

Dossiê Parque Estadual do Turvo (PET) - Yucumã

Avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos do parque estadual do turvo

Environmental quality assessment of turvo state park sediments

Evaluación de la calidad de los sedimentos del parque estadual do turvo

Caroline Emiliano Santos¹ , Malva Andrea Mancuso¹ ,
Paulo Roberto Bairros da Silva¹ , Janieli Aparecida Minski da Motta¹ 

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil

RESUMO

No monitoramento ambiental de uma zona suspeita contaminação, sem valores de referência prévios, costuma-se comparar os teores médios de elementos presentes na matriz ambiental de estudo com os observados em amostras similares. Nesse sentido caracterizamos os óxidos minerais majoritários Al_2O_3 ($14,7 \pm 1,6$ %), SiO_2 ($34,6 \pm 3,4$ %), P_2O_5 ($0,3 \pm 0,1$ %), SO_3 ($0,4 \pm 0,1$ %), K_2O ($0,3 \pm 0,1$ %), TiO_2 ($3,2 \pm 0,3$ %) e Fe_2O_3 ($14,5 \pm 1,2$ %) e quantificamos os elementos químicos Cr ($50,0 \pm 2,9$ a $124,2 \pm 7,5$ mg.kg^{-1}), Mn ($1018,3 \pm 11,4$ a $3445,0 \pm 13,6$ mg.kg^{-1}), Co ($29,8 \pm 0,9$ a $71,6 \pm 1,0$ mg.kg^{-1}), Cu ($95,4 \pm 2,9$ a $148,2 \pm 2,8$ mg.kg^{-1}), Zn ($69,0 \pm 5,4$ a $117,9 \pm 1,4$ mg.kg^{-1}), Zr ($82,8 \pm 2,1$ a $128,3 \pm 1,4$ mg.kg^{-1}) e Ba ($2579,4 \pm 38,8$ a $5432,7 \pm 59,2$ mg.kg^{-1}) em amostras de solos e de sedimentos coletados no Parque Estadual do Turvo (PET). Ainda, construímos o background local pelo critério do Limite de Tolerância de Solos (LT), buscamos identificar a procedência dos sedimentos de fundo pela determinação das Razões Elementares (RE) e avaliamos qualidade ambiental dos sedimentos dos sistemas hídricos do estabelecendo o Fator de Contaminação (FC) e o Índice de Geoacumulação (IGEO). Os resultados apontam para o possível aporte e transporte natural de material particulado de áreas externas para o interior do PET e descartam a potencial contaminação dos sedimentos dos seus sistemas hídricos.

Palavras-chave: Unidades de Conservação; Linha de Base; Índices Geoquímicos; ED-XRF

ABSTRACT

When environmental monitoring of a suspected contamination zone, without previous reference values, it is customary to compare the average levels of elements present in the environmental matrix under study with those observed in similar samples. In this sense, we characterize the majority mineral oxides Al_2O_3 ($14,7 \pm 1,6$ %), SiO_2 ($34,6 \pm 3,4$ %), P_2O_5 ($0,3 \pm 0,1$ %), SO_3 ($0,4 \pm 0,1$ %), K_2O ($0,3 \pm 0,1$ %), TiO_2 ($3,2 \pm 0,3$ %) and Fe_2O_3 ($14,5 \pm 1,2$ %), and quantify the chemical elements Cr ($50,0 \pm 2,9$ a $124,2 \pm 7,5$ mg.kg^{-1}), Mn ($1018,3 \pm 11,4$ a $3445,0 \pm 13,6$ mg.kg^{-1}), Co ($29,8 \pm 0,9$ a $71,6 \pm 1,0$ mg.kg^{-1}), Cu ($95,4 \pm 2,9$ a $148,2 \pm$

2,8 mg.kg⁻¹), Zn (69,0 ± 5,4 a 117,9 ± 1,4 mg.kg⁻¹), Zr (82,8 ± 2,1 a 128,3 ± 1,4 mg.kg⁻¹) e Ba (2579,4 ± 38,8 a 5432,7 ± 59,2 mg.kg⁻¹) in soil and sediment samples collected. in Turvo State Park (PET). Furthermore, we constructed the local background using the Soil Tolerance Limit (LT) criterion, we sought to identify the origin of the bottom sediments by determining the Elementary Ratios (RE), and we assessed the environmental quality of the sediments in the water systems by establishing the Contamination Factor (FC) and the Geoaccumulation Index (IGEO). The results point to the possible contribution and natural transport of particulate matter from external areas to the interior of the PET and rule out the potential contamination of sediments in its water systems.

Keywords: Conservation Units; Base Line; Geochemical Indices; ED-XRF

RESUMEN

Cuando se realiza un seguimiento ambiental de una zona sospechosa de contaminación, sin valores de referência previos, se acostumbra comparar los niveles promedio de elementos presentes en la matriz ambiental en estudio con los observados en muestras similares. En este sentido, caracterizamos los óxidos minerales mayoritarios Al₂O₃ (14,7 ± 1,6 %), SiO₂ (34,6 ± 3,4 %), P₂O₅ (0,3 ± 0,1 %), SO₃ (0,4 ± 0,1 %), K₂O (0,3 ± 0,1 %), TiO₂ (3,2 ± 0,3 %) and Fe₂O₃ (14,5 ± 1,2 %) y cuantificamos los elementos químicos Cr (50,0 ± 2,9 a 124,2 ± 7,5 mg.kg⁻¹), Mn (1018,3 ± 11,4 a 3445,0 ± 13,6 mg.kg⁻¹), Co (29,8 ± 0,9 a 71,6 ± 1,0 mg.kg⁻¹), Cu (95,4 ± 2,9 a 148,2 ± 2,8 mg.kg⁻¹), Zn (69,0 ± 5,4 a 117,9 ± 1,4 mg.kg⁻¹), Zr (82,8 ± 2,1 a 128,3 ± 1,4 mg.kg⁻¹) e Ba (2579,4 ± 38,8 a 5432,7 ± 59,2 mg.kg⁻¹) en muestras de suelo y sedimentos. recogido en el Parque Estatal Turvo (PET). Además, construimos el fondo local utilizando el criterio Límite de Tolerancia del Suelo (LT), buscamos identificar el origen de los sedimentos del fondo determinando los Ratios Elementales (RE) y evaluamos la calidad ambiental de los sedimentos en los sistemas hídricos estableciendo el Factor de Contaminación (FC) y el Índice de Geoacumulación (IGEO). Los resultados apuntan al posible aporte y transporte natural de material particulado desde áreas externas al interior del PET y descartan la potencial contaminación de sedimentos en sus sistemas hídricos.

Palabras-clave: Unidades de conservación; Fondo; Índices Geoquímicos; ED-XRF

1 INTRODUÇÃO

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) propõe a preservação da qualidade ambiental, a manutenção dos ecossistemas e a proteção de áreas representativas (Foleto, 2017; Agra Filho, 2013; Brasil, 1981). Em seus instrumentos a lei prevê a criação de espaços territoriais especialmente protegidos, denominados de Unidades de Conservação (UC), onde o poder público deve proceder garantias adequadas de proteção ambiental (Foleto, 2017; Ranieri & Moretto, 2013; Brasil, 1981). Os Parques Nacionais são UC de Proteção Integral e têm por objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica (Thomas, 2017; Ranieri & Moretto, 2013; Brasil, 2011).

