



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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 450

**MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO DE ZIRCÃO DE ROCHAS
ÍGNEAS DO TERRENO GRANITO-*GREENSTONE* DE RIO MARIA,
CRÁTON AMAZÔNICO, ATRAVÉS DE MISCROSCOPIA
ELETRÔNICA DE VARREDURA-CATODOLUMINESCÊNCIA
(MEV-CL)**

Dissertação apresentada por:

ISHI MACRIS DE OLIVEIRA RAMALHO

Orientador: Prof. Claudio Nery Lamarão (UFPA)

**BELÉM
2015**

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Ramalho, Ishi Macris de Oliveira, 1979-

Morfologia e composição de zircão de rochas ígneas do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, Cráton Amazônico, através de microscopia eletrônica de varredura-catodoluminescência (MEV-CL) / Ishi Macris de Oliveira Ramalho. – 2015.

xiii, 85 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: Claudio Nery Lamarão

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Belém, 2015.

1. Geologia estratigráfica - Arqueano. 2. Geologia estratigráfica - Proterozóico. 3. Microscopia eletrônica de varredura. 4. Catodoluminescência. 5. Zircão. 6. Granito. I. Título.

CDD 22. ed. 551.712



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

**MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO DE ZIRCÃO DE ROCHAS
ÍGNEAS DO TERRENO GRANITO-*GREENSTONE* DE RIO
MARIA, CRÁTON AMAZÔNICO, ATRAVÉS DE MISCROSCOPIA
ELETRÔNICA DE VARREDURA-CATODOLUMINESCÊNCIA
(MEV-CL)**

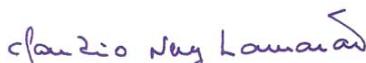
DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

ISHI MACRIS DE OLIVEIRA RAMALHO

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

Data de Aprovação: 22 / 04 / 2015

Banca Examinadora:


Prof. Claudio Nery Lamarão
(Orientador- UFPA)


Prof. Hilton Túlio Costi
(Membro-MPEG)


Prof. Marcelo Lacerda Vasquez
(Membro-CPRM)

**Dedico este trabalho a minha filha que
nem imagina a força que ela me fornece a
cada dia de minha vida.**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a DEUS, que sempre tem me concedido muita força nos caminhos pelos quais escolhi seguir;

A meus pais (Enio e Merce), à minha vó (Joana) e aos meus irmãos (Ives e Nito) que sempre me ajudaram todos os dias a seguir em frente com meus objetivos;

Ao Prof. Cláudio Lamarão, meu orientador, por dividir seus conhecimentos;

Aos membros do GPPG, especialmente ao Prof. Dr. José Arimatéia por ter cedido suas amostras para o meu estudo, ao Dr. Marcelo Augusto Oliveira e ao Prof. Albano Leite por algumas amostras cedidas;

A Capes e ao Instituto de Geociências da Amazônia-GEOCIAM (Programa INCT–CNPq/MCT/FAPESPA – Proc. 573733/2008-2), pelos recursos financeiros que permitiram o desenvolvimento do projeto;

À Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociências e ao Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica pelo apoio técnico e logístico;

À Aliane, minha amiga, por ter sempre me acompanhado dando muito incentivo;

À minha amiga Gilmara, por toda amizade desde quando era operadora do LABMEV;

À Fabriciana por ser sempre solidária, ajudando com as amostras referentes à localização e ao PH por ensinar a usar os programas CorelDRAW e GCDKit;

À Cleida por toda sua atenção e ajuda com os trâmites na secretaria da pós-graduação;

Ao Dr. Hilton Túlio (MPEG) por toda atenção dada no MEV;

Ao LABMEV, especialmente, à Ana Paula, operadora do MEV, pelo apoio nas análises;

A todos que contribuíram direta ou indiretamente ao desenvolvimento deste trabalho.

*“Embora ninguém possa voltar
atrás e fazer um novo começo,
qualquer um pode começar agora
e fazer um novo fim.”*

Chico Xavier

RESUMO

Cristais de zircão de rochas TTG arqueanas, representadas pelo Tonalito Arco Verde (2,97-2,93 Ga), Trondhjemitó Mogno (2,97-2,96 Ga), Tonalito Mariazinha (2,92 Ga), Trondhjemitó Água Fria (2,86 Ga), Granodioritos Rio Maria (2,87 Ga), Trairão e Grotão e Leucogranito Guarantã (2,87 Ga), além do Granito paleoproterozoico São João (1,89 Ga), aflorantes no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, porção sudeste do Cráton Amazônico, foram estudados por meio de imagens de catodoluminescência (CL) e análises químicas semiquantitativas por EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) em um microscópio eletrônico de varredura (MEV). As feições texturais internas observadas por imagens de CL revelaram histórias complexas de cristalização para os cristais de zircão dos diferentes grupos de rochas como, por exemplo, (1) cristais euédricos, fortemente zonados e sem alteração evidente e cristais subédricos a anédricos, fracamente zonados e intensamente alterados; (2) cristais exibindo zoneamento oscilatório bem definido e cristais homogêneos ou com zonas imperceptíveis, denotando mudanças nas condições físico-químicas durante sua cristalização; (3) cristais com núcleos metamíticos enriquecidos em Ca e U e cristais com núcleos luminescentes assemelhando-se a núcleos herdados; (4) cristais de zircão contendo inúmeras inclusões de F-apatita que truncam ou acompanham suas zonas de crescimento, indicando ser a apatita uma fase mineral tão precoce quanto o zircão na história de cristalização de suas rochas hospedeiras; (5) cristais desprovidos de inclusões de F-apatita, o que poderia indicar fonte composicionalmente distinta em relação às rochas com inclusões de apatita; (6) cristais de zircão com bordas mais luminescentes que suas porções internas, sugerindo mudança composicional no final de sua cristalização. Granitoides temporal e geoquimicamente distintos foram caracterizados e individualizados em diagramas geoquímicos específicos com base no conteúdo de Zr, Hf, Y, Nb e Ta de seus zircões. Zircões do granito paleoproterozoico São João apresentaram assinatura geoquímica distinta daqueles das rochas TTG arqueanas, indicando que tais rochas podem ser individualizadas através da composição de seus zircões, mesmo através de análises semiquantitativas de EDS. Estudos de MEV-CL-EDS em cristais de zircão são ferramentas importantes na caracterização de diferentes grupos de rochas ígneas e fornecem informações complementares aos estudos petrológicos.

Palavras-chave: Arqueano. Paleoproterozoico. MEV. Catodoluminescência. Zircão. Rochas Granitoides.

ABSTRACT

Zircons of Archean TTG rocks, represented by Arco Verde Tonalite (2,97-2,93 Ga), Mogno Trondhjemite (2,97-2,96 Ga), Mariazinha Tonalite (2,92 Ga), Água Fria Trondhjemite (2,86 Ga), Rio Maria (2,87 Ga), Trairão and Grotão granodiorites and Guarantã leucogranite (2,87 Ga), beyond the São João paleoproterozoic granite (1,89 Ga), outcropping in the Rio Maria Granite-*Greenstone* Terrene, southeastern portion of the Amazonian Craton, were studied by cathodoluminescence images (CL) and semiquantitative analysis of EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) in a scanning electron microscope (SEM). The internal textural features observed by CL images showed complex stories of crystallization for zircons of different groups of rocks such as: (1) euhedral crystals, strongly zoned without evident alteration and subhedral to anhedral crystals, weakly zoned and intensely altered; (2) crystals showing well defined oscillatory zoning and homogeneous crystals or with imperceptible zones, showing changes in physical and chemical conditions during crystallization; (3) crystals with Ca and U metamict enriched cores and crystals with luminescent cores resembling inherited cores; (4) zircon crystals containing several F-apatite inclusions that truncate or accompany their growth zones, indicating that apatite is a mineral phase as early as zircon in the history of crystallization of their host rocks; (5) crystals devoid of F-apatite inclusions, which could indicate compositionally different source in relation to rocks containing apatite inclusions; (6) zircons crystals with more luminescent edges than their inner portions, suggesting compositional change at the end of crystallization. Temporal and geochemically distinct granitoids were individualized and characterized in specific geochemical diagrams based on the Zr, Hf, Y, Nb and Ta content of their zircons. Zircons of the São João paleoproterozoic granite showed a distinct geochemical signature from those of TTG Archean rocks, indicating that these rocks can be individualized through composing of their zircons, even through semiquantitative analyzes of EDS. SEM-CL-EDS studies in zircons crystals are important tools in the characterization of different groups of igneous rocks and provide complementary information to petrological studies.

Key words: Archean. Paleoproterozoic. SEM. Cathodoluminescence. Zircon. Granitic Rocks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1 - Imagens de MEV-CL em cristais de zircão mostrando diferenças no zoneamento e intensidade de luminescência e alteração.....	2
Figura 2 - Mapa de acesso e localização a área de ocorrência das unidades geológicas estudadas.....	3
Figura 3 - Mapa geológico do Terreno Granito- <i>Greenstone</i> de Rio Maria.....	5
Figura 4 - Exemplos de zircões com zoneamentos truncados sucedidos pela cristalização de novo zircão composicionalmente diferente.....	14
Figura 5 - Imagens de CL de cristais de zircão zonados contendo núcleo xenomórfico luminescente (zircão herdado).....	15
Figura 6 - Imagens de CL de cristais de zircão com núcleos metamíticos escuros e bordas mais luminescentes intensamente fraturadas.....	16
Figura 7 - Imagens de MEV-CL de cristais de zircão de rochas traquíticas da Formação Vila Riozinho e de riolitos da Formação Moraes Almeida, Província Aurífera do Tapajós.....	19
Figura 8 - Mapa geológico do Terreno Granito – <i>Greenstone</i> de Rio Maria mostrando a localização das amostras estudadas.....	27
Figura 9 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-66 do Tonalito Arco Verde.....	30
Figura 10 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-111 do Tonalito Arco Verde	31
Figura 11 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-148 do Tonalito Arco Verde	32
Figura 12 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MFR-53 do Trondhjemitó Mogno.....	33
Figura 13 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MFR-98 do Trondhjemitó Mogno.....	34
Figura 14 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MASF-28 do Trondhjemitó Mogno	35
Figura 15 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra AM-02 do Tonalito Mariazinha	37
Figura 16 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra AM-01 do Trondhjemitó Água Fria	38
Figura 17 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra ADR-03A da Suíte Rio Maria	39
Figura 18 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos do Leucogranito Guarantã (amostra MAR-64).....	40
Figura 19 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-121 do Granodiorito Trairão	41

Figura 20 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MFR-49 do Granodiorito Grotão.....	42
Figura 21 – Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra PC-21 do Granito São João	43
Figura 22 – Diagrama Zr x Hf (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados.....	46
Figura 23 – Diagrama Y x Ta (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudado.....	47
Figura 24 – Diagrama Y x Nb (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados.....	48
Figura 25 – Diagrama Zr/Nb x Nb/Ta de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados	50
Figura 26 – Diagrama Zr x Hf (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas.....	52
Figura 27 – Diagrama Y x Ta (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas.....	53
Figura 28 – Diagrama Y x Nb (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas.....	54
Figura 29 – Diagrama Zr/Nb x Nb/Ta de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas.....	55
Figura 30 – Diagrama Nb x Ta (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas.....	60

