



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 621

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DE U, TH, ETR E OUTROS
ELEMENTOS-TRAÇO EM BAUXITAS DA REGIÃO DE
PARAGOMINAS, NE DO PARÁ**

Dissertação apresentada por:

BRENO MARCELO RIBEIRO PARAENSE

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica (UFPA)

**Belém - PA
2022**

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

P221m Paraense, Breno Marcelo Ribeiro.

Mineralogia e Geoquímica de U, Th, ETR e outros elementos-traço em bauxitas da região de Paragominas, NE do Pará / Breno Marcelo Ribeiro Paraense. — 2022.
xiii, 45 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2022.

1. Bauxita. 2. Terras-Raras. 3. Geoquímica. 4. Elementos-Traços. I. Título.

CDD 551.9

Dedico à memória de meu pai.

A Deus, a minha família, a minha
esposa Maria de Lourdes, aos
meus companheiros de jornada
científica e a todos aqueles que
tornaram a realização deste
trabalho possível.



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

**MINERALOGIA E GEOQUÍMICA DE U, TH, ETR E OUTROS
ELEMENTOS-TRAÇO EM BAUXITAS DA REGIÃO DE
PARAGOMINAS, NE DO PARÁ**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR:

BRENO MARCELO RIBEIRO PARAENSE

**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de
GEOQUÍMICA, linha de pesquisa MINERALOGIA E GEOQUÍMICA**

Data de Aprovação: 17/08/2022.

Banca Examinadora:


Prof. Dr. Rômulo Simões Angélica
Orientador – UFPA


Prof.ª Dr.ª Adriana Maria Coimbra Horbe
Membro – UnB


Prof. Dr. Marcondes Lima da Costa
Membro – UFPA

AGRADECIMENTOS

A Deus e aos meus pais, pela dádiva da vida;

A minha esposa Maria de Lourdes, pelo apoio e estímulo;

Aos meus companheiros, pelo compartilhamento de experiências e perspectivas;

Ao Prof^o. Dr. Rômulo Angélica, pela oportunidade propiciada e conhecimento transmitido;

Ao Prof^o. Dr. Daniel José Lima de Sousa e ao Dr. Gabriel Negreiros Salomão, pelos apontamentos, discussões e incentivo;

À Norsk Hydro, pelo financiamento para a realização deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica (PPGG) da Universidade Federal do Pará e ao Laboratório de Caracterização Mineral (LCM) pelos recursos disponibilizados para a realização deste trabalho.

A todos que, contribuíram direta e indiretamente para a concretização desta dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

O estado do Pará apresenta os maiores depósitos de bauxita metalúrgica do Brasil, com destaque para as regiões Oeste (municípios de Oriximiná e Juruti, com duas minas em operação) e Nordeste do estado (municípios de Paragominas – uma mina em operação – e Rondon do Pará). A cobertura laterítica/bauxítica da província bauxitífera de Paragominas é produto do intemperismo extremo de rochas sedimentares siliciclásticas e compõe-se de minerais resultantes do mais alto grau de alteração ou seja, de caulinita ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibbsita ($\text{Al}(\text{OH})_3$), goethita (FeOOH), hematita (Fe_2O_3) e anatásio (TiO_2), aos quais acrescentam-se traços de quartzo reliquiar, mica fortemente degradada e minerais pesados de maior resistência nas condições tropicais úmidas tais como rutilo (TiO_2), turmalina e zircão (ZrSiO_4). Além da extração de bauxita, merece destaque a sua transformação mineral, que acontece no distrito industrial de Barcarena, próximo a Belém, com a refinaria de Alumina da Hydro-Alunorte, e a produção de alumínio metálico pela Albrás. Devido a acontecimentos recentes relacionados à disposição de resíduos em bacias de decantação (DRS) utilizadas pela mineradora, instaurou-se um clima de desconfiança por parte da opinião pública quanto à segurança das populações que habitam nas adjacências da empresa, especialmente no que tange a questão de saúde humana, pois a constituição dos resíduos da transformação mineral do minério não é completamente conhecida. O objetivo desta pesquisa é determinar a presença e estudar o comportamento geoquímico de elementos-traço como U, Th e ETR, além de outros metais pesados, como Hg, Cd e Pb, em bauxitas e coberturas lateríticas da mina Miltônia, em Paragominas, e resíduos (lamas vermelhas) de Barcarena, a relação com a mineralogia acessória desses materiais e estabelecimento de valores de referência ou de background para avaliação ambiental. O presente trabalho foi realizado com amostras provenientes de 1 perfil bauxítico (seção HIJ-231), situados na mina Miltônia 3, coletadas por meio de furos de sondagem e/ou de frente de lavra, também foram coletadas amostras de processo do moinho SAG da usina I, separadas em diferentes frações granulométricas, fornecidas pela empresa Norsk Hydro. Os processos analíticos de DRX e FRX foram realizados no Laboratório de Caracterização Mineral da UFPA (LCM/UFPA), enquanto a etapa de MEV foi efetuada no Laboratório de Microanálises da mesma Unidade/Instituição. Os resultados das análises químicas e mineralógicas das amostras provenientes da mina Miltônia 3, tanto da bauxita in natura, como das suas frações granulométricas, após moagem autógena, demonstraram existir relação entre os altos valores de ZrO_2 e TiO_2 verificados e os minerais acessórios – zircão, rutilo e anatásio.

