

# *Pesquisas em Geociências*

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

---

**Petrografia, Geoquímica, Análises Isotópicas (Sr, Nd) e Geocronologia Ar-Ar dos Basaltos de Tapirapuã (Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil)**

*Márcia Aparecida de Sant'ana Barros, Ana Maria Mizusaki, Ricardo Weska, André de Borba, Farid Chemale Jr., Elison Carmo da Costa*

*Pesquisas em Geociências*, 33 (2): 71-77, jan./abr., 2007.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/19515>

---

Publicado por

**Instituto de Geociências**

---



**Portal de Periódicos**  
**UFRGS**

UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL

---

## **Informações Adicionais**

**Email:** [pesquisas@ufrgs.br](mailto:pesquisas@ufrgs.br)

**Políticas:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

**Submissão:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

**Diretrizes:** <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

---

Data de publicação - jan./abr., 2007.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

## Petrografia, Geoquímica, Análises Isotópicas (Sr, Nd) e Geocronologia Ar-Ar dos Basaltos de Tapirapuã (Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil)

MÁRCIA APARECIDA DE SANT'ANA BARROS<sup>1</sup>, ANA MARIA P. MIZUSAKI<sup>2</sup>,  
RICARDO K. WESKA<sup>1</sup>, ANDRÉ W. DE BORBA<sup>2</sup>, FARID CHEMALE JR.<sup>2</sup> &  
ELISON CARMO DA COSTA<sup>2</sup>

1. Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

CEP 78.060-900, Cuiabá - MT. e-mail:mapabarro@yahoo.com

2. Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Caixa Postal 15001, CEP 91509.900, Porto Alegre-RS

(Recebido em 03/06. Aceito para publicação em 01/07)

**Abstract** - The basaltic flows from Tapirapuã Formation are exposed at Tangará da Serra region, 250 km from Cuiabá (MT) and the thickness can reach 310 meters. The basalts range from massive dark gray, with colunar disjunctions at the base to purple amygdaloidal at the top. They are generally fine-grained, however gabroic portions have been identified. In thin section the Tapirapuã basalts show subophitic texture. Chemical analyses in these rocks suggest tholeiitic compositions, within continental tectonic environment. There is an enrichment of light rare earth elements when compared to heavy rare earth elements. The studied samples have low contents of TiO<sub>2</sub> and P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> being similar to low P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and TiO<sub>2</sub> group from Serra Geral Formation (Paraná Basin). Analyses of Sr and Nd isotopes show the following results: <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr between 0.703 and 0.707, ε<sub>Nd</sub> from -0.01 to + 2.32 and model ages (T<sub>DM</sub>)<sub>z</sub> (931 to 1.267 Ma). <sup>40</sup>Ar / <sup>39</sup>Ar geochronology of plagioclase crystals from Tapirapuã basalts presented a plateau age of 206 ± 6 Ma, in agreement with previous ages obtained from Anari and Tapirapuã sub-provinces. This result places the volcanic event at the limit of the Triassic-Jurassic periods, related to the opening of the North Atlantic.

**Keywords** - Tapirapuã basalts, petrography, geochemistry, Mato Grosso.

### INTRODUÇÃO

Os derrames básicos considerados de caráter fissural, denominados de Formação Tapirapuã, afloram numa área de aproximadamente 115 km de extensão por 10 a 20 km de largura, na Serra de Tapirapuã, município de Tangará da Serra, Mato Grosso. A cidade de Tangará da Serra está localizada a aproximadamente 250 km de Cuiabá (MT). A primeira citação sobre a ocorrência dessas rochas pode ser encontrada no trabalho de Evans (1894, *apud* Almeida 1964), o qual estimou a espessura desses basalts em 310 m, admitindo idade triássica para os mesmos, tendo em vista a imensa extensão do vulcanismo que ocorreu nesse período no país. Almeida *et al.* (1972) estenderam os derrames para ocorrências de basalts das regiões de Barra dos Bugres, Nortelândia e Alto Paraguai. Figueiredo & Olivatti (1974) assinalaram valores de espessura de 15 m no Salto das Nuvens (Rio Sepotuba) e de 70 m nas cabeceiras do Rio Angelim, evidenciando um

gradativo espessamento do derrame de oeste para leste. Essas diferenças de espessura provavelmente devem-se ao surgimento tardio de sistemas de *rifts* nos quais se depositaram os sedimentos do Grupo Parecis. Montes-Laur *et al.* (1994) também mostram uma variação na espessura do derrame no sentido sul (310 m) para norte (35 m). Barros *et al.* (1982) citaram a existência de intercalações destes basalts com conglomerados e arenitos feldspáticos nas imediações do Rio Sepotuba, sugerindo uma relação entre o topo do derrame e a base do Grupo Parecis. No balneário Salto das Nuvens (MT), a primeira autora observou um contato discordante entre diamictitos associados a um depósito flúvio-glacial na base e o basalto Tapirapuã no topo. Esse depósito é aqui correlacionado com a Formação Pimenta Bueno, unidade glacial da Bacia do Parecis. O objetivo deste trabalho é contribuir com novos dados geoquímicos, isotópicos e de datação pelo método <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar para a ocorrência dos basalts Tapirapuã.