TABELAS

Tabela 1	Grupo de minerais emissores de catodoluminescência.....	8
Tabela 2	Tipo de rocha, amostras, quantidade de cristais de zircão utilizados e número de análises de EDS realizadas.....	21
Tabela 3	Relação das amostras estudadas com suas respectivas idades de cristalização.....	27
Tabela 4	Sumário da variação elementar (% em peso do elemento) e razões médias dos zircões das diferentes unidades estudadas obtidas por MEV-EDS. Entre parêntese, número de zircões analisados.....	48
Tabela 5	Principais características geoquímicas dos três grupos de rochas TTG do TGGRM. Entre parênteses: valores médios (compilada de Almeida <i>et al.</i> 2011).....	57

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 LOCALIZAÇÃO.....	2
1.2 O TERRENO GRANITO- <i>GREENSTONE</i> DE RIO MARIA.....	3
1.2.1 <i>Greenstone belts</i>	4
1.2.2 Rochas TTG	4
1.2.3 Suíte Rio Maria	6
1.2.4 Suíte Guarantã	6
1.2.5 Leucogranitos Potássicos	6
1.2.6 Granitos anorogênicos do TGGRM	7
1.3 CATODOLUMINESCÊNCIA	7
1.4 SÍNTESE SOBRE MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO DE ZIRCÃO.....	8
1.5 ZIRCÃO COMO INDICADOR PETROLÓGICO E METALOGENÉTICO.....	10
1.6 ZONEAMENTO EM ZIRCÃO.....	13
1.7 PROBLEMÁTICA.....	16
1.8 JUSTIFICATIVA.....	17
1.9 OBJETIVOS.....	18
1.10 ATIVIDADES E MÉTODOS.....	19
1.10.1 Pesquisa Bibliográfica	19
1.10.2 Estudos de MEV-CL-EDS	20
2 UNIDADES GEOLÓGICAS ESTUDADAS	22
2.1 TONALITO ARCO VERDE.....	22
2.2 TRONDHJEMITO MOGNO.....	22
2.3 TONALITO MARIAZINHA.....	23
2.4 TRONDHJEMITO ÁGUA FRIA.....	24
2.5 SUÍTE RIO MARIA.....	24
2.6 SUÍTE GUARANTÃ.....	24

2.7 GRANODIORITO GROTÃO.....	25
2.8 GRANITO SÃO JOÃO.....	25
3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	29
3.1 ESTUDO MORFOLÓGICO DE ZIRCÃO.....	29
3.1.1 Tonalito Arco Verde.....	29
3.1.1.1 Amostra MAR-66.....	29
3.1.1.2 Amostra MAR-111.....	30
3.1.1.3 Amostra MAR-148.....	31
3.1.2 Trondhjemito Mogno.....	33
3.1.2.1 Amostra MFR-53.....	33
3.1.2.2 Amostra MFR-98.....	34
3.1.2.3 Amostra MASF-28.....	35
3.1.3 Tonalito Mariazinha.....	36
3.1.3.1 Amostra AM-02A.....	36
3.1.4 Trondhjemito Água Fria.....	38
3.1.4.1 Amostra AM-01.....	38
3.1.5 Suíte Rio Maria.....	38
3.1.5.1 Amostra ADR-03A.....	38
3.1.6 Suíte Guarantã.....	39
3.1.6.1 Leucogranitos Guarantã.....	39
3.1.6.1.1 Amostra MAR-64.....	39
3.1.6.2 Granodiorito Trairão.....	41
3.1.6.2.1 Amostra MAR-121.....	41
3.1.6.3 Granodiorito Grotão.....	41
3.1.6.3.1 Amostra FMR-49.....	41
3.1.7 Granito São João.....	42
3.1.7.1 Amostra PC-21.....	42
3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DE ZIRCÃO.....	44
3.2.1 Rochas tonalíticas-trondhjemíticas.....	44
3.2.1.1 Diagramas discriminantes.....	45
3.2.2 Rochas granodioríticas-graníticas.....	51
3.2.2.1 Diagramas discriminantes.....	51
4 DISCUSSÃO.....	56
4.1 TEXTURA INTERNA E PADRÃO DE ZONEAMENTO.....	56

4.1.1 Zircões das rochas tonalíticas-trondhjemíticas.....	56
4.1.2 Zircões das rochas granodioríticas-graníticas.....	57
4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	57
4.2.1 Zircões das rochas tonalíticas-trondhjemíticas.....	57
4.2.2 Zircões das rochas granodioríticas-graníticas.....	59
4.3 ZIRCÕES DO GRANITO SÃO JOÃO.....	60
5 CONCLUSÕES.....	62
REFERÊNCIAS.....	63
ANEXOS.....	70

1 INTRODUÇÃO

Catodoluminescência (CL) é a luz emitida por materiais num comprimento de onda entre 160-2000 nm em decorrência do bombardeamento de elétrons. É comandada por fatores físico-químicos como temperatura, tensão, microfaturas, estrutura cristalina, conteúdo de elementos traços, entre outros (Marschall 1988). A grande maioria dos materiais não metálicos fornece CL como, por exemplo, materiais cerâmicos, semicondutores, componentes ótico-eletrônicos, alguns polímeros, materiais orgânicos e alimentos. Vários grupos de minerais mostram CL. No grupo dos silicatos destacam-se zircão, quartzo, feldspatos, zeólitas e caulinita; no grupo dos sulfetos, a esfalerita; no grupo dos óxidos, cassiterita e coríndon; nos fosfatos, a apatita e nos carbonatos calcita, aragonita, dolomita e magnesita; no grupo dos wolframatos, wolframita, nos haloides, fluorita e halita e nos sulfatos, alunita e anidrida. Por outro lado, minerais de ferro e fases ricas em ferro não emitem CL.

A estabilidade físico-química relativamente elevada do zircão somada à presença em sua estrutura cristalina de elementos traços característicos como Hf, Y, Nb, Th, U, Ca, ETR e P, tem permitido avanços importantes na caracterização de rochas fonte, na identificação de fracionamento de rochas ígneas e em estudos de proveniências (p.ex. Murali *et al.* 1983, Heaman *et al.* 1990, Hoskin & Ireland 2000).

Por ser um mineral extremamente variável em termos morfológicos e composicionais, além de excelente emissor de CL, o zircão passou a ser muito utilizado como ferramenta petrológica. Assim, imagem de MEV-CL em cristais de zircão tornou-se uma técnica muito utilizada no estudo dessas variações morfológicas, revelando detalhes, com grande definição, de defeitos intracristalinos, inclusões, zoneamentos, núcleos herdados, entre outros (Figura 1), impossíveis de serem observados em microscópios óticos convencionais ou através de outros tipos de imagens como, por exemplo, imagens de elétrons secundários ou retroespalhados. Imagens de MEV-CL em zircão são também imprescindíveis para datações geocronológicas pontuais, pois possibilitam a identificação exata do local a ser datado, evitando regiões impróprias como fraturas e inclusões, além de permitir a caracterização geoquímica pontual de suas diferentes zonas de crescimento, fornecendo suporte para considerações sobre sua área fonte e petrogênese (Corfu *et al.* 2003, Belousova & Griffin 2002, Kempe *et al.* 1997, 2004; Uher *et al.* 1998, Wang *et al.* 2000).

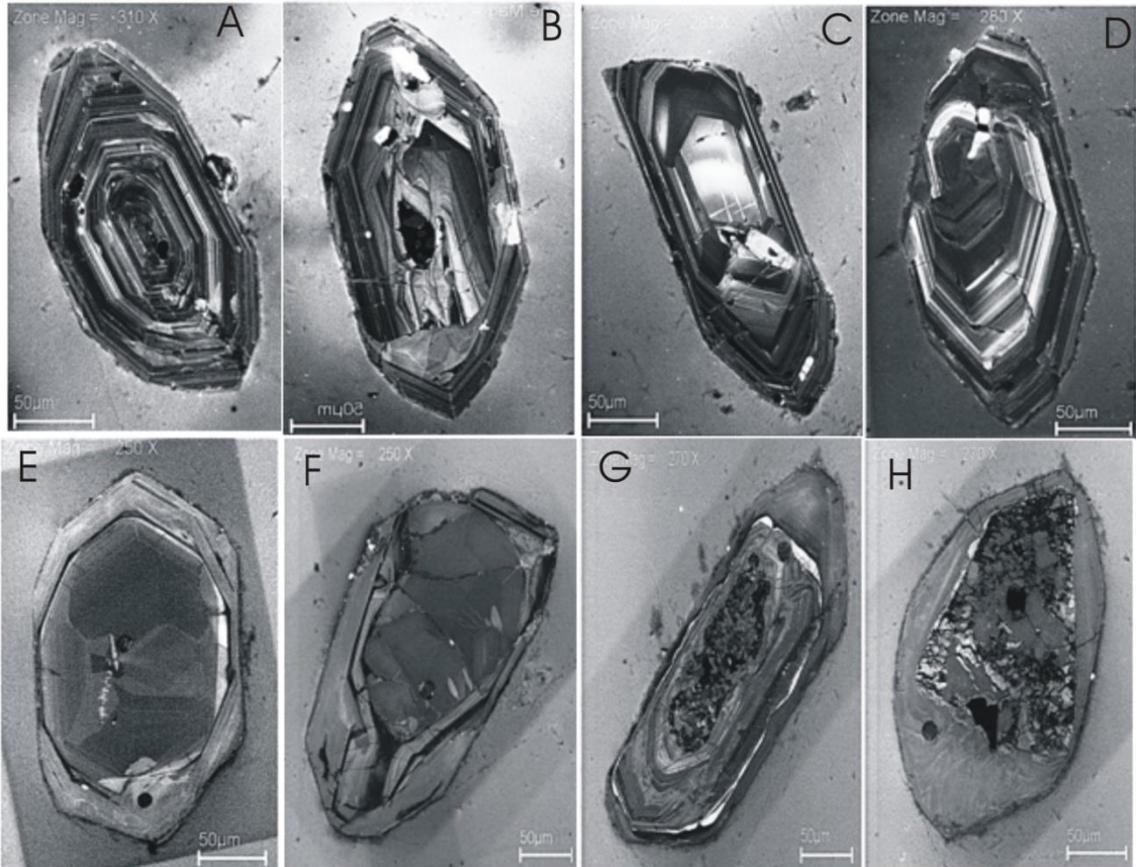


Figura 1 - Imagens de MEV-CL de cristais de zircão mostrando diferenças no zoneamento, intensidade de luminescência e alteração. A, B, C e D, zircões com zoneamentos bem definidos e pouco alterados pertencentes ao Trondhjemito Mogno; E, F, G e H, zircões pouco zonados (E e F), com núcleos fortemente alterados (G e H) pertencentes ao Tonalito Água Fria, Terreno Granito-*Greenstone* Rio Maria.

1.1 LOCALIZAÇÃO

As unidades geológicas selecionadas para este estudo situam-se na porção sudeste do Estado do Pará, abrangendo parte dos municípios de Redenção, Pau D'Arco, Rio Maria, Bannach, Água Azul e Xinguara (Figura 2). O acesso às áreas de ocorrência das rochas estudadas pode ser feito por via terrestre a partir de Belém pelas rodovias BR-155 (Belém-Marabá-Xinguara, antiga PA-150) e PA-279 (Xinguara-Tucumã-São Félix do Xingu). A partir daí, utiliza-se estradas não pavimentadas e caminhos trafegáveis.