Nesse meio, insere-se o Parque Estadual do Turvo (PET), localizado no município de Derrubadas, região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. O PET abriga remanescentes de Floresta Estacional Decidual nativa, além de ser refúgio de espécies animais ameaçados de extinção como onça pintada, anta e harpia no estado do Rio Grande do Sul (Lutinskia *et al.*, 2023; Cassenote *et al.*, 2019; Pasini *et al.* 2022; SEMA, 2005).

Por sua relevância, o PET é reconhecido pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciências e Cultura (UNESCO), como uma área de extrema importância para a conservação da biodiversidade (Lutinskia *et al.*, 2023; SEMA, 2005). No cenário internacional, o PET se insere na iniciativa de criação de um corredor tri-nacional de áreas protegidas, compreendendo áreas do Brasil, Argentina e Paraguai (Cassenote *et al.*, 2019; SEMA, 2005).

Apesar de sua relevância ambiental, o PET está sujeito a pressões externas de atividades agrossilvipastoris e de pequenos núcleos urbanos (habitacionais / industriais), resultando no aporte de efluentes que são transportados por meio dos sistemas hídricos que drenagem para o PET, influenciando de maneira deletéria a qualidade de suas águas e sedimentos (Marion, 2023; Bertaso *et al.*, 2015; SEMA, 2005).

Apesar de constituírem uma parte integral dos sistemas hídricos, os sedimentos podem atuar como estressores ambientais e levando a alterações de ordem física, química e/ou biológica nos ecossistemas (Silva *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2019). Nos ambientes fluviais são encontrados sedimentos de diferentes granulometrias, mineralogias e composições elementares. Essas variações são decorrentes de fatores como a pedologia, geologia, climatologia, o uso e a ocupação da terra e por ações antrópicas de naturezas distintas (Silva *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2019; Sundararajan *et al.*, 2017).

Na avaliação de qualidade dos sedimentos, faz-se necessária a distinção entre as concentrações naturalmente presentes nos sedimentos de uma bacia hidrográfica e as potenciais concentrações contaminantes devido à influência de ações antropogênicas (Silva *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2019; Almeida Júnior *et al.*, 2016). Nos sistemas hídricos que possuem sedimentos contaminados, as concentrações de espécies químicas inorgânicas são superiores aos níveis de fundo (background), somado a isso, o

emprego de estratégias de avaliação por meio de índices geoquímicos permite estimar as contribuições antrópicas sobre a bacia hidrográfica (Silva *et al.*, 2019; Sundararajan *et al.*, 2017; Almeida Júnior *et al.*, 2016).

Esse estudo inova ao caracterizar os óxidos minerais majoritários (Al_2O_3 , SiO_2 ; P_2O_5 , SO_3 , K_2O , TiO_2 y Fe_2O_3) e quantificar elementos químicos (Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Zr e Ba) em amostras de solos e de sedimentos coletados no Parque Estadual do Turvo – RS com o uso da técnica de análise instrumental Espectrometria de Emissão de Raios-X por Energia Dispersiva (ED-XRF), ainda não estabelecidos em estudos anteriores. Ainda, construímos o background local pelo critério do Limite de Tolerância de Solos (LT), buscamos identificar a procedência dos sedimentos de fundo pela determinação das Razões Elementares (RE) e avaliamos qualidade ambiental dos sedimentos dos sistemas hídricos do estabelecendo o Fator de Contaminação (FC) e o Índice de Geoacumulação (IGEO).

