

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

“Evolução do Arco Magmático de Goiás com base em dados geocronológicos U-Pb e Sm-Nd”

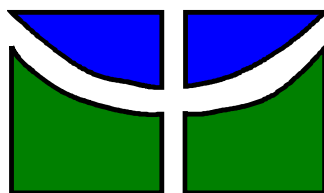
TESE nº 067

Tese de Doutorado

Jorge Henrique Laux

Orientador: Márcio Martins Pimentel

Brasília
2004



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Tese de Doutorado

“Evolução do Arco Magmático de Goiás com base em dados
geocronológicos U-Pb e Sm-Nd”

Jorge Henrique Laux

Banca Examinadora: Márcio Martins Pimentel (Orientador)
Reinhardt A. Fuck
Hardy Jost
Benjamin B.B. Neves
Elson P. de Oliveira

Brasília – 2004

SUMÁRIO

Sumário.....	iii
Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas.....	ix
Agradecimentos.....	x
Abstract.....	xi
Resumo.....	xiii
CAPÍTULO 1	
1.1 INTRODUÇÃO.....	02
1.1.1 Objetivo.....	02
1.1.2 Justificativas.....	03
1.1.3 Materiais e Métodos.....	04
1.1.4 Histórico.....	05
1.1.5 Plano da Tese.....	06
CAPÍTULO 2	
2.1 INTRODUCTION.....	09
2.2 REGIONAL GEOLOGICAL SETTING.....	11
2.3 GEOLOGY OF THE ANICUNS REGION.....	15
2.4 ANALYTICAL PROCEDURES.....	18
2.5 RESULTS AND DISCUSSION.....	21
2.5.1 Córrego da Boa Esperança Sequence.....	21
2.5.2 Anicuns-Itaberai Sequence.....	25
2.5.3 Anicuns-Santa Bárbara Gabbro-Diorite Suite.....	26
2.5.4 Americano do Brasil Layered Complex.....	27
2.6 CONCLUSIONS.....	28
CAPÍTULO 3	
3.1 INTRODUCTION.....	34
3.2 REGIONAL GEOLOGICAL SETTING.....	34

3.3 ORTHOGNEISSIC OF THE ARENÓPOLIS ARC.....	39
3.4 GRANITIC ROCKS OF THE ARENÓPOLIS ARC.....	42
3.5 ANALYTICAL PROCEDURES.....	42
3.6 RESULTS AND DISCUSSION.....	46
3.6.1 Orthogneisses.....	46
3.6.2 Granites.....	50
3.7 CONCLUSIONS.....	53
CAPÍTULO 4	
4.1 INTRODUCTION.....	60
4.2 REGIONAL GEOLOGICAL SETTING.....	61
4.3 GEOLOGY OF THE ANICUNS REGION.....	65
4.4 ANALYTICAL PROCEDURES.....	69
4.5 GEOCHEMICAL RESULTS.....	71
4.6 Nd-Sr-Pb ISOTOPES.....	75
4.7 Nd ISOTOPIC RESULTS OF METASEDIMENTARY ROCKS.....	78
4.8 CONCLUSIONS.....	79
CAPÍTULO 5	
5.1 CONCLUSÕES.....	88
CAPÍTULO 6	
6.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1. Mapa geológico esquemático do Arco Magmático de Goiás e da região compreendida neste trabalho (Pimentel et al., 2000a)..... **04**

Figura 1.2. Mapa com a localização da base cartográfica e geológica usada no trabalho..... **05**

Capítulo 2

Figure 2.1 - Geological sketch map of the Brasília Belt in the eastern part of Tocantins Province, central Brazil (after Fuck et al., 1994)..... **12**

Figure 2.2 - Geological sketch map of the southern part of the Goiás Magmatic Arc, with the location of the studied areas (Pimentel et al., 2000a)... **14**

Figure 2.3 - Geological map of the Anicuns region, with location of the studied samples (simplified from Nunes, 1990)..... **17**

Figure 2.4 - Geological map of the Santa Bárbara de Goiás-Inhumas region, Goiás Brazil (after Silva and Nilson, 1990)..... **18**

Figure 2.5 - Geological map of the Americano do Brasil Layered Complex (from Nilson, 1981)..... **19**

Figure 2.6 - Evolution diagram of ϵ_{Nd} x Time, showing patterns similar to Goiás Magmatic Arc of Pimentel and Fuck (1992); (a) Córrego da boa Esperança Sequence, (b) Anicuns-Itaberaí Sequence, (c) Santa Bárbara de Goiás Complex, (d) Córrego Seco Complex..... **22**