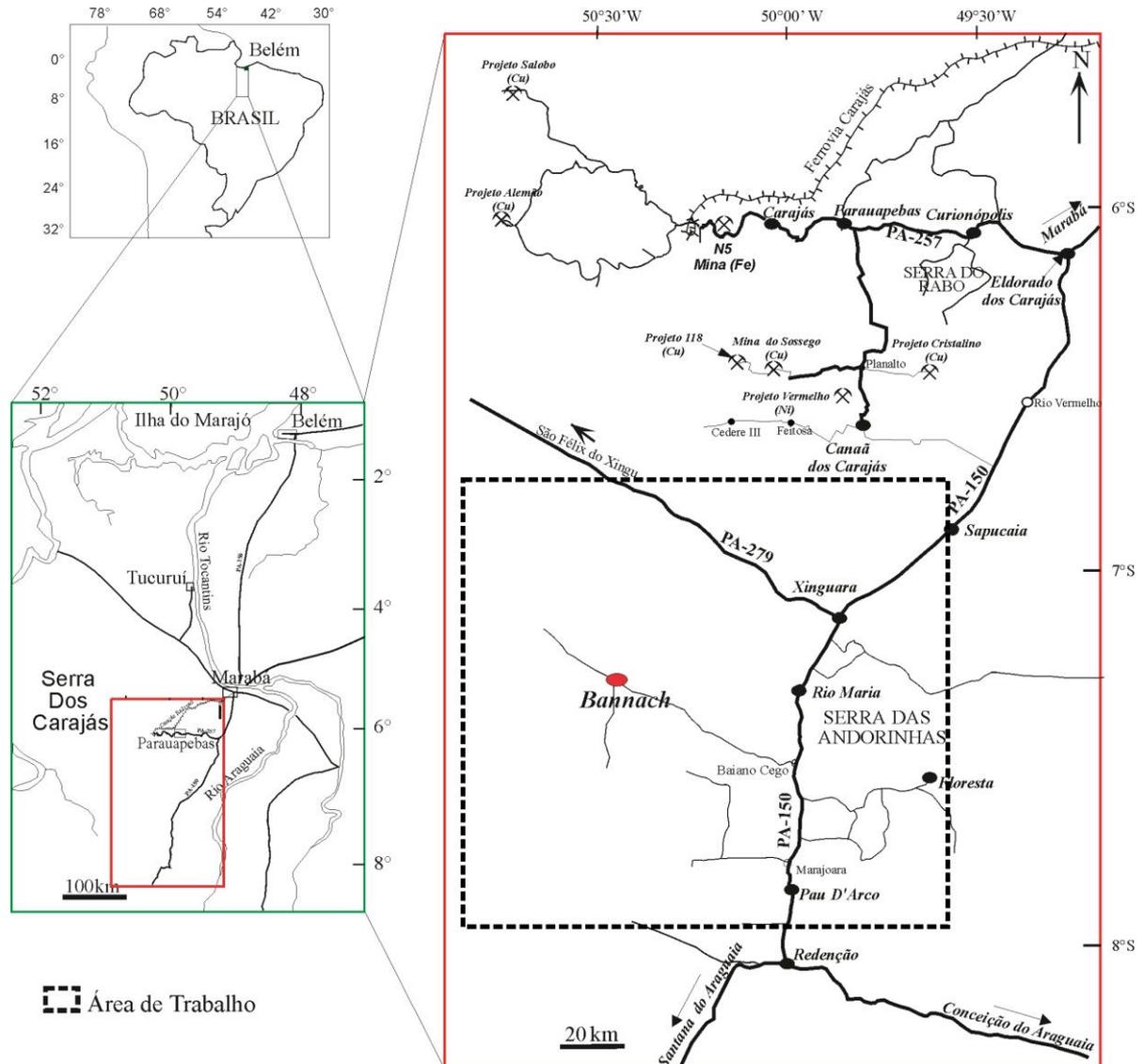


Figura 2 - Mapa de acesso e localização da área de ocorrência das unidades geológicas estudadas, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, Província Carajás (modificado de Almeida *et al.* 2010).

1.2 – O TERRENO GRANITO-GREENSTONE DE RIO MARIA

O Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (TGGRM) ou Domínio Rio Maria (Vasquez *et al.* 2008; Figura 3) está localizado nos domínios da Província Geocronológica Amazônia Central (Tassinari & Macambira 2004) ou Carajás (Santos 2003), no sudeste do Cráton Amazônico (Docegeo 1988, Dall’Agnol *et al.* 2006). É formado por *greenstone belts* com idades entre 2,98 e 2,92 Ga (Macambira 1992, Pimentel & Machado 1994) e por cinco principais grupos de granitoides arqueanos (Almeida *et al.* 2010, 2011, 2013, Althoff *et al.* 2000, Dall’Agnol *et al.* 2006, Feio 2011, Feio *et al.* 2012, Guimarães *et al.* 2010, Leite 2001, Leite *et al.* 2004, Macambira & Lafon 1995, Oliveira *et al.* 2009, Pimentel & Machado 1994):

(1) Séries TTG mais antigas formadas em dois episódios distintos, sendo o mais antigo (2,96 Ga) representado pelo Tonalito Arco Verde e o Trondhjemitito Mogno, e o mais novo (2,93 Ga) pelas rochas do Complexo Tonalítico Caracol, Tonalito Mariazinha e algumas rochas do Tonalito Arco Verde; (2) Granodioritos com alto Mg (2,87 Ga), formados pelos granodioritos da Suíte Rio Maria e rochas intermediárias e máficas associadas; (3) Leucogranodioritos e leucomonzogranitos cálcico-alcálicos enriquecidos em Ba e Sr, representados pela Suíte Guarantã e rochas similares (2,87 Ga); (4) TTG mais jovens representadas pelo Trondhjemitito Água Fria (2,86 Ga); (5) Leucogranitos potássicos (2,86-2,87 Ga), representados pelos granitos Xinguara, Mata Surrão e similares.

1.2.1 – *Greenstone belts*

São formados por sequências metavulcano-sedimentares (Sapucaia, Identidade, Lagoa Seca, Babaçu, Seringa, Pedra Preta, entre outras) metamorfisadas na fácies xisto-verde a anfíbolito (Souza *et al.* 2001) e agrupadas no Supergrupo Andorinhas (Huhn *et al.* 1988, DOCEGEO 1988). Vasquez *et al.* (2008) dividem os *greenstone belts* do TGGRM nos grupos Gradaús, Serra do Inajá, Lagoa Seca, Babaçu, Sapucaia e Tucumã.

1.2.2 – **Rochas TTG**

Com base nas assinaturas geoquímicas, Almeida *et al.*, (2011) dividem os TTG da região de Rio Maria em três grupos: (1) grupo com altas razões La/Yb, Sr/Y e Nb/Ta, formado pelo Trondhjemitito Mogno e Tonalito Mariazinha, interpretados como resultantes da fusão de rochas máficas em profundidades elevadas (1,5 GPa), no campo de estabilidade da granada; (2) grupo com razões La/Yb, Sr/Y, Nb/Ta moderadas, representados pelo Tonalito Caracol e o Trondhjemitito Água Fria, gerados sob pressão entre 1,0-1,5 GPa, mas ainda no campo de estabilidade da granada; (3) grupo com baixas razões La/Yb, Sr/Y e Nb/Ta, dominados pelo Tonalito Arco Verde, cristalizados de magmas gerados a baixas pressões (1,0 GPa) a partir de uma fonte anfíbolítica, tendo plagioclásio como fase residual.

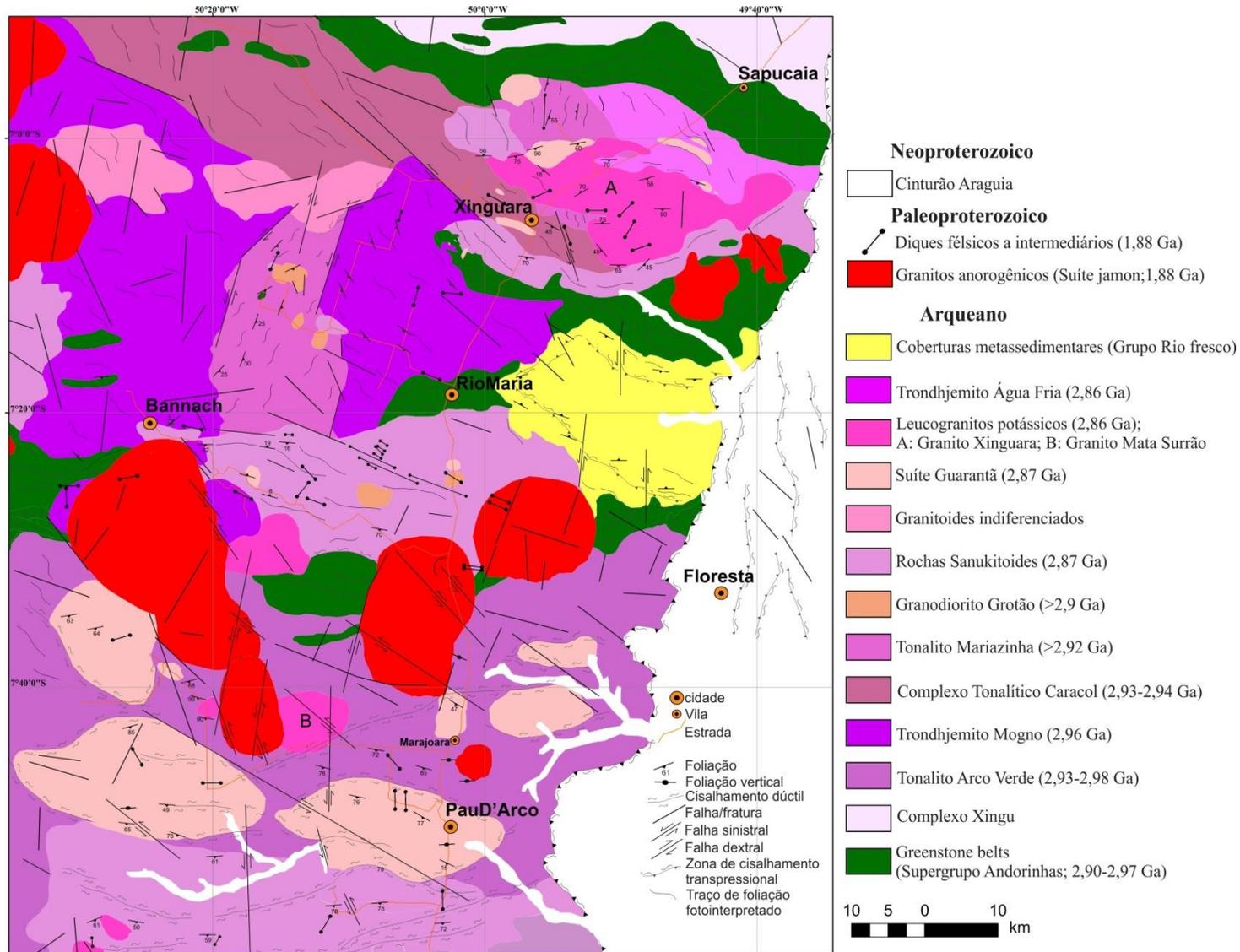


Figura 3 - Mapa geológico do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria (modificado de Almeida *et al.* 2010).

