



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROLOGIA MAGNÉTICA DO  
MAGMATISMO BÁSICO DA ÁREA DE NOVA CANADÁ (PA),  
PROVÍNCIA CARAJÁS**

**Dissertação apresentada por:**

**BHRENNO MARANGOANHA**

**Orientador: Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira (UFPA)**

---

**BELÉM (PA)**  
**2013**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

---

Marangoanha, Bhrenno, 1984-

Geologia, geoquímica e petrologia magnética do magmatismo básico da área de Nova Canadá (PA), Província Carajás / Bhrenno Marangoanha. - 2013.

Orientador: Davis Carvalho de Oliveira.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2013.

1. Diabásio. 2. Petrologia. 3. Rochas - Propriedades magnéticas. I. Título.

CDD 22. ed. 552

---



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

**GEOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROLOGIA MAGNÉTICA  
DO MAGMATISMO BÁSICO DA ÁREA DE NOVA CANADÁ  
(PA), PROVÍNCIA CARAJÁS**


**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR**

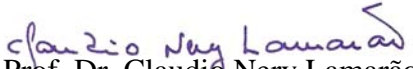
**BHRENNO MARANGOANHA**


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

**Data de Aprovação: 29 / 08 / 2013**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. Davis Carvalho de Oliveira  
(Orientador-UFPA)

  
Prof. Dr. Claudio Nery Lamarão  
(Membro-UFPA)

  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lúcia Travassos da Rosa-Costa  
(Membro-CPRM)



## AGRADECIMENTOS

Este trabalho teve a colaboração de várias pessoas e instituições, às quais quero expressar meus sinceros agradecimentos:

- À minha família, por todo apoio ao longo desses anos;
- À Universidade Federal do Pará, pela infraestrutura disponibilizada do Instituto de Geociências (IG);
- Ao orientador Davis Carvalho de Oliveira, pela oportunidade, apoio e orientação ao longo desse trabalho;
- Ao CNPq (2011-2013), pela concessão de bolsa de mestrado;
- Ao projeto de pesquisa INCT – GEOCIAM/CNPq, pelo apoio financeiro nas etapas de trabalho;
- Ao professor Cláudio Lamarão e à técnica de laboratório Ana Paula, que cederam o espaço e disponibilizaram o Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências;
- Aos integrantes do GPPG, pela companhia e auxílio durante esses anos;
- Aos integrantes da sala 3, Christophe, Eleilson, Pablo, Daniel e Alice, e aos amigos, Fabriciana, Max, P. H., Mayara e Patrick, pela companhia e momentos de descontração;
- Aos professores do PPGG, pelo conhecimento transmitido;
- Aos funcionários do Instituto de Geociências, pela dedicação e atenção;
- E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a execução desse trabalho.

*“O começo de todas as ciências é o espanto de  
as coisas serem o que são.”*

**Aristóteles**

## RESUMO

O mapeamento geológico realizado na área de Nova Canadá, porção sul do Domínio Carajás, Província Carajás, possibilitou a individualização de duas unidades de caráter máfico e intrusivas nos granitoides do Complexo Xingu e, mais restritamente, na sequência *greenstone belt* do Grupo Sapucaia. São representadas por diques de diabásio isotrópicos e por extensos corpos de anfibolito, com os últimos descrevendo texturas nematoblástica e granoblástica, de ocorrência restrita à porção SW da área. Ambos apresentam assinatura de basaltos subalcalinos de afinidade toleítica, sendo que os diques de diabásio são constituídos por três variedades petrográficas: hornblenda gabronorito, gabronorito e norito, sendo essas diferenças restritas apenas quanto à proporção modal de anfibólio, orto- e clinopiroxênio, já que texturalmente, as mesmas não apresentam diferenças significativas. São formados por plagioclásio, piroxênio (orto- e clinopiroxênio), anfibólio, minerais óxidos de Fe-Ti e olivina, apresentam um padrão ETR moderadamente fracionado, discreta anomalia negativa de Eu, ambiente geotectônico correspondente a intraplaca continental, e assinaturas dos tipos OIB e E-MORB. Já os anfibolitos são constituídos por plagioclásio, anfibólio, minerais opacos, titanita e biotita, mostram um padrão ETR horizontalizado, com anomalia de Eu ausente, sendo classificados como toleítos de arco de ilha e com assinatura semelhante aos N-MORB. Os dados de química mineral obtidos nessas unidades mostram que, nos diques de diabásio, o plagioclásio não apresenta variações composicionais significativas entre núcleo e borda, sendo classificados como labradorita, com raras andesina e bytownita; o anfibólio mostra uma graduação composicional de Fe-hornblenda para actinolita, com o aumento de sílica. Nos anfibolitos, o plagioclásio mostra uma grande variação composicional, de oligoclásio à bytownita nas rochas foliadas, sendo que nas menos deformadas, sua classificação é restrita à andesina sódica. O piroxênio, presente apenas nos diabásios, exhibe considerável variação em sua composição, revelando um aumento no teor de magnésio nos núcleos, e de ferro e cálcio, nas bordas, permitindo classificá-los em augita, pigeonita (clinopiroxênio) e enstatita (ortopiroxênio). Os diabásios apresentam titanomagnetita, magnetita e ilmenita como os principais óxidos de Fe-Ti, permitindo reconhecer cinco formas distintas de ilmenita nessas rochas: ilmenita treliça, ilmenita sanduíche, ilmenita composta interna/externa, ilmenita em manchas e ilmenita individual. Feições texturais e composicionais sugerem que a titanomagnetita e os cristais de ilmenita composta externa e individual foram originados durante o estágio precoce de cristalização. Durante o estágio *subsolidus*, a titanomagnetita foi afetada pelo processo de oxi-exsolução, dando origem a intercrescimentos de magnetita pobre

