver, no 17 e 18, dá só um pouquinho, ((aponta para célula '19' e faz movimentos circulares em torno do valor 0,09 do ponto 19 no mês de maio na tabela)) porque eles são muito pequenos.

15 Então, temos os trocáveis de chumbo.

II

Figura 10 - Variação dos teores pseudo-totais de Zn nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

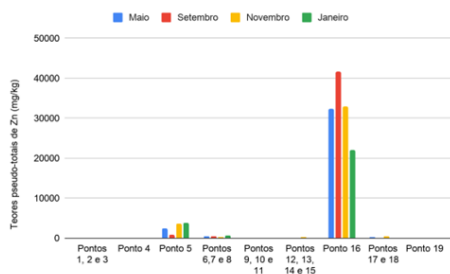


Tabela 4 - Variação dos teores pseudo-totais de Zn (mg/kg) nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

Ponto(s)	Mês de Coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	18,02	31,93	18,4	17,7
4	12,7	0,8	4,1	2,7
5	2387	925	3621	3829
6, 7 e 8	488,3	518,3	317	702,7
9, 10 e 11	2,2	2,2	3,7	0,09
12, 13, 14 e 15	148,8	127	245,4	94,1
16	32376	41669	32960	22130
17 e 18	209,5	111,7	424,8	134,6
19	2,4	1,1	0,7	3,8

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV.

23

*O agrupamento dos pontos foi realizado devido à proximidade da localização entre eles e foi feita a média simples para demonstrar uma variação padrão nos pontos.

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

23

16 Temos os pseudototais de zinco, que não vai ser o nosso foco, porém eu vim aqui mostrar para vocês ((apontador faz movimentos circulares em torno do topo das barras do ponto 16 no gráfico)), aqui oh, ((apontador faz movimento circular em torno da célula '16' na tabela)) ponto 16 que possui uma grande magnitude também ((apontador faz movimento circular em torno da linha referente ao ponto 16 na tabela)).

I, II, III

17 O ponto 5 ((apontador faz movimentos circulares em torno das barras do ponto 5 no gráfico)) que é um pouquinho elevado ((apontador faz movimento circular em torno da linha referente ao ponto 5 na tabela)).

III

Figura 11 - Variação dos teores trocáveis de Zn nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

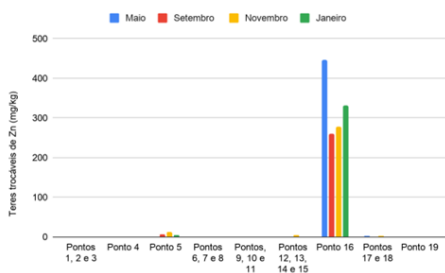


Tabela 5 - Variação dos teores trocáveis de Zn (mg/kg) nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem

Ponto(s)	Mês de coleta			
	Maio	Setembro	Novembro	Janeiro
1, 2 e 3	0,09	0,09	0,09	0,09
4	0,09	0,1	0,09	0,09
5	1,2	7,6	13,7	4,7
6, 7 e 8	0,5	0,09	0,6	1,4
9, 10 e 11	0,09	0,09	0,2	0,09
12, 13, 14 e 15	0,6	0,3	4,2	0,09
16	446	261	278	331
17 e 18	2,4	0,8	3,1	0,09
19	1,2	0,09	0,09	0,09

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

24

*O agrupamento dos pontos foi realizado devido à proximidade da localização entre eles e foi feita a média simples para demonstrar uma variação padrão nos pontos.

Fonte: Adaptado do caso investigativo IV

24

18 E os trocáveis de zinco, que passam aqui no 400 ((apontador faz movimento circular em torno da linha referente ao ponto 16 na tabela)), porém são todos muito baixos ((apontador esboça coluna 'Maio' da tabela)).

I, II, III

Tabela 6 - Valores internacionais de referência (mg/kg) para a concentração máxima permitível de chumbo e zinco em sedimentos

Metal	Espanha	Canadá	Estados Unidos	Holanda
Chumbo	600	112	218	530
Zinco	3000	-	410	720

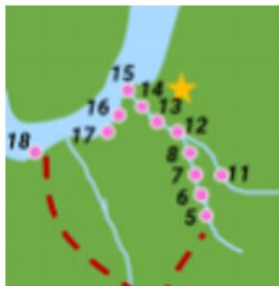
Fonte: Adaptado do caso investigativo parte IV.

