

## **1384 Avaliação Ambiental dos Sedimentos do Igarapé do Irurá, Santarém – PA entre os anos de 2020 e 2021**

### **Igor Costa<sup>(1)</sup>**

Bacharel em Ciências da Terra, Graduando em Geologia, Pós- Graduando em Saneamento em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Oeste do Pará, Av Vera Paz, s/n, CEP 68035-110, Santarém, Pará. (93) 2101-4985. [pjigorcosta@gmail.com](mailto:pjigorcosta@gmail.com);

### **Thiago Shinaigger Rocha Nascimento<sup>(2)</sup>**

Bacharel em Ciências das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Av Vera Paz, s/n, CEP 68035-110, Santarém, Pará. (93) 2101-4985. [shinaigger@gmail.com](mailto:shinaigger@gmail.com)

### **Louisiane Farias Batista<sup>(3)</sup>**

Bacharel em Ciências das Águas, Universidade Federal do Oeste do Pará, Av Vera Paz, s/n, CEP 68035-110, Santarém, Pará. (93) 2101-4985. [Louisi.farias15@gmail.com](mailto:Louisi.farias15@gmail.com).

### **Edinelson Saldanha Correa<sup>(4)</sup>**

Dr em Ciências Ambientais, Professor Universidade do Pará, do Curso de Oceanografia, R. Raimundo Santana Cruz, CEP: 68721-000, Salinópolis – PA. (91) 3201-7050 [edinelson\\_saldanha@hotmail.com](mailto:edinelson_saldanha@hotmail.com)

### **Christiane do Nascimento Monte<sup>(5)</sup>**

Dra. em Geociências, Professora Adjunta C, Instituto de Engenharia e Geociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Av Vera Paz, s/n, CEP 68035-110, Santarém, Pará. (93) 2101-4985. [christiane.monte@yahoo.com.br](mailto:christiane.monte@yahoo.com.br).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua/Av. Borges Leal, 3158-S - Caranazal - Santarém - Pará - CEP: 62040-075 - País - Tel: +55 (93) 99149-0482 - e-mail: [pjigorcosta@gmail.com](mailto:pjigorcosta@gmail.com).

## **RESUMO**

A microbacia do igarapé do Irurá, na cidade de Santarém- PA, no Oeste do Pará, uma das maiores cidades paraenses e que pertence a bacia do Rio Tapajós. Uma das maiores bacias existentes na Região Norte. A cidade de Santarém, não possui uma rede de saneamento básico adequado, que faz com que boa parte do esgoto doméstico e industrial seja lançado brutalmente in natura, em igarapés e no rio Tapajós, afetando diretamente as condições da biota aquática, como o pescado, que é parte da dieta alimentar e renda da região. O objetivo principal desta pesquisa foi a caracterização geoquímica dos sedimentos superficiais da microbacia do igarapé do Irurá. As coletas de sedimentos foram realizadas em cinco pontos amostrais, desde a nascente do igarapé Irurá até a sua foz, no Rio Tapajós, entre os anos de 2020 e 2021. Foram utilizados parâmetros físico-químicos, como: pH em Água e em cloreto de Potássio (KCl), acidez potencial, capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases (S), saturação em bases (V), matéria orgânica (M.O), sulfatos, sulfetos, fósforo orgânico (PO), metais (Al, Cu, Fe, Zn Mn, Cr, B e Mo), todos seguindo a metodologia conforme descrito no manual de tratamento de solos e sedimentos da EMBRAPA-2017. Obtendo compreensão dos parâmetros físicos, como a composição granulométrica, que é arenosa, que indica uma menor adsorção dos contaminantes, como os metais Fe e Mn, e favorecer uma maior biodisponibilidade dos mesmos ao meio aquático, aumentando o risco de contaminação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bacia hidrográfica do Rio Tapajós; Igarapés; Santarém; Capacidade de troca de cátions

## **INTRODUÇÃO**

As interferências nos ciclos geoquímicos são ampliadas pelas atividades antrópicas, com a adição de elementos maiores, menores e traços presentes no ambiente, o que pode ocasionar sua contaminação (MENDES, 2015). Os sedimentos possuem algumas características relevantes, uma delas é a capacidade de acumular ao longo do tempo as concentrações de elementos-traço presentes na água, que faz com desses materiais importantes marcadores ecotoxicológicos.