2 METODOLOGIA

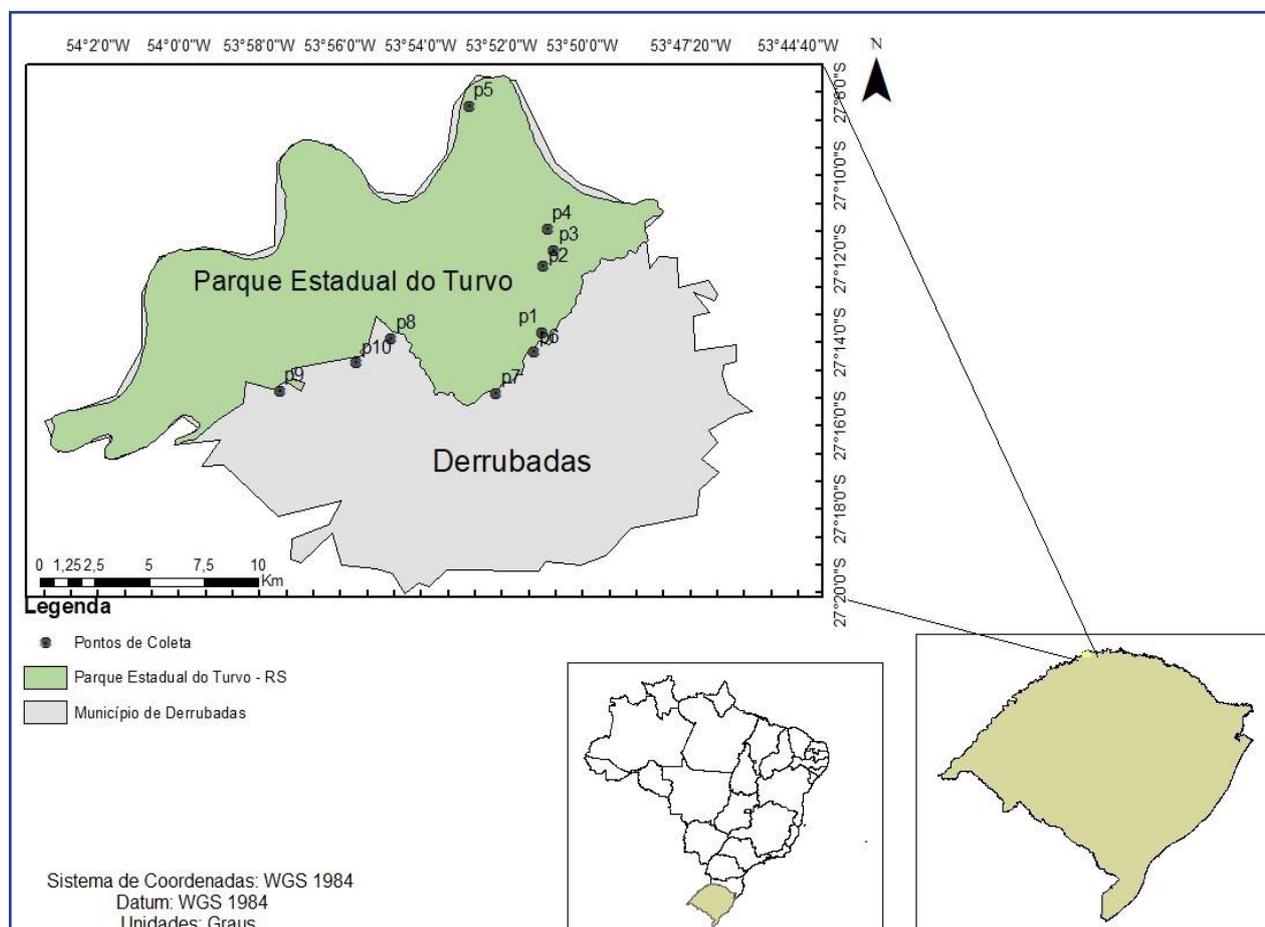
2.1 Área de Estudo

A UC do PET (27° 8' 44" S e 53° 53' 10" W), maior unidade de conservação do Rio Grande do Sul, está situada no Município de Derrubadas, e possui área de 17.491,4 ha e perímetro de cerca de 90 km. A oeste e a sul o entorno do PET é ocupado áreas agrícolas, enquanto, ao leste e ao norte, limita-se com a província argentina de “Misiones” e com o estado de Santa Catarina, fazendo fronteira com o Uruguai (Lutinska *et al.*, 2023; Cassenote *et al.*, 2019; SEMA, 2005). A localização da área de estudo e dos pontos de coleta amostral são apresentados na Figura 1.

As altitudes no PET variam entre 100 e 400 m e classificação climática para a região, segundo a classificação de Köppen, é subtropical úmido (Lutinska *et al.*, 2023; pasini *et al.*, 2022; Cassenote *et al.*, 2019; SEMA, 2005). Com as temperaturas médias locais variando entre 10°C e 31°C - estação 83881; período 1962 a 2022 - e precipitação

pluviométrica média é de 2.000,3 mm ao ano, com chuvas bem distribuídas ao longo das estações - estação 02753019, período 1995 a 2022 (INMET, 2023; ANA, 2023).

Figura 1 - Mapa de Localização do PET e dos pontos de amostragem de sedimentos



Fonte: Autores (2020)

A área do PET insere-se na Província Basáltica do Rio Grande do Sul, que compõe um dos maiores derrames de lava do mundo, sendo constituída pelas rochas vulcânicas (basaltos) da Formação Serra Geral, pertencente ao Grupo São Bento correspondendo ao encerramento da evolução gonduânica da Bacia do Paraná (Lutinskia *et al.*, 2023; Pasini *et al.*, 2022; SEMA, 2005). Os solos no PET são do tipo Chernosolo Argilúvico Férreo Típico e o Neossolo Litólico Eutrófico Chernossólico, são solos de coloração vermelho-escuros, de drenagem rápida, de suscetibilidade à erosão e se caracterizam pela presença de argilas, sendo pobres em quartzo e ricos em ferro e manganês (Pasini *et al.*, 2022; Cunha *et al.*, 2006; SEMA, 2005).

2.2 Amostragens, acondicionamentos e preparação de amostras

No interior do PET foram coletadas 25 amostras de solos superficiais (20 cm de profundidade), na zona de mata, com trado do tipo holandês em aço inox (marca PSP Trados, modelo C). Essas foram agrupadas formando 05 amostras compostas, definidas em função de pontos amostrais representativos para a construção do background dos solos. As amostras de sedimentos (10 amostras, \approx 1 kg) foram coletadas com auxílio de pá-raspadora de polipropileno de alta densidade (marca Guzzo, modelo concha) em diferentes sistemas hídricos do PET (5 pontos internos e 5 externos na divisa do parque com a área agrícola lindeira, conforme apresentado na Tabela 1.

Todas as amostras coletadas (solos e sedimentos) foram armazenadas em sacos duplos do tipo ziplock (em polipropileno), identificadas com etiquetas e preservadas em caixas térmicas (-5°C) até a chegada ao laboratório, onde foram congeladas e mantidas em freezer (-20°C) até o momento de realização das análises. A limpeza de recipientes, o acondicionamento de amostras e os procedimentos de coletas de amostras solos e sedimentos foram realizados segundo protocolos de técnicas limpas (Silva *et al.*, 2023; Silva *et al.*, 2019; ANA & Cetesb, 2011).

O protocolo de preparação das amostras de solos e sedimentos, para análise das concentrações médias de espécies químicas inorgânicas, seguiu a secagem em estufa de circulação (50°C , 48h), a desagregação manual em grau e pistilo de ágata e a separação de fração fina (peneira em nylon com malha $63\ \mu\text{m}$) que foi encaminhada para análise instrumental pela técnica analítica ED-XRF.

Tabela 1 - Coordenadas de geolocalização dos pontos amostrais de coleta de solos e de sedimentos

Continua...

Solos	Coordenadas (Latitude e Longitude)	Sedimentos	Coordenadas (Latitude e Longitude)
SOLO 1	S 27° 23,508' W 53° 25,533'	SED 1	S 27°13'45.9" W 53°51'00.7"
	S 27° 13,434' W 53° 51,134'		
	S 27° 13,453' W 53° 51,171'	SED 2	S 27°12'11.1" W 53°50'58"
	S 27° 13,438' W 53° 51,132'		
	S 27° 13,430' W 53° 51,137'		

Tabela 1 - Coordenadas de geolocalização dos pontos amostrais de coleta de solos e de sedimentos

Conclusão

Solos	Coordenadas (Latitude e Longitude)	Sedimentos	Coordenadas (Latitude e Longitude)
SOLO 2	S 27° 12,454' W 53° 51,170'	SED 3	S 27° 11'47.4" W 53°50'42.7"
	S 27° 12,458' W 53° 51,167'		
	S 27° 12,455' W 53° 51,158'	SED 4	S 27°11'16.8" W 53°50'51,5"
	S 27° 12,454' W 53° 51,145'		
SOLO 3	S 27° 12,542' W 53° 52,149'	SED 5	S 27°08'20.5" W 53°52'48.7"
	S 27° 11,046' W 53° 50,815'		
	S 27° 11,047' W 53° 50,812'	SED 6	S 27°14'14.58" W 53°51'11.58"
	S 27° 11,038' W 53° 50,806'		
	S 27° 11,049' W 53° 50,810'		
SOLO 4	S 27° 11,051' W 53° 50,830'	SED 7	S 27°15'13.2" W 53°52'8.3"
	S 27° 11,053' W 53° 50,777'		
	S 27° 09,804' W 53° 51,762'	SED 8	S 27°13'54.4" W 53°54'44.3"
	S 27° 09,807' W 53° 51,756'		
	S 27° 09,970' W 53° 51,738'		
SOLO 5	S 27° 09,978' W 53° 51,756'	SED 9	S 27°15'10.1 W 53°57'29.4"
	S 27° 11,053' W 53° 50,777'		
	S 27° 09,804' W 53° 51,762'	SED 10	S 27°14'30.13" W 53°55'36.36"
	S 27° 09,807' W 53° 51,756'		
	S 27° 09,970' W 53° 51,738'		
	S 27° 09,978' W 53° 51,756'		

Fonte: Autor

Legenda: Dados obtido com aparelho GPS GARMIN eTrex® 50

2.3 Minerais majoritários e elementos inorgânicos nas amostras

As análises foram realizadas com o uso técnica instrumental EDXRF (marca Shimadzu, modelo EDX-720, Série Ranny) nas condições operacionais tubo de raios-X de Rh 3,0 kW; excitação de 15 kV para Si Ka e 50 V para UL α ; colimador de 10mm; detector de Si (Li) arrefecido com nitrogênio líquido. As medições sobre amostras (massa de 2g) suportadas (31mm Closed X-Cell – SPEX) utilizando-se filme fino (Mylar®, 6,0 μ m SP). A análise de minerais majoritários foi realizada na rotina automática semi-quantitativa 'powder' e teve tempo de integração de 100 s método, já os elementos foram quantificados pelo método dos parâmetros fundamentais com tempo de integração de 300 s.