25

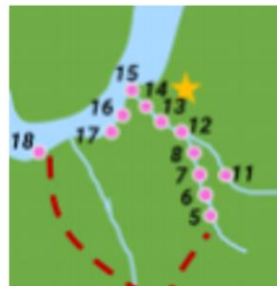
25

- | | | |
|----|--|-------|
| 19 | Bom, aqui eu mostrei uma tabela da CONAMA para vocês ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da tabela</i>)), para fazer mais ou menos uma referência do que realmente está sendo contaminado. | I, II |
| 20 | Sendo as legislações da Espanha, Canadá, Estados Unidos e Holanda ((<i>fala acompanha apontamento das respectivas células na tabela</i>)). | VI |
| 21 | A gente vai trabalhar com os da Espanha ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno da célula 'Espanha' na tabela</i>)), já vou explicar o porquê. | II |

Regiões com maior concentração de Chumbo, considerando teores acima da Espanha



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 12 - Mapa com foco em pontos de teores pseudo-totais de Pb



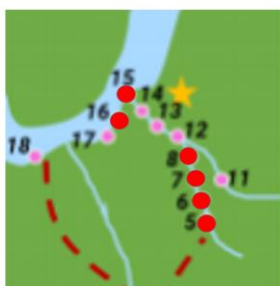
Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 13 - Mapa com foco em pontos de teores trocáveis de Pb

26a

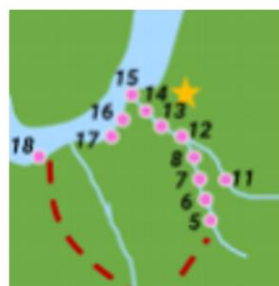
26

- | | | |
|----|--|--------|
| 22 | Bom, aqui nós temos um mapa então, de concentração de chumbo, considerando os teores acima da Espanha ((<i>fala acompanha apontamento do título do slide</i>)). | I, IV |
| 23 | Eu considerei a Espanha pessoal, devido ao fato dele ter a maior concentração, fica um pouco mais notável de a gente ver onde está realmente acontecendo a contaminação de fato. | II, VI |

Regiões com maior concentração de Chumbo, considerando teores acima da Espanha



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 12 - Mapa com foco em pontos de teores pseudo-totais de Pb

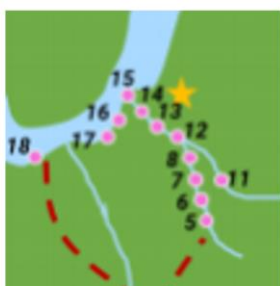


Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 13 - Mapa com foco em pontos de teores trocáveis de Pb

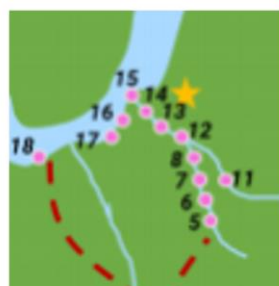
26

- | | | | |
|-----|----|---|------------|
| | 24 | Descobrimos então, que os pontos 5, 6, 7 e 8, 16 e 15 ((<i>fala acompanha apontamento dos respectivos pontos no mapa à esquerda</i>)), estão contaminados. | IV |
| 26b | 25 | Nesse daqui ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno do mapa à direita</i>)), não tem pontos, por quê? | II |
| | 26 | Porque lembra que, como a gente está utilizando da Espanha, a concentração de chumbo na Espanha é muito alta, chega a 3000. | VI |
| | 27 | Isso não ocorre em nenhuma das quatro tabelas ((<i>apontador esboça córregos no mapa à direita</i>)), das duas tabelas relacionadas, tanto ao zinco, quanto ao chumbo. | III |
| | | Por que que eu coloquei o ponto 15, pessoal ((<i>apontador faz movimentos circulares em torno do ponto 15 no mapa à esquerda</i>))? | N.A. |
| | 28 | Já que os pontos 12, 13, 14 e 15 foram aglutinados ((<i>fala acompanha apontamento de cada um dos pontos, respectivamente, e realização de movimento circular em torno do conjunto de pontos no mapa à esquerda</i>))? | II |
| | 29 | Porque o ponto 16 ((<i>aponta para ponto 16 no mapa à esquerda</i>)), por ele está próximo do 15 ((<i>aponta para ponto 15 no mapa à esquerda</i>)), ele sofre interferência, já que a ação da correnteza, faz com que o ponto 15 seja tão elevado, não só a correnteza do Rio dos Bagres, mas a correnteza dos córregos também, okay ((<i>apontador esboça seção aparente do Rio dos Bagres, da esquerda para direita, e do córrego que possui pontos 8-5 e 12-15, de baixo para cima, no mapa à esquerda</i>))? | II, III, V |
| | | É isso. | N.A. |

Regiões com maior concentração de Zinco, considerando teores acima da Espanha



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 14 - Mapa com foco em pontos de teores pseudo-totais de Zn



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 15 - Mapa com foco em pontos de teores trocáveis de Zn