## GEOLOGIA E PETROGRAFIA

Os basaltos de Tapirapuã aqui estudados afloram nos domínios do Balneário Primavera, cerca de três km da cidade de Tangará da Serra (Fig. 1) em forma de serras, com escarpas bastante íngremes. A figura 1 mostra um mapa geológico regional esquemático em que a área de abrangência do derrame é delineada. As rochas apresentam coloração cinza chumbo nas partes maciças e arroxeadas nas zonas de topo, onde se destacam as estruturas amigdaloidais. Disjunções colunares são as estruturas magmáticas predominantes.

As referências bibliográficas existentes, espe-

cialmente das décadas de 70 e 80, consultadas para esta publicação, não deixam claro quantos derrames existem na Formação Tapirapuã, apenas sugerem que seja mais de um. O presente trabalho foi desenvolvido localmente, portanto os autores não têm subsídios suficientes para estimar número de derrames da Formação Tapirapuã. No referido balneário é possível identificar a ocorrência de apenas um derrame, tendo como referência as estruturas amigdaloidais no topo (Fig. 2), as disjunções colunares na porção média (Fig. 3) e a estrutura maciça característica da porção inferior. Com base nestas feições, a espessura aproximada deste derrame seria de 55 metros.

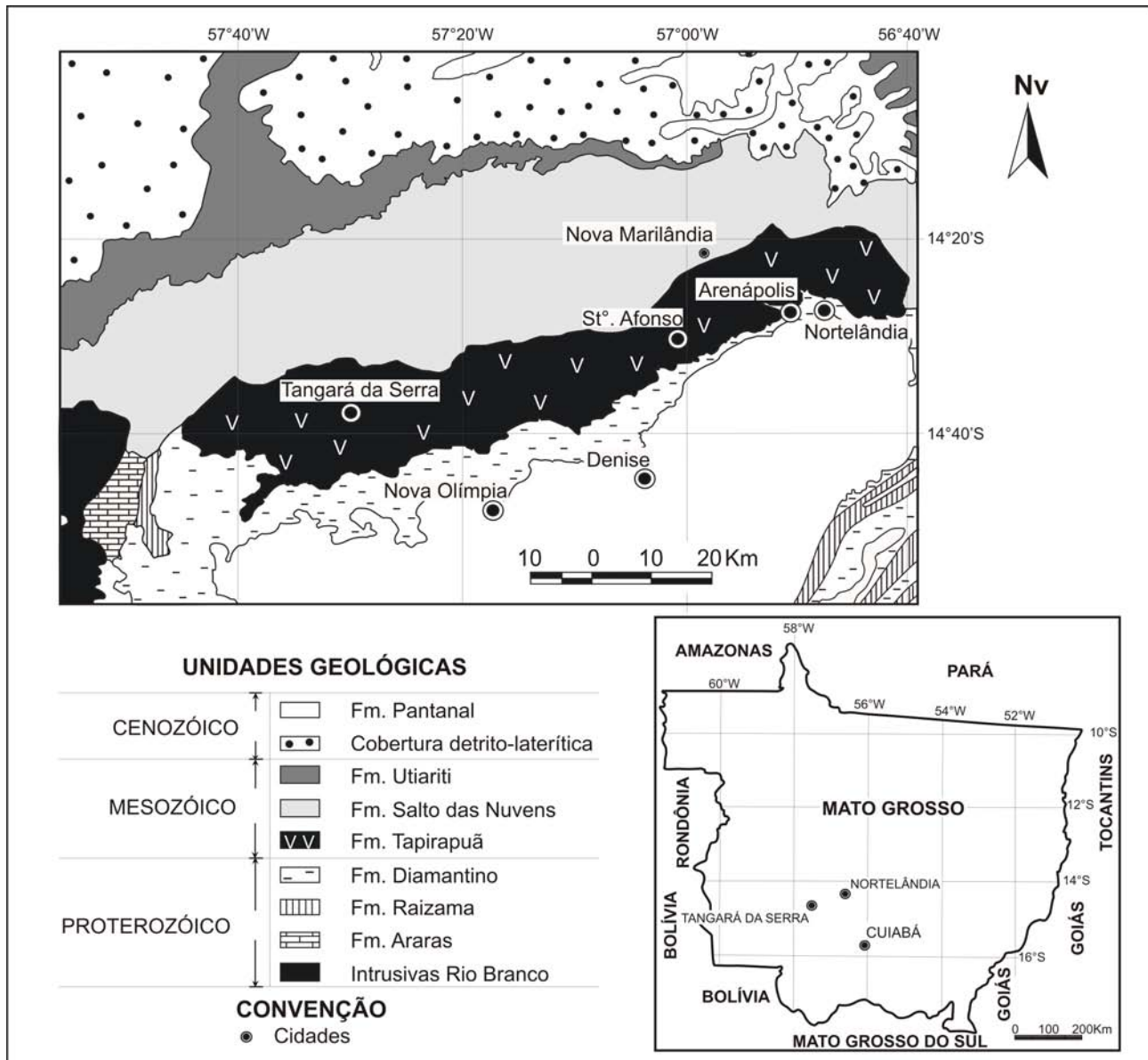


Figura 1 - Mapa geológico da região centro-oeste do Estado de Mato Grosso (modificado de Lacerda Filho *et al.* 2004).

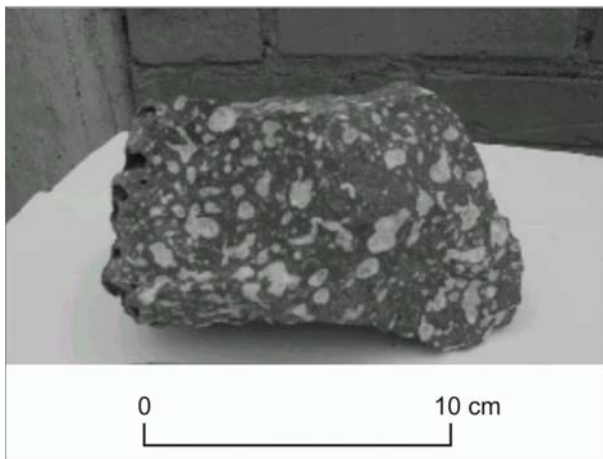


Figura 2 - Detalhe mostrando a estrutura amigdaloidal presente no topo dos derrames basálticos Tapirapuã.