O que torna a aplicação da geoquímica sedimentar uma ferramenta indispensável na avaliação dos impactos por atividades humanas em áreas de em áreas fluviais, como na várzea e lagos, por exemplo. O Igarapé do Irurá tem sua nascente localizada em uma área de floresta sem contaminação antrópica. Entretanto, ao longo do igarapé do Irurá há

presença de atividades urbanas, como a piscicultura e as atividades agrícolas (como a agricultura familiar), como destacado por Santos et al., 2020, em que Santarém é o 3º município com o pior sistema de saneamento básico do país.

No município de Santarém, os dejetos ou os lixiviados residenciais fluem por meio de escoamento superficial, ou percolam através do solo até as fossas sépticas ou rudimentares, que dependendo da condição dos seus revestimentos, podem contaminar diretamente os lençóis freáticos, como também, ou são lançados in natura nos igarapés.

A bacia hidrográfica do Tapajós, área em que a microbacia do Igarapé do Irurá está localizada. Sendo assim, objetivou-se avaliar e caracterizar os sedimentos da região, como indicativo da qualidade ambiental, através de uma caracterização geoquímica sedimentar na área da microbacia do Igarapé do Irurá, ao longo do seu curso, desde sua nascente até a foz, localizada no município de Santarém – PA.

## **OBJETIVOS**

Avaliar e analisar a qualidade dos sedimentos superficiais da microbacia do Igarapé do Irurá, entre os anos de 2020 e 2021, da nascente até sua desembocadura no rio Tapajós, determinando assim o comportamento das características geoquímicas dos sedimentos.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar as possíveis fontes de contaminantes;
- Destacar a variabilidade sazonal de metais em sedimentos superficiais, em seis pontos, desde a nascente até sua foz;
- Discutir sobre aspectos acerca do monitoramento de contaminantes presentes nos sedimentos superficial.

## **METODOLOGIA**

A microbacia do Irurá encontra-se no município de Santarém – PA (Figura 1), a temperatura do ar é sempre elevada, com variação térmica anual inferior a 5°C e precipitação média anual em torno de 1820 mm. A umidade relativa do ar apresenta valores superiores a 80% em quase todos os meses do ano. As estações chuvosas coincidem com os meses de dezembro a junho e as menos chuvosas, com os meses de julho a novembro. A cidade de Santarém pode ser classificada climaticamente, segundo Köppen, como de clima tropical chuvoso, com pequena amplitude térmica anual e precipitação média mensal superior a 60 mm, ou seja, tipo Am (SANTOS et al., 2021; COSTA et al., 2013b).

Pertencente a Formação Alter-do-Chão, a microbacia do Irurá, possui uma idade do Cretáceo Superior/Neógeno, que constitui o principal sistema aquífero da Bacia Paleozóica do Amazonas (OLIVEIRA et al., 2000).

### **Amostragem**

Os seis pontos (Figura 1) foram os mesmos entre os dois anos de análises, em 2020, com duas coletas, no período chuvoso, no mês de fevereiro e no período seco, no mês de novembro, e no ano de 2021, com uma campanha, no mês de fevereiro, referente ao período chuvoso.

Pontos selecionados ao longo da microbacia, sendo distribuídos da nascente a desembocadura no rio Tapajós, percorrendo alguns bairros em expansão na cidade. De forma que cada ponto possui uma amostragem (Quadro 1) com características locais e com uma distribuição diferenciada ao longo da microbacia.