1.2.3 – Suíte Rio Maria

Dominam rochas granodioríticas, com monzogranitos e quartzo-dioritos ou quartzo-monzodioritos subordinados, além de rochas acamadadas e enclaves máficos. Apresenta ampla distribuição no TGGRM. O Granodiorito Rio Maria possui conteúdos relativamente baixos de Al_2O_3 e é enriquecido em Mg, Ba, Sr, Cr, Ni e terras raras leves (Althoff *et al.* 1995, 2000; Leite 2001, Oliveira *et al.* 2009), aproximando-se geoquimicamente das séries sanukitóides arqueanas definidas por Stern *et al.* (1989).

1.2.4 – Suíte Guarantã

Segundo Dias (2009) e Almeida *et al.* (2010), a Suíte Guarantã é formada pelos plútons Guarantã, Azulona e Trairão, localizados na região de Pau D'arco, porção sul do TGGRM. Geoquimicamente as rochas da Suíte Guarantã apresentam razão $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} < 1$ e altos conteúdos de Ba e Sr, fracionamento de ETR pesados em relação aos leves variável e, em geral, anomalias de Eu ausentes ou pouco marcantes. Almeida *et al.* (2010) interpretam tais rochas como produto de mistura, em diferentes proporções, de magmas de composição trondhjemítica e leucogranítica rica em Ba e Sr, derivadas de magmas sanukitóides. Outros corpos geoquimicamente similares e de menor expressão ocorrentes nas áreas de Bannach e Xinguara, além do Granodiorito Grotão aflorante no SW de Xinguara, foram correlacionados às rochas da Suíte Guarantã e inseridos na mesma (Almeida *et al.* 2013).

1.2.5 – Leucogranitos potássicos

Os leucogranitos potássicos (Almeida *et al.* 2013) são representados no TGGRM pelos granitos Xinguara (Leite *et al.* 2004) e Mata Surrão (Duarte 1992) e por pequenos stocks graníticos. Formam corpos alongados nas direções E-W e WNW-ESE, concordantes com a estruturação das grandes unidades arqueanas, geralmente aflorando em áreas de relevo elevado. O Granito Xinguara possui enclaves de rochas metamáficas, interpretadas como provenientes de *greenstone belts*, e é intrusivo no Complexo Tonalítico Caracol e nos granodioritos da Suíte Rio Maria. Datação geocronológicas Pb-Pb em zircão forneceu idade de 2.865 ± 1 Ma (Leite *et al.* 2004), interpretada como idade de cristalização do Granito

Xinguara. Uma idade de 2.928 ± 2 Ma por evaporação de Pb em zircão (Leite *et al.* 2004) foi interpretada como herdada de sua fonte. Relações de campo e dados estruturais e geocronológicos indicam que o Granito Xinguara é contemporâneo ao Trondhjemitó Águas Frias (Almeida *et al.* 2013). O Granito Mata Surrão possui rochas fracamente deformadas e é intrusivo no Tonalito Arco Verde. Datação Pb-Pb em rocha total forneceu idade de 2.875 ± 20 Ma (Lafon *et al.* 1994) e de 2,87 Ga por evaporação de Pb em zircão (Rolando & Macambira 2003).

1.2.6 – Granitos anorogênicos do TGGRM

No TGGRM o extenso magmatismo granítico anorogênico paleoproterozóico que afetou o Cráton Amazônico é representado principalmente pela Suíte Jamon (Dall’Agnol *et al.* 2005), composta pelos Granitos Jamon, Musa, Redenção, Bannach, Marajoara e Manda Saia. Datações U-Pb, Pb-Pb em zircão e Pb-Pb em rocha total de alguns desses corpos forneceram idades de cristalização em torno de 1,88 Ga (Machado *et al.* 1991, Barbosa *et al.* 1994, Dall’Agnol *et al.* 1999, 2005). Os granitos Seringa e São João, situados na porção oeste do TGGRM (Figura 3), possuem características petrográficas, geoquímicas e de suscetibilidade magnética que permitem correlacioná-los, a princípio, com a Suíte Serra dos Carajás (Paiva Júnior *et al.* 2011; Lima *et al.* 2014).

1.3 CATODOLUMINESCÊNCIA

A catodoluminescência (CL) é gerada quando um feixe de elétrons incidente excita os elétrons da amostra para um estado de energia mais elevado. Após permanecer naquele nível de energia mais elevado por um curto período de tempo, o elétron retorna para o nível mais baixo e emite a perda de energia na forma de fóton. A transição de átomos excitados para níveis de energia mais elevados não é possível em materiais condutores, como os metais e, neste caso, nenhuma CL é produzida. Muitos minerais não emitem CL em decorrência de fatores como a incorporação de elementos que inibem ou bloqueiam a CL (Marshall 1988). A CL tem sido utilizada como ferramenta petrológica desde os anos 60 (Long & Agrell 1965, Smith & Stenstrom 1965). Nas últimas décadas, vem auxiliando estudos voltados às petrologias sedimentar, ígnea e metamórfica e estudos geocronológicos (Görz *et al.* 1970,

Malcuit & Heimlich 1972, Vavra 1990, 1993; Hanchar & Miller 1993, Pupin 2000, Poller *et al.* 2001).

Imagens de CL em MEV é um método eficaz de identificação de feições e defeitos intracristalinos numa grande variedade de materiais geológicos, sendo capaz de identificar fases mineralógicas distintas, núcleos e zoneamentos mineralógicos e alterações importantes, além de fraturas e informações diagenéticas frequentemente não observáveis com outras técnicas microscópicas. As impurezas ou elementos que causam a luminescência são chamados de “ativadores de CL” e incluem Ti, Al, Mn e elementos terras raras (ETR). Outros elementos como Fe, Ni, Co não geram sinais que possam ser transformados em imagens pelo detector de CL, e são chamados de “inibidores da CL”. A Tabela 1 mostra os principais grupos e minerais capazes de emitir CL.

Tabela 1 - Grupo de minerais emissores de catodoluminescência.

Grupo	Minerais
Silicatos	Zircão, Quartzo, Feldspatos, Caulinita, Topázio
Carbonatos	Calcita, Aragonita, Dolomita, Magnesita
Óxidos	Cassiterita, Coríndon, Periclásio
Haloides	Fluorita, Halita
Sulfatos	Alunita, Anidrita
Fosfatos	Apatita
Sulfetos	Esfalerita

1.4 SÍNTESE SOBRE MORFOLOGIA E COMPOSIÇÃO DE ZIRCÃO

O zircão ($ZrSiO_4$) é um mineral acessório comum em uma ampla variedade de rochas, particularmente em rochas ígneas félsicas (Heaman *et al.* 1990, Hoskin & Schaltegger 2003). Cristais de Zircão normalmente incorporam, além de Th e U, outros elementos traço em sua estrutura, como por exemplo, Hf, Y, Nb, Ta, P e ETR. Esses elementos possuem altas cargas e grandes raios iônicos, o que os torna incompatíveis na maioria dos minerais silicáticos formadores de rocha. Geralmente concentram-se nos líquidos magmáticos residuais, onde podem ser acomodados durante a cristalização eventual de zircão. Se a cristalização do zircão ocorrer em um amplo espaço de tempo, o zoneamento composicional existente dentro de cristais individuais, ou as diferenças composicionais entre sucessivas gerações de zircão,

podem registrar mudanças no ambiente geoquímico (Belousova *et al.* 2006). As baixas taxas de difusão dos ETR e cátions tetravalentes como U, Th e Hf sugerem que esses elementos são imóveis na maioria das condições geológicas, o que permite a preservação do zoneamento químico e assinatura isotópica de cada cristal de zircão (Watson *et al.* 1997).

Inúmeros trabalhos têm mostrado a existência de uma conexão entre morfologia do zircão e fonte e evolução do magma parental, sua composição química e o ambiente geológico de cristalização (Pupin 1980, 2000; Heaman *et al.* 1990, Hanchar & Miller 1993, Uher *et al.* 1998, Belousova *et al.* 2002, Pérez-Soba *et al.* 2007).

Zircões magmáticos frequentemente mostram zoneamento interno, causado por variações nos teores de Hf, U, Th e ETR, que eventualmente pode ser registrado através de imagens de elétrons retroespalhados (ERE) e catodoluminescência (CL) utilizando-se um MEV. Tais zonas refletem pequenas variações composicionais, com as zonas mais brilhosas em imagens de ERE enriquecidas em Hf, U, Th e ETR (Hanchar & Miller 1993, Fowler *et al.* 2002, Corfu *et al.* 2003). Magmas granitoides podem conter cristais de zircão herdados de outras rochas crustais. Esses cristais (Figura 5) comumente possuem núcleos arredondados sobrecrecidos por zircão magmático euédrico, facilmente observáveis em imagens de MEV-CL (Corfu *et al.* 2003, Belousova *et al.* 2006).

Trabalhos anteriores comprovam a existência de mais de 50 elementos traço, com diferentes concentrações, na estrutura do zircão (Speer 1982). Dentre os elementos mais comuns e importantes petrologicamente em cristais de zircão destacam-se U, Th, ETR, Hf, Y, P, Nb e Ta. Trabalhos correlacionando zonas luminescentes e/ou escuras em cristais de zircão com certos elementos traço, tentam mostrar a existência de uma relação direta entre o conteúdo elementar e a luminescência (Benisek & Finger 1993, Hanchar & Miller 1993, Poller *et al.* 2001, Pérez-Soba *et al.* 2007). No zircão, admite-se o Dy^{3+} como principal fator responsável pela luminescência, embora outros elementos como Sm^{3+} , Eu^{2+} , Tb^{3+} e Y^{3+} , possam ser também emissores de CL (Mariano 1989, Rémond *et al.* 1992, Yang *et al.* 1992, Hanchar & Miller 1993, Hanchar & Rudnick 1995, Kempe *et al.* 2000).

Benisek & Finger (1993), em estudos envolvendo imagens de ERE e microsonda eletrônica, demonstraram o enriquecimento de U, Hf e Y em zonas dos cristais de zircão onde a intensidade do sinal gerado pelos elétrons retroespalhados é maior (alto brilho). Tais zonas são geralmente equivalentes às zonas escuras em imagens de CL.

Hanchar & Miller (1993) mostraram uma relação inversa entre emissão de CL em cristais de zircão e seus conteúdos de U e Hf. Esses autores propuseram a existência de outros elementos traço, principalmente Dy^{3+} , como principal fator responsável pela CL.

Hoskin & Black (2000) demonstraram em zircões metamórficos que as regiões isentas de zoneamentos e fracamente luminescentes apresentaram idades U-Pb mais jovens e empobrecimento em ETR, enquanto as áreas brilhosas e com zoneamento oscilatório forneceram a idade do protólito original e um padrão de ETR típico de fases magmáticas. Identificaram, ainda, nesses zircões, áreas com forte luminescência e sem zoneamentos que apresentaram idades U-Pb e padrões de ETR intermediários.

