



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

---

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**MAGMATISMO BASÁLTICO NA SUCESSÃO  
SEDIMENTAR DO GRUPO TUCURUÍ-CINTURÃO  
ARAGUAIA, NORDESTE DO PARÁ**

**Dissertação apresentada por:**

**ALESSANDRA DE CÁSSIA DOS SANTOS DUTRA**

**Orientador: Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DE SOUSA GORAYEB (UFPA)**

---

**Belém  
2012**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

---

D978m Dutra, Alessandra de Cassia dos Santos

Magmatismo basáltico na sucessão sedimentar do Grupo Tucuruí - Cinturão Araguaia, Nordeste do Pará / Alessandra de Cássia dos Santos Dutra; Orientador: Paulo Sérgio de Sousa Gorayeb – 2012  
xv, 96 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Petrologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2012.

1. Vulcanismo. 2. Ambiente Sedimentares. 3. Grupo Tucuruí. 4. Cinturão Araguaia. Neoproterozóico. I. Gorayeb, Paulo Sérgio de Sousa, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 22° ed.: 551.21098115

---



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

**MAGMATISMO BASÁLTICO NA SUCESSÃO  
SEDIMENTAR DO GRUPO TUCURUÍ-CINTURÃO  
ARAGUAIA, NORDESTE DO PARÁ**

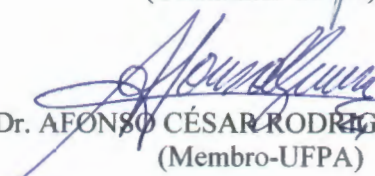
**DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR  
ALESSANDRA DE CÁSSIA DOS SANTOS DUTRA**

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

**Data de Aprovação: 09 / 04 / 2012**

**Banca Examinadora:**

  
Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DE SOUSA GORAYEB  
(Orientador-UFPA)

  
Prof. Dr. AFONSO CÉSAR RODRIGUES NOGUEIRA  
(Membro-UFPA)

  
Dr. SÉRGIO DE CASTRO VALENTE  
(Membro-UFRRJ)

Ao Senhor Jesus, porque Sua graça me bastou para chegar até aqui. Aos meus pais, Moisés e Sandra Dutra, meu irmão Moisés Jr., por toda dedicação, amor e cuidado destinados a mim durante toda minha vida e ao meu namorado Hélio Barros pelo amor, carinho e compreensão em minhas ausências durante este trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Senhor Jesus, meu salvador que me dá graça e força todos os dias e me permitiu concluir este trabalho.

A minha família, Moisés e Sandra Dutra, meus pais e Moisés Jr., meu irmão, pelo amor, carinho, dedicação, cuidado e incentivo em todos os momentos de minha vida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica do Instituto de Geociências da UFPA, pelo aprimoramento científico pessoal e infraestrutura ofertada para a realização desta dissertação.

Ao CNPq pelo apoio financeiro através da concessão de bolsa de estudo de mestrado.

Ao Projeto Instituto de Geociências da Amazônia – GEOCIAM/INCT/CNPq/FAPESPA pelo suporte financeiro ao desenvolvimento dessa dissertação.

A Eletrobrás-Eletronorte pelo apoio durante as etapas de campo com a disponibilização de embarcação e profissional prático de navegação para levantamento de dados ao longo do reservatório da Usina Hidrelétrica de Tucuruí e também pelas cópias de perfis de sondagens cedidas.

Ao Prof. Paulo Gorayeb, meu orientador, que com sua disciplina e conhecimento me auxiliou em todas as etapas deste trabalho e também em outros estudos realizados em minhas atividades acadêmicas.

Aos Profs. Ronaldo Lemos, Afonso Nogueira, Sérgio Valente, Joelson Soares, e ao geólogo Isaac Rudnitzki pela contribuição nas discussões sobre as rochas estudadas.

Aos Profs. Rômulo Angélica e Cláudio Lamarão responsáveis pelos laboratórios de difração de raios-X e microscopia eletrônica de varredura da UFPA, respectivamente, durante a obtenção de dados mineralógicos.

Ao Hélio Barros pelo amor, compreensão, carinho e paciência durante os períodos de dedicação exclusiva a este trabalho, além dos amigos Luciana Pamplona, Bruno Leal, Gleicy Paixão, Juvenal Neto, Paulo Henrique, André Souza e o técnico da UFPA Afonso Quaresma que me ajudaram na realização deste trabalho.