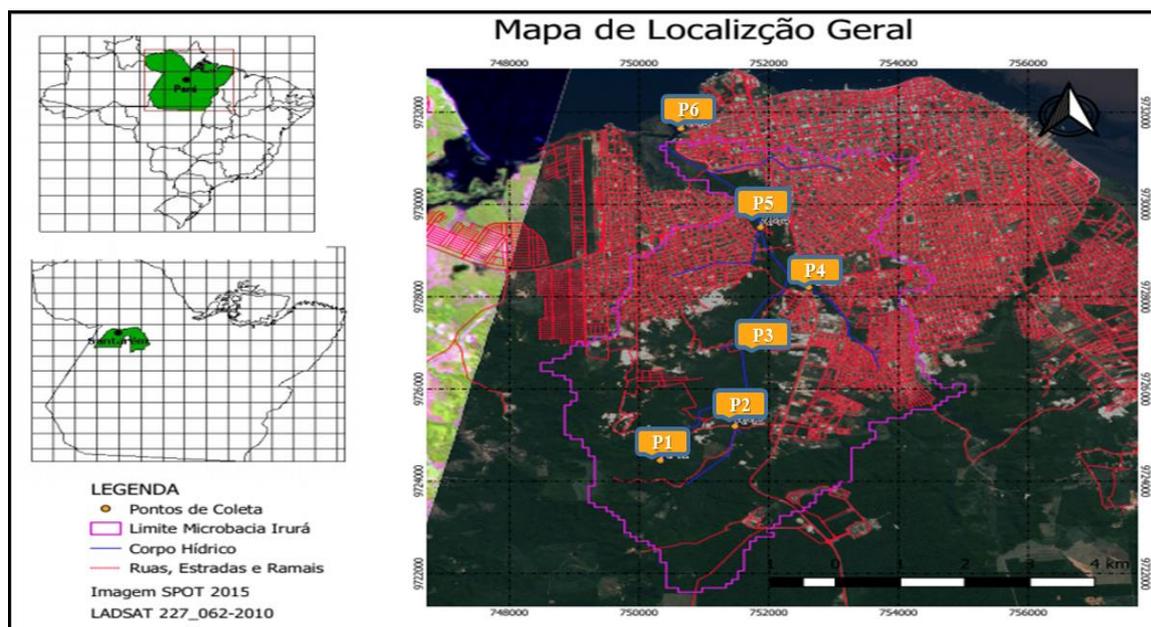


Figura 1. Mapa de localização da Microbacia do Igarapé do Irurá em Santarém – PA.

NOME	Quadro 1. AMOSTRAGEM DOS PONTOS DE COLETA	
	COORDENADAS (UTM)	DESCRIÇÃO
AM-1	02°29'49" S 54°45'14" W	Nascente do igarapé do Irurá
AM-2	02°29'03" S 54°44'09" W	Ponte do Cambuquira, localizado no ramal da cambuquira.
AM-3	2°27'26" S 54°43'43" W	Ponte sobre a BR-163 – Rodovia Cuiabá.
AM-4	2°26'47" S 54°43'59" W	Próximo a ponte da COSAMPA – Companhia de Saneamento do Pará
AM-5	02°25'43" S 54°43'04" W	Lago do Mapiri
AM-6	02°25'37" S 54°44'48" W	Foz no Rio Tapajós

### Sedimentos

Em 2020, foram coletadas amostras de sedimentos superficiais em 6 pontos amostrais, desde de a nascente da microbacia do Igarapé do Irurá até sua foz, realizadas no mês de fevereiro/ 2020, no período chuvoso, e no mês de novembro/2020, período seco, para a região.

No ano de 2021, durante o mês de fevereiro, no período chuvoso para a região de Santarém- PA, foi realizada a primeira campanha de coleta das amostras de sedimentos, em cinco pontos amostrais (AM-1 a AM-5), dispostos na microbacia do Irurá, desde sua nascente até a foz, mas, devido as condições adversas de tempo e acesso ao local de coleta, não foi possível coletar a amostra AM-6 para aquele ano, que corresponde a foz no Rio Tapajós.

### Parâmetros Físico-químicos

Os procedimentos de coleta seguiram as recomendações da EMBRAPA, o material coletado será com o auxílio de dragas de Van Veen, em 20cm de profundidade. Os sedimentos foram coletados, identificados e armazenados em sacos plásticos para serem tratados posteriormente (em laboratório).