2.4 Estabelecimento das Razões Elementares

O intemperismo químico das amostras de sedimentos foi pode avaliado com o uso das Equações 1, 2, 3 e 4 que estabelecem razões elementares (ER).

$$ER_1 \quad (1)$$

$$ER_2 = \left(\frac{Al_2O_3}{TiO_2} \right) \quad (2)$$

$$ER_3 = \left(\frac{SiO_2}{Al_2O_3} \right) \quad (3)$$

$$ER_4 = \left(\frac{Fe_2O_3}{K_2O} \right) \quad (4)$$

As Razões Elementares RE_1 (com valores entre 0.0 e 0.3 são Minerais de Argila e de 0.3 até 0.9 são Minerais Feldspatos), já as Razões Elementares RE_2 (com valores entre 3-8 são oriundos de Rochas Ígneas Máficas, valores entre 8-21 oriundos de Rochas Intermediárias e valores entre 21-70, Rochas Félsico Ígneas). Estes valores são baseados na concentração óxidos majoritários e estabelecem índices de composição que caracterizem a rocha geradora de sedimentos e assim os sedimentos de diferentes fontes possuem assinaturas geoquímicas característica (Silva *et al.*, 2023; Gloaguen *et al.*, 2021; Kusin *et al.*, 2019).

2.5 Limite de Tolerância (LT) de Solos

A determinação dos valores de fundo (background) local utilizou o cálculo do Limite de Tolerância (LT) de solos, que se deu através de critérios estatísticos estabelece a Equação 5

$$LT = \text{antilog} (M + 2S) \quad (5)$$

Na qual, M é a média aritmética do conjunto amostral de dados dos solos, e S é o desvio padrão dos dados transformados em log₁₀. A Tabela Suplementar 3 (Material Suplementar) apresenta os dados de definição do LT. O LT se dá pelo estabelecimento de faixas de concentração de referência e de limites máximos considerados normais no

solo considerando que a distribuição de contaminantes em solos segue a distribuição logarítmica normal (Fadigas *et al.*, 2006; Tobías *et al.*, 1997).

2.6 Fator de Contaminação para as amostras de sedimentos

O fator de contaminação (FC), expresso na Equação 6, permite avaliar individualmente a contaminação dos sedimentos de um elemento químico inorgânico individual.

$$FC = C_n/B \quad (6)$$

Onde C_n é a concentração média do elemento quantificado nas amostras de sedimentos e B é o valor médio das concentrações do background representativo para o local do estudo (Silva *et al.*, 2019; Sundararajan *et al.*, 2017). A Referência de análise do Fator de Contaminação (FC) é: $FC \leq 1$ baixa contaminação, $1 < IGeo \leq 3$ moderadamente contaminado, $3 < IGeo \leq 6$ considerável contaminação e $FC > 6$ contaminação muito elevada (Silva *et al.*, 2019; Sundararajan *et al.*, 2017).

2.7 Índice de Geoacumulação para as amostras de sedimentos

O Índice avalia o potencial nível de contaminação de sedimentos por meio de uma estimativa do grau de poluição na área estudada, mediante o enriquecimento de determinado elemento acima de uma concentração de referência (Luo *et al.*, 2022; Sundararajan *et al.*, 2017). O IGeo é estabelecido pela Equação 7.

$$Igeo = \log_2(C_n/(1,5*B)) \quad (7)$$

Onde C_n é a medida de concentração do elemento químico na amostra de sedimentos, e B é o valor background de fundo geoquímico. O fator de 1,5 é uma constante de correção da variabilidade litológica. A Referência de análise do Índice de Geoacumulação é: $IGeo \leq 0$ não poluído, $0 < IGeo \leq 1$ não poluído a moderadamente poluído, $1 < IGeo \leq 2$ moderadamente poluído, $2 < IGeo \leq 3$ moderadamente a fortemente

poluído, $3 < I_{Geo} \leq 4$ fortemente poluído; $4 < I_{Geo} < 5$ fortemente poluído a extremamente poluído e $I_{Geo} \geq 5$ extremamente poluído (Luo *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2019).

2.8 Análise dos dados e construções gráficas

O software livre SciDavis foi utilizado para a construção de gráficos (Sourceforge, 2023). Os conjuntos de dados das amostras de sedimentos foram submetidos a análise estatística Plot no modelo Boxplot utilizando o software estatístico livre PAleontological STatistics (PAST), Versão 3.08 (Hammer, 2023) enquanto os demais dados foram processados por meio dos softwares Word e Excel do pacote Microsoft Office.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se na Tabela 2 as figuras de mérito analítico que atestam o desempenho da técnica ED-XRF frente ao material de referência certificado (MRC).

Tabela 2 – Figuras de mérito analítico do desempenho instrumental da análise ED-XRF

Elemento (mg.kg⁻¹)	MRC $\bar{X} \pm IC$	Determinado $\bar{X} \pm IC$	Erro (%)	Limite de Determinação
Cr	30 ± 5	28,1 ± 1,2	-4,6	1,7
Mn	267 ± 34	271,7 ± 3,4	1,7	3,0
Co	12 ± 1,5	13,0 ± 0,2	8,0	1,4
Cu	66 ± 6	72,8 ± 1,7	9,4	3,5
Zn	74 ± 9	74,5 ± 2,0	0,7	0,5
Zr	53 ± 0	53,9 ± 0,5	1,6	1,3
Ba	290 ± 40	287,3 ± 3,9	-1,0	1,0
Minerais (%)	MRC $\bar{X} \pm IC$	Determinado $\bar{X} \pm IC$	Erro (%)	Limite de Determinação
Al ₂ O ₃	6,52 ± 0,21	6,35 ± 0,10	-2,5	0,7
SiO ₂	28,24 ± 0,21	27,28 ± 0,40	-3,4	2,5
P ₂ O ₅	0,328 ± 0,066	0,333 ± 0,0001	-0,9	0,1
SO ₃	1,53 ± 0,11	1,48 ± 0,02	-3,3	0,1
K ₂ O	1,66 ± 0,10	1,61 ± 0,03	-3,3	0,2
TiO ₂	0,253 ± 0,025	0,245 ± 0,005	-4,2	0,02
Fe ₂ O ₃	3,03 ± 0,14	2,91 ± 0,05	-3,9	0,2

Fonte: Autor

As recuperações da matriz na Tabela 2 foram entre 80% e 110% frente ao material de referência certificado SGR-1b Green River Shale do USGS (United States Geological Survey) e evidenciam a qualidade e fidelidade dos resultados gerados.

