

ESTUDO DE CASO INTERROMPIDO: RESQUÍCIOS DE UM PASSADO CHUMBADO

Autores: Mikeas Silva de Lima e Salete Linhares Queiroz

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, enjojo, 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

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 Vila do Campo e justifiquem a pertinência das mesmas.
3. Baseados na narrativa, **proponham uma questão** a ser investigada pelo grupo.

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

1. Considerando a questão proposta pelo seu grupo na etapa anterior, escolham e demarquem na Figura 2 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 destes pontos.
2. Auxiliar o casal sobre a forma 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**. Os metais a serem determinados são: Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn. 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 – 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 nas mesmas, 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

1. a) Quais relações são possíveis de estabelecer entre os critérios adotados por Vitória e Igor 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 biodisponíveis** e exemplifiquem o seu uso em uma 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 permitível. 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 permitível. 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).¹

¹CROMMENTUIJN, 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.

Atividades – Parte IV

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 (Tabelas 1 e 2), os pontos de amostragem escolhidos pelos personagens (Figura 4)?
2. Comparando os valores obtidos por Vitória e Igor (Tabelas 1 e 2) com as concentrações máximas permissíveis e concentrações máximas negligenciáveis (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? **Justifiquem a resposta.**