em titânio com ilmenita (ilmenitas treliça, em mancha, sanduíche e composta interna). Os anfibolitos possuem a ilmenita como único mineral óxido de Fe e Ti ocorrendo, portanto, sob a forma de ilmenita individual, onde encontra-se sempre associada ao anfibólio e à titanita. Os valores mais elevados de suscetibilidade magnética (SM) estão relacionados aos gabronoritos e noritos, os quais exibem maiores conteúdos modais de minerais opacos e apresentam titanomagnetita magmática em sua paragênese. A variedade hornblenda gabronorito define as amostras com valores intermediários de SM. Os menores valores de SM são atribuídos aos anfibolitos, que são desprovidos de magnetita. A correlação negativa entre valores de SM com os conteúdos modais de minerais ferromagnesianos indica que os minerais paramagnéticos (anfibólio e piroxênio) não possuem influência significativa no comportamento magnético dos diabásios, enquanto nos anfibolitos a tendência de correlação positiva entre estas variáveis pode sugerir que estas fases são as principais responsáveis pelos seus valores de SM. Dados geotermobarométricos obtidos a partir do par titanomagnetita-ilmenita nos diabásios indicam que estes se formaram em condições de temperatura (1112°C) e  $fO_2$  (-8,85) próximas daquelas do tampão NNO.

Palavras-chave: Diabásio, Anfibolito, Geoquímica, Magnetita, Suscetibilidade Magnética, Carajás



## ABSTRACT

Through geologic mapping of the Nova Canadá area, was possible to individualize two mafic units, typified for diabase dikes, isotropic, and extensive bodies of amphibolites with nematoblastic and granoblastic textures, outcropping only in the southwestern part of the area. Both units cross-cut granitoids of Xingu Complex and Sapucaia greenstone belts sequence. They are classified as subalkaline tholeiitic basalts. Diabase dikes are divided into three varieties, namely hornblende-gabbonorite, gabbonorite and norite, being the differences between these ones only concerned the modal contents of amphibole, ortho- and clinopyroxene, once petrographically, they don't show significant differences. They consist of plagioclase, ortho-/clinopyroxene, amphibole, Fe-Ti oxides and olivine; they show a moderate fractional pattern REE and unremarkable negative Eu anomaly. Tectonically, they are related to a continental intraplate environment, and show OIB and E-MORB-types signatures. On the other hand, the amphibolites show a flat REE pattern and an absence of Eu anomaly. They are classified as island arc tholeiites and show N-MORB-type signature. This lithotype includes plagioclase, amphibole, opaque minerals, titanite and biotite as main mineralogical phases. The mineral chemistry shows in the diabases no significant variation between plagioclase core and rim, being classified as labradorite, with rare andesine and bytownite; the amphibole shows a compositional gradation from Fe-hornblende to actinolite with increasing silica. In the amphibolites, the plagioclase shows a wide compositional variation, from oligoclase to bytownite in the foliated rocks; in the amphibolites less/no foliated, there is only sodic andesine. Pyroxene is only found in the diabase dikes and exhibits considerable variation compositional, showing a magnesium content increasing in the cores; the iron and calcium contents increase toward the rims; it is classified as augite, pigeonite (clinopyroxene) and enstatite (orthopyroxene). Diabase dikes have titanomagnetite, magnetite and ilmenite as main Fe-Ti oxides. Textural analyses of these oxides allowed identifying five distinct forms of ilmenite in the diabase dikes: trellis ilmenite, sandwich ilmenite, patch ilmenite, individual ilmenite, internal and external composite ilmenite. Texture features suggest that titanomagnetite and individual and external composite ilmenite crystallized in early magmatic stage. During the subsolidus stage, titanomagnetite was transformed by oxidation-exsolution in intergrowths of almost pure magnetite and ilmenite (sandwich, patch, trellis and internal composite ilmenite). Amphibolites have ilmenite as the only Fe-Ti oxide mineral, that occurs as individual ilmenite, and it is always associated to amphibole and titanite. Norites and gabbonorites are characterized by the highest values of the magnetic susceptibility (MS);

these varieties exhibit the highest modal opaque minerals content, having primary titanomagnetite as mineralogical phase. Hornblende-gabbro-norites exhibit the moderate values of the MS, and amphibolites, the lowest ones. The negative correlation between MS values with modal ferromagnesian contents of the diabases shows that paramagnetic minerals (amphibole and pyroxene) don't have significant influence in the magnetic behavior in these rocks. In contrast, the positive correlation between these variables, of the amphibolites, suggests these mineral phases are the main responsible for its values of the MS. Geothermobarometric data obtained from titanomagnetite-ilmenite pair in the diabase dikes show temperature and oxygen fugacity conditions (1112°C and -8,85, respectively) close to NNO buffer.

Keywords: Diabase, Amphibolite, Geochemistry, Magnetite, Magnetic Susceptibility, Carajás.