As concentrações médias resultantes das análises multielementares ED-XRF dos minerais majoritários presentes nas frações finas das amostras de solos e sedimentos do PET - RS. Na Tabela 3 é possível observar que as concentrações médias para os minerais majoritários Al_2O_3 , SiO_2 e TiO_2 apresentam-se inferiores nas amostras de sedimentos quando comparado as amostras de solos. Minerais Feldspatos que contém alumínio e tendem a ser facilmente intemperados e transportados, enriquecendo os sedimentos e em função disso suas concentrações são mais elevadas nos solos e nas rochas. Já os minerais de titânio são resistentes ao intemperismo e tendem a ser mais insolúveis indicam o enriquecimento local de solos e sedimentos (Kämpf *et al.*, 2019; Mineropar, 2001).

Tabela 3 - Concentrações médias dos minerais majoritários nas amostras de solos e de sedimentos.

Minerais (%)	SOLOS		SEDIMENTOS	
	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)
Al_2O_3	14,7 ± 1,6	19,4	13,9 ± 2,6	19,5
SiO_2	34,6 ± 3,4	18,3	31,6 ± 5,2	18,6
P_2O_5	0,3 ± 0,1	12,1	0,3 ± 0,1	7,6
SO_3	0,4 ± 0,1	14,0	0,4 ± 0,1	12,4
K_2O	0,3 ± 0,1	20,0	0,4 ± 0,1	14,6
TiO_2	3,2 ± 0,6	12,5	2,9 ± 0,4	16,7
Fe_2O_3	14,5 ± 1,2	15,4	14,7 ± 2,1	16,5

Fonte: Autores (2023)

Legenda: X = Concentrações médias; IC= Intervalo de confiança ($p=0.05$); CV(%) = Coeficiente de variação percentual

Além disso, nota-se na Tabela 3 que as concentrações médias para os minerais majoritários K_2O e Fe_2O_3 apresentam-se superiores nas amostras de sedimentos quando comparado as amostras de solos. A presença de óxidos de potássio é comum em adubos agrícolas aplicados a culturas como soja e trigo, estes são facilmente

dissolvidos e transportados, e são de uso comum nas áreas ao entorno do PET. Nesse sentido, as concentrações de K_2O podem estar associadas a erodibilidade de solos, aporte aos sistemas hídricos e transporte para o interior do PET. A abundância Fe_2O_3 nos sedimentos é influenciada por fatores como origem, condições do Eh-pH, alterações diagenéticas e granulométricas (Kämpf *et al.*, 2019; Mineropar, 2001), embora sua presença seja naturalmente elevada nos solos da região, seu enriquecimento nos sedimentos pode estar associado ao aporte e transporte de solos de regiões externas ao PET. O cálculo das Razões Elementares (RE) considerando as concentrações minerais majoritárias é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Valores associados ao cálculo das Razões Elementares (RE) das amostras

Razão Elementar	Solos	Sedimentos
RE ₁	0.02	0.03
RE ₂	4.62	4.82
RE ₃	2.35	2.27
RE	47.26	41.18

Fonte: Autores (2023)

A razão elementar RE₁ indica que as amostras são constituídas por minerais de argila, a razão elementar RE₂ demonstra a origem de rochas ígneas félsicas ricas em quartzo e feldspato. As razões elementares ER₃ e ER₄ indicam uma pequena diferenciação entre a rocha geradora dos solos e a rocha geradora de sedimentos sugerindo a influência de aportes externos (Silva *et al.*, 2023; Kusin *et al.*, 2019).

A Tabela 5 apresenta os resultados estabelecidos para as concentrações médias dos elementos químicos das frações finas das amostras de solos coletadas no interior do PET, que possibilitaram a determinação do Limite de Tolerância de solos (LT), nesse estudo utilizados como critério para definição do background local e que foram utilizados como referência para estabelecer os índices de qualidade ambiental das amostras de sedimentos.

Tabela 5 - Concentração média dos elementos químicos e determinação da Tolerância de solos (LT)

Elementos (mg.Kg ⁻¹)	SOLOS		LT
	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	
Cr	79,5 ± 1,3	15,6	90,0
Mn	2330,0 ± 2,9	21,9	8935,3
Co	45,6 ± 1,7	16,6	30,0
Cu	104,8 ± 2,0	12,1	66,7
Zn	68,2 ± 1,8	16,4	49,4
Zr	109,7 ± 1,7	6,7	244,7
Ba	4324,3 ± 3,6	18,8	18033,7

Fonte: Autores (2023)

Legenda: X = Concentrações médias; IC= Intervalo de confiança (p=0.05); CV(%) = Coeficiente de variação percentual; LT = Limite de Tolerância

Na Tabela 6, é apresentado o sumário das concentrações médias de elementos químicos presentes nas amostras de sedimentos coletadas em sistemas hídricos na área interna (zona de mata nativa) e na zona de amortecimento (entorno de uma unidade de conservação, onde as atividades humanas estão sujeitas a normas e restrições específicas, com o propósito de minimizar os impactos), conforme a Figura 1.

Tabela 6 - Sumário das concentrações nas amostras de sedimentos do Parque Estadual do Turvo

Continua...

Elementos (mg.Kg ⁻¹)	Sedimentos Internos do PET									
	SED 1		SED 2		SED 3		SED 4		SED 5	
	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)
Cr	101,1 ± 4,1	3,6	50,0 ± 2,9	5,1	86,4 ± 4,8	4,9	95,2 ± 9,5	8,8	84,6 ± 8,9	9,3
Mn	1313,8 ± 24,9	1,7	1211,5 ± 23,2	1,7	1018,3 ± 11,4	1,0	1600,0 ± 15,4	0,8	1131,9 ± 36,3	2,8
Co	49,7 ± 1,1	1,9	29,8 ± 0,9	2,7	41,8 ± 1,0	2,1	50,1 ± 0,6	1,0	42,5 ± 1,7	3,6
Cu	136,5 ± 3,7	2,4	95,4 ± 2,9	2,7	148,2 ± 2,8	1,7	116,9 ± 2,7	2,1	118,1 ± 4,5	3,4
Zn	84,9 ± 2,7	2,8	77,6 ± 2,2	2,5	117,9 ± 1,4	1,1	89,6 ± 2,9	2,9	83,6 ± 3,6	3,8
Zr	128,3 ± 1,4	1,0	94,5 ± 3,8	3,6	120,1 ± 1,5	1,1	82,8 ± 2,1	2,3	91,6 ± 4,6	4,4
Ba	3927,4 ± 38,4	0,9	2579,4 ± 38,8	1,3	3074,6 ± 20,0	0,6	3223,3 ± 38,3	1,0	3558,5 ± 212,4	5,3