Palavras-chave: bauxita; terras-raras; geoquímica; elementos-traços; Paragominas-Pa.

ABSTRACT

The state of Pará has the largest deposits of metallurgical bauxite in Brazil, with emphasis on the western regions (municipalities of Oriximiná and Juruti, with two mines in operation) and Northeast regions of the state (municipalities of Paragominas – one mine in operation – and Rondon do Pará). The lateritic/bauxitic cover of the bauxite province of Paragominas is a product of extreme weathering of siliciclastic sedimentary rocks and is composed of minerals resulting from the highest degree of alteration, that is, kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), gibbsite ($\text{Al}(\text{OH})_3$), goethite (FeOOH), hematite (Fe_2O_3) and anatase (TiO_2), to which are added traces of relict quartz, traces of heavily degraded mica and heavy minerals of greater resistance in humid tropical conditions such as rutile (TiO_2), tourmaline and zircon (ZrSiO_4). In addition to the extraction of bauxite, its mineral transformation, which takes place in the industrial district of Barcarena, near Belém, with the Hydro-Alunorte Alumina refinery, and the production of metallic aluminum by Albras. Due to recent events related to the disposal of waste in decantation basins (DRS) used by the mining company, a climate of distrust on the part of public opinion regarding the safety of the mining populations that live in the vicinity of the company, especially regarding the issue of human health, since the constitution of residues from the mineral transformation of the ore is not completely known. The objective of this research is to determine the presence and study the geochemical behavior of trace elements such as U, Th and ETR, in addition to other heavy metals, such as Hg, Cd and Pb, in bauxites and lateritic covers from the Miltônia mine, in Paragominas, and residues (red muds) from Barcarena, the relationship with the accessory mineralogy of these materials and establishment of reference or background values for environmental assessment. The present work was carried out with samples from 1 bauxite profile (section HIJ-231), located in the Miltônia 3 mine, collected through drilling holes and/or from the mine front, process samples were also collected from the SAG mill of the plant I, separated into different granulometric fractions, supplied by Norsk Hydro. The XRD and XRF analytical processes were carried out at the Mineral Characterization Laboratory (LCM) from UFPA, while the Scanning Electronic Microscopy stage was carried out at the Microanalysis Laboratory of same Unit/Institution. The results of chemical and mineralogical analyzes of samples from the Miltônia 3 mine, both raw bauxite and its granulometric fractions, after autogenous milling, showed a relationship between the high values of ZrO_2 and TiO_2 verified and the accessory minerals - zircon, rutile and anatase.

Keywords: bauxite; earth-rare elements; geochemistry; trace-elements; Paragominas-Pa.