Figura 3 - Disjunção colunar nos basaltos da Serra de Tapirapuã.

As rochas exibem textura subofítica (Fig. 4), hipocristalina, hipidiomórfica, sendo que os cristais de plagioclásio apresentam hábito ripiforme, composição entre An60 – An70 e são maclados segundo a lei Albita e Albita-Carlsbad quando observados ao microscópio petrográfico. O método para determinação da composição do plagioclásio foi o de cálculo médio da extinção das lamelas segundo Michel Levy (in Roubalt, 1972). Localmente, alguns cristais zonados são observados. Ocupando os interstícios entre os plagioclásios ocorrem clinopiroxênios (augita e pigeonita), que crescem em grãos anédricos englobando total ou parcialmente os cristais de plagioclásio. A olivina ocorre em pequena proporção, totalmente alterada para uma massa de cor marrom avermelhada constituída de argilominerais, preservando, entretanto o seu hábito original (Fig. 4). Entre os minerais dispersos na matriz ocorre material intersticial de mesóstase de cores esverdeada a marrom avermelhada. Schenatto et al. (2003) descrevem material semelhante nos basaltos da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná), como

de natureza criptocristalina, representando geralmente uma mistura de argilominerais do tipo celadonita (cor verde), esmectitas, óxidos e hidróxidos de ferro (cor marrom). Como material secundário, preenchendo as vesículas, observa-se carbonato, quartzo, epidoto e zeolitas.

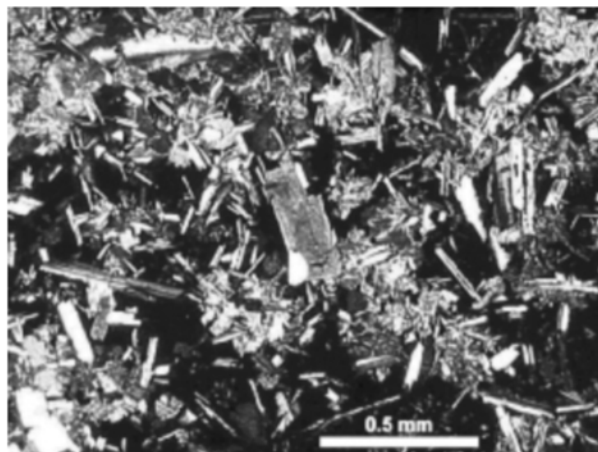


Figura 4 - Fotomicrografia do basalto Tapirapuã mostrando textura subofítica.