### Parâmetros Físicos

Os parâmetros físicos foram compostos pela análise granulométrica, que visa à quantificação da distribuição das partículas individuais do material inorgânico (fração areia, silte e argila) presentes nos sedimentos, através do Método da Pipeta proposto pela EMBRAPA 2020. No qual para determinação de areia utilizou-se uma peneira número 270 (0,053 mm) e técnica de sedimentação, para as frações silte e argila (AZEVEDO, 2012). Além da determinação do pH (em Água – H<sub>2</sub>O e Cloreto de Potássio - KCl), por meio de eletrodos na suspensão homogeneizada.

### Parâmetros Químicos

As análises químicas são compostas por parâmetros, como matéria orgânica, macronutrientes: fosforo (P), sulfato/enxofre (S), Sódio (Na) e Potássio (K), e micronutrientes: ferro (Fe), zinco (Zn), manganês (Mn), cobre (Cu), boro (B) e molibdênio (Mo), sua determinação dos elementos é feita por espectrometria de absorção atômica com chama ou por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES) e determinação por espectrofotometria de chama, a acidez potencial, cátions trocáveis (Al<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>), capacidade de troca de cátions - CTC e saturação por base (SB), esses últimos por análise volumétrica por titulação, todos de acordo com os métodos empregados pela EMBRAPA.

### RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises dos sedimentos possibilitaram obter os resultados para a granulometria; o pH; o percentual de saturação; os macroelementos e microelementos; a matéria orgânica, que estão representados, simultaneamente, nas tabelas 1, 2, 3 e 4, e, respectivamente, possuindo maiores e menores valores em suas concentrações. Tais resultados são referentes aos dois anos amostrais.

Os parâmetros pH, percentual de argila, CTC (pH 7,0), CTC efetiva e Soma das bases, correspondem aos parâmetros físicos, estão mostrados na tabela 1.

**Tabela 1 – Parâmetros Físicos de 2020 e 2021**

Amostra	pH		Textura/Percentual de Argila				CTC-pH 7,0		CTC Efetiva		Soma das bases	
			H <sub>2</sub> O		KCl		(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )		(cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
AM-1	4,30	4,38	4,17	4,03	Arenosa	Arenosa	0,07	2,70	1,07	2,07	0,69	1,11
AM-2	5,98	4,43	5,14	4,05	Arenosa	Arenosa	-0,65	2,13	1,225	1,48	0,86	1,34
AM-3	5,01	5,20	4,16	5,09	Arenosa	Arenosa	14,93	0,75	1,12	1,43	0,93	1,38
AM-4	6,92	5,54	7,4	4,29	Arenosa	Arenosa	1,46	14,94	1,13	3,57	0,27	2,85
AM-5	5,35	5,14	4,19	5,01	Arenosa	Arenosa	0,07	1,86	1,02	1,28	0,83	1,23

A CTC - pH 7,0, que representa a quantidade total que o sedimento poderia adsorver se o seu pH fosse 7,0, para o ano de 2020 (de -0,65 a 14,93 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>), foi alta na amostra AM-3, a CTC efetiva (t), que representa a quantidade de cargas negativas ocupadas por cátions nos sedimentos, para o mesmo ano, teve concentração elevada na amostra AM-2, com variações de 1,05 a 1,225 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. A Soma das Bases foi baixa em todos os pontos, variando de 0,27 a 0,93.

Para o ano de 2021 a CTC - pH 7,0 (variou de 0,75 a 14,94 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) e CTC efetiva (t), com variação de 1,28 a 3,57 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, foi alta apenas na amostra AM-4, e baixa nas demais amostras. A capacidade de troca de cátions (CTC) de um sedimento representa a quantidade total de cátions retidos à superfície do mesmo, em condição permutável. A Soma das Bases, no ano de 2021, respectivamente, as amostras AM-3 e a AM-4, foram as que possuem maiores concentrações entre as demais amostras.

As variáveis saturação por bases (V%), e saturação de alumínio (m%), e relação Ca:Mg, correspondem à tabela 2. A saturação por bases (V%) foi alta na amostra AM-2 (1158,4), para o ano de 2020, já para o índice de saturação de alumínio (m%), teve maiores concentrações na AM-4. Em 2021, a saturação por bases (V%) foi alta na amostra AM-3 (185,25), o índice de saturação de alumínio (m%) teve maiores concentrações na amostra AM-1. De acordo com Amaral (et al.,2014), quando  $V \geq 50\%$ , o sedimento pode ser classificado como eutrófico; caso contrário, ele é classificado como distrófico, já o índice V representa a razão percentual entre a saturação por base (K+ Ca + Mg) e T.