Poller *et al.* (2001) estudaram cristais de zircão de granitos tipo-S Variscanos do oeste da Eslováquia através de técnicas analíticas combinadas, envolvendo datação por diferentes métodos, análises de elementos traços e ETR por microsonda e imagens de MEV-CL monocromática e pancromática. O estudo revelou uma correlação negativa entre a intensidade da CL e as concentrações de U e Hf. As áreas escuras dos zircões analisados, incluindo núcleos e bordas, mostraram conteúdos mais elevados de U e Hf em relação às áreas cinza ou muito brilhosas, em concordância com os trabalhos de Hanchar & Miller (1993) e Williams *et al.* (1996b). Áreas dos cristais de zircão com tons cinza em CL forneceram conteúdos intermediários de Hf. Por outro lado, o Y não mostrou nenhuma correlação com as áreas brilhosas. Poller e colaboradores (2001) admitem que as variações na intensidade de CL não têm correlações diretas com os conteúdos de ETR, Y ou Th. O elemento U e, possivelmente, Hf, presentes em áreas destruídas por radiação (metamíticas) no zircão, podem inibir a intensidade da CL. Por fim, concluíram que as diferenças na intensidade (brilho) da CL não refletem a concentração e distribuição dos ETR, ou seja, a concentração dos ETR sozinha não determina a intensidade da CL em cristais de zircão.

O zircão é, sem dúvida, um mineral apropriado para estudos de CL e, embora ela seja influenciada por vários fatores como temperatura de cristalização, estrutura cristalina, microfraturas, tensão (Marshall 1988), fica claro que a concentração de alguns elementos traço é um fator determinante para sua emissão.

1.5 ZIRCÃO COMO INDICADOR PETROLÓGICO E METALOGENÉTICO

A composição química do zircão tem sido utilizada como indicador petrológico e metalogenético por vários pesquisadores (Murali *et al.* 1983; Heaman *et al.* 1990, Uher *et al.*

1998, Pupin 2000, Wang *et al.* 2000, Belousova *et al.* 2002, Kempe *et al.* 2004, Breiter *et al.* 2006). Sua capacidade em incorporar certos elementos traço, associada a sua resistência física e química elevada, torna o zircão um importante mineral acessório em estudos petrológicos e metalogenéticos. Embora sua abundância seja comumente baixa, o zircão pode influenciar fortemente o comportamento de muitos elementos traços durante a cristalização do magma. Além de controlar a distribuição de Zr e Hf, pode influenciar no comportamento dos ETR, Y, Th, U, Nb e Ta, elementos com grandes raios iônicos e elevadas cargas que se concentram nos líquidos magmáticos residuais, onde podem ser incorporados na estrutura do zircão. A abundância e razões entre esses elementos traço tornam-se, assim, importantes para distinguir zircões de diferentes fontes (Belousova *et al.* 2002).

Heaman *et al.* (1990) estudaram concentrações de elementos traço obtidas a partir de frações de zircão de uma variedade de rochas ígneas e observaram que zircões de kimberlitos (mantélicos) apresentaram conteúdos extremamente baixos de U (<30 ppm), Th (~10 ppm) e ETR pesados, com um padrão de ETR relativamente isento de fracionamento. Zircões cristalizados em magmas gerados em ambientes de *rift* continental, como os carbonatíticos e nefelina-sieníticos, são pobres em Hf (6000 a 8000 ppm) e com elevadas razões Zr/Hf, geralmente em torno de 60. Por outro lado, zircões provenientes de magmas máficos apresentaram elevados conteúdos de Sc (86 a 230 ppm), padrão de ETR fortemente fracionado e, geralmente, elevadas razões Th/U (>1) em comparação a outras suítes de rochas ígneas. Concluíram que cristais de zircão guardam uma assinatura geoquímica característica do seu ambiente magmático original.

Pupin (2000) estudou geoquimicamente zircões de granitoides crustais, híbridos e mantélicos, através de seus conteúdos de Hf e Y e das razões Zr/Hf. Zircões de rochas crustais apresentaram razões Zr/Hf entre 36-45, diferindo significativamente das razões obtidas em zircões mantélicos, entre 60-68. Granitos alcalinos subsolvus são claramente influenciados pela crosta e seus zircões apresentaram razões Zr/Hf similar, entre 41-43.

Belousova *et al.* (2002), estudaram geoquimicamente zircões de rochas ígneas (kimberlitos, lamproítos, basaltos, carbonatitos, diabásio, granitoides, rochas sieníticas, pegmatitos sieníticos e pegmatitos nefelina-sieníticos) de várias localidades geográficas, e identificaram um *trend* de enriquecimento desses elementos no sentido rochas ultrabásicas – rochas básicas – rochas ácidas. Constataram também, que o conteúdo médio dos ETR nos zircões dos kimberlitos é sempre menor que 50 ppm, entre 600-700 ppm nos zircões dos carbonatitos e lamproítos, e 2000 ppm nos zircões das rochas máficas, chegando a atingir níveis percentuais nos zircões das rochas granitoides e pegmatíticas. Zircões de kimberlitos e

carbonatitos apresentaram razões Yb/Sm, normalizada ao condrito, entre 3-30 e geralmente superior a 100 nos zircões dos pegmatitos. A assinatura geoquímica característica de zircões de algumas dessas rochas pode ser reconhecida em diagramas binários discriminantes envolvendo os elementos Hf, Y, Th, U, Nb, Ta, P, e razões entre eles.

Kempe *et al.* (1997), Uher *et al.* (1998) e Wang *et al.* (2000) admitem que zircões de rochas graníticas com teores anômalos de Hf são típicos de granitos altamente evoluídos ou pegmatitos enriquecidos em metais raros (Sn, Mo, Ta, W, Li). Zircões de granitos contendo topázio e metais raros mostraram razões Zr/Hf extremamente baixas, interpretadas por Wang *et al.* (2000) como uma assinatura primária de líquidos graníticos evoluídos. Kempe *et al.* (2004) consideram que tais zircões não podem resultar de processos comuns de fracionamento magmático. Eles seriam resultantes de albitização de rochas graníticas evoluídas por fluídos ricos em F.

Lamarão *et al.* (2007, 2010, 2012, 2013, 2014) estudaram zircões de granitos de diversas províncias estaníferas do Brasil e do *stock* granítico Kimi, Finlândia (Lukkari *et al.*, 2009), mineralizado em Sn, W e Be através de MEV-ERE-CL. Morfologicamente, os zircões das rochas mais evoluídas e mineralizadas são predominantemente fraturados, corroídos, anédricos e com frequentes inclusões ou associados à thorita, monazita, columbita e bastnasita. São, ainda, sistematicamente enriquecidos em Hf, Y, Th e U e mostram baixas razões Zr/Hf no sentido das rochas mais evoluídas e mineralizadas, sugerindo que a diferenciação magmática teve papel importante nesta feição. Tal fato sugere que uma avaliação preliminar do potencial estanífero de granitos evoluídos pode ser baseada na variação composicional de zircão. Hoskin & Schaltegger (2003), observaram comportamento similar de enriquecimento de Hf com a diferenciação magmática no Boggy Plain Zoned Pluton, Austrália.

Outra característica geoquímica do zircão é a sua razão Th/U que tem sido utilizada para distinguir zircões metamórficos de zircões ígneos (Rubatto 2002, Barros *et al.* 2005), com valores <0,1 para os primeiros. Entretanto, Hoskin & Ireland (2000) consideram a razão Th/U de uso limitado como um discriminante.

A presença de uma assinatura geoquímica diagnóstica em zircões de rochas ígneas indica que o zircão pode ser utilizado como um traçador petrológico e metalogenético, auxiliando, por exemplo, na caracterização de regiões fonte através de estudos de proveniência, na identificação de fracionamento magmático, na composição de rochas do embasamento e como indicador preliminar de corpos graníticos estaníferos.

1.6 ZONEAMENTO EM ZIRCÃO

Zircões mostram grande durabilidade, estabilidade e baixa solubilidade, as quais combinadas preservam o registro dos mais importantes eventos que os afetaram (Hanchar & Miller 1993). Contudo, eles não são imutáveis e os principais eventos geológicos a que foram submetidos ao longo do tempo, deixaram seus registros neles na forma de zonas de crescimento, dissolução parcial, corrosão, metamitização, fraturamento, etc. Uma das características mais peculiares de zircão magmático é a presença de zonas de crescimento, muito bem registradas em imagens de MEV-CL-ERE. Tais zonas refletem variações composicionais formadas em tempos distintos. Estudos isotópicos e geoquímicos realizados nessas zonas podem revelar a idade e as condições geoquímicas responsáveis por esses eventos.

Imagens de CL e ERE revelam padrões detalhados das zonas de crescimento, normalmente invisíveis ou fracamente observáveis em microscopia de luz transmitida. Padrões característicos de zoneamento podem ser observados em quase todos os zircões magmáticos e servem para distinguir crescimento ígneo de metamórfico, identificar superfícies de reabsorção, núcleos herdados, cristais metamíticos, etc. O estudo morfológico de cristais de zircão pode fornecer informações importantes sobre a história de uma rocha, servindo de base para os dados quantitativos geoquímicos ou isotópicos. Portanto, a combinação de estudos de CL, ERE, análises elementares e datações por métodos pontuais podem elucidar histórias crustais complexas (Pérez-Soba *et al.* 2007).

Heaman *et al.* (1990) admitem que o zoneamento composicional em cristais de zircão pode ser decorrente da distribuição heterogênea de domínios enriquecidos em elementos traço, do aumento progressivo de elementos traço como U, Th, Hf e ETR no sentido núcleo-borda do cristal (cf. Speer 1982), ou da alternância entre bandas de crescimento enriquecidas e empobrecidas em elementos traço (cf. Chakoumakos *et al.* 1987). As bordas de cristais geoquimicamente zonados podem ser muito mais enriquecidas em elementos traço que seus núcleos, provavelmente em decorrência da maior concentração desses elementos no magma durante os estágios finais de cristalização do zircão.

Outra causa de variação composicional no zircão está relacionada à alteração, onde determinada zona alterada do cristal pode ser anormalmente enriquecida em elementos como P, Al, Mn, Ca, Y, U e empobrecida em Si, Zr, Th, Pb, em relação às zonas preservadas (Heaman *et al.* 1990).

Muito variável também, é o desenvolvimento e a espessura das zonas composicionais em cristais de zircão. Corfu *et al.* (2003) exemplificam muito bem essa variação ao mostrar cristais de zircão com zonas alternadas ciclicamente (Figura 4A), cristais com zonas claro-escuras de larguras diferentes (Figuras 4C), cristais com zonas composicionais fracamente visíveis (Figuras 4C, parte clara) e, em alguns casos, cristais sem zoneamentos visíveis (Figura 4B, núcleo).

Comumente, zoneamentos regulares são interrompidos (truncados) por discontinuidades texturais ao longo das quais o zoneamento original é reabsorvido e sucedido pela deposição de novo zircão zonado (Figuras 4A).