Tabela 6 - Sumário das concentrações nas amostras de sedimentos do Parque Estadual do Turvo

Sedimentos Externos do PET										
Elementos (mg.Kg ⁻¹)	SED 6		SED 7		SED 8		SED 9		SED 10	
	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)	$\bar{X} \pm IC$	CV(%)
Cr	124,2 ± 7,5	5,3	123,3 ± 6,1	4,3	91,3 ± 8,9	8,7	88,1 ± 3,9	3,9	106,7 ± 0,7	0,6
Mn	3060,7 ± 37,1	1,1	3445,0 ± 13,6	0,3	2599,0 ± 37,2	1,3	21349,5 ± 55,5	0,2	2812,2 ± 25,6	0,8
Co	60,2 ± 0,4	0,6	61,8 ± 1,0	1,4	53,5 ± 0,7	1,1	71,6 ± 1,0	1,3	58,3 ± 0,6	0,9
Cu	121,5 ± 1,9	1,4	121,5 ± 12,9	1,4	125,5 ± 1,2	0,8	84,9 ± 4,8	5,0	124,3 ± 0,7	0,5
Zn	69,0 ± 5,3	6,8	69,0 ± 5,3	6,8	81,0 ± 4,1	4,5	70,3 ± 5,5	6,9	79,3 ± 1,7	1,8
Zr	118,9 ± 2,3	1,7	118,9 ± 2,3	1,7	102,3 ± 1,0	0,9	90,6 ± 2,5	2,4	106,1 ± 2,1	1,7
Ba	5432,7 ± 59,2	1,0	5432,7 ± 59,2	1,0	4225,0 ± 31,4	0,7	4065,4 ± 34,4	0,7	4175,4 ± 23,8	0,5

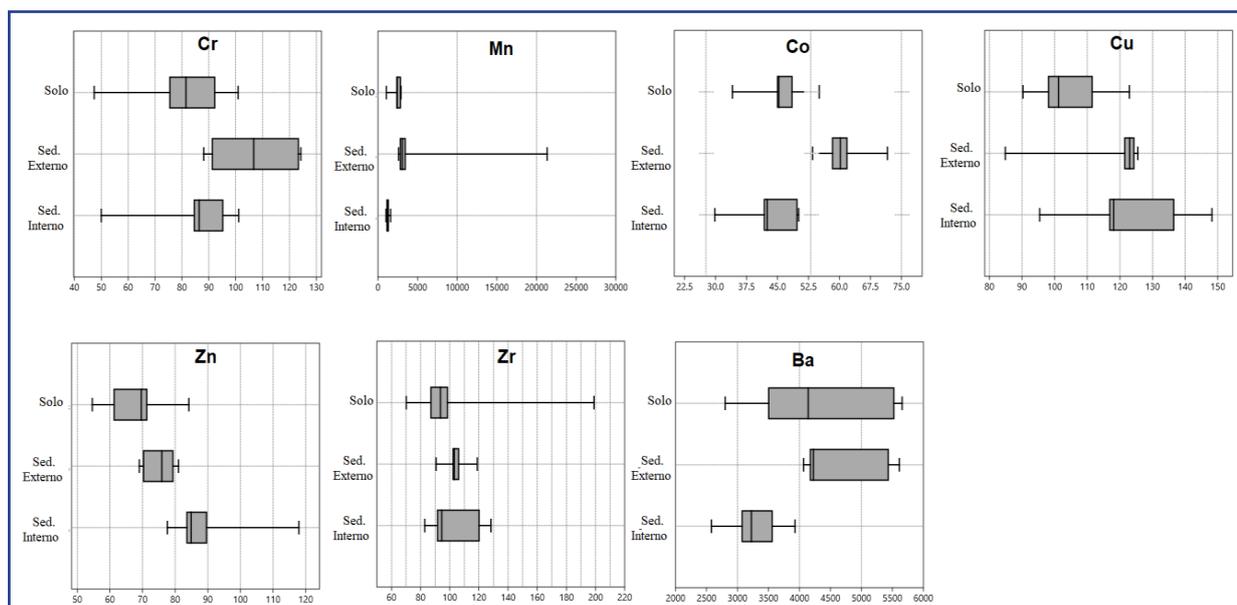
Fonte: Autores (2023)

Legenda: X = Concentrações médias; IC= Intervalo de confiança (p=0.05); CV(%) = Coeficiente de variação percentual; LT = Limite de Tolerância

Podemos observar na Tabela 4 que os valores das concentrações médias de Mn, Co, Ba e Zn na área externa do PET são mais expressivos do que quando comparados aos valores médios das amostras de sedimentos coletas na parte externa, sugerindo o seu enriquecimento. Os teores do Mn nas frações finas de sedimento são controlados pela geoquímica das fontes quanto por condições de oxirredução no ambiente deposicional, sua presença que é comum nos sistemas hídricos sob a forma de silicatos ferromagnesianos dotriticos, óxidos Fe-Mn e em argilo-minerais.

Os óxidos de Bário, Cobalto e zinco em sedimentos costumam encontrar-se atribuídos aos feldspatos potássicos dos minerais argilosos e aos óxidos hidratadas do Fe o Mn que podem adsorver estes elementos (Kämpf *et al.*, 2019; Cunha *et al.*, 2006; Mineropar, 2001). A Figura 2 apresenta a análise Boxplot (p > 0.05) que representa a variação dos dados de elementos químicos inorgânicos nas amostras.

Figura 2 - Gráfico Boxplot considerando os elementos químicos Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Zr e Ba