Figure 2.7 - SHRIMP U-Pb concordia diagram for sample JHL-14 (a), and zircon cathodoluminescence images (b)..... **23**

Figure 2.8 - ID-TIMS U-Pb concordia diagram for Anicuns-Itaberaí Sequence (b, d); Córrego da Boa Esperança Sequence (a); Córrego Seco Complex (g, h); Santa Bárbara de Goiás Complex (e, f); and Americano do Brasil Layered Complex dioritic country rock (c)..... **24**

Figure 2.9 – Reference Sm-Nd whole-rock isochron for the mafic rocks..... **25**

Figure 2.10 – ID-TIMS U-Pb concordia diagram for Americano do Brasil

Layered Complex.....	25
Capítulo 3	
Figure 3.1 - Precambrian tectonic framework of Central South America (after Kröner and Cordani, 2003; Cordani et al., 2003).....	35
Figure 3.2 - Geological sketch map of the Brasília Belt in the eastern part of Tocantins Province, central Brazil (after Pimentel et al., 2003).....	36
Figure 3.3 - Geological sketch map of the southern part of the Goiás Magmatic Arc, with the location of the studied areas (Pimentel et al., 2000a)...	37
Figure 3.4 - Geological map of the Anicuns region, with location of the studied samples (simplified from Nunes, 1990).....	44
Figure 3.5 - Geological map of the area east of Mossâmedes, Goiás (after Barbosa 1987).....	45
Figure 3.6 - Cathodoluminescence image of zircons from the Palminópolis Gneiss.....	46
Figure 3.7 - ID-TIMS and SHRIMP U-Pb concordia diagrams for orthogneisses from the Goiás Magmatic Arc.....	47
Figure 3.8 - Evolution ϵ_{Nd} x Time diagram showing Nd isotopic composition of the orthogneiss and granite samples studied. Nd isotopic composition of the Goiás Magmatic Arc rocks is from Pimentel and Fuck (1992) and that of Archean gneisses of Goiás is from Pimentel et al. (1996). U-Pb ages are shown for the individual samples. Note that there is a trend in which the younger rocks tend to present more negative $\epsilon_{Nd}(T)$ values.....	49
Figure 3.9 - ID-TIMS U-Pb concordia diagrams for granitic rocks of the Anicuns area.....	50
Figure 3.10 – ID-TIMS U-Pb concordia diagram for sample JHL 10.....	52
Figure 3.11 – Summary of the previous age data of the Goiás Magmatic Arc, showing two distinction crustal accretion events (Data from Pimentel et al., 1991, 1992, 1997, 2003; Viana et al., 1995; Rodrigues et al., 1999; Fischel et al., 2001; Dantas et al., 2001; Piuzana et al., 2001, 2003a, b; Junges et al., 2002, 2003; Laux et al., 2002a, b, 2003a, b; Motta-Araújo and Pimentel, 2003).....	53

Capítulo 4

- Figure 4.1** – a) Precambrian tectonic framework of Central South America (after Kröner and Cordani, 2003; Cordani et al., 2003), b) Geological sketch map of the Brasília Belt in the eastern part of Tocantins Province, central Brazil (after Pimentel et al., 2003). **62**
- Figure 4.2** - Geological sketch map of the southern part of the Goiás Magmatic Arc, with location of the areas investigated (after Pimentel et al., 2000a)..... **63**
- Figure 4.3** - Geological map of the Anicuns region, with sample location samples (simplified from Nunes, 1990)..... **67**
- Figure 4.4** - Geological map of the area east of Mossâmedes, Goiás (after Barbosa 1987)..... **68**
- Figure 4.5** - Tholeiitic/Calc-Alkaline (a) and Alkaline/ Subalkaline (b) diagrams of Irvine and Baragar (1971). Symbols: cross- metandesites, full square- metabasalts, blank square- quartz-diorite, full circle- diorite (ca. 630 Ma), blank circle- metasedimentary rocks, full triangle- diorite (ca. ≈830 Ma), blank triangle- tonalite..... **73**
- Figure 4.6** - Spider diagrams normalized to primitive mantle (Sun and McDonough, 1989). Symbols are the same from figure 4.5..... **74**
- Figure 4.7** - Tectonic discrimination diagrams, a) Diagram Zr-Ti (Pearce and Cann, 1973); b) Diagram Zr-Zr/Yc (Pearce and Cann, 1973); c) Diagram Ta/Yb-Th/Yb (Pearce, 1983); d) Diagram La/Nb-Nb/Th (Pearce, 1983). Symbols are the same from figure 4.5..... **75**
- Figure 4.8** - REE patterns (Chondrite and andesite sample from Taylor and McLennan 1985). Symbols are the same from figure 4.5..... **76**
- Figure 4.9** - Plot ϵ_{Sr} (T=890Ma) versus ϵ_{Nd} (T=890Ma). Field of Arenópolis metavolcanic rocks is from Pimentel (1991)..... **77**
- Figure 4.10** - Pb-Pb isotopic diagram showing isotopic evolution of samples of the area. Reservoirs are from Doe and Zartman (1979)..... **77**
- Figure 4.11** - Evolution ϵ_{Nd} x Time diagram showing Nd isotopic composition