**Tabela2 - Percentual de Saturação de 2020 e 2021**

Amostra	Al (mg/kg)		Bases (V%)		Ca(%)		Mg(%)		K(%)		Relação Ca:Mg	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
AM-1	35,66	46,51	184,26	41,07	9,62	6,42	38,48	34,43	1,31	1,06	0,25	0,19
AM-2	30,70	9,77	1158,64	62,68	16,56	10,40	41,41	65,50	0,88	0,81	0,40	0,16
AM-3	17,08	3,37	-143,03	185,25	36,86	17,96	36,86	65,53	1,16	1,26	1	0,27
AM-4	76,04	20,23	1,81	19,09	173,23	40,98	- 173,2	35,85	6,28	0,70	-1	1,14
AM-5	18,68	3,78	56,88	65,87	30,24	32,28	40,32	47,01	0,98	1,25	0,75	0,69

As concentrações dos macroelementos e matéria orgânica (Tabela 3), no ano de 2020, foram respectivamente, para fósforo (P): 6,04 a 50,71 mg/kg, potássio (K): 3,9 a 27,69 mg/kg, enxofre (S): 3,68 a 76,22 mg/kg, sódio (Na): de 0,09 a 0,2 mg/kg e M.O: -18,77 a -1,9 mg/kg. A acidez potencial (H + Al), por sua vez, variou de -1,58 a 14,66.

Para o ano de 2021, com suas respectivas concentrações, como de fósforo (P): 10,40 a 33,80 mg/kg, potássio (K): de 4,29 a 9,75 mg/kg, enxofre (S): 2,64 a 32,26 mg/kg, sódio (Na): 0,20 a 0,24 mg/kg e M.O: -18,77 a -1,9 e de -11,1 a 27,25 mg/kg. A acidez potencial (H + Al), por sua vez, variou de -1,58 a 14,66 e de 0,64 a 12,09 cmol/dm<sup>3</sup>.

**Tabela 3 – Concentrações de macroelementos e Matéria Orgânica de 2020 e 2021**

Parâmetros	Unidades	AM-1		AM-2		AM-3		AM-4		AM-5	
		2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
P	mg/kg	6,04	11,10	6,04	10,40	13,48	25,60	50,71	33,80	25,88	20,60
K	mg/kg	5,46	8,58	4,29	4,68	5,07	7,02	27,69	9,75	3,9	6,24
S	mg/kg	26,38	32,26	3,68	29,27	17,52	2,64	76,22	6,60	29,15	3,69
Al <sup>3+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,38	0,96	0,38	0,14	0,19	0,05	0,86	0,72	0,19	0,05
K <sup>+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,07	0,03	0,01	0,02
M.O.	mg/kg	-1,9	15,30	- 18,77	3,10	- 18,77	3,10	-	27,25	-11,1	9,20
Ca <sup>2+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,1	0,13	0,21	0,15	0,41	0,26	1,9	1,47	0,31	0,41
H <sup>+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	-0,7	0,63	-1,17	0,65	-1,77	-0,68	13,8	11,37	0,44	0,59
Mg <sup>2+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,41	0,71	0,52	0,97	0,41	0,94	-1,96	1,28	0,41	0,60
H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	-0,32	1,59	-0,79	0,80	-1,58	0,64	14,66	12,09	0,63	0,64
Na <sup>+</sup>	cmolc/dm <sup>3</sup>	0,16	0,24	0,13	0,20	0,09	0,17	0,2	0,08	0,1	0,20

O nível elevado de potássio, pode estar associado ao uso de adubos de crescimento do tipo NPK, utilizados pela população, e o fósforo associado aos insumos agrícolas (ANDRADE, 2000), como observado na região de pesquisa, onde é caracterizado pelas culturas familiares. Como observado por Nascimento et al., 2021, em pesquisa sobre a influência da ETE-Mapiri, na região de Santarém-PA, as concentrações de sulfato podem estar relacionadas, principalmente, ao lançamento de esgoto doméstico e industrial, além de subprodutos de limpeza e beleza, o que pode justificar as altas concentrações do mesmo nos anos amostrais (PARRA, 2006).

