

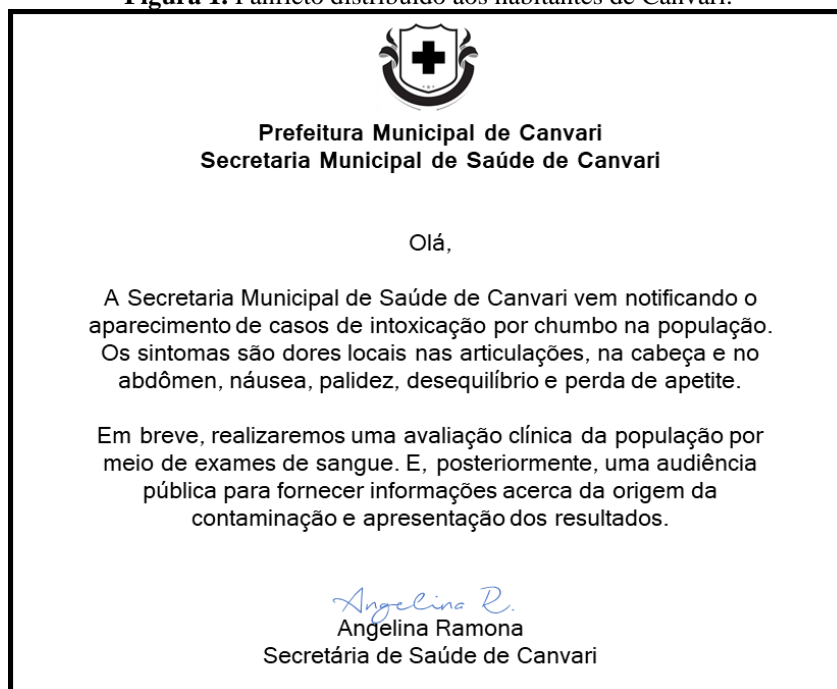
ESTUDO DE CASO INTERROMPIDO: UM RIO DE MINÉRIOS

Autores: Mikeas Silva de Lima e Salete Linhares Queiroz

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.

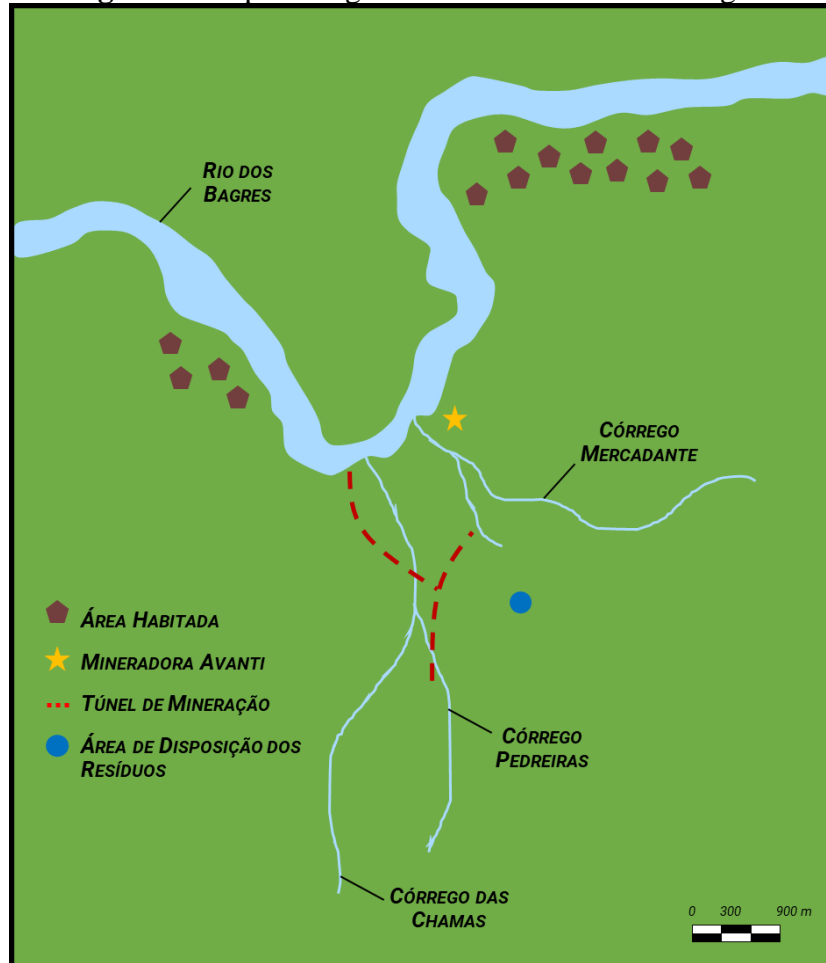
- Claro que eu te ajudo! Vou fazer umas pesquisas e te comunico o que encontrar.

- 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

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. Baseados nas informações que constam no caso, **construam hipóteses** sobre a origem da contaminação por chumbo dos habitantes da região de Canvari e justifiquem a pertinência das mesmas.
3. Baseados na narrativa, **proponham uma questão** a ser investigada pelo grupo.