27

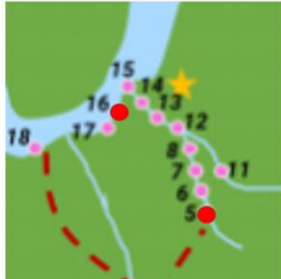
27a

30 E aqui nós temos a concentração de zinco considerando teores acima da Espanha.

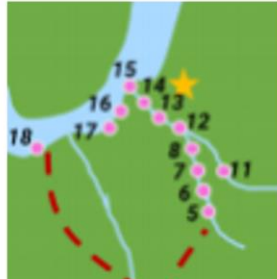
I, IV

27b

Regiões com maior concentração de Zinco, considerando teores acima da Espanha



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 14 - Mapa com foco em pontos de teores pseudo-totais de Zn



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III
Figura 15 - Mapa com foco em pontos de teores trocáveis de Zn

27

31 Com foco no 16 ((apontador faz movimentos circulares em torno do ponto 16 no mapa à esquerda)) e foco no ponto 5 ((apontador faz movimentos circulares em torno do ponto 5 no mapa à esquerda)).

IV

32 Aqui, de novo, ((apontador faz movimentos circulares em torno do mapa à direita)) não tem tamanha contaminação.

III, IV

28

“ Percebe-se então que os principais pontos de contaminação são: água de lavagem (16), o ponto 15 e o córrego próximo ao local de deposição (5, 6, 7, 8).

28

Bom, então o que que a gente consegue perceber?

N.A.

33 Percebe-se então que os principais pontos de contaminação são a água de lavagem, no ponto 16, o ponto 15 e o córrego próximo ao local de deposição, que é o ponto 5, 6, 7 e 8.

II, V

29

6

Conclusão e Respostas

Chegando então na conclusão.

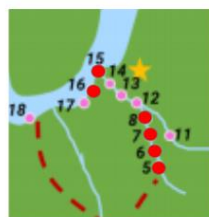
N.A.

Conclusão do Grupo

As altas concentrações dos metais pesados se deram por causa da má gestão da mineradora em despejar os rejeitos da mineração, e da água de lavagem.

Ações da correnteza contribuíram para o transporte do metal chegar à população.

Isso explica as altas concentrações nos pontos 5, 6, 7, 8, 15 e 16.



Fonte: Adaptado do caso investigativo parte III

Figura 12 - Mapa com foco em pontos de teores pseudo-totais de Pb

30

30

- | | | |
|----|---|-----------|
| 34 | Nós concluímos que as altas concentrações dos metais pesados se deram por causa da má gestão da mineradora em despejar os seus rejeitos de mineração e, também, despejar a água de lavagem nesse local ((apontador faz movimentos circulares em torno do ponto 16 no mapa)). | I, V |
| 35 | E as ações da correnteza contribuíram para o transporte do metal chegar à população.
De que modo? | V
N.A. |
| 36 | Justamente, a ação da correnteza leva alguns metais ((aluno expositor movimentava mãos da esquerda para direita)), alguns ficam depositados ((aluno expositor faz sinal 'joia' com as mãos)), é fato, mas alguns ainda são levados ((aluno expositor movimentava a mão esquerda, da esquerda para direita)) que pode gerar essa grande contaminação no ponto 15 ((aponta para ponto 15 no mapa)), foi por isso que eu marquei ele. | V, VI |
| 37 | Isso explica as altas concentrações nos pontos 5, 6, 7, 8, 15 e 16 ((apontador faz movimentos circulares em torno do respectivo texto no slide)), já que a deposição de resíduos aqui ((apontador faz movimentos de vai e vem em torno do canto inferior direito do mapa)) foi um fator importante para a contaminação dessa área aqui, desse córrego aqui ((apontador faz movimentos circulares em torno dos pontos 5, 6, 7 e 8 no mapa)), após o final do túnel de mineração ((aponta para encontro do túnel com o córrego no mapa)). | I, II, V |

31

“ Os principais focos de contaminação ocorrem no local de despejo da água de lavagem, e também próximo ao local de deposição de resíduos.

31

38 Bom, diante disso a gente conclui, de novo, que os principais focos da contaminação ocorrem no local de despejo da água de lavagem, e, também, próximo ao local da deposição de resíduos.

V

32

“ O que indica que o mau descarte dos resíduos e da água de lavagem por parte da empresa ainda são os principais responsáveis da contaminação da população e da vida marinha local.

32

39 O que indica que o seu mau descarte de resíduos e da água de lavagem por parte da empresa, ou seja, da Mineradora Avanti, ainda são os principais responsáveis da contaminação da população e da vida marinha local.

V