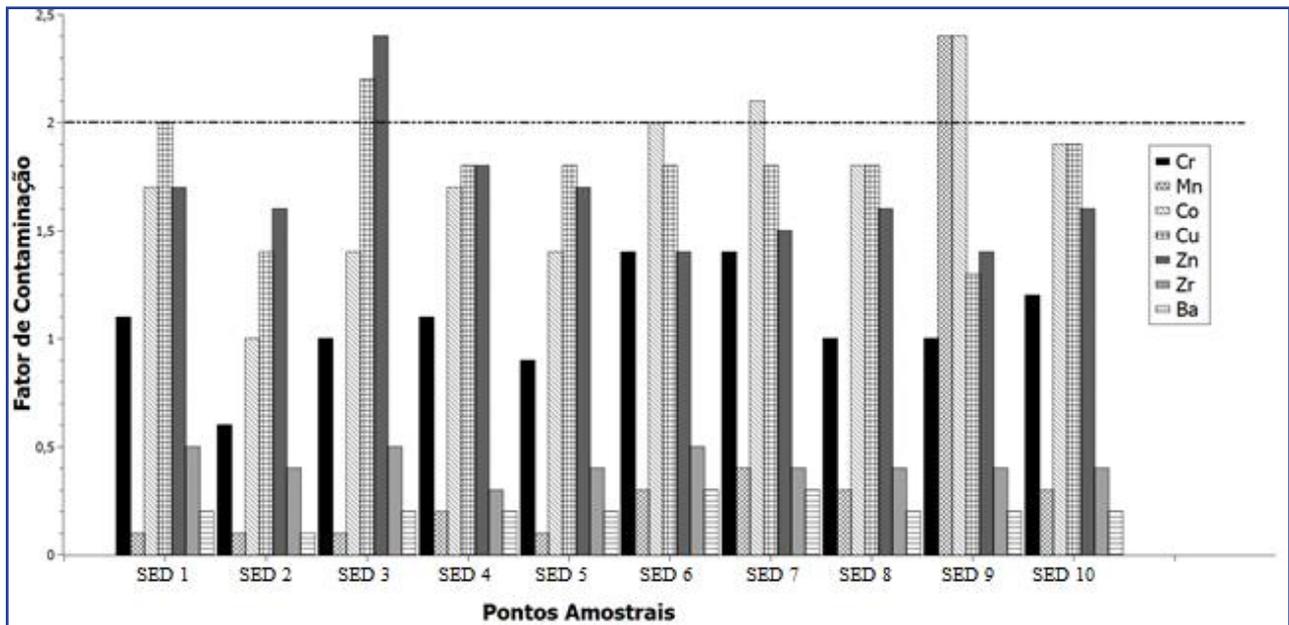


Fonte: Autores (2023)

Pelo gráfico da Figura 2 podemos observar a variações pequenas entre os quartis para Cr, Co, Cu, Zn e Ba e a existência de *outliers* nos limites extremos superior e inferior. O que sugere a necessidade de se investigar se estas concentrações podem ser associadas a variabilidade geoquímica local ou se são capazes de expressar a contaminação do meio. Os valores do FC e do IGeo foram calculados considerando os valores do Limite de Tolerância para solos (LT) como Background. Os resultados foram estabelecidos conforme os pontos de coleta internos e externos do PET para cada espécie química individual do ambiente de estudo. Os resultados do FC são apresentados na Figura 3.

Na Figura 3 evidencia-se possíveis contaminações moderadas nos pontos amostrais SED 3, para Cu e Zn, e SED 9, para Mn e Co. No entanto, este apontamento pode representar apenas reflexos da variabilidade dos elementos na matriz. Nesse sentido, cabe avaliar o conjunto amostral pelo Índice de Geoacumulação.

Figura 3 - Fator de Contaminação para as amostras de sedimentos



Fonte: Autores (2023)

Legenda: SED (Sedimento)

Tabela 5 - Escores associados ao cálculo do Índice de Geoacumulação

	Cr	Mn	Co	Cu	Zn	Zr	Ba
SED 1	-0.1	-1.0	0.0	0.1	0.1	-0.5	-0.8
SED 2	-0.4	-1.0	-0.2	0.0	0.0	-0.6	-1.0
SED 3	-0.2	-1.1	0.0	0.2	0.2	-0.5	-0.9
SED 4	-0.2	-0.9	0.0	0.1	0.1	-0.6	-0.9
SED 5	-0.2	-1.1	0.0	0.1	0.1	-0.6	-0.9
SED 6	0.0	-0.6	0.1	0.1	0.0	-0.5	-0.7
SED 7	0.0	-0.6	0.1	0.1	0.0	-0.6	-0.7
SED 8	-0.2	-0.7	0.1	0.1	0.0	-0.6	-0.7
SED 9	-0.2	0.2	0.2	-0.1	0.0	-0.6	-0.8
SED 10	-0.1	-0.7	0.1	0.1	0.0	-0.5	-0.8

Fonte: Autor

Os escores obtidos pelo cálculo do índice de geoacumulação apontam para valores que classificam os sedimentos como não poluídos a moderadamente poluídos. Reforça-se, assim, a tese de que embora existam enriquecimentos observáveis para os minerais majoritários (Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , SO_3 , K_2O , TiO_2 e Fe_2O_3) e para os elementos químicos (Cr,

Mn, Co, Cu, Zn, Zr e Ba). A presença destes têm origem natural e/ou não tem influenciado de maneira deletéria a qualidade dos sedimentos dos sistemas hídricos do PET.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por estudo não foi possível afirmar que as alterações nos valores nas concentrações médias dos óxidos majoritários Al_2O_3 ($14,7 \pm 1,6 \%$), SiO_2 ($34,6 \pm 3,4 \%$), P_2O_5 ($0,3 \pm 0,1 \%$), SO_3 ($0,4 \pm 0,1 \%$), K_2O ($0,3 \pm 0,1 \%$), TiO_2 ($3,2 \pm 0,3 \%$) e Fe_2O_3 ($14,5 \pm 1,2 \%$) e dos elementos químicos Cr ($50,0 \pm 2,9$ a $124,2 \pm 7,5 \text{ mg.kg}^{-1}$), Mn ($1018,3 \pm 11,4$ a $3445,0 \pm 13,6 \text{ mg.kg}^{-1}$), Co ($29,8 \pm 0,9$ a $71,6 \pm 1,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cu ($95,4 \pm 2,9$ a $148,2 \pm 2,8 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zn ($69,0 \pm 5,4$ a $117,9 \pm 1,4 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zr ($82,8 \pm 2,1$ a $128,3 \pm 1,4 \text{ mg.kg}^{-1}$) e Ba ($2579,4 \pm 38,8$ a $5432,7 \pm 59,2 \text{ mg.kg}^{-1}$) presentes nas frações finas das amostras de sedimentos coletadas no PET sejam provindas de atividades antrópicas. No entanto, foram estabelecidos nesse os níveis de *background* para Cr ($90,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), Mn ($8935,3 \text{ mg.kg}^{-1}$), Co ($30,0 \text{ mg.kg}^{-1}$), Cu ($66,7 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zn ($49,4 \text{ mg.kg}^{-1}$), Zr ($244,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) e Ba ($18033,7 \text{ mg.kg}^{-1}$), que serviram de base na construção de novos estudos na área e auxiliaram na gestão do plano de manejo da área.

AGRADECIMENTOS

A equipe de pesquisadores agradece a Secretária do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul pelo apoio as ações desenvolvidas neste estudo.

REFERÊNCIAS

AGRA FILHO, S. S. Política Ambiental e Gestão Ambiental. *In*: Calijuri, M, C.; CUNHA, D. G. F. (org). **Engenharia Ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2013, p. 695-713.

ANA. Agência Nacional de Águas & Cetesb – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional da coleta e preservação de amostras: água, sedimentos, comunidades aquáticas e efluentes líquidos**. São Paulo: Cetesb; Brasília: ANA, 2011.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Portal Hidroweb - Rede Hidrometereológica Nacional**. 2023. Disponível em: <http://www3.ana.gov.br/portal>. Acesso em: 23 de março de 2023.

BERTASO, T. R. N.; SPIES, M. R.; KOTZIAN, C. B.; FLORES, M. L. T. Effects of forest conversion on the assemblages' structure of aquatic insects in subtropical regions. **Revista Brasileira de Entomologia**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2015.02.005>.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 25 de agosto de 2023.

