



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA E GEOQUÍMICA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 638**

**DISTRIBUIÇÃO, COMPORTAMENTO E DEFINIÇÃO DE  
VALORES DE BACKGROUND DO MERCÚRIO EM  
SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL.**

**Dissertação apresentada por:**

**AUGUSTO DE FARIAS SILVA RENTE**

**Orientador: Prof. Dr. Vinicius Tavares Kütter (UFPA)**

**Coorientador: Dr. Eduardo Duarte Marques (SGB/CPRM)**

---

**BELÉM – PARÁ  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará**  
**Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

---

R422d Rente, Augusto de Farias Silva.  
Distribuição, comportamento e definição de valores de background do mercúrio em sedimentos da bacia hidrográfica do rio Tapajós, Pará, Brasil / Augusto de Farias Silva Rente. — 2023.  
xiii 70 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Vinicius Tavares Kütter Coorientador(a):  
Prof. Dr. Eduardo Duarte Marques Dissertação (Mestrado) -  
Universidade Federal do Pará,  
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e  
Geoquímica, Belém, 2023.

1. Mapeamento geoquímico. 2. Mercúrio. 3. Tapajós. 4.  
Amazônia. 5. Contaminação. I. Título.

CDD 551.908115

---



**Universidade Federal do Pará.**  
**Instituto de Geociências.**  
**Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica**

## **GEOQUÍMICA DO MERCÚRIO EM SEDIMENTOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TAPAJÓS, PARÁ, BRASIL**

**Dissertação apresentada por:**

**AUGUSTO DE FARIAS SILVA RENTE.**

**Como requisito parcial à obtenção de Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOLOGIA e Linha de Pesquisa GEOLOGIA.**

**Data de Aprovação: 24/ 10 / 2023**

**Banca Examinadora:**

**Prof. Dr. Vinicius Tavares Kütter**  
(Orientador – UFPA)

**Prof. Roberto Dall'Agnol**  
(Membro – UFPA/ITV)

**Prof. Jeremie Garnier**  
(Membro – UnB)

Dedico este trabalho aos meus grandes  
heróis, Manoel e Odete.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço Primeiramente a Deus por sempre me ajudar nos momentos mais difíceis.

Sou imensamente grato a minha família, Manoel Rente, Odete Rente e meu irmão Arthur Rente que sempre estiveram do meu lado e me acompanharam em todos os momentos de minha jornada, se não fosse por vocês e por todo apoio que me deram eu jamais chegaria até aqui.

A minha prima Gabriela Miranda por me ajudar a manter o foco nos estudos e em meus objetivos de vida, assim como meus tios e tias Onete, Caludete, Ozinete, Wagner, Tom e Vange.

Ao meu querido avô Claudionor, que sempre me recebe com alegria e muito afeto em sua casa.

Aos amigos e orientadores Vinicius Kutter e Eduardo Marques, vocês foram cruciais para a minha formação acadêmica e profissional. Muito obrigado pela parceria que construímos.

Ao meu antigo orientador e amigo Dorsan dos santos Moraes, por abrir as portas da pesquisa e me iniciar no mundo científico.

A professora Aline Meiguins, por sua grande ajuda na construção desse trabalho e suas críticas construtivas e extremamente relevantes.

Ao Programa de Pós-graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA), que contribuiu com sua infraestrutura e com os excelentes técnicos e professores que são referência em todo o Brasil.

Ao Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) que por meio do projeto *levantamento geoquímico de baixa densidade*, possibilitou o desenvolvimento dessa pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

“A vida é uma tempestade (...) Um dia você está tomando sol e no dia seguinte o mar te lança contra as rochas. O que faz de você um homem é o que você faz quando a tempestade vem.”

O Conde de Monte Cristo, Alexandre Dumas.