## MÉTODOS

Seis amostras do basalto Tapirapuã foram analisadas para elementos maiores, traços e terras raras no laboratório Lakefield – Geosol Geologia e Sondagem Ltda. (Belo Horizonte, Brasil). O método de fluorescência de raios X (FRX) foi utilizado para determinação de SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO e dos elementos-traços. Os elementos Terras Raras foram analisados por ICP-MS, enquanto que Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O foram determinados com a técnica de absorção atômica. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 1.

As razões isotópicas <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd e <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr foram determinadas no Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Para estas análises, foram utilizadas amostras de rocha total pulverizadas em uma granulometria inferior a 200 mesh. As amostras pulverizadas foram dissolvidas em ácidos específicos, resultando em soluções onde os traçadores foram adicionados. A separação do elemento Sr foi obtida através de colunas de troca catiônica com resina AGW-50. Em relação ao Nd, após este procedimento inicial para o Sr, foi realizada uma nova separação nestas colunas visando à concentração deste elemento, seguindo-se os procedimentos descritos em Patchet & Ruiz (1987). As concentrações isotópicas das preparações foram me-

Tabela 1 - Conteúdo de elementos maiores (%), traços (ppm) e terras raras (ppm) para seis amostras de basaltos da Serra de Tapirapuã.

	<b>PTR 01</b>	<b>PTR 02</b>	<b>PTR 03</b>	<b>PTR 05</b>	<b>PTR 06</b>	<b>PTR 07</b>
SiO <sub>2</sub>	49,50	50,70	50,70	50,60	50,20	50,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,50	13,20	14,00	13,70	13,30	13,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,40	12,70	12,60	12,40	12,60	12,50
MnO	0,20	0,22	0,20	0,19	0,19	0,20
MgO	7,00	6,65	7,20	7,20	7,00	6,90
CaO	10,30	10,60	10,90	10,40	10,90	10,80
Na <sub>2</sub> O	2,80	2,10	2,00	3,00	2,00	1,90
K <sub>2</sub> O	0,65	0,59	0,51	0,64	0,57	0,54
TiO <sub>2</sub>	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,17	0,16	0,14	0,16	0,15	0,14
PF	1,47	0,85	0,94	1,02	1,51	4,14
<b>Total</b>	<b>99,29</b>	<b>99,02</b>	<b>100,49</b>	<b>100,61</b>	<b>99,72</b>	<b>102,42</b>
Ba	148	113	138	154	87	60
Sr	224	159	160	173	180	171
Y	23	22	22	30	25	20
Zr	95	91	94	124	95	80
Li	16	13	14	11	15	20
V	335	316	333	384	327	319
Ni	60	60	62	36	62	63
Cu	109	167	194	112	134	121
Pb	34	38	34	41	36	35
La	8,1	7,7	6,8	9,2	9,1	5,9
Ce	26,2	19,8	16,7	26	18,8	14,3
Nd	7,8	7,5	6	9,3	6,9	5,1
Sm	2,1	2	1,5	2,2	1,4	1,4
Eu	0,64	0,66	0,51	0,74	0,45	0,41
Gd	2	2,1	1,5	2,2	1,4	1,3
Dy	1,7	1,7	1,2	1,9	1	0,91
Ho	0,28	0,28	0,19	0,31	0,15	0,13
Er	0,76	0,67	0,44	0,68	0,36	0,33
Yb	0,54	0,57	0,35	0,59	0,3	0,26
Lu	0,08	0,07	0,05	0,06	0,04	0,04
As	17	nd	nd	21	27	50
Ca	5,2	5,4	5,4	4,9	5,4	5,6
Co	50	49	50	52	49	51
Cr	56	57	58	11	58	60
Zn	93	89	89	102	90	86

Tabela 2 - Resultados das razões <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr e <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd para amostras de basaltos da Serra de Tapirapuã.

<b>No Lab.</b>	<b><sup>87</sup>Rb/<sup>86</sup>Sr</b>	<b><sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr</b>	<b>Erro</b>	<b><sup>147</sup>Sm/<sup>144</sup>Nd</b>	<b><sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd*</b>	<b>Erro</b>	<b>Nd<sub>(0)</sub></b>	<b>Nd<sub>(t)</sub></b>	<b>T<sub>DM</sub> (Ma)</b>
PT-02	-	-	-	0,162000	0,512729	15	1,77	2,32	931
PT-01	0,2258	0,70758	0,00006	0,164833	0,512662	30	0,47	0,97	1181
PT-03	0,2499	0,706446	0,00006	0,163053	0,512619	14	-0,38	0,15	1267
PT-04	0,2628	0,706934	0,00023	0,160963	0,512609	17	-0,57	-0,01	1246

didadas no espectrômetro VG Sector multicoletor do Laboratório de Geologia Isotópica do Instituto de Geociências da UFRGS. Os resultados das análises isotópicas são apresentados na tabela 2.