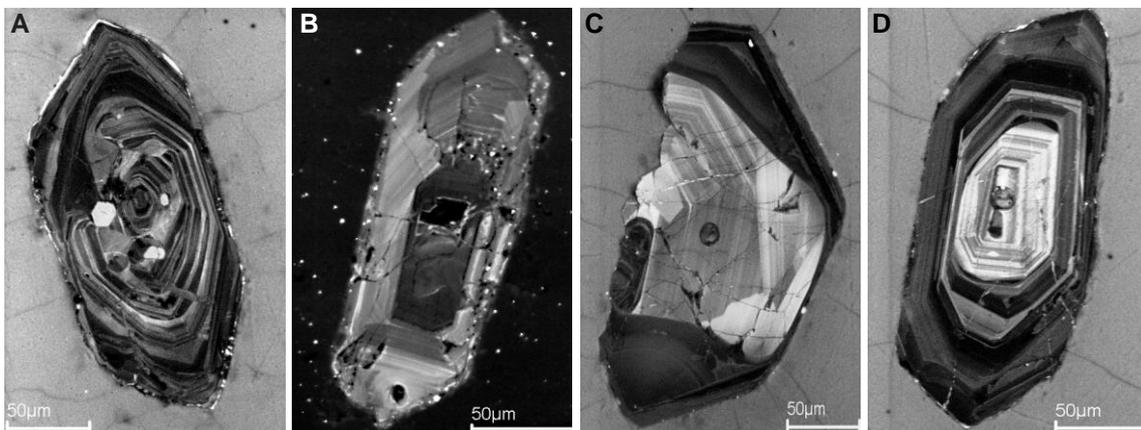


Figura 4 - Exemplos de zircões com zoneamentos truncados sucedidos pela cristalização de novo zircão composicionalmente diferente. Em A, zona de crescimento escura na parte superior do cristal trunca zonas mais claras e é truncada por zonas de igual luminescência que as do núcleo. Em B, núcleo cinza escuro é truncado por zonas mais claras. Em C e D, núcleos luminescentes mostram crescimentos interrompidos por zonas composicionalmente diferentes (mais escuras). Zircões do Tonalito Arco Verde, TGGRM (este estudo).

Outra feição muito comum em zircões ígneos é a ocorrência de xenocristais de zircão que aparecem como verdadeiros núcleos herdados, geralmente com forma, luminescência e composição distintas do cristal que o envolve. Tais xenocristais geralmente possuem forma ovalada a subarredondada, zoneamentos caóticos ou inexistentes e tendem a truncar os zoneamentos internos do novo zircão. Imagens de CL possibilitam o reconhecimento, muitas vezes, fácil desses zircões herdados (Corfu *et al.* 2003; sua figura 4).

A Figura 5 mostra zircões de trondhjemitos da região sudoeste de Água Azul do Norte, petrograficamente correlacionáveis ao Trondhjemito Mogno do TGGRM (Mesquita 2011), com núcleos xenomórficos (zircões herdados) bem preservados.

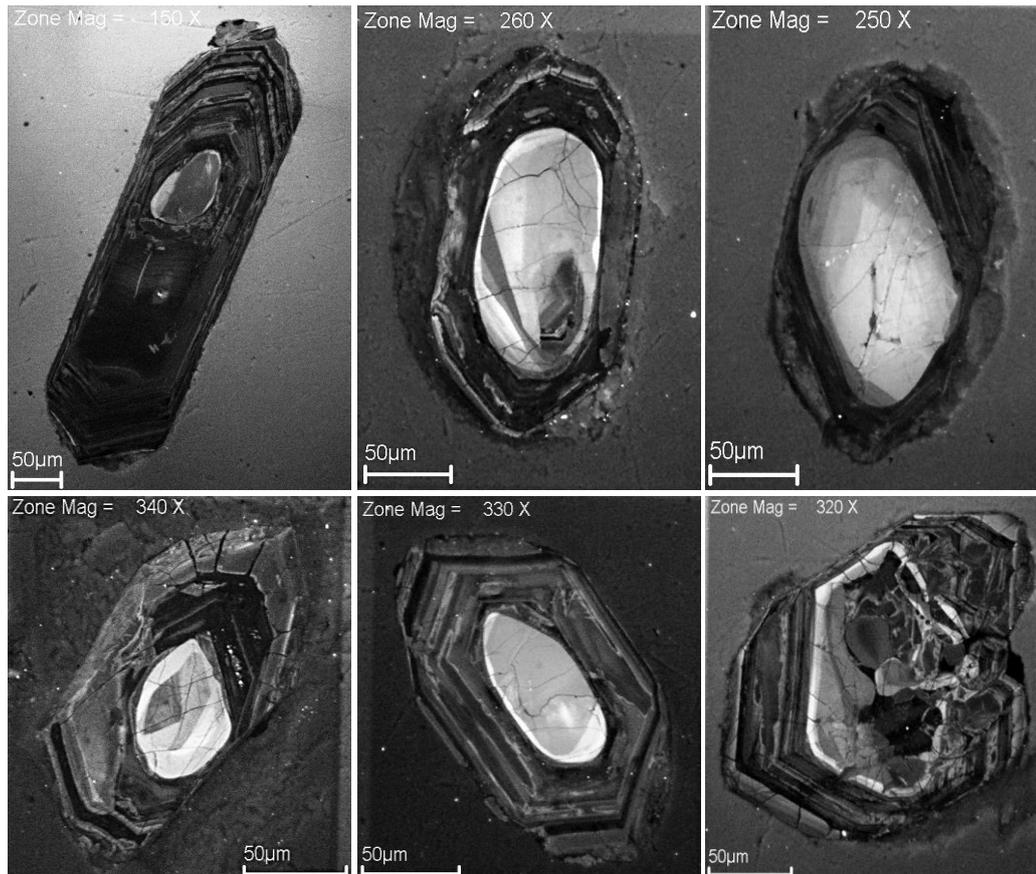


Figura 5- Imagens de CL de cristais de zircão zonados contendo núcleo xenomórfico luminescente (zircão herdado). Trondhjemitos do SW de Água Azul do Norte, correlacionáveis ao Trondhjemito Mogno do TGGRM (Mesquita 2011).

Núcleos de cristais de zircão mais enriquecidos em U em relação às bordas tendem a se expandir e, eventualmente, provocar o fraturamento destas últimas. No caso inverso, quando o núcleo é envolvido por bordas mais enriquecidas em U, geralmente não ocorrem fraturas, mas as bordas tornam-se mais escuras do que o núcleo (Corfu *et al.* 2003). A Figura 6 mostra alguns exemplos de cristais de zircão com núcleos metamíticos e, provavelmente, mais enriquecidos em U.

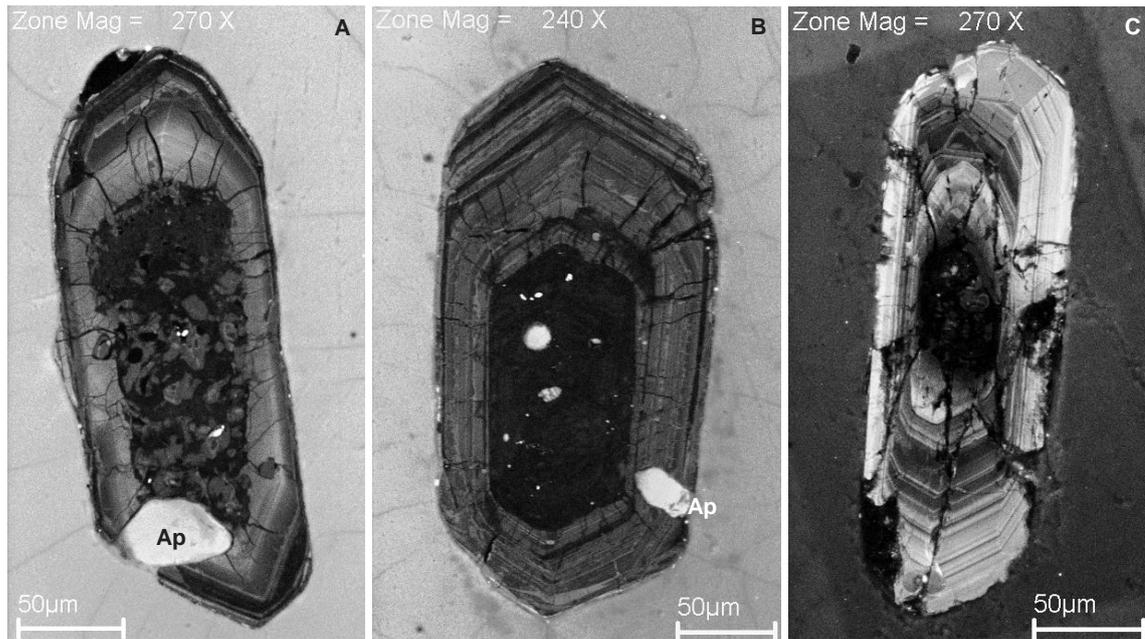


Figura 6 - Imagens de CL de cristais de zircão com núcleos metamíticos escuros e bordas mais luminescentes intensamente fraturadas, provavelmente em decorrência da expansão de seus núcleos mais enriquecidos em U. A e B, zircões do Tonalito Arco Verde. C, zircão do Tonalito Mariazinha, TGGRM (este estudo). Ap=apatita.

1.7 PROBLEMÁTICA

O zircão é um mineral com grande estabilidade física e química muito utilizado em datações geocronológicas, caracterização de rochas fonte, do grau de fracionamento de rochas magmáticas e em estudos de proveniência. Cristais de zircão geralmente mostram grande variação morfológica e composicional, as quais podem explicar parte sua história geológica. Neste contexto, a CL passou a ser muito utilizada como ferramenta petrológica uma vez que certos minerais, incluindo o zircão, exibem luminescência quando excitados por uma fonte de elétrons, como um MEV.

Assim, imagem de MEV-CL em cristais de zircão tornou-se uma técnica muito utilizada no estudo de variações morfológicas, sendo capaz de revelar detalhes com grande definição, como por exemplo, defeitos intracristalinos, presença de inclusões, zonas de crescimento, núcleos herdados, alterações, entre outros, impossíveis de serem observados em microscópios óticos convencionais ou através de outros tipos de imagens como, por exemplo, imagens de elétrons secundários (ES) ou ERE. Imagens de MEV-CL tornaram-se imprescindíveis para os métodos de datações geocronológicas pontuais, pois possibilitam a identificação exata do local a ser datado, evitando regiões impróprias do cristal como fraturas, inclusões ou zonas metamíticas. Imagens de MEV-CL permitem também, que determinada

zona de crescimento do cristal seja caracterizada geoquimicamente através de análises pontuais, possibilitando considerações sobre sua área fonte e petrogênese (Kempe *et al.* 1997, 2004; Uher *et al.* 1998, Wang *et al.* 2000, Belousova & Griffin 2002, Corfu *et al.* 2003).

Em decorrência de seus conteúdos variáveis de elementos traço, alguns pesquisadores (Belousova *et al.* 2002, Pupin 2000, Heaman *et al.* 1990) caracterizaram geoquimicamente zircões de diferentes rochas ígneas. Entretanto, poucas informações são apresentadas correlacionando o padrão morfológico desses zircões com a intensidade de suas diferentes zonas em CL e a composição elementar correspondente. Da mesma forma, não foram estudados, por exemplo, zircões de diferentes rochas ígneas arqueanas com o objetivo de identificar uma assinatura típica para cada uma delas. Também, não existem trabalhos demonstrando as diferenças morfológicas e composicionais entre zircões de rochas ígneas arqueanas e paleoproterozóicas. Neste contexto, surgem algumas questões como: rochas ígneas arqueanas, temporal e geoquimicamente distintas, podem ser distinguidas através da composição de seus zircões? Qual o padrão de zoneamento morfológico e composicional apresentado por esses zircões em imagens de CL? As rochas granodioríticas ocorrentes na região podem ser individualizadas com base na morfologia e composição de seus zircões da mesma maneira que foram distinguidas com base na geoquímica de rocha total? A presença de inclusões minerais nos zircões pode ser um fator diferenciador entre essas rochas? Zircões de rochas ígneas arqueanas e paleoproterozóicas podem ser distinguidos morfológica e composicionalmente?