of the metasedimentary rocks of the Córrego da Boa Esperança, Anicuns-Itaberaí, and Mossâmedes sequences. Nd isotopic composition of the Goiás Magmatic Arc rocks is from Pimentel and Fuck (1992) and of Archean gneisses of Goiás is from Pimentel et al. (1996).....	78
Figure 4.12 – Gravimetric anomaly in western Goiás (Baêta Júnior, 1994) compared with the model for island arcs from Gill (1981).....	80

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2

Table 2.1a. Summary of previous Sm-Nd results of the area.....	10
Table 2.1b. Summary of previous Sm-Nd whole-rock isochron age of the area.....	10
Table 2.1c. Summary of previous Rb-Sr whole-rock isochron age of the area.....	10
Table 2.2. Summary of SHRIMP U-Pb data for sample JHL-14.....	30
Table 2.3. Summary of ID-TIMS U-Pb data for the mafic rocks.....	31
Table 2.4. Sm-Nd results for the mafic rocks.....	32

Capítulo 3

Table 3.1. Summary of previous age for rock units of the Arenópolis Arc.....	40
Table 3.2. Results and previous Sm-Nd data for rock units of the Arenópolis Arc.....	41
Table 3.3. Summary of ID-TIMS U-Pb data for the orthogneisses.....	56
Table 3.4. Summary of SHRIMP U-Pb data for Palminópolis gneiss.....	57
Table 3.5. Summary of ID-TIMS U-Pb data for the granitic rocks.....	58

Capítulo 4

Table 4.1. Geochemical results for the samples investigated.....	81
Table 4.2. Summary of Sm-Nd results for the mafic rocks (after Laux et al., 2004a).....	83
Table 4.3. Sr isotopic results.....	84
Table 4.4. Pb isotopic results.....	85
Table 4.5. Sm-Nd results for the metasedimentary rocks.....	86

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Márcio Martins Pimentel, por me aceitar como orientando, por me repassar seu conhecimento e por não abdicar da ajuda quando solicitada;

Ao Instituto de Geociências por me aceitar e me receber como aluno;

Ao CNPq, pela bolsa de Doutorado;

Aos professores Dr. Elton L. Dantas e Reinhardt A. Fuck pelos ensinamentos e por sempre estarem dispostos a tirarem minhas dúvidas;

Aos meus colegas do Laboratório de Geocronologia, Simone M.C.L.Gioia e Sérgio L. Junges pela ajuda na preparação das amostras e pela amizade;

Ao bolsista de iniciação científica, hoje colega da pós-graduação, Alan Armele, pela ajuda, às vezes nem sempre trabalhosa no trabalho da Tese;

Aos membros da Banca, por aceitarem participar desta defesa e contribuir para a sua melhora;

Aos colegas de sala, Caio T Joko, Maria Helena B.M de Hollanda, Luciana M. Teixeira, Miriela M. Ulloa e Alan Armele, pelo convívio, algumas vezes conflitante, mas sempre produtivo;

A Prof^a. Valderéz Pinto Ferreira da UFPE pelas análises de Fluorescência de Raios-X;

Aos funcionários do Laboratório de Geocronologia pela ajuda na obtenção dos resultados;

Aos funcionários do Instituto de Geociências;

Aos demais professores do instituto pelos ensinamentos e pela acolhida;

Aos demais colegas pelas conversas, mesas de bares e discussões;

Às outras pessoas que de alguma forma me ajudaram, mas que a memória e o cansaço do final de Tese não me deixa lembrar, externo aqui os meus agradecimentos.

ABSTRACT

The data presented here combined with those in the literature suggest that igneous activity in the Goiás Magmatic Arc took place in two different episodes: the older between ca. 0.89 and 0.78 Ga, probably in intraoceanic settings, and the younger between ca. 0.66 and 0.60 Ga, most likely in an active continental margin, at the end of the Brasiliano orogeny.