O sódio pode ser um cátion ( $\text{Na}^+$ ) altamente solúvel, capaz de aumentar a condutividade elétrica e provocar diminuição no potencial osmótico, no caso, do sedimento de fundo. Altas concentrações de matéria orgânica (M.O) nos sedimentos é um fator determinante nos processos geoquímicos no ambiente fluvial, da mesma forma que as alterações nas condições físico-químicas nesse ambiente (SILVA et al., 2010; FONSECA, 2008). Os sedimentos de fundo com pH ácido, o que favorece a liberação do  $\text{Al}^{3+}$ , de acordo com Amaral (2014).

**Tabela 4– Concentrações de Microelementos (em mg/Kg) de 2020 e 2021**

Amostra	Zn		Cu		Cr		Fe		Mn		B	Mo		
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2020	2021	
AM-1	0,88	0,60	21,40	0,60	0,2	1,38	95,02	88,10	2,30	0,85	1,84	-	0,01	0
AM-2	0,06	0,65	13,95	0,75	3,24	1,29	67,8	145,15	3,86	0,85	1,61	-	2,15	0,14
AM-3	0,81	1,60	24,84	0,15	0,36	0,33	232,60	58,40	2,30	1,00	0,71	-	0,01	0,89
AM-4	5,60	9,45	142,80	4,35	2,12	1,59	1821,20	1308,95	61,60	13,95	1,16	-	0,20	0,60
AM-5	1,78	2,00	3,05	0,30	0,68	0,48	366,2	78,95	10,48	2,85	0,20	-	0,01	1,39

As concentrações (em mg/kg), tabela 4, correspondentes ao ano de 2020, dos microelementos, tiveram, respectivamente, variações, como para zinco (Zn): 0,60 a 9,45, cobre (Cu): 0,15 a 4,35, cromo (Cr): 0,33 a 1,59, ferro (Fe): 58,40 a 1308,95, manganês (Mn): 0,85 a 13,95, boro (B): ausente e molibdênio (Mo): 0,14 a 1,39.

E no ano de 2021, para os elementos supramencionados, as variações foram, respectivamente de: 0,06 a 5,6 mg/kg; 3,05 a 142,8 mg/kg; 0,2 a 3,24 mg/kg; 67,8 a 1.821,2 mg/kg; de 2,30 a 61,60 mg/kg; 0,20 a 1,84 mg/kg; 0,01 a 2,15 mg/kg.

A presença de ferro (Fe) em corpos hídricos amazônicos é comum, de acordo com Araújo (2016) e Azevedo (2006), devido a formação geológica da região. Logo, seguindo esse contexto, o PMSB/PA (2019), corrobora com a afirmação do autor Azevedo (2006), pois, em suas análises físico-químicas em Santarém encontrou elevadas concentrações (Fe), semelhantes às encontradas no presente estudo.

As concentrações de zinco nas águas da bacia do Rio Tapajós são resultado, na maioria das vezes, da poluição por esgotos domésticos. Como também, a presença de matéria orgânica pode influenciar na distribuição e dispersão dos metais, principalmente para o Cu e Zn, que têm forte ligação com os compostos orgânicos existente no meio (OLIVEIRA et al., 2010; CORINGA et al., 2016; KALINA et al., 2013).

Segundo a Cetesb (2012), está presente na crosta terrestre, e o mesmo pode ser combinado com variados elementos como por exemplo o sulfato ( $\text{ZnSO}_4$ ), além do mais, tal combinação pode ser aplicada em indústria têxtil e na preservação de madeira (NASCIMENTO et al., 2021).

As concentrações de Cr pode ter relação aos curtumes, indústrias de fertilizantes e cerâmicas, apesar de não poder considerar os resultados obtidos, como causa de curtumes a região de Santarém, já que as principais fontes deste elemento para a região são o lançamento de efluentes industriais, as atividades de mineração e o escoamento superficial urbano (ADRIANO, 2004; CRUVINEL & ROSOLEN, 2008 ).