1.8 JUSTIFICATIVA

Grandes unidades magmáticas do TGGRM encontram-se bem caracterizadas petrográfica, geoquímica e geocronologicamente (Pimentel & Machado 1994; Macambira & Lafon 1995, Leite 2001, Leite *et al.* 2004, Althoff *et al.* 2000, Dall’Agnol *et al.* 2006, Oliveira *et al.* 2009, Guimarães *et al.* 2010, Almeida *et al.* 2010, 2011; Feio 2011), fornecendo sustentação para a aplicação do estudo de zircão através da MEV-CL-EDS. Esta metodologia já vem sendo utilizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura (LABMEV) do Instituto de Geociências da UFPA em rochas ígneas paleoproterozóicas de outras regiões do Cráton Amazônico.

Estudos morfológicos e composicionais em zircão de rochas graníticas utilizando MEV-CL-EDS mostraram que zircões de granitos estaníferos são enriquecidos em Hf, Y, Th

e U e apresentam baixas razões Zr/Hf, no sentido das rochas mais evoluídas e alteradas, em comparação a granitos não mineralizados (Lamarão *et al.* 2007, 2010, 2013, 2014). Na Província Pitinga (AM), zircões do Granito Madeira estudados através da mesma metodologia (Soledade 2010) apresentaram comportamento similar.

A assinatura geoquímica característica encontrada em zircões de granitos especializados de diferentes Províncias Estaníferas do Cráton Amazônico, de Goiás, do Rio Grande do Sul e do stock granítico Kimi, Finlândia (Lukkari *et al.* 2009), indica que a composição do zircão pode ser um guia útil na avaliação do potencial metalogenético de granitos estaníferos e que esta pode ser uma ferramenta importante em levantamentos voltados para a exploração mineral (Lamarão *et al.* 2010, 2012, 2013, 2014).

A abordagem do presente trabalho permitiu comparações morfológicas e composicionais entre zircões dos diferentes grupos de rochas arqueanas que dominam o TGGRM, bem como entre esses e zircões do granito paleoproterozóico São João, pertencente ao mesmo Terreno. Tal fato levou a definição de padrões morfológicos e assinaturas geoquímicas características para zircões de cada unidade geológica estudada, de modo similar ao observado nos zircões de granitos estaníferos ou, ainda, como em zircões de rochas traquíticas e riolíticas de idades distintas que ocorrem na Província Aurífera do Tapajós (Figura 7).

1.9 OBJETIVOS

- Estudar morfológica e composicionalmente cristais de zircão de rochas ígneas arqueanas do TGGRM através de MEV-EDS-CL e compará-los com zircões do granito paleoproterozóico São João, intrusivo nas mesmas;
- Comparar zircões de um mesmo grupo de rocha arqueana, porém aflorantes em áreas geograficamente distintas;
- Tentar definir um padrão morfológico e uma assinatura geoquímica características para os zircões dessas grandes unidades magmáticas;
- Mostrar que a metodologia MEV-CL-EDS pode ser uma ferramenta importante na caracterização de diferentes grupos e rochas temporal e composicionalmente distintas.

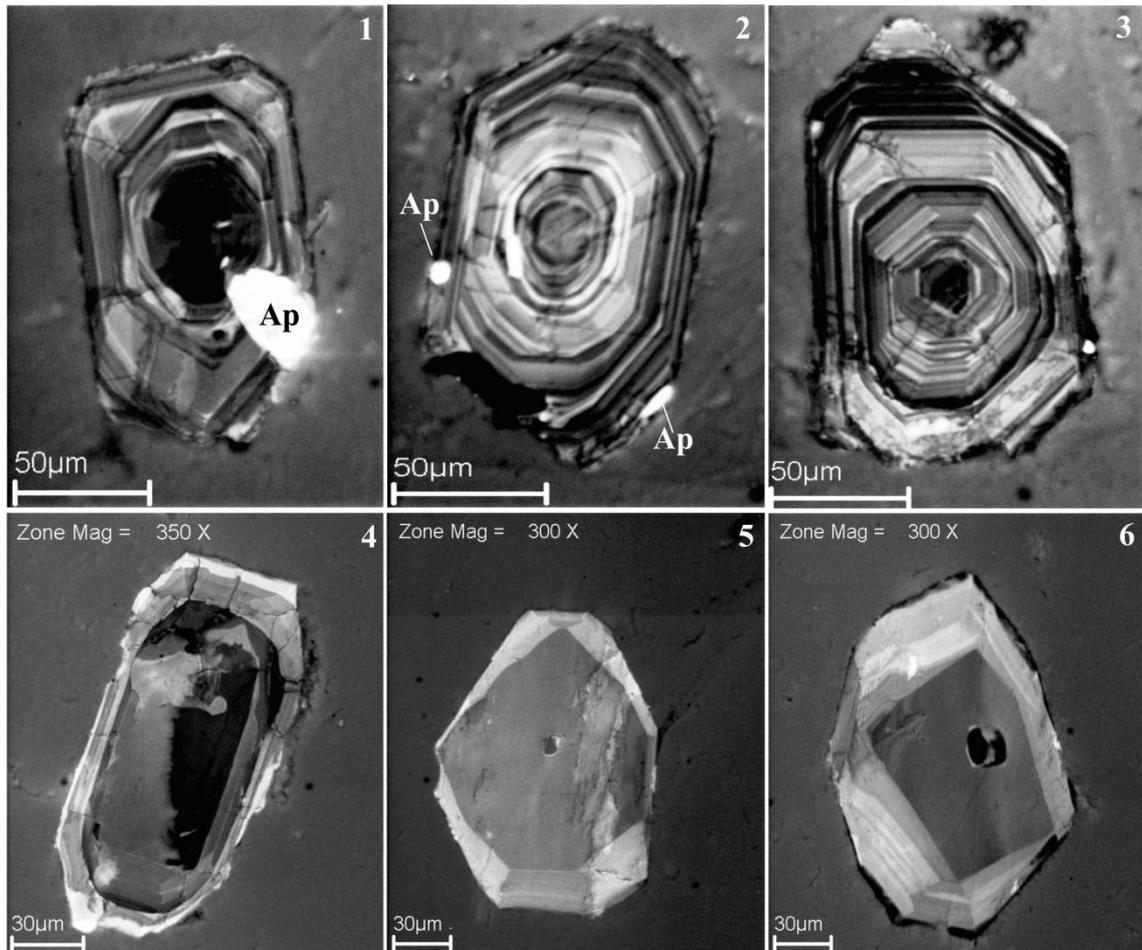


Figura 7 - Imagens de MEV-CL de cristais de zircão de rochas traquíticas da Formação Vila Riozinho (1-3), com idades em torno de 2,0 Ga, e de riolitos da Formação Moraes Almeida (4-6), com idade de 1,88 Ga, Província Aurífera do Tapajós (Lamarão *et al.* 2002). Notar diferença marcante entre os padrões de zoneamentos composicionais. O primeiro grupo de zircões sugere crescimento em condições físico-químicas mais instáveis que o segundo, promovendo zoneamento oscilatório com zonas claro-escuras de espessuras variáveis. O segundo grupo mostra núcleos comparativamente homogêneos e mais desenvolvidos, com zonas composicionais imperceptíveis mesmo em CL, além de bordas luminescentes grossas (Lamarão *et al.* inédito). Ap=apatita.

1.10 ATIVIDADES E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos propostos foram utilizados métodos e técnicas de investigação relacionadas ao tema e compatíveis com os assuntos abordados.

1.10.1 Pesquisa bibliográfica

No levantamento bibliográfico realizado foram consultados artigos científicos e teses abordando a região de estudo, permitindo uma melhor compreensão a respeito das questões

que envolvem geologia e evolução de terrenos arqueanos e proterozoicos. Foram consultadas também, bibliografias acerca da evolução e geocronologia do Cráton Amazônico, da Província Carajás e do Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, além de bibliografias sobre morfologia, feições internas, composições químicas de zircões e técnicas de MEV-CL.

1.10.2 Estudos de MEV-CL-EDS

As análises de MEV, CL e EDS foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica de Varredura, LABMEV do Instituto de Geociências da UFPA sob a orientação do Professor Claudio Nery Lamarão. O estudo morfológico teve como base imagens de MEV-CL e o composicional, análises semiquantitativas de EDS. O equipamento utilizado foi o MEV LEO-ZEISS, modelo 1430, com sistema de Mono-CL da Gatan e detector de EDS Sirius-SD acoplados. Os cristais de zircão, após seleção em lupa binocular, foram colados equidistantemente em uma fita dupla face previamente fixada em uma lâmina de vidro; em seguida, um cilindro de plástico com diâmetro de 2,0 cm foi colado ao redor dos cristais e preenchido com resina epóxi GY-837 (Arotec); após secagem a temperatura ambiente por cerca de seis horas, os cilindros (*mounts*) foram desbastados com lixas de 1200, 2500 e 4000 micra até exposição dos núcleos dos cristais de zircão; em seguida, foi feito o polimento final dos *mounts* com pasta diamantada (Arotec) de 1,0 e 0,25 μm . Esta etapa de preparação dos *mounts* foi realizada no Laboratório de Laminação do IG-UFPA. Os *mounts* foram metalizados durante 30s com ouro para obtenção de imagens de CL. Para as imagens de ERE e análises por EDS, as mesmas seções polidas foram metalizadas com carbono. As condições de operação para obtenção de imagens de ERE e análises por EDS foram: corrente do feixe de elétrons = 90 μA , voltagem de aceleração constante = 20 kV, distância de trabalho = 15 mm. As imagens de CL para caracterização morfológica dos zircões das diferentes unidades foram obtidas sob as mesmas condições, exceto a voltagem de aceleração que foi de 10 KV e a distância de trabalho de 13 mm. As análises de EDS utilizaram o padrão ZAF (Z=n° atômico, A=absorção atômica, F=fluorescência de Raios-X), que já vem instalado com o programa do MEV e faz correções entre pico e *background* do elemento. O tempo de duração das análises de zircão foi de 30s, com 4000 a 5000 contagens/segundo para cada análise. Foram estudados 377 cristais de zircão e realizadas 6.067 análises situadas tanto nas bordas quanto no núcleo dos cristais, evitando-se, com a ajuda de imagens de ERE e CL regiões de fraturas e proximidade de inclusões. Os elementos analisados foram O, Si, Zr, Hf, Ce, Nb, Ta, P, Y, Th,

U, Ba e Ca. As análises químicas pontuais semiquantitativas foram tratadas posteriormente em diagramas elementares através do programa GCDkit 2.3. Embora não indicado na Tabela 4, o erro analítico admitido para as análises de EDS foi de 0,1%.