O método de datação <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar foi aplicado nos cristais de plagioclásio separados de amostras do basalto Tapirapuã, selecionadas por critérios petrográficos. Para tanto, foram identificadas as amostras onde os plagioclásios apresentassem o menor grau de alteração e ausência de micro-fraturas. Após a

identificação das amostras mais adequadas para a aplicação do método de datação <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar, os cristais de plagioclásio foram separados por técnicas convencionais. Obteve-se assim um concentrado destes minerais onde, com uma lupa binocular, foram ainda selecionados os cristais com melhores características. Alguns destes foram irradiados no reator nuclear IEA-R1 do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo (IPEN/CNEM/USP), utilizando-se como monitor de

fluxo a Sanidina Fish Canyon Tuff. Após o tempo necessário para a perda de radioatividade da amostra (“desaquecimento”), os cristais foram analisados no Laboratório de Ar-Ar do Centro de Pesquisas Geocronológicas do Instituto de Geociências da USP. Três grãos do conjunto irradiado (análise em triplicata) foram desgaseificados mediante aquecimento com laser em etapas e a composição isotópica medida no espectômetro de massa MAP-215-50, segundo procedimentos descritos por Renne (2000) e Vasconcellos *et al.* (2002).

## RESULTADOS

Os basaltos da Formação Tapirapuã, na porção oeste da área, mostram composições de ambiente intra-placa continental, semelhante aos derrames da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná (Fig. 5). Sua composição é básica, não tendo sido encontrado até o momento rochas mais fracionadas, como os riolitos associados à Formação Serra Geral. Os teores de SiO<sub>2</sub> variam de 49,5 a 50,7% e os valores de TiO<sub>2</sub> são em torno de 1,3% (Tab. 1). A natureza toleítica é sugerida pela alta razão FeO/MgO, aliada a conteúdos elevados de CaO, baixos teores de Sr e Ba e pelo alinhamento das amostras no diagrama de Miyashiro (1974) (Fig. 6). Os padrões dos elementos Terras Raras mostram enriquecimento de leves sobre pesados durante a evolução do líquido (Fig. 7). A ausência de anomalia negativa Eu no plagioclásio, associada com o empobrecimento de ETR pesados e a observação de textura subofítica demonstram que o plagioclásio não participou do fracionamento sozinho, mas acompanhado de clinopiroxênio. Os dados geoquímicos associados aos resultados dos isótopos de <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr (0,70758 a 0,706446) e <sup>144</sup>Nd/<sup>143</sup>Nd (0,512609 a 0,512662) e ε<sub>Nd</sub> variando de - 0,01 a + 2,32 demonstram que estas rochas originaram-se de fontes mistas (manto enriquecido + manto astenosférico). Comparando os dados de três amostras dos basaltos da Formação Tapirapuã com os campos apresentados por Wilson (1989) (Fig. 8), percebe-se que os basaltos de Tapirapuã plotam no campo dos basaltos a baixo TiO<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná.

As amostras selecionadas para datação <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar provêm da parte aflorante do basalto Tapirapuã, que foi visualmente considerada como a menos alterada e que somente corresponde a uma pequena porção na área estudada. Após a descrição petrográ-

fica detalhada, foram identificadas as amostras de basalto (amostras PTR-01, PTR-02 e PTR-03, Tab. 1) onde os cristais de plagioclásio se apresentavam microscopicamente mais preservados. Apesar do controle petrográfico, duas análises apresentaram espectros complexos com possível excesso de Ar, provavelmente relacionado com os processos de alteração e, conseqüentemente, não forneceram idades *plateau* (Fig. 9, amostras PTR 01 e PTR-02). Na outra análise (1780- PTR-03, Fig. 10) definiu-se uma idade *plateau* de 206 ± 6 Ma. Em relação às razões Ca/K, observa-se que as etapas que formam o *plateau* apresentam valores médios próximos de 30 (que são os mais altos) e algumas etapas dos outros espectros com aproximadamente 200 Ma, também apresentam este valor médio. Contudo, na análise 1780-PTR-02, as etapas iniciais com ± 200 Ma apresentam valores para a razão Ca/K muito baixas e, por isto, considera-se que esta relação deve ser observada com cautela. Assim, é sugerido que a idade mais precisa para a cristalização, embora ainda levemente afetada pelos processos de alteração, é 206 ± 6 Ma. Esta idade pode ser considerada concordante com determinações anteriores pelo método K-Ar e que indicavam valores de 197-198 Ma (Pinto Filho *et al.* 1977; Santos *et al.* 1980), posicionando este evento no limite Triássico-Jurássico. Eventos intrusivos desta faixa de idade são observados nas bacias do Solimões e do Amazonas, além de diques básicos na costa do Pará e Amapá, entre outras áreas. Eles têm sido associados à abertura do Atlântico Norte (Mizusaki *et al.* 2002) e antecedem o início do magmatismo da Formação Serra Geral na Bacia do Paraná.