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.

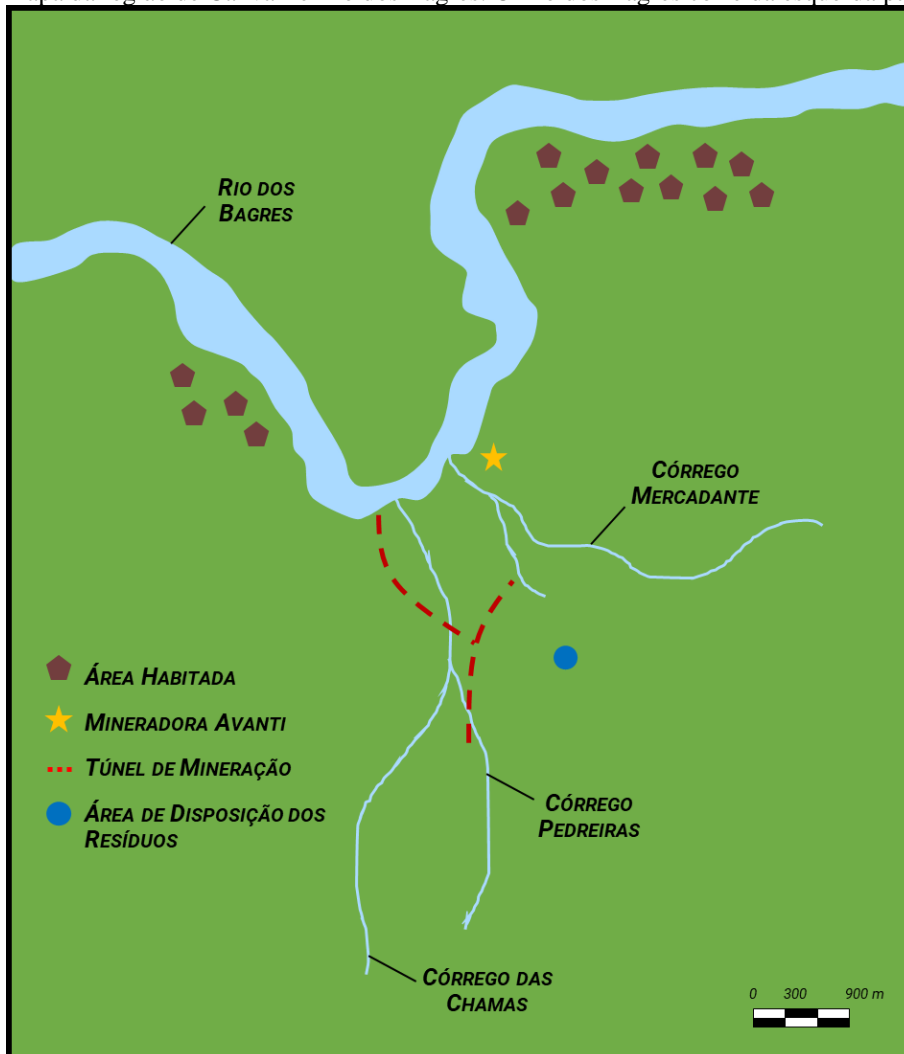
- Não é impossível. Os metais não são biodegradáveis e podem se acumular por anos nos sedimentos de um rio. E com alterações físico-químicas, os metais podem acabar se solubilizando novamente. – Explica Stephany.

- 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

1. Considerando a questão proposta pelo seu grupo na etapa anterior, 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 destes pontos.

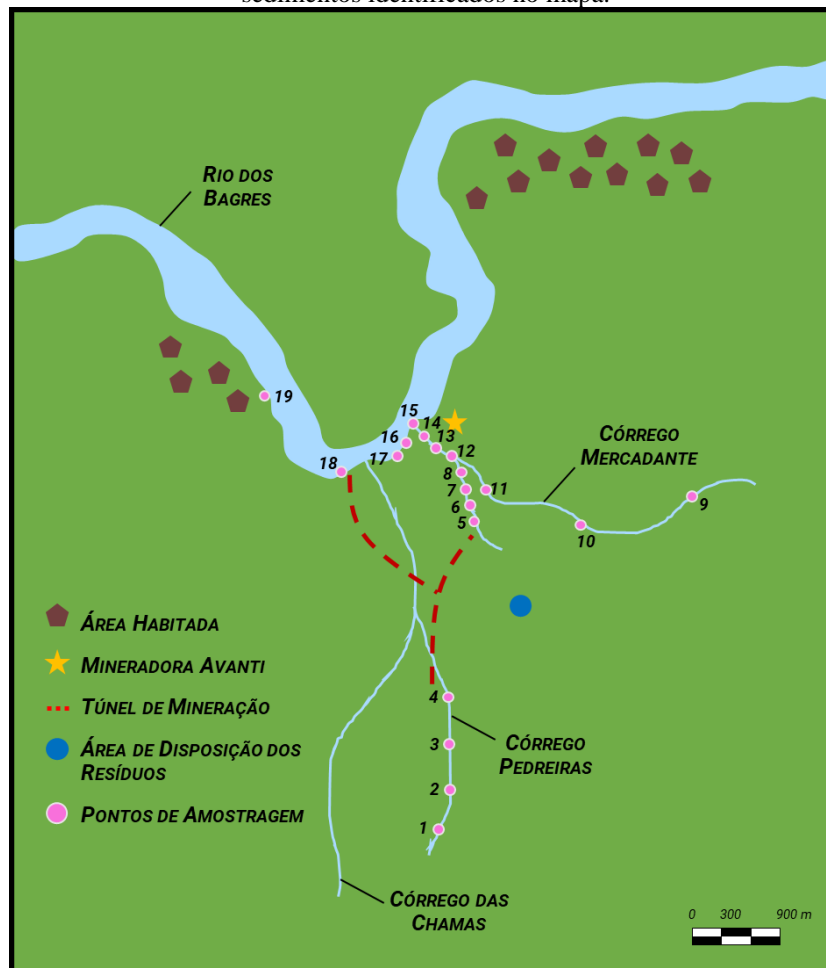
2. Auxiliar as amigas sobre a forma como analisar os sedimentos é também uma missão do grupo. Pesquise duas técnicas analíticas que possam ser usadas para determinar a concentração de metais em **amostras de sedimento** e **argumentem a favor de uma delas como sendo a mais adequada**. Os metais a serem determinados são aqueles que provavelmente serão encontrados no local de estudo, considerando o contexto do caso: chumbo e zinco. Para construir a argumentação do grupo favorável à técnica escolhida, sugere-se que sejam buscados subsídios nos seguintes aspectos: 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.