Os principais componentes das frações minerais são os óxidos de alumínio e de Ferro, nos sedimentos e nos solos tropicais, da mesma maneira que os óxidos de manganês, que as altas concentrações de Mn, são características de sedimentos ácidos, além de possuírem maior mobilidade devido aos seus processos de oxidação/redução (RONQUIM, 2010; BRITTES, 2017).

Autores como ALLOWAY (2010), salientam que diversos estudos sobre a biota aquática, indicaram que grandes áreas próximas a complexos urbanos, metalúrgicas e rodovias, apresentam grandes concentrações destes elementos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A granulometria predominantemente arenosa dos sedimentos, podem indicar uma menor adsorção dos contaminantes mencionados e favorecer uma maior biodisponibilidade de poluentes ao meio aquático, e foi percebido um aumento nas concentrações entre os anos de 2020 e 2021. Como a variação nas altas concentrações de maiores elementos, em especial, Fe e Mn.

As descrições da análises dos sedimentos arenosos podem revelar que há pouca presença de superfície específica, que é onde os íons de tais elementos tendem a ficar retidos, o que pode indicar uma pouca afinidade dos íons dos contaminantes aos sedimentos e assim, uma maior presença dos mesmos à coluna de água, aumentando o risco de contaminação ambiental.

As maiores contrações dos parâmetros destacados, foram encontrados na amostra AM-4, a qual se localiza na ponte da COSANPA.

## Referências

1. ADRIANO, D.C. et al. **Role of assisted natural remediation in environmental cleanup**. Geoderma, 122: 121-142, 2004;
2. ALLOWAY, B.J. **Heavy metals in soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability**. 3th Ed. John Wiley and Sons, Inc. New York. (2010);
3. AMARAL, A. A.; PIRES, S. C.; FERRARI, J. L. **Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo**. Revista Agro Ambiente, v. 8, n. 2, p. 194-203, maio-agosto, 2014. DOI: 10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1548;
4. ANDRADE, J. A. **Diagnóstico Geoambiental da Cabeceira do Rio das Velhas - APA Cahoeira das Andorinhas, Ouro Preto (MG)**. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto. 2000;
5. ARAÚJO, G. V. R.; BARBOSA, I. M. B. R.; ARAÚJO, A. V. R.; TAVARES, R. G.; SILVA, R. C. P.. Avaliação do teor de ferro dos principais sistemas de abastecimento de água da RMR/PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 7. Anais. Campina Grande, 2016;
6. AZEVEDO, F. C. G. **QUALIDADE DA ÁGUA E DOS SEDIMENTOS DO RIO LAJEADO PARDO NO RESERVATÓRIO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**. (TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO): UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA . Frederico Westphalen, RS, Brasil-2014;
7. AZEVEDO, R. P.. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. Manaus, 2006;
8. BRITTES, B.R. **MOBILIDADES DE METAIS Fe, Mn, Cr e Ni NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SEDIMENTOS DO ARROIO JOÃO CORREA , PROVENIENTE DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS. SÃO LEOPOLDO, 2017;
9. CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, Ficha de informação toxicológica: zinco, divisão de toxicologia, genotoxicidade e microbiologia ambiental. São Paulo, 2012.
10. CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo, Mortandade De Peixes: pH. São Paulo: CETESB, 2019.
11. CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Mortandade de Peixes: oxigênio dissolvido. São Paulo: CETESB, 2019.
12. CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Mortandade De Peixes: temperatura da água. São Paulo: CETESB, 2019.
13. CETESB. Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. Mortandade De Peixes: amônia. São Paulo: CETESB, 2019;
14. CORINGA, J. E. S.; PEZZA, L.; CORINGA, E. A. O.; WEBER, O. L. S. **Distribuição geoquímica e biodisponibilidade de metais traço em sedimentos no Rio Bento Gomes, Poconé – MT**. Brasil. ACTA AMAZONICA VOL. 46(2) 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201502215>;
15. Costa, A.C.L., Uchoa, P.W., Silva Junior, J.A., Cunha, A.C., Feitosa, J.R.P. 2013b. Variações termohigrométricas e influências de processo de expansão urbana em cidade equatorial de médio porte. Brazilian Geographical Journal [online] 615-632.