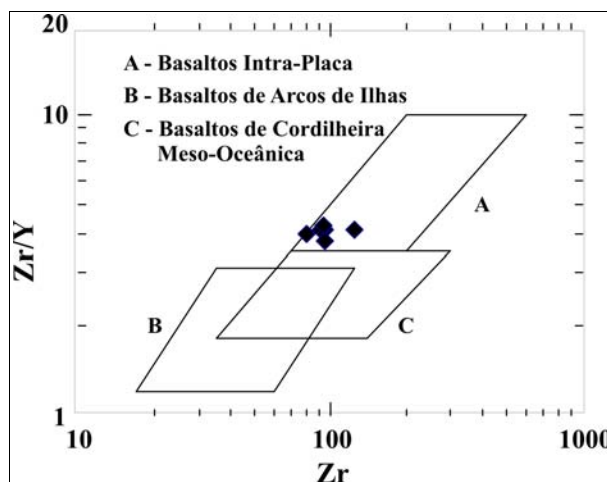


Figura 5 - Basaltos da Serra de Tapirapuã plotam no campo de Basaltos Intra-Placa (diagrama Zr X Zr/Y, modificado de Pearce & Can 1973).

## DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Montes-Laurar *et al.* (1994) obtiveram idades  $^{40}\text{Ar}$ - $^{39}\text{Ar}$ , para os Basaltos Tapirapuã e Anari muito próximas das idades aqui apresentadas (197 Ma). Deckart *et al.* (1997) apresentam resultados para os derrames de basaltos toleíticos continentais ocorrentes na Guiana Francesa e Suriname e comparam aos dados da Guiné no oeste da África. Os resultados em torno de 196 Ma para as guianas e 200 Ma para o oeste africano foram relacionados com a abertura do Atlântico Norte. As idades obtidas para os basaltos de Tapirapuã até o momento indicam claramente que esta formação rochosa formou-se durante o mesmo evento que originou os basaltos Anari em Rondônia e os basaltos das guianas e oeste Africano. Dessa forma, esses derrames antecedem o início do vulcanismo da Formação Serra Geral ( $133 \pm 1$  Ma, Renne *et al.* 1992). Uma fonte enriquecida é necessária para gerar padrões de elementos terras raras enriquecidos e  $\epsilon_{\text{Nd}}$  próximo de zero a levemente negativo. A ausência de anomalia negativa de Eu e o empobrecimento de elementos terras raras pesados podem indicar que o plagioclásio e o clinopiroxênio

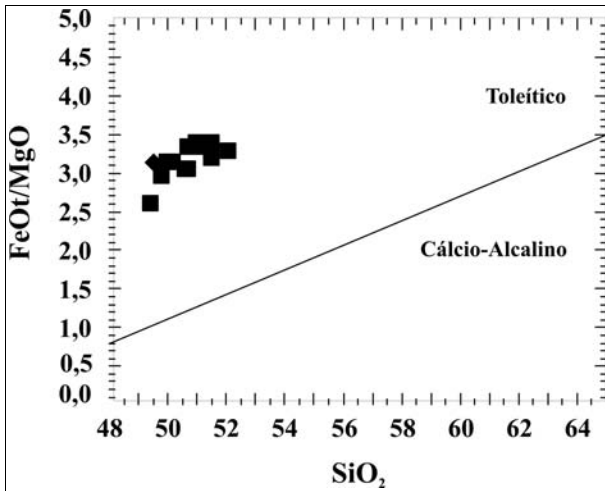


Figura 6 - Diagrama  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{MgO}$  aplicado para os basaltos de Tapirapuã (modificado de Miyashiro 1974).

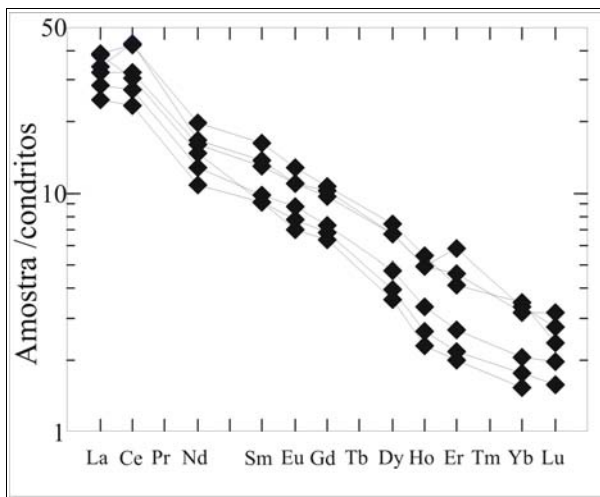


Figura 7 - Padrão de Elementos Terras Raras dos Basaltos de Tapirapuã. Dados normalizados para condritos (modificado de Taylor & McLennan 1985).