BRASIL. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas**. Brasília (Brasil): MMA/SBF, 2011. p. 76

CASSENOTE, S; SILVA, P. G; DI MARE, R. A; PALADINI, A. Seasonality of dung beetles (Coleoptera: Scarabaeinae) in Atlantic Forest sites with different levels of disturbance in southern Brazil. **Iheringia**, 2019. DOI 10.1590/1678-4766e2019035.

CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C.; SEVERO, C. R. S. **Estudo de solos do município de Derrubadas – RS**. Pelotas; Embrapa Clima Temperado, 2006. ISSN 1516-8832.

FADIGAS, F. S.; SOBRINHO, N. M. B. A., MAZUR, N.; DOS ANJOS, L. H. C.; FREIXO, A. A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 699-705, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662006000300024>.

FOLETO, E. M. O contexto das Unidades de Conservação na região central do Rio Grande do Sul. *In*: FOLETO, E. M.; Nascimento, D. B. (Org). **Áreas Protegidas: discussões e desafios a partir da região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2017. p.63-76.

GLOAGUEN, T.V.; MOTTA, P.N.S.D.; COUTO, C.F. A grain-size correction for metal pollution indexes in river sediments. **International Journal of Sediment Research**, v. 36, n. 3, p. 362-372, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2020.10.005>.

HAMMER, Ø. **Software Paleontological Statistics (PAST)**. Version 4.13. Natural History Museum. University of Oslo, 2023.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Dados Históricos**. 2023 Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em 22 de Abril de 2023.

KÄMPF, N.; CURI, N.; MARQUES, J.J. Intemperismo e ocorrência de minerais no ambiente do solo. *In*: MELLO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. (org). **Química e mineralogia do solo: conceitos básicos e aplicações**. Viçosa: SBCS, 2019. p. 333-379.

KUSIN, F.M.; AWANG, N.H.C.; HASAN, S.N.M.S.; RAHIM, H.A.A.; AZMIN, N.; JUSOP, S.; KIM, K.W. Geo-ecological evaluation of mineral, major and trace elemental composition in waste rocks, soils and sediments of a gold mining area and potential associated risks. **CATENA**, v. 183, n. 104229, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104229>.

LUO, M.; KANG, X.; LIU, Q.; YU, H.; TAO, Y.; WANG, H.; NIU, Y.; NIU, Y. Research on the geochemical background values and evolution rules of lake sediments for heavy metals and nutrients in the Eastern China Plain from 1937 to 2017. **Journal of Hazardous Materials**, v. 436, n. 129136, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129136>.

LUTINSKIA, J. A.; DORNELES, F. E.; GUARDAA, C.; LUTINSKIC, C. J.; BUSATOA, M. A.; GIOVENARDID, R.; GARCIAE, F. R. M. Ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in Turvo State Park, municipality of Derrubadas, state of Rio Grande do Sul, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.239642>.

MARION, A. M. N. **Toxicologia de anfíbios in situ**: levantamento bibliográfico e estudos de caso com girinos de *Leptodactylus luctator*. 2023. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2023.

MINEROPAR - Minerais do Paraná S.A. **Atlas Geoquímico da Folha de Curitiba**. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2001.

PASINI, F.; MANCUSO, M. A.; BREUNIG, F. M.; FRITZEN, R. R. Recarga de aquífero em Floresta Estacional Decidual nativa, Parque Estadual do Turvo (RS). **Ciência Florestal**, v. 32, n. 1, p. 206–232, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509847112>.

RANIERI, V. E. L.; MORETTO, E. M. Áreas Protegidas: por que precisamos delas? In: CALIJURI, M, C.; CUNHA, D. G. F. (org). **Engenharia Ambiental: Conceitos, tecnologia e gestão**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2013. p. 717-736.

SEMA – Secretária Estadual do Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Turvo**. 2005. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201610/24172430-plano-manejo-peturvo.pdf>. Acesso em: 25 de agosto de 2023

SILVA, P. R. B.; DALLA NORA, F. E.; CASTRO, R.J.; WASTOWSKI, A. D.; MAUAD, F. F. The environmental quality of sediments of rivers near prospection areas of semiprecious rocks. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 364, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7456-6>.

SILVA, P. R. B.; PARIZOTTO, D.; SILVA, L. R.; MAUAD, F.F.; PARREIRA, P.S.; MELQUIADES; F. L. Mining waste acting as a precursors of environmental stress in sediments. **Engenharia Sanitária & Ambiental**, v. 28, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220220230>.

SOURCEFORGE **Software SciDAVIS**, 2023. Disponível em: <http://scidavis.sourceforge.net/index.html>. Acesso em: 05 de Janeiro de 2023.

SUNDARARAJAN, S.; KHADANGA, M. K.; KUMAR, J. P. P. J.; RAGHUMARAN, S.; VIJAYA, R.; JENA, B. K. Ecological risk assessment of trace metal accumulation in sediments of Veraval Harbor, Gujarat, Arabian Sea. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, p. 592-601, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.016>.

THOMAS, B. L. Unidades de Conservação da natureza: conceituando e entendendo seus grupos e categorias de manejo. In: FOLETO, E. M.; Nascimento, D. B. (Org). **Áreas Protegidas: discussões e desafios a partir da região central do Rio Grande do Sul**. Santa Maria: Editora da UFSM, 2017. p. 9-61.

TOBIÁS, F.; BECH, J.; SÁNCHEZ ALGARRA, P. Statistical approach to discriminate background and antropogenic input of trace elements in soils of Catalonia Spain. **Water, air and Soil Pollution**, v. 100, p. 63-78, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1018342201386>.

Contribuições de autoria

1 – Caroline Emiliano Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental
<https://orcid.org/0000-0002-2903-7005> • caroline_emiliano@hotmail.com
Contribuição: Escrita – primeira redação, visualização de dados

2 – Malva Andrea Mancuso

Universidade Federal de Santa Maria, Doutora em Geociências
<http://orcid.org/0000-0002-8252-534X> • malvamancuso@ufsm.br
Contribuição: Administração do projeto, escrita - revisão e edição

3 – Paulo Roberto Bairros da Silva

Universidade Federal de Santa Maria, Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental
<https://orcid.org/0000-0002-2052-4210> • paulo.bairros-silva@ufsm.br
Contribuição: Escrita – primeira redação, metodologia

4 – Janieli Aparecida Minski da Motta

Universidade Federal de Santa Maria, Graduada em Engenharia Sanitária e Ambiental
<https://orcid.org/0009-0006-7859-5026> • janiele_motta@hotmail.com
Contribuição: Escrita – primeira redação

Como citar este artigo

SANTOS, C. E; MANCUSO, M. A; SILVA, P. R. B.; MOTTA, J. Avaliação da qualidade ambiental dos sedimentos do Parque Estadual do Turvo. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 28, e85640, 2024. Disponível em: 10.5902/2236499485640. Acesso em: dia mês abreviado ano