16. CRUVINEL, P. ROSOLEN.V. **Avaliação da contaminação química de sedimentos no Córrego Liso**: subsídios para estudos de qualidade ambiental. p.4-15. UBERLÂNDIA, MG. 2008;
17. Departamento Nacional Da Produção Mineral. **Projeto RADAMBRASIL**. Folha As.21 – Santarém: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação E Uso Potencial Da Terra. Volume 10. Rio De Janeiro, 1976.
18. Fonseca, E. M. **Dinâmica geoquímica dos metais pesados na Lagoa Rodrigo de Freitas , RJ: bioassessibilidade e biodisponibilidade para bactérias**. 158p. Tese (Doutorado) Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2008;
19. KALINA, M.; KLUČÁKOVÁ, M.; SEDLÁČEK, P. **Utilization of fractional extraction for characterization of the interactions between humic acids and metals**. Geoderma, 207:92-98. 2013;
20. Mendes, N. M. T.N. S. **BACKGROUND GEOQUÍMICO PARA SEDIMENTOS DE REGIÕES ESTUARINAS DE PERNAMBUCO**. Tese (Doutorado): Universidade Federal de Pernambuco. Brasil, 2015;
21. NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; CORREA, E. S.. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma estação de tratamento de esgoto na Amazônia. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.12, n.9, p.146-160, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.009.0012>;
22. OLIVEIRA, H. S. P.; FRANÇA, S. C. A.; ROCHA, E. J. P. **Atividades de mineração e avaliação de metais em água superficial, sedimento de fundo e peixes no rio tapajós**. In: VIEIRA, I. C. G.; JARDIM, M. A. G.; ROCHA, E. J. P. Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais. Belém: UFPA: MPEG: EMBRAPA, 2015. 461 p. Disponível em: <http://livroaberto.ufpa.br/jspui/handle/prefix/93>. Acesso em: 04 Maio de 2020;
23. Oliveira, J. R., Pastana, J. M. do N., Navegante, P. S. C., & Schalken, C. G. P. S. (2000). CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA CIDADE DE SANTARÉM E DAS VILAS DE MOJUÍ DOS CAMPOS E ALTER-DO-CHÃO COM PROPOSTA TÉCNICA PARA A PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS. *Águas Subterrâneas*. Recuperado de <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24127>;
24. Oliveira, J. R.; Pastana, J. M.N; Navegante, P. S. C.; Schalken, C. G. P. S. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DA CIDADE DE SANTARÉM E DAS VILAS DE MOJUÍ DOS CAMPOS E ALTER-DO-CHÃO COM PROPOSTA TÉCNICA PARA A PERFURAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PROFUNDOS. In: 1 St Joint World Congress OnGroundwater;
25. PMSB. Plano Municipal de Saneamento Básico. Revisão Do Plano Municipal De Saneamento Básico De Santarém – PA 2020/2023. Santarém: Prefeitura Municipal De Santarém, 2019.
26. **PROJETO IGARAPÉS**, 2021. Disponível em: <http://www.projetoigarapes.com.br>. Acesso em: 03 maio de 2021;
27. RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8), 2010.;
28. Santos, G. P.; Almeida, R. M.; Moura, E. R. S, Oliveira, L. L. Sensação térmica urbana em área residencial planejada no município de Santarém – Pará, Amazônia, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física v.14, n.03 (2021);
29. SANTOS, G. P.; OLIVEIRA, L. L.; FERNANDES, G. S. T.; SANTOS, I. I.; ALMEIDA, R. M.; MOURA, E. R. S. **Qualidade Hidrológica e Ambiental de uma Microbacia Urbana de Abastecimento Público de Água na Amazônia Brasileira**. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.4, p.154-168, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.004.0014>;
30. SILVA, D. de F.; MATOS, A. T. de; PEREIRA, O. G.; CECON P. R.; MOREIRA, D. A. **Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.10, p.1094-1100, 2010;