*“Antes que os montes nascessem, ou que tu formasses a terra e o mundo, mesmo de eternidade a eternidade, tu és Deus.” Salmos 90:2.*

## RESUMO

O objetivo principal do trabalho foi o estudo do magmatismo e ambientes sedimentares associados nas rochas do Grupo Tucuruí de idade neoproterozóica, além de discutir a sua contextualização na evolução do Cinturão Araguaia. A referida unidade aflora na região de Tucuruí, nordeste do Pará, ao longo da zona de transição entre o Cráton Amazônico e Cinturão Araguaia e é descrita como uma sucessão vulcano-sedimentar constituída por depósitos vulcânicos incluindo derrames basálticos, eventuais intrusões de diabásios e brechas basálticas intercaladas com depósitos siliciclásticos litorâneos constituídos por subarcóseos e siltitos amalgamados, cujas camadas orientam-se na direção NNE-SSW com mergulho baixo para SE. A Falha de Tucuruí, por cavalgamento projeta estes conjuntos rochosos para oeste resultando em fraturamento e percolação de fluidos nestas rochas. Os depósitos siliciclásticos mostram granocrescência e espessamento ascendente nos quais foram reconhecidas cinco fácies sedimentares reunidas em duas associações, sendo elas, depósitos de antepraia sendo constituída pela fácies subarcóseo com estratificação cruzada de baixo ângulo e tempestitos de face litorânea compostos pelas fácies subarcóseo com laminação planoparalela, siltito com laminação planoparalela, siltito com laminação truncada por onda e siltito com estratificação cruzada *hummocky*. Estas associações de fácies sugerem processos de transporte e sedimentação ligados a um ambiente marinho raso, seguindo da zona de *foreshore* até a zona de *shoreface*, sobre influência de onda de tempestade. A análise petrográfica de subarcóseos e siltitos a revela imaturidade textural e composicional destas rochas, indicando, sobretudo, área-fonte próxima composta de rochas ígneas de composição intermediária a máfica e/ou metamórficas, bem como também indica que a sequência sedimentar esteve submetida a condições eodiagenéticas a mesodiagenéticas. Os depósitos vulcânicos são compostos por rochas mesocráticas, hipocrystalinas, cuja mineralogia é constituída por labradorita ( $An_{53}$ ), augita, minerais óxidos de Fe e Ti e acessoriamente sulfetos e apatita. Os derrames basálticos são afaníticos, compostos por basaltos amigdaloidais, situados na base e topo dos mesmos e basaltos maciço, localizados nas porções centrais dos derrames. No tipo amigdaloidal, as amígdalas são preenchidas por clorita, quartzo, zeólita e material criptocristalino verde e estão imersas em matriz intergranular ou intersertal, sendo estas duas últimas as tramas texturais principais dos basaltos maciços. Os *sills* de diabásio faneríticos e de granulação média possuem textura intergranular e eventualmente intercrescimento micrográfico. As brechas basálticas por sua vez, ocorrem entre os derrames e/ou no contato com a sequência

sedimentar, sendo constituídas de fragmentos de basaltos exibindo estruturas de fluidez envolvidos em matriz sedimentar de granulometria silte, localmente entremeadas com concentrações irregulares de zeólitas e epídoto, indicando desta forma a concomitância entre processos de sedimentação e vulcanismo. A análise geoquímica realizada em 14 amostras de rochas vulcânicas da região de estudo, utilizando espectrometria de plasma acoplado ao espectrômetro de massa (ICP-MS) revela concentrações de  $\text{SiO}_2$  variando entre 46 a 48% e álcalis ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) entre 2-4% predominantemente. As concentrações de  $\text{CaO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  e  $\text{TiO}_2$  são elevadas e variam entre 8-128%, 12-16% e 2 -3% respectivamente, enquanto a concentração de  $\text{MgO}$  é moderada e varia entre 5-7%. Já os elementos traços tem valores de Cu, Cr e Co em concentração moderada entre 102-216ppm, 160-560 ppm, 44-52 ppm, já os valores de elementos como Ba, Rb e Sr variam entre 115-350 ppm, 5-34 ppm e 145-424 ppm respectivamente e as razões  $(\text{La}/\text{Yb})_n$  entre 2 a 5. Este quadro composicional é compatível com basaltos de afinidade toleítica. O comportamento de elementos traços é típico de províncias de basaltos continentais, onde os elementos terras raras mostram fraco fracionamento. Anomalias são observadas, sendo elas negativas no caso do Eu e Sr, indicando fracionamento de plagioclásio e positiva no caso do Ti, indicando a semelhança com suítes de alto Ti. Quanto a possível fonte magmática, as razões  $\text{La}/\text{Yb}$  e  $\text{La}/\text{Nb}$ , ambas maiores que 1, permitem admitir a derivação de fontes mantélicas enriquecidas, com fusão parcial de um manto litosférico subcontinental. Desta forma, pode-se resumir que o Grupo Tucuruí representa a porção preservada de rochas de um segmento costeiro influenciado por ondas de tempestade em uma bacia do tipo rifte ou antepaís, com área fonte próxima composta de rochas ígneas e/ou metamórficas, topografia elevada e marcada por intemperismo físico predominante e que foi atingida durante sua formação por vulcanismo efusivo com assinaturas geoquímicas de afinidade toleítica e ambiência continental durante os estágios finais da evolução geológica do Cinturão Araguaia. Ademais, o fraturamento e percolação de fluidos hidrotermais observados a partir dos veios registrados nos conjuntos rochosos do GT, somado à discreta transformação mineralógica que ocorre nos basaltos são compreendidos como influência dos últimos estágios de deformação e metamorfismo regional da evolução geológica do Cinturão Araguaia.