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 Ótica com Fonte de Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), fazendo-se uso de um equipamento modelo iCAP 6500 da Thermo Scientific.

Atividades – Parte III

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios de amostragem adotados por Joana e Stephany e os adotados pelo grupo de vocês na Parte II do estudo de caso? 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 proposto pelo grupo frente ao que foi sugerido pelos personagens? **Argumentem a favor da resposta.**

3. É comum a determinação da concentração de metais biodisponíveis e de metais pseudototais em sedimentos, entre outros, tendo em vista o entendimento do comportamento de um corpo hídrico. Uma vez que o grupo terá que lidar com estes conceitos na próxima sessão do estudo de caso, apresentem o significado dos **metais pseudototais** e **metais trocáveis** e exemplifiquem o seu uso em uma 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 à 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, em diferentes pontos de amostragem.

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.

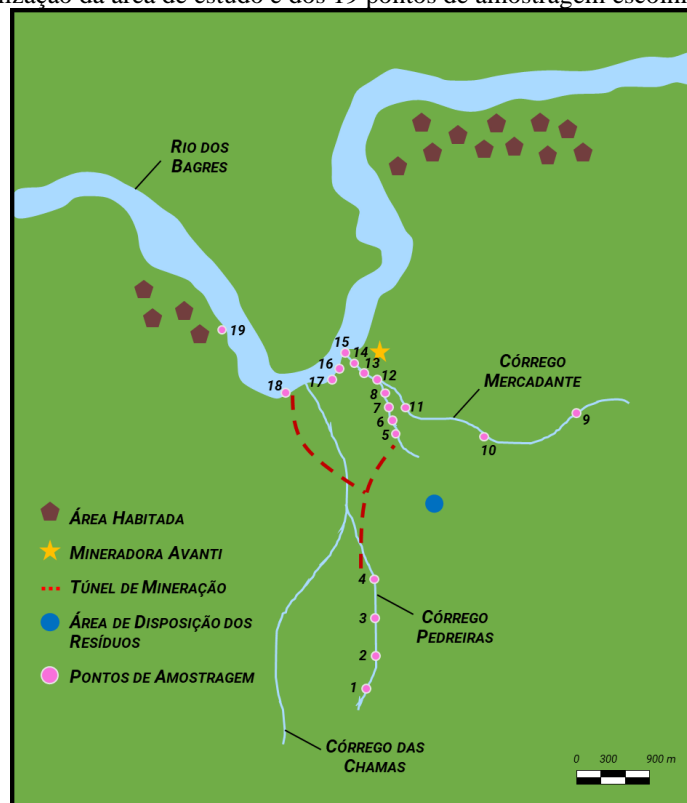
Tabela 2. Teores pseudototais e trocáveis de **zinco** (mg/kg) nas amostras de sedimentos, em diferentes pontos de amostragem.

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.

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

Atividades – Parte IV

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. Comparando os valores obtidos por Joana e Stephany (Tabelas 1 e 2) com os valores internacionais de referência para a concentração máxima permissível de chumbo e zinco em sedimentos (Tabela 3), o que se pode concluir acerca de efeitos adversos ao meio ambiente na região causados por metais?

Justifiquem a resposta.

3. Os dados interpretados até o momento confirmam as hipóteses elaboradas pelo grupo na Parte I do estudo de caso? E o que é possível afirmar com relação às tendências que vocês explicitaram no exercício da Parte III para a análise dos metais nos sedimentos dos rios e córregos da região de Canvari? **Justifiquem a resposta.**