Para as análises de MEV-EDS-CL das rochas arqueanas foram utilizadas doze seções polidas, cedidas pelo professor Dr. José de Arimatéia Costa Almeida, com quantidades de zircão variando de oito a setenta cristais cada. Para o granito paleoproterozoico São João, usado neste estudo para fins comparativos com as rochas arqueanas ocorrentes na mesma região, utilizou-se uma seção polida cedida pelo mestrando Paulo Henrique de Araújo Lima, contendo cerca de sessenta cristais de zircão. Foram utilizadas, ainda, seções polidas com zircões de outras rochas para exemplificar feições internas características (p. ex. núcleos herdados, zoneamentos distintos, etc.).

Tabela 2 - Tipo de rocha, amostras, quantidade de cristais de zircão utilizados e número de análises de EDS realizadas.

	Rocha	Amostra	Nº Zircões Analisados	Nº Análises EDS
PALEOPROTEROZOICO	Granito São João	PC-21	28	228
ARQUEANO	Trondhjemitó Água Fria	AM-01	14	126
	Suíte Guarantã	Leucogranito Guarantã MAR-64	28	304
		Granodiorito Trairão MAR-121	14	141
	Granodiorito Grotão	FMR-49	08	114
	Suíte Rio Maria	ADR-03	25	438
	Tonalito Mariazinha	AM-02A	43	1346
	Trondhjemitó Mogno	FRM-53	26	364
		MASF-28	23	602
		FRM-98	35	373
	Tonalito Arco verde	MAR-66	63	636
		MAR-148	43	939
MAR-111		27	456	

2 UNIDADES GEOLÓGICAS ESTUDADAS

Foram selecionadas doze amostras de rochas tonalíticas, trondhjêmíticas, granodioríticas e graníticas arqueanas e uma amostra do granito paleoproterozóico São João para comparação, todas pertencentes ao TGGRM. A Figura 8 mostra o mapa geológico do TGGRM com a localização das amostras estudadas; a Tabela 3 relaciona essas amostras e suas respectivas idades de cristalização.

2.1 TONALITO ARCO VERDE

O Tonalito Arco Verde aflora a noroeste de Pau D'Arco e a sul de Bannach (Figura 8) na forma batólitos constituídos de rochas fraca a fortemente deformadas, comumente mostrando bandamento composicional. É composto essencialmente por plagioclásio (An₂₂₋₃₃) e quartzo, com ocorrências restritas de microclina e biotita. O anfibólio, do tipo pargasita e hornblenda pargasita, é raro. Os acessórios comuns são titanita, apatita, zircão, allanita, magnetita, ilmenita e pirita, enquanto os minerais secundários são representados por clorita, carbonatos, epidoto, sericita e hematita (Magalhães *et al.*, 1994). É cortado pelos granitos Guarantã e Mata Surrão (Almeida *et al.* 2011), porém não mostra relações de contato com as sequências de *greenstone belts* (Feio 2011). O Tonalito Arco Verde forneceu idades U-Pb em zircão de 2.957⁺²⁵ Ma (Macambira 1992) e Pb-Pb em zircão de 2.948^{±7} Ma e 2.981^{±8} Ma (Rolando & Macambira 2002, 2003). Vasquez *et al.* (2008b) e Almeida *et al.* (2011) obtiveram idades Pb-Pb em zircão de 2.964^{±2} Ma e 2.937^{±3} Ma, respectivamente, para rochas desta mesma unidade. Almeida *et al.* (2011) utilizando a metodologia de LA-MC-ICPMS U-Pb em zircão, chegaram a idades similares às anteriores (2.941^{±5}Ma e 2.948^{±4} Ma).

2.2 TRONDHJEMITO MOGNO

Ocorre na forma de batólitos com suas rochas aflorando na forma de lajeiros ou blocos intensamente deformados e fortemente bandados, com direção NW-SE a E-W, sendo a foliação marcada pelos minerais máficos e cristais de quartzo e feldspatos alongados

(Guimarães *et al.* 2010). O Trondhjemitó Mogno ocorre a sul de Xinguara e se estende até o norte de Bannach (Figura 8). Contém mais de 48% de plagioclásio, cerca de 30 a 40 % de quartzo modal, e o álcali-feldspato está presente em quantidade acessória. A biotita e o epidoto magmático são os principais minerais ferromagnesianos, sendo notável a ausência de anfibólio. Os minerais acessórios compreendem opacos, epidoto, apatita, titanita e allanita e as principais fases secundárias são clorita, epidoto e mica branca. Contém enclaves máficos, interpretados como metabasaltos do Supergrupo Andorinhas (Souza 1994). Datações Pb-Pb em zircão (Macambira *et al.* 2000) forneceram idades de 2.857 ± 13 e 2.900 ± 21 Ma, e U-Pb em titanita (Pimentel & Machado 1994) de 2.871 Ma para esta unidade. Novas idades obtidas por Almeida *et al.* (2011) utilizando as metodologias Pb-Pb em zircão (2.962 ± 8 Ma, 2.968 ± 2 Ma, 2.959 ± 5 Ma) e LA-MC-ICPMS em zircão (2.959 ± 2 Ma, 2.961 ± 16 Ma e 2.972 ± 9 Ma) diferem daquelas obtidas anteriormente (Tabela 1). O intervalo de idades entre 2,97-2,95 Ga foi interpretado como o período de cristalização do Trondhjemitó Mogno (Almeida *et al.* 2011) e as idades mais jovens poderiam estar relacionadas a efeitos térmicos causados pelas intrusões da Suíte Rio Maria, datada em 2,87 Ga (Pimentel & Machado 1994, Rolando & Macambira 2003, Oliveira *et al.* 2009).

2.3 TONALITO MARIAZINHA

Aflora a nordeste de Xinguara (Figura 8) na forma de lajeiros e suas rochas mostram-se moderadamente deformadas, com bandamento composicional caracterizado pela alternância de níveis ricos em quartzo e plagioclásio, estirados e alongados, e níveis enriquecidos em biotita (Guimarães *et al.* 2010). Mineralogicamente é muito semelhante ao Trondhjemitó Mogno. O Tonalito Mariazinha apresenta foliação NE-SW e N-S discordante do *trend* regional NW-SE (Feio 2011). Contém enclaves máficos e é cortado pelo Granodiorito Grotão e veios de leucogranitos. Idades Pb-Pb em zircão de 2.924 ± 2 Ma, 2.925 ± 3 Ma e 2.920 ± 11 Ma e de LA-MC-ICPMS em zircão 2.912 ± 5 Ma (Tabela 3) foram interpretadas como representativas da idade de cristalização desta unidade (Leite *et al.* 2004, Almeida *et al.* 2011).

2.4 TRONDHJEMITO ÁGUA FRIA

O Trondhjemito Água Fria aflora a nordeste de Xinguara (Figura 8) e representa a geração mais jovem de TTG descrito no TGGRM. Exibe bandamento subvertical com direção NW-SE e WNW-ESE, inclui enclaves tonalíticos e acha-se associado concordantemente com leucogranitos relacionados ao Granito Xinguara (Leite 2001). Idade Pb-Pb em zircão de 2.864 ± 21 Ma (Leite et al. 2004) e LA-MC-ICPMS em zircão de 2.843 ± 10 Ma (Almeida et al. 2011) posicionaram estratigraficamente o Trondhjemito Água Fria no final da evolução do TGGRM (Feio 2011).

2.5 SUÍTE RIO MARIA

Apresenta ampla distribuição no TGGRM (Figura 8), sendo formada predominantemente por granodioritos, com monzogranitos subordinados e menores proporções de quartzo-dioritos e quartzo-monzodioritos, além de rochas acamadadas e enclaves máficos. A assembleia mineral é dominada por anfibólio, plagioclásio, biotita e epidoto magmáticos e piroxênio nunca foi identificado. Magnetita, apatita, titanita, zircão, allanita e epidoto são os acessórios dominantes (Oliveira *et al.* 2009). O Granodiorito Rio Maria pertence às séries de granitoides arqueanos ricos em Mg, exibe conteúdos relativamente baixos de Al_2O_3 , para as rochas daquela série, além de ser relativamente enriquecido em Ba, Sr, Cr, Ni e ETR leves (Althoff *et al.* 1995, 2000; Leite 2001, Oliveira *et al.* 2009), aproximando-se geoquimicamente das séries sanukitoides arqueanas definidas por Stern *et al.* (1989). O Granodiorito Rio Maria forneceu em sua área tipo idades de cristalização U/Pb em zircão de 2.874 ± 9 Ma (Macambira 1992) e 2.872 ± 5 Ma (Pimentel & Machado 1994).

2.6 SUÍTE GUARANTÃ

A Suíte Guarantã, localizada nas regiões sul e sudoeste de Pau D'arco (Figura 8), é formada pelos plútons Guarantã, Azulona e Trairão. Outros corpos geoquimicamente similares e de menor expressão ocorrentes a nordeste de Bannach, Xinguara e Pau D'Arco, foram correlacionados às rochas da Suíte Guarantã e inseridos na mesma (Almeida *et al.* 2010, 2013). As rochas da Suíte Guarantã cortam o Tonalito Arco Verde e estão fortemente

deformadas. São rochas hololeucocráticas (< 10% de máficos), tendo como minerais essências álcali-feldspato, quartzo e plagioclásio e biotita como principal fase máfica; titanita, allanita, epidoto, apatita, zircão e magnetita são os acessórios primários, enquanto clorita, mica branca, epidoto e carbonatos são as fases secundárias (Almeida *et al.* 2013). As rochas da Suíte Guarantã são cálcico-alcálicas e metaluminosas a peraluminosas. Geoquimicamente apresentam razão $K_2O/Na_2O < 1$, forte padrão de fracionamento dos ETR, com anomalias de Eu ausentes ou fracamente negativas, e enriquecimento em Ba e Sr em relação a outros granitoides arqueanos do TGGRM (Almeida *et al.* 2013). Tais rochas mostram evolução complexa e uma possível ligação genética com as rochas granodioríticas da Suíte Rio Maria. Almeida *et al.* (2010) interpretaram as rochas da Suíte Guarantã como produto de mistura, em diferentes proporções, de magmas trondhjémíticos e leucograníticos ricos em Ba e Sr, derivados de magmas sanukitóides. Datações U-Pb em zircão para o leucogranito Guarantã e para o Granodiorito Trairão forneceram idades de 2.875 ± 8 Ma e 2.872 ± 7 Ma, respectivamente (Althoff *et al.* 2000, Almeida *et al.* 2013). Neste trabalho foram estudados zircões do leucogranito Guarantã e do Granodiorito Trairão.

2.7 GRANODIORITO GROTÃO

Ocorre de forma localizada a sudoeste de Xinguara, porção NNW da área (Figura 8), em extensos e homogêneos afloramentos. Mostra composição mineralógica similar a dos demais plútons da Suíte Guarantã. Suas rochas têm aspecto maciço, englobam enclaves de rochas tonalíticas ou trondhjémíticas, sugerindo que sejam intrusivas no Tonalito Mariazinha, e são cortadas por veios de leucogranitos (Guimarães *et al.* 2010). Não apresenta, ainda, datações geocronológicas definitivas.

2.8 GRANITO SÃO JOÃO

O Granito São João é um batólito anorogênico subcircular com aproximadamente 200 km² de área que secciona unidades trondhjémíticas e leucograníticas arqueanas do TGGRM (Figura 8). Está localizado entre as cidades de Água Azul do Norte e Bannach, nos domínios da Província Carajás. É formado essencialmente por rochas monzograníticas e sienograníticas isotrópