

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**PETROGÊNESE DE PLÚTONS GRANÍTICOS DO LESTE PAULISTA:
GEOCRONOLOGIA, GEOQUÍMICA ELEMENTAL E ISOTÓPICA**

Adriana Alves

Orientador: Prof. Dr. Valdecir de Assis Janasi

TESE DE DOUTORAMENTO

Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia

SÃO PAULO

2009

SUMÁRIO

PARTE I – APRESENTAÇÃO DA TESE

I-A – TEMÁTICA ABORDADA

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. APRESENTAÇÃO.....	1
1.2. TEMÁTICA.....	2
1.2.1. Caracterização do Magmatismo granítico do leste paulista.....	2
1.2.2. Processos de interação magnética: a origem dos enclaves microgranulares félsicos.....	3
2. ESTRUTURA DA TESE.....	4

I-B – MATERIAIS E MÉTODOS

1. GEOQUÍMICA DE ROCHAS.....	4
1.1. ELEMENTOS MAIORES E MENORES (ICP-OES E FRX).....	4
1.2. ELEMENTOS TRAÇO VIA ICP-MS.....	5
2. ISOTOPIA Rb-Sr E Sm-Nd EM ROCHA TOTAL.....	5
3. ANÁLISES POR MICROSSONDA ELETRÔNICA.....	6
4. ELEMENTOS TRAÇO EM CRISTAIS DE PLAGIOCLÁSIO E FELDSPATO ALCALINO.....	6
5. ISOTOPIA Pb-Pb EM FELDSPATO ALCALINO.....	7
6. ISOTOPIA Rb-Sr EM PLAGIOCLÁSIO.....	8
7. GEOCRONOLOGIA.....	9
7.1. SEPARAÇÃO MINERAL.....	9
7.2. U-Pb EM ZIRCÃO VIA LA-MC-ICP-MS.....	9
7.3. U-Pb EM MONAZITA VIA TIMS.....	10

PARTE II – CARACTERIZAÇÃO DO MAGMATISMO NEOPROTEROZÓICO NO SUDESTE DE SÃO PAULO

II-A – CARACTERIZAÇÃO DO MAGMATISMO GRANÍTICO NEOPROTEROZÓICO NO SUDESTE DE SÃO PAULO

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL.....	18
2.1. O DOMÍNIO EMBU.....	21
2.2. Os GRANITOS DO BLOCO MOGI DAS CRUZES.....	22
3. GEOLOGIA E PETROGRAFIA DOS PLÚTONS ESTUDADOS.....	23
3.1. GRANITO SANTA CATARINA.....	23
3.1.1. Relações de campo.....	23
3.1.2. Susceptibilidade magnética.....	24
3.1.3. Análise petrográfica.....	24
3.2. GRANITO SANTA BRANCA.....	26
3.2.1. Relações de campo.....	26
3.2.2. Susceptibilidade magnética.....	27
3.2.3. Análise petrográfica.....	28
3.3. GRANITO ITAPETI.....	29
3.3.1. Relações de campo.....	29

3.3.2. Susceptibilidade magnética.....	31
3.3.3. Análise petrográfica.....	32
3.4. GRANITO MAUÁ.....	34
3.4.1. Relações de campo.....	34
3.4.2. Susceptibilidade magnética.....	36
3.4.3. Análise petrográfica.....	36
3.5. GRANITO MOGI DAS CRUZES.....	38
3.5.1. Relações de campo.....	38
3.5.2. Susceptibilidade magnética.....	40
3.5.3. Análise petrográfica.....	40
4. OUTROS GRANITOS DO LESTE PAULISTA.....	41
4.1. GRANITO SABAÚNA.....	41
4.2. GRANITO GUACURI.....	42
4.3. GRANITO SABAÚNA.....	43
4.4. BATÓLITO NATIVIDADE DA SERRA.....	43
4.5. BATÓLITO SERRA DO QUEBRA CANGALHA.....	44

II-B – CARACTERIZAÇÃO QUÍMICO-ISOTÓPICA DO MAGMATISMO GRANÍTICO DO LESTE PAULISTA

1. GEOCRONOLOGIA U-Pb.....	45
1.1. PLÚTON ITAPETI.....	45
1.2. PLÚTON LAGOINHA.....	49
1.3. PLÚTON SABAÚNA.....	51
1.4. PLÚTON SANTA CATARINA.....	53
1.5. PLÚTON SANTA BRANCA.....	55
1.6. PLÚTON GUACURI.....	55
1.7. PLÚTON SERRA DO QUEBRA CANGALHA.....	55
1.8. PLÚTON MAUÁ.....	57
1.9. PLÚTON NATIVIDADE DA SERRA.....	57
1.10. PLÚTON MOGI DAS CRUZES.....	58
1.11. AGRUPAMENTO ADOTADO CONFORME DADOS GEOCRONOLÓGICOS.....	58
2. QUÍMICA DE ROCHA TOTAL.....	60
2.1. ELEMENTOS MAIORES E MENORES.....	60
2.2. ELEMENTOS TRAÇO.....	66
2.2.1. Elementos terras-raras (ETR).....	66
2.2.2. Elementos LIL e HFS.....	68
3. ISOTOPIA Rb-Sr, Sm-Nd e Pb-Pb.....	72
3.1. SISTEMA Sm-Nd.....	72
3.2. SISTEMA Rb-Sr.....	74
3.3. ISÓTOPOS DE Pb.....	76
3.3.1. Variação intra-amostra.....	76
3.3.2. Variação inter-amostra.....	78
3.3.3. Variação inter-amostra.....	78

4. DISCUSSÃO.....	80
4.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FONTES DO MAGMATISMO.....	80
4.1.1. Idades dos reservatórios e fontes envolvidos.....	80
4.2. ELEMENTOS TRAÇO.....	82
4.3. INFERÊNCIAS A PARTIR DE ASSINATURAS ISOTÓPICAS.....	84
4.3.1. Sistema isotópico Pb-Pb.....	84
4.3.3. Inter-relações isotópicas.....	86
4.4. CONSIDERAÇÕES PETROGENÉTICAS.....	90
4.4.1. Petrogênese dos plútons Mauá, Mogi das Cruzes e Itapeti.....	90
4.4.2. Petrogênese dos plútons Guacuri e Santa Branca.....	92
4.4.3. Petrogênese dos plútons a leste do BMC.....	95
4.4.4. Petrogênese dos plútons Sabaúna e Santa Catarina.....	92
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

PARTE III – INTERAÇÃO DE MAGMAS E GÊNESE DOS ENCLAVES MICROGRANÍTICOS

III-A – ENCLAVES MICROGRANÍTICOS EM PLÚTONS DO LESTE PAULISTA

1. INTRODUÇÃO.....	105
2. ENCLAVES MICROGRANÍTICOS.....	107
2.1. FEIÇÕES DE CAMPO.....	107
2.2. FEIÇÕES PETROGRÁFICAS E TEXTURAS DE MISTURA.....	109
3. GEOQUÍMICA ELEMENTAL E ISOTÓPICA DE ROCHA TOTAL.....	113
3.1. ELEMENTOS MAIORES E TRAÇO.....	113
3.2. ELEMENTOS TERRAS RARAS.....	115
3.3. ISOTOPIA SM-ND E Rb-Sr.....	116

III-B – A ORIGEM DOS ENCLAVES MICROGRANÍTICOS.....	117
--	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

II-A CARACTERIZAÇÃO DO MAGMATISMO GRANÍTICO NEOPROTEROZÓICO NO LESTE DE SÃO PAULO	
FIGURA 1 - Contexto geológico regional e localização das amostras estudadas.....	17
FIGURA 2 - Faciologia do plúton Santa Catarina.....	26
FIGURA 3 - Faciologia e petrografia do plúton Santa Branca.....	30
FIGURA 4A -Feições de campo do plúton Itapeti.....	33
FIGURA 4B -Fotomicrografias de enclaves e granitos do plúton Itapeti.....	34
FIGURA 5 - Geologia e petrografia do plúton Mauá.....	37
FIGURA 6 - Geologia e petrografia do plúton Mogi das Cruzes.....	39
FIGURA 7 - Fotomicrografias do plúton Sabaúna.....	42
FIGURA 8 - Fotomicrografias do plúton Guacuri.....	43
II-B - CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICO-ISOTÓPICA DO MAGMATISMO GRANÍTICO DO LESTE PAULISTA	
FIGURA 1 - Diagrama concórdia do plúton Itapeti.....	49
FIGURA 2 - Diagrama concórdia e cristais de zircão analisados do plúton Lagoinha.....	51
FIGURA 3 - Geocronologia do plúton Sabaúna.....	53
FIGURA 4 -Diagramas concórdia e Tera-Wasserburg do plúton Santa Catarina.....	54
FIGURA 5 -Diagrama concórdia com idades de ms-bt granitos do leste paulista.....	56
FIGURA 6 - Diagramas discórdia com idades de cristais de zircão herdados para os plútons Serra do Quebra Cangalha e Mauá.....	57
FIGURA 7 - Quadro resumo com melhores estimativas de idades de cristalização dos plútons estudados.....	59
FIGURA 8 - Diagramas de classificação composicional baseados em elementos maiores para granitos do BMC + NS/SQC.....	65
FIGURA 9 - Diagramas de variação química para elementos maiores utilizando sílica como índice de diferenciação.....	66
FIGURA 10 - Padrões de elementos terras-raras para os diferentes grupos composicionais e variação de razões importantes.....	68
FIGURA 11 -Diagramas de variação de elementos traço de acordo com sílica.....	70
FIGURA 12 -Aranhogramas para granitos do leste paulista normalizados pelo condrito.....	71
FIGURA 13 -Diagramas evolutivos para o sistema Sm-Nd separados conforme grupos composicionais.....	73
FIGURA 14 -Variação das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ medida (a) e calculada para a idade de cristalização (b).....	76
FIGURA 15 -Variação para Pb uranogênico e toriogênico para amostras representativas dos diferentes grupos composicionais.....	79
FIGURA 16 -Histograma-resumo das idades $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ de cristais de zircão herdado.....	81

FIGURA 17 -Razões de elementos traço de significado petrogenético.....	83
FIGURA 17 -Fontes envolvidas no magmatismo.....	86
FIGURA 18 -Correlação multi-isotópica entre os sistemas Nd-Sr e Nd-Pb.....	89
FIGURA 19 -Resultados da simulação evolutiva dos plútons Mauá, Mogi das Cruzes e Itapeti.....	91
FIGURA 20 -Diagramas de classificação tectônica baseados em elementos traço.....	93
FIGURA 21 -Simulação da evolução isotópica de Pb em dois estágios para amostras dos plútons Santa Branca e Guacuri.....	95

II – INTERAÇÃO DE MAGMAS E GÊNESE DO ENCLAVES MICROGRANÍTICOS

FIGURA 1 - Participação mantélica e crustal na geração dos diferentes tipos de granito.....	106
FIGURA 2 - Relações de campo de enclaves micrograníticos.....	108
FIGURA 3 - Microtexturas de desequilíbrio observadas em enclaves microgranulares.....	111
FIGURA 4 - Enclave micáceo “em folhas” e suas relações texturais.....	112
FIGURA 5 - Diagramas de variação química de elementos maiores e traço.....	114
FIGURA 6 - <i>Spidergrams</i> de elementos traço para amostras de granitos hospedeiros e enclaves.....	115
FIGURA 6 - Diagrama de isotopia Sm-Nd para amostras de rocha total de enclaves e granitos.....	117

ÍNDICE DE TABELAS

II-B - CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICO-ISOTÓPICA DO MAGMATISMO GRANÍTICO DO LESTE PAULISTA

TABELA 1 - Dados de datação U-Pb em zircão de plútons do leste paulista.....	45
TABELA 2 - Resultados de determinações isotópicas U-Pb em monazita de ms-bt granitos.....	56
TABELA 3 - Dados de química de rocha total para granitos do leste do Estado de São Paulo.....	62
TABELA 4 - Sistema Sm-Nd com razões calculadas para a idade de cristalização dos plútons.....	72
TABELA 5 - Dados isotópicos Rb-Sr.....	75
TABELA 6 - Dados isotópicos obtidos diretamente em cristais de plagioclásio da amostra E40.....	76
TABELA 7 - Coeficientes de partição utilizados no modelamento de cristalização fracionada dos plútons Mauá, Mogi das Cruzes e Itapeti.....	92

III - INTERAÇÃO DE MAGMAS E GÊNESE DOS ENCLAVES MICROGRANÍTICOS

TABELA 1 - Dados isotópicos para granitos hospedeiros, enclaves microgranulares e xenólitos dos plútons Mauá, Mogi das Cruzes e Itapeti.....	116
--	-----

ANEXOS

ANEXO I - Mapa de localização das amostras analisadas e tabela de pontos visitados

ANEXO II - Dados U-Pb de cristais de zircão analisados via LA-MC-ICP-MS e dados U-Pb de cristais de titanita do plúton Santa Catarina

ANEXO III Dados Pb-Pb (LA-MC-ICP-MS) e elementais (LA-ICP-MS) de cristais de feldspato alcalino

-

ANEXO IV Microgranitic enclaves as products of self-mixing events: a study of open-system processes in the Mauá granite, São Paulo, Brazil, based on *in situ* isotopic and trace elements in plagioclase

-

RESUMO

A porção central da Faixa Ribeira no Estado de São Paulo possui inúmeros corpos graníticos de pequeno e médio porte aflorantes em um domínio cuneiforme definido pelo encontro das Falhas de Taxaquara-Guararema e Cubatão, aqui designado como Bloco Mogi das Cruzes (BMC), em virtude da proximidade da cidade homônima. Além desses, expressivos batólitos composicionalmente zonados afloram a leste do bloco e todo conjunto carecia de informações essenciais de campo, petrografia, geocronologia e geoquímica.

A fim de caracterizar o magmatismo associado aos estágios finais da Orogênese Brasileira nessa área, amostras de dez desses plútons (Mauá, Mogi das Cruzes, Santa Branca, Santa Catarina, Itapeti, Sabaúna e Guacuri, pertencentes ao BMC, além dos batólitos Serra do Quebra Cangalha, Natividade da Serra e Lagoinha, aflorantes a leste do bloco) foram analisadas para elementos maiores, menores e isótopos de Sr, Nd e Pb. Adicionalmente, idades U-Pb foram determinadas em cristais de zircão e monazita via LA-MC-ICPMS e TIMS, respectivamente. Tais idades confirmam o principal evento de geração de magmas nessa área entre 600 - 580 Ma, com predomínio de idades mais jovens. Entretanto, foi identificado evento de granitogênese mais antiga (-650 Ma) formadora dos plútons Santa Catarina e Serra do Quebra Cangalha relatado pela primeira vez em rochas do Domínio Embu.

Origem a partir de retrabalhamento crustal, sugerida principalmente pelos elevados teores de SiO₂ (68 a 76%) e pelo caráter peraluminoso das amostras (exceto as do plúton Santa Catarina), é confirmada por idades modelo Sm-Nd (TDM= 1,7 a 2,2 Ga), e também pela presença de cristais de zircão herdado, cujas idades se concentram no intervalo 1,4 a 2,0 Ga.

As assinaturas isotópicas indicam que o magmatismo granítico do BMC amostrou pelo menos dois reservatórios crustais distintos. Os biotita granitos indicam participação de fontes de alto Th/U, ϵNd_t negativos (-11,2 a -14,6) e $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_t$ entre 0,709 a 0,712 (crosta continental inferior antiga), enquanto as fontes principais envolvidas na geração de muscovita biotita granitos são caracterizadas por valores baixos de Th/U, ϵNd_t mais negativos (-15,2 a -18,2) e razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_t$ semelhantes (crosta continental superior retrabalhada).

As áreas-fonte dos batólitos graníticos aflorantes a leste do BMC são também distintas; razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_t$ superiores a 0,716 e ϵNd_t entre -11,9 a -7,3 são sugestivos da participação de material crustal mais jovem, potencialmente menos retrabalhado. A assinatura isotópica de Pb indica baixas razões Th/U, também consistentes com crosta superior mais jovem em relação às fontes envolvidas na geração dos muscovita-biotita granitos do BMC.

Dentre os granitos datados em 590 Ma os plútons Mauá, Itapeti e Mogi das Cruzes mostram semelhanças petrográficas e composicionais (razões de elementos traço e isotópicas) marcantes, que associadas à presença de enclaves composicionalmente semelhantes às rochas hospedeiras, indicam processos genéticos e evolutivos correlatos para os plútons. Análises isotópicas de Sr e de elementos traço por LA-ICPMS em megacristais de plagioclásio em desequilíbrio textural indicam cristalização em sistema aberto. Núcleos mais cálcicos, quimicamente primitivos e de mais alta $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_t$ são sobrecrecidos por bordas que registram decréscimo contínuo dos teores de elementos traço como Ba, Sr e ETR e das razões $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}_t$, alcançando equilíbrio com a matriz em sua porção mais externa. A combinação dos dados de elementos traço e de isótopos de Sr não indica a presença de magmas quimicamente mais primitivos (e.g., básicos-intermediários) e sugere que os enclaves micrograníticos são produto de interação entre magmas química e fisicamente semelhantes, em eventos de auto-mistura.

ABSTRACT

The central part of the Ribeira Fold Belt in São Paulo hosts a great number of granitic intrusions of varied forms and compositions. These plutons outcrop in a cuneiform domain defined by the intersection between two main structures (Taxaquara and Cubatão Faults) here referred as Mogi das Cruzes Block (MCB) in allusion to the homonymous nearby city. In addition to these plutons, we also studied compositionally zoned batholiths outcrop to the east of MCB and despite their significant volume the group was still lacking basic field, petrographic, geochronological and geochemical information. In order to characterize the magmatism associated to the final stages of the Brazilian Orogeny in this area, samples from ten plútons (Mauá, Mogi das Cruzes, Santa Branca, Santa Catarina, Itapeti, Sabaú na and Guacuri, from MCB, added by the batholiths Serra do Quebra Cangalha, Natividade da Serra and Lagoinha) were analyzed for major, minor and trace elements, and Sr, Nd and Pb isotopes. Furthermore, U-Pb ages were determined in zircon and monazite crystals using LA-MC-ICPMS e TIMS, respectively. The obtained ages confirm that the main event of granitic magma generation in this area occurred between 600 and 580 Ma, with predominance of younger ages. However, previous event of granitogenesis which formed Santa Catarina and Serra do Quebra Cangalha plutons (crystallization ages ~650 Ma) was identified and is described for the first time within the Embu Domain.

An origin by crustal reworking is suggested for most of the plútons by the high SiO₂ contents (68 a 76%) and by the peraluminous character of all samples (except the Santa Catarina plúton) and the assumption is also confirmed by Sm-Nd model ages (TDM= 1,7 a 2,2 Ga) and by the presence of inherited zircon crystals with ages in the 1.4 to 2.0 Ga range.

Isotopic signatures indicate that the MCB granitic magmatism sampled at least two distinct crustal reservoirs. The biotite granites show signatures indicative of participation of high Th/U sources, with negative εNd_t values (- 11,2 a -14,6) and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_t ratios between 0.709 and 0.712 (ancient lower crust), while the source involved in the generation of muscovite-biotite granites was characterized by low Th/U ratios, combined with more negative εNd_t (-15,2 to -18,2) and ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_t ratios similar to those of the biotite granites (reworked upper crust).

The source areas for the granitic batholiths to the east of MCB are also distinct; their ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_t ratios higher than 0,716 and εNd_t between -11,9 and -7,3 are suggestive of relatively juvenile upper crustal sources, potentially less reworked. The Pb isotope signatures indicate sources with low Th/U ratios, equally compatible with involvement of a younger upper crust compared to the old component suggested as source of MCB muscovite-biotite granites.

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