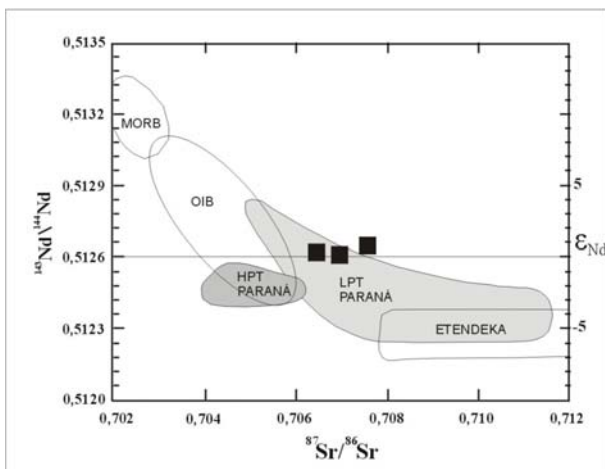


Figura 8 - Amostras de basaltos de Tapirapuã plotadas num diagrama  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  versus  $^{144}\text{Nd}/^{143}\text{Nd}$  (MORB: basaltos de cordilheira Meso-oceânica; OIB: Basaltos de Ilha Oceânica; HPT: Basaltos a alto fósforo; LPT: Basaltos com baixo fósforo) (modificado de Wilson 1989).

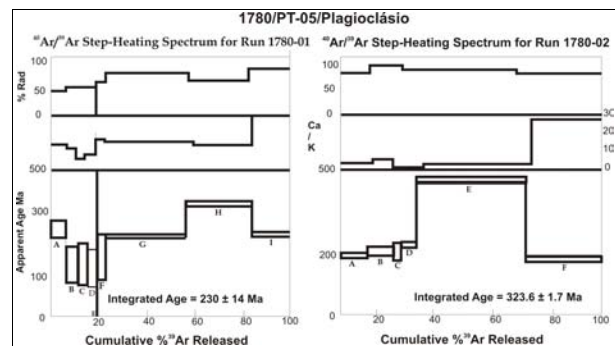


Figura 9 - Amostras com espectros complexos possivelmente com excesso de Ar associado com processo de alteração.

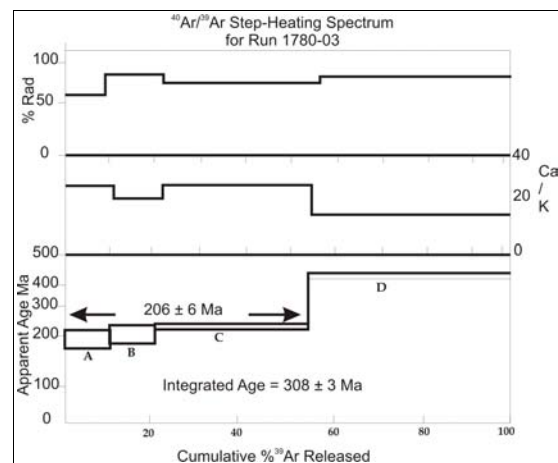


Figura 10 - Análise da amostra 1780-PTR- 03 que define uma idade plateau ( $206 \pm 6$  Ma) para os basaltos Tapirapuã.

sofreram fracionamento por assentamento gravitacional simultaneamente. A fonte enriquecida para estes basaltos deve estar relacionada com a pluma de Tristão da Cunha que esteve ativa durante o período de 200 Ma.