New U-Pb and Sm-Nd isotopic data of orthogneiss and granitoid rocks from the Neoproterozoic Goiás Magmatic Arc in western Goiás helped to better constrain the geological evolution of this large section of juvenile crust in the western part of the Brasília Belt. Orthogneiss of dominant tonalitic composition have U-Pb crystallization ages of 804 ± 6 Ma, 669 ± 3 Ma, 662 ± 12 Ma, 634 ± 8 Ma, 630 ± 5 , and 637 ± 20 Ma, and present $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ values varying within a large range, between +2.8 and -15.1. Rock units with negative $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ are more frequent in the eastern part of the studied area, south of Anicuns, suggesting the presence of slivers of older continental crust in that part of the arc. Metagranites in this area have ages of 821 ± 10 Ma, 810 ± 10 Ma, 792 ± 5 Ma, 790 ± 12 , 748 ± 4 Ma, 782 ± 14 Ma, and 614 ± 5 Ma, and $\epsilon_{\text{Nd}}(\text{T})$ values between +5.1 and -3.7.

Mafic rocks exposed in the Anicuns region, in the eastern part of the Goiás Magmatic Arc are represented dominantly by amphibolites (metavolcanic and metaplutonic). New U-Pb results demonstrate that this association is Neoproterozoic and that mafic rocks also crystallized during two main periods: (i) between ca. 890 and 815 Ma, and (ii) between ca. 630 and 600 Ma. Metagabbro and metadiorite samples JHL-14, JHL-15, JHL-23, AMB-01, and JHL-26B have U-Pb zircon ages of 886 ± 5 Ma, 862 ± 5 Ma, 815 ± 10 Ma, 856 ± 15 Ma, and 839 ± 9 Ma, respectively, and comprise the older group. The Late Neoproterozoic intrusive Anicuns-Santa Bárbara gabbro-diorite and Americano do Brasil suites are coeval. Four samples of the first

(SB-01, JHL-04, JHL-22C and JHL-19) yielded U-Pb ages of 598 ± 8 Ma, 612 ± 6 Ma, 623 ± 13 Ma and 622 ± 6 Ma, respectively, whereas zircon grains from one norite sample of the Americano do Brasil Complex yielded a concordia age of 626 ± 8 Ma. All mafic rocks investigated present T_{DM} model ages of ca. 1.0 Ga, comparable to model ages of metagneous rocks of the Goiás Magmatic Arc. $\epsilon_{Nd}(T)$ values are strongly positive, indicative of the depleted nature of the mantle source (MORB-like), similarly to volcanic and plutonic rocks of the arc-type volcano-sedimentary sequences exposed to the west. The lithological associations comprising the supracrustal sequences in the Anicuns area are compatible with origin in an oceanic or fore-arc setting.

The mafic samples investigated in this study correspond to tholeiitic to calc-alkaline metabasalts and display major and trace element characteristics that are compatible with an origin within an island arc setting, with LILE enrichment and HFSE depletion. In these settings, LILE enrichment is assigned to metasomatism of the mantle source due to fluids released during slab-dehydration. Amphibolite samples ANA 19A and ANA 19B, of the Bonfinópolis Sequence, associated with sedimentary rocks of the Araxá Group, to the east of the area investigated here are slightly different when compared to those of the Anicuns region, and most probably represent fragments of Neoproterozoic ocean floor.

The T_{DM} values of the sedimentary rocks of the Anicuns-Itaberaí and Córrego da Boa Esperança sequences are very distinct from each other. The Córrego da Boa Esperança Sequence sediments, with T_{DM} values between 0.8 and 1.2 Ga, were derived mostly from the erosion of the juvenile arc, whereas those of the Anicuns-Itaberaí Sequence indicate derivation from an older, mostly Paleoproterozoic source.

Based on the field, geochronological, isotopic and regional geophysical data, we suggest that the supracrustal sequence exposed in the Anicuns area might represent a arc/fore-arc sequence, marking the tectonic boundary between the Goiás Magmatic Arc and the westernmost exposures of the former São Francisco continental plate.

RESUMO

Os dados apresentados aqui, combinados com os da literatura, sugerem que a atividade ígnea no Arco Magmático de Goiás ocorreu em dois diferentes episódios: o mais antigo entre ca. 0,89 e 0,78 Ga, provavelmente em um ambiente intra-oceânico, e o mais jovem ca. 0,66 e 0,60 Ga, mais provavelmente em uma margem continental ativa, no final da orogenia Brasileira.