**Palavras-chave:** Vulcanismo; Basaltos Toleíticos; Ambientes Sedimentares. Grupo Tucuruí; Cinturão Araguaia.



## ABSTRACT

The main objective of this work was the study of magmatic and sedimentary environments associated to the rocks of the Neoproterozoic Tucuruí Group, and discusses their relation in the evolution of the Araguaia Belt. This unit is exposed in the region of Tucuruí, northeast state of Pará, northern Brazil, in transition zone between the Amazonian craton and Araguaia belt and is described as a volcano-sedimentary succession composed by basaltic volcanic deposits including occasional intrusions of diabase and basalt breccia intercalated with amalgamated arkosic arenite and siltstones interpreted as coastal deposits with layers oriented in the NNE-SSW dipping down to SE. The Tucuruí overthrusting fault affected this succession toward west, causing fracturing and fluid percolation. The siliciclastic deposits are organized and thickening succession that include two facies associations: 1) Shoreface formed by arkosic with low angle cross-stratification; and 2) Storm influenced shoreface the comprise the arkosic sandstones with parallel lamination, siltstone with lamination parallel, laminated siltstone truncated by wave and siltstone with hummocky cross-stratification. These associations suggest processes for easy transport and sedimentation connected to a shallow marine environment, following the foreshore-shoreface zones influenced by storms. The petrographic analysis of arkosic arenite and siltstones reveals compositional and textural immaturity of these rocks, suggesting proximity of source area composed of igneous mafic to intermediate igneous or metamorphic rocks. The sedimentary succession was submitted to eodiagenetic environment and mesodiagenetic conditions. The volcanic deposits are composed of mesocratics and hipocrystalline rocks, whose mineralogy consists of labradorite ( $An_{60}$ ), augite, Fe and Ti oxides and sulfides and apatite accessory. The basalt flows are aphanitic composed of amygdaloidal basalts, located on the bottom and top of them and massive basalts, located in the central portions of the basaltic flows. In type amygdaloidal, the amygdales are filled by chlorite, quartz, zeolite and green cryptocrystalline material and are embedded in the matrix or intergranular intersertal, the latter being the main plots of textural massive basalts. The diabases of the sills are phaneritic and have coarse grained, intergranular texture and micrographic intergrowth. The basaltic breccias, occur between basaltic flows and / or in contact with the sedimentary sequence and is composed of fragments of basalt showing flow structures involved in matrix grain size of sediment silt, locally intercalated with irregular concentrations of zeolites and epidote, indicating thus the concomitant processes of sedimentation and volcanism.

The geochemical analysis carried out on 14 samples of volcanic rocks, using inductively coupled plasma spectrometry with mass spectrometry (ICP-MS) reveals concentrations of SiO<sub>2</sub> ranging from 46-48% and alkalis (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O) between 2-4% predominantly. The concentrations of CaO, and TiO<sub>2</sub> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are high and ranges from 8-128%, 12-16%, 2-3% and respectively, while the concentration of MgO is moderate and will vary between 5-7%. As for the trace elements have values of Cu, Cr and Co in moderate concentration between 102-216ppm, 160-560 ppm, 44-52 ppm, since the values of elements such as Ba, Rb and Sr vary between 115-350 ppm, 5 -34 ppm and 145-424 ppm, respectively, and ratios (La/Yb)<sub>n</sub> between 2-5. This framework is consistent with compositional affinity tholeiitic basalts. The behavior of trace elements is typical of continental basalt provinces, where the rare earth elements show weak fractionation. Anomalies are observed, which were negative in the case of Eu and Sr, indicating fractionation of plagioclase and positive in the case of Ti, indicating a high similarity with suites magmatic source, the reasons La/Yb and La/Nb, both greater than 1, allow us the derivation of enriched mantle sources, with a partial melting of subcontinental lithosphere mantle. Thus, can summarize that the Tucuruí group represents the portion preserved of coastal segment influenced by storm in a rift or foreland basin, with contribution for igneous or metamorphic rocks as source area marked for high topography and by physical weathering dominant that achieved during its formation by effusive volcanism with geochemical signatures of tholeiitic affinity and continental during the final stages of the geological evolution of the Araguaia Belt. Moreover, the fracturing and percolation of hydrothermal fluids from veins observed in clusters recorded rocky GT, coupled with the discrete mineralogical transformation that occurs in the basalts are understood to influence the later stages of deformation and regional metamorphism of the geological evolution of the Araguaia Belt.

**Key words:** Volcanism; Tholeitic Basalts, Sedimentary Environment; Tucuruí Group; Araguaia Belt, Neoproterozoic.