**Agradecimentos** - Pesquisa realizada com apoio financeiro do programa OSNLR / COMEMIR e CNPq. Os equipamentos geofísicos pertencem ao Banco de Equipamentos do PGGM e a lancha LARUS pertence a FURG. Manifestamos nossos agradecimentos aos Professores Gilberto Dias e Alberto Figueiredo (UFF); Prof. Lauro J. Calliari (FURG); a Pesquisadora Biol. Beatriz Dehnhardt e aos Laboratoristas Gilberto S. Santos e Maribel S. Nunes, pelo suporte técnico. Também, agradecemos as contribuições recebidas por um dos consultores *ad hoc*.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M. de, 1964. **Geologia do centro-oeste Matogrossense**. Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, DNPM, **215**: 1-137.
- Almeida, L.F.C.; Melo, S.C. & Friaça, G.C. 1972. A geologia e as perspectivas econômico-minerais da estrada de integração nacional Cuiabá-Santarém (trecho Cuiabá-Cachimbo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., 1972, Belém, PA. **Anais...Belém, SBG, v.1, p. 121-128.**
- Barros, A.M.; Silva, R.H.; Cardoso, O.R.F.; Freire, F.A.; Souza, Jr., J.J.; Rivetti, M.; Luz, D.S. da; Palmeira, R.C. & Tassinari, C.C.G. 1982. **Carta Geológica: folha SD-21**. DNPM, Cuiabá, Projeto Radam Brasil, v. 26.
- Deckart, K; Féraud, G. & Bertrand, H. 1997. Age of Jurassic continental tholeiites of French Guyana, Surinam and Guinea: implications for the initial opening of the central Atlantic ocean. **Earth and Planetary Sciences Letters, 150**:205-220.
- Figueiredo, A.J. & Olivatti, O 1974. **Projeto Alto Guaporé: relatório final integrado**. DNPM-CPRM, Goiânia, v. 11 (Relatório do Arquivo Técnico da DGM, 2323).
- Lacerda Filho, J. V. *et al.* 2004. **Carta Geológica: Geologia e Recursos Minerais do Estado de Mato Grosso. Escala 1:1000000**. CPRM, Goiânia (Convênio CPRM/SICME), 200 p.
- Miyashiro, A. 1974. Volcanic rocks series in island arcs and active continental margins. **American Journal of Science, 274**:321-355.
- Mizusaki, A.M.P.; Thomaz-Filho, A.; Milani, E.J. & Césero, P. 2002. Mesozoic and Cenozoic igneous activity and its tectonic control in northeastern Brazil. **Journal of South American Earth Sciences, 15**:183-198.
- Montes-Lauar, C.R.; Pacca, I.G.; Melfi, A.J., Piccirillo, E.M.; Bellieni, G.; Petrone, R. & Rizzieri, R. 1994. The Anari and Tapirapuã Jurassic formations, western Brazil: paleomagnetism, geochemistry and geochronology. **Earth and Planetary Science Letters, 128**:357-71.
- Patchett, P.J. & Ruiz, J. 1987. Nd isotopic ages of crust formation and metamorphism in the Precambrian of eastern and southern Mexico. **Contributions to Mineralogy and Petrology, 96**:523-528.
- Pearce, J. A. & Can, J. R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace elements analysis. **Earth and Planetary Science Letters, 19**:290-300.
- Pinto Filho, F.P. *et al.* 1977. **Projeto Sudeste de Rondônia: relatório de progresso 02**. DNPM/CPRM, Porto Velho, 14 v.
- Renne, P.R. 2000. K-Ar and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar Dating, in Quaternary Geochronology: Methods and Applications. In: Noller, J.S.; Sowers, J.M. & Lettis, R.W. (Eds.): **American Geophysical Union Reference Shelf Series**, v. 4, p.77-100.
- Renne, P.R.; Ernesto, M.; Pacca, I.; Coe, R.S.; Glen, J.M.; Prevot, M. & Perrin, M. 1992. The age of Paraná flood volcanism rifting of southern Gondwanaland and the Jurassic-Cretaceous boundary. **Science, 258**:975-979.
- Roubalt, M. 1972. **Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant**. Paris, Éditions Lamarre-Poinat, 315p.
- Santos, D. B. *et al.* 1980. Complexo Uatumã: conotação estratigráfica para produtos de ativação de plataforma no escudo do Guaporé. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., 1980, Florianópolis, SC. **Anais...Florianópolis, SBG, v. 2, p. 798-810.**
- Schenatto, F.; Formoso, M.L.L.; Dudoignon, P.; Meunier, A.; Proust, D. & Mas, A. 2003. Alteration processes of a thick basaltic lava flow of the Paraná Basin (Brazil): petrographic and mineralogical studies. **Journal of South American Earth Sciences, 16**:423-444.
- Taylor, S.R. & McLennan, S. M. 1985. **The continental crust: its composition and evolution**. Oxford, Blackwell Scientific, 312p.
- Vasconcellos, P.; Onoe, A.; Kawashita, K. Soares, A.J. & Teixeira, W. 2002. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology at the Instituto de Geociências, USP: instrumentation, analytical procedures, and calibration. **Anais da Academia Brasileira de Ciências, 74** (2):297-342.
- Wilson, M. 1989. **Igneous Petrogenesis - a global tectonic approach**. Dordrecht, Kuwer Academic Publishers, 496p.