## RESUMO

O mapeamento geoquímico e a determinação do *background*, ajudam a identificar anomalias no ambiente e distinguir fontes naturais ou antrópicas. O mercúrio (Hg) é um elemento preocupante por ser conservativo, podendo bioacumular e biomagnificar. Na bacia do rio Tapajós, os garimpos aplicam o Hg na recuperação do ouro, esse Hg pode ser liberado para o ambiente juntamente com o Hg do solo, resultando em áreas contaminadas, associadas a supressão da florestal, expondo os solos à erosão. No estudo, realizado, foram coletadas e analisadas pelo SGB/CPRM, em 2005/2006, 343 amostras de sedimentos de rios, com uma densidade amostral de 1/135 Km<sup>2</sup>. O teor de Hg nas amostras foi analisado por ICP-OES com gerador de hidretos. Os valores de Hg variaram de 0,01 a 4,46 mg.kg<sup>-1</sup>, e o background geoquímico estabelecido para a área foi de 0,48 mg.kg<sup>-1</sup>, próximo ao nível de efeito provável, 0,486 mg.kg<sup>-1</sup>. Ao se classificar as amostras por litologias, a saber, granitoides alcalinos, granitoides cálcio alcalinos, rochas sedimentares e gnaisses e rochas vulcânicas, o mMAD mostrou os respectivos resultados, 0,69; 10,19; 0,03 e 0,77 mg.kg<sup>-1</sup> para os limiares superiores e 0,01, 0,00, 0,02 e 0,00 mg.kg<sup>-1</sup> para o limiar inferior. A classificação uso e ocupação, a saber, Pastagem e Floresta apresentaram valores de mMAD de 6,10 e 0,10 mg.kg<sup>-1</sup> respectivamente para os limiares superiores e 0,00 e 0,01 para os limiares inferiores. Ressalta-se que tal cálculo para a área de garimpos não pode ser realizado devido a porcentagem significativamente baixa de amostras a cima do limite de detecção inferior do método analítico, sugerindo altas concentrações de Hg somente em amostras pontuais. O Fator de Enriquecimento (FE) revelou um aumento significativo de mercúrio (Hg) em áreas com maior influência humana nos mapas de interpolação, identificando os oxi-hidróxidos de ferro-manganês e argilominerais como os principais componentes responsáveis pela adsorção de Hg. Os Mapas de Fator de Contaminação (FC) identificaram como contaminada as mesmas áreas que o FE apontou como enriquecidas. A região estudada é naturalmente enriquecida em Hg em relação a outros biomas, devido aos fatores: 1º geogênico, associado a erosão das rochas e o processo de intemperismo tropical, que leva à formação de duricrust e solo laterítico, fazendo com que o Hg se acumule de forma eficiente no solo; 2º o fator antrópico local, atuando na degradação do solo promovendo a conversão de florestas em pastagens e áreas de garimpo, remobilizando e dispersando o Hg. Considerando a escala de abordagem deste trabalho foi verificado maior impacto relacionado a mudança de uso do solo. Sugere-se uma abordagem mais detalhada como maior número de amostras em escala cartográfica maior para definir impactos locais.

**Palavras-chave:** mapeamento geoquímico; mercúrio; Tapajós; Amazônia; contaminação.

## ABSTRACT

Geochemical mapping and background determination help identify anomalies in the environment and distinguish natural or anthropogenic sources. Mercury (Hg) is a worrying element because it is conservative and can bioaccumulate and biomagnify. In the watershed Tapajós River, miners apply Hg to recover gold, this Hg can be released into the environment together with Hg from the soil, resulting in contaminated areas, associated with forest suppression, exposing the soil to erosion. In the study carried out, 343 samples of river sediments were collected and analyzed by SGB/CPRM in 2005/2006, with a sampling density of 1/135 km<sup>2</sup>. The Hg content in the samples was analyzed by ICP-OES with a hydride generator. Hg values ranged from 0.01 to 4.46 mg.kg<sup>-1</sup>, and the geochemical background established for the area was 0.48 mg.kg<sup>-1</sup>, close to the probable effect level, 0.486 mg.kg<sup>-1</sup>. When classifying the samples by lithology, namely, alkaline granitoids, calcium alkaline granitoids, sedimentary rocks and gneisses and volcanic rocks, the mMAD showed the respective results, 0.69; 10.19; 0.03 and 0.77 mg.kg<sup>-1</sup> for the upper thresholds and 0.01, 0.00, 0.02 and 0.00 mg.kg<sup>-1</sup> for the lower threshold. The use and occupation classification, namely, Pasture and Forest presented mMAD values of 6.10 and 0.10 mg.kg<sup>-1</sup> respectively for the upper thresholds and 0.00 and 0.01 for the lower thresholds. It should be noted that such a calculation for the mining area cannot be carried out due to the significantly low percentage of samples above the lower detection limit of the analytical method, suggesting high concentrations of Hg only in specific samples. The Enrichment Factor (EF) revealed a significant increase in mercury (Hg) in areas with greater human influence in the interpolation maps, identifying iron-manganese oxyhydroxides and clay minerals as the main components responsible for Hg adsorption. The Contamination Factor Maps (CF) identified the same areas as contaminated that the FE identified as enriched. The studied region is naturally enriched in Hg in relation to other biomes, due to the following factors: 1° geogenic, associated with rock erosion and the process of tropical weathering, which leads to the formation of duricrust and lateritic soil, causing Hg to accumulate efficiently in the soil; 2° the local anthropic factor, acting on soil degradation, promoting the conversion of forests into pastures and mining areas, remobilizing and dispersing Hg. Considering the scale of approach of this work, a greater impact related to land use change was observed. A more detailed approach is suggested, such as a greater number of samples on a larger cartographic scale to define local impacts.

**Keywords:** geochemical mapping; mercury; contamination; Tapajós; Amazon. Contamination.