



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

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 509**

**ANÁLISE MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE  
RAIOS-X E MÉTODO DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTO  
(*CLUSTER ANALYSIS*) COMO CRITÉRIO PARA  
INDIVIDUALIZAÇÃO DE HORIZONTES BAUXÍTICOS**

**Dissertação apresentada por:**

**KELLY SILVA OLIVEIRA**

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

**BELÉM  
2017**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)  
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

---

Oliveira, Kelly Silva, 1984-

Análise mineralógica por difratometria de raios-X e método de análise de agrupamento (*cluster analysis*) como critério para individualização de horizontes bauxíticos / Kelly Silva Oliveira. – 2017.

xi, 82 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Rômulo Simões Angélica

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2017.

1. Bauxita – Paragominas. 2. Raio – Difração. 3. Análise por Agrupamento. I. Título.

CDD 22. ed. 54.9.53098115

---



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


**ANÁLISE MINERALÓGICA POR DIFRATOMETRIA DE  
RAIOS-X E MÉTODO DE ANÁLISE DE AGRUPAMENTO  
(*CLUSTER ANALYSIS*) COMO CRITÉRIO PARA  
INDIVIDUALIZAÇÃO DE HORIZONTES BAUXÍTICOS**

**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**  
**KELLY SILVA OLIVEIRA**


**Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de  
GEOQUÍMICA E PETROLOGIA.**

**Data de Aprovação: 08/03/2017**

**Banca Examinadora:**

  
Prof.-Dr. Rômulo Simões Angélica  
Orientador-UFGA

  
Prof. Dr. André Sampaio Mexias  
Membro-UFRGS

  
Prof. Dr. Reiner Neumann  
Membro-CETEM

A Deus, a meus pais Telma e José,  
aos meus irmãos Aline, Lucas e Letícia  
e as minhas sobrinhas Isis e Izadora

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pelo dom da vida.

Aos meus pais José e Telma, pelo amor incondicional, cuidado e educação.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Rômulo Angélica, pela amizade e conhecimento transmitido.

Aos amigos tão queridos e parceiros nesta jornada Andre Carmo, Manoella Cavalcante, Carla Braga, Caio Melo e Pedro Torres;

Aos professores Simone Paz e Roberto Neves pelas sugestões, discussões e incentivo;

À Hydro, por possibilitar a realização deste estudo. Aos geólogos da empresa, Vicent Carboni, Waldirney Calado e Welca Morais, pela hospitalidade e acompanhamento durante o trabalho de campo.

À Universidade Federal do Pará e ao Laboratório de Caracterização Mineral (LCM) pela infraestrutura disponibilizada para a realização deste trabalho.

Ao CNPq pelo suporte financeiro.

A todos que, contribuíram de alguma maneira, para o desenvolvimento desta dissertação.

Muito Obrigada!

## RESUMO

A formação de amplos perfis de alteração tal como os depósitos bauxitíferos, durante o período cenozoico na Amazônia é resultante de um intenso intemperismo causado por um clima sazonal, quente e úmido característicos desta região. A Província Bauxitífera de Paragominas, localizada na porção leste do Estado do Pará e oeste do Maranhão, ocupa uma área de aproximadamente 50.000 km<sup>2</sup> e configura-se como o maior agrupamento de bauxitas do Brasil. Neste trabalho foi utilizado a Difratomia de Raios-X, uma técnica que requer pouco tempo de análises, etapas mínimas de pré-tratamento e quantidades pequenas de amostra, associada à Análise Estatística por Agrupamento (Cluster Analysis) na individualização dos horizontes bauxíticos da mina Miltônia 3, Paragominas-PA. Os resultados obtidos foram correlacionados com as análises químicas tradicionais que são utilizadas no controle de qualidade e processamento das bauxitas. As amostras utilizadas neste trabalho e os resultados de análises químicas (teores de Alumina Aproveitável e Sílica Reativa) foram disponibilizadas pela empresa Norsk Hydro. Inicialmente, foram definidos os tipos mineralógicos do minério através do uso da análise por agrupamento com os dados da Difratomia de Raios-X em um conjunto de amostras de duas seções (HIJ-229 e HIJ-231) da malha de sondagem, cada seção compreendendo 23 furos, totalizando 375 amostras analisadas. Com base na posição e intensidade dos picos nos difratogramas, foi possível fazer a distinção dos horizontes bauxíticos. Devido à semelhança no conteúdo mineralógico desses horizontes, as diferenças encontradas nesses grupos referem-se as proporções dos principais minerais constituintes: gibbsita, caulinita, goethita, hematita e, mais raramente, quartzo e anatásio. Através da análise por agrupamento foi possível realizar uma separação das amostras por grupos cujos difratogramas eram similares. Além de facilitar a análise de um grande número de amostras de forma rápida e com resultados eficientes. Foi possível ainda, observar uma boa correlação dos agrupamentos com os litotipos identificados pela empresa Norsk Hydro através dos resultados da análise química. Desta forma, a análise de clusters em difratogramas de amostras de minério de alumínio pode vir a ser uma ferramenta eficiente auxiliando nos protocolos de beneficiamento desse material.

Palavras-chave: Paragominas, Bauxita, Difratomia de Raios-X, Análise de Agrupamento.

## ABSTRACT

The formation of wide profile of alteration like as bauxitic deposits on Amazon during Cenozoic period is resultant of intense interperism caused by seasonal climate, elevated temperature and humidity that are characteristics this region. The bauxitic Province of Paragominas, localized in the east portion the state Pará and west portion of Maranhão, occupies 50,000 km<sup>2</sup> approximately forming the largest group of bauxite of Brazil. This work was used X-ray diffractometry, a technique that requires little analysis time, minimum pretreatment steps and small sample amounts, associated with cluster analysis for identify and group samples of same horizon of bauxitic profile of the mine Miltonia 3, Paragominas-PA. The results obtain were correlated with chemical analysis, frequently used for quality control and processing of bauxites. The samples used in this work and your chemical analysis were made available for company Norsk Hydro. The mineralogical types of ore were initially defined through clusters analysis of the XRD patterns of two sections (HIJ-229 e HIJ-231) from polling mesh, with 23 holes each section, and with 375 samples analyzed in all. Based on peak position and intensity of the pattern XRD was possible discern the bauxitics horizons. Due the mineralogic similarity this horizon, the differences found in this group refer principals proportions of minerals constituents: Gibbsite, kaolinite, goethite, hematite, and, more rarely, quartz and anatase. Thought clusters analyses was possible to separate by group a set of similar samples, besides facilitate the analysis of many samples quickly and with efficient results. It was possible yet observe a good correlation of the clusters with the lithotypes identified by the company Norsk Hydro through the results of the chemical analysis. In this way, the analysis of clusters in diffractograms of samples of aluminum ore can be an efficient tool aiding in the protocols of processing of this material.

Key words: Paragominas, Bauxite, X-ray pattern, Cluster Analysis.