Novos dados isotópicos U-Pb e Sm-Nd de ortognaisses e rochas graníticas do Arco Magmático de Goiás ajudaram a esclarecer a evolução geológica deste grande domínio de rochas juvenis da parte oeste da Faixa Brasília. Os ortognaisses, de composição predominantemente tonalítica, apresentam idades de cristalização U-Pb em zircão de 804 ± 6 Ma, 669 ± 3 Ma, 662 ± 12 Ma, 634 ± 8 Ma, 630 ± 5 e 637 ± 20 Ma, e valores de $\epsilon_{Nd}(T)$ em amplo intervalo, entre +2,8 e -15,1. As rochas com $\epsilon_{Nd}(T)$ negativo ocorrem com maior frequência na porção leste da área estudada, a sul de Anicuns, sugerindo a participação de crosta continental antiga nesta parte do arco. Metagranitos da mesma área têm idades de cristalização de 821 ± 10 Ma, 810 ± 10 Ma, 792 ± 5 Ma, 790 ± 12 , 748 ± 4 Ma, 782 ± 14 Ma e 614 ± 5 Ma, e valores de $\epsilon_{Nd}(T)$ entre +5,1 e -3,7.

Rochas máficas expostas na região de Anicuns, na parte leste do Arco Magmático de Goiás, estão representadas predominantemente por anfibolitos (metavulcânicas e metaplutônicas). Novos resultados U-Pb demonstram que esta associação é neoproterozóica e que as rochas máficas também cristalizaram em dois períodos principais: (i) entre ca. 890 e 815 Ma, e (ii) entre ca. 630 e 600 Ma. Cinco amostras de metagabro e metadiorito têm idade U-Pb em zircão de 886 ± 5 Ma, 862 ± 5 Ma, 815 ± 10 Ma, 856 ± 15 Ma e 839 ± 9 Ma, e representam o grupo antigo. O corpo intrusivo gabro-diorítico Anicuns-Santa Bárbara e o complexo acamadado máfico-ultramáfico de Americano do Brasil são do final do Neoproterozóico e apresentam idades semelhantes. Quatro amostras do primeiro corpo indicaram idade

U-Pb em zircão de 598 ± 8 Ma, 612 ± 6 Ma, 623 ± 13 Ma e 622 ± 6 Ma, enquanto que frações de zircão de norito do Complexo Americano do Brasil possuem idade concordante de 626 ± 8 Ma. Todas as rochas máficas apresentam idade modelo T_{DM} de ca. 1,0 Ga, comparável às idades modelo das rochas metaígneas do Arco Magmático de Goiás. Valores de $\epsilon_{Nd}(T)$ são fortemente positivos, indicativos da natureza depletada da fonte (MORB), similar às rochas vulcânicas e plutônicas das seqüências vulcano-sedimentares do arco, expostas a oeste. A associação litológica da seqüência supracrustal de Anicuns é compatível com origem em ambiente oceânico ou de *fore-arc*.

As rochas máficas investigadas neste estudo correspondem a metabasaltos toleíticos a cálcio-alcálicos. Os elementos maiores e traços mostram características compatíveis com ambiente de arco de ilha, com enriquecimento em LILE e empobrecimento em HFSE. Nestes ambientes, enriquecimento em LILE é devido ao metasomatismo do manto por fluidos derivados da desidratação da placa oceânica subductante. As amostras de anfíbolito da Seqüência Bonfinópolis, associadas com rochas metasedimentares do Grupo Araxá, a leste da área investigada, diferem das de Anicuns, e, provavelmente, representam fragmentos de fundo oceânico neoproterozóico.

Os valores de T_{DM} das rochas metasedimentares das seqüências Anicuns-Itaberaí e Córrego da Boa Esperança são muito distintos um do outro. As rochas metasedimentares da Seqüência do Córrego da Boa Esperança, com valores de T_{DM} entre 0,8 e 1,2 Ga, foram derivados principalmente da erosão de rochas juvenis do arco, enquanto que os da Seqüência Anicuns-Itaberaí indicam derivação a partir de fonte antiga, mais provavelmente paleoproterozóica.

Baseados em dados de campo, geocronológicos, isotópicos e geofísica regional, sugerimos que a seqüência supracrustal exposta na região de Anicuns pode constituir-se em seqüência de arco/*fore-arc*, mancando o limite tectônico entre o Arco Magmático de Goiás e a parte oeste da placa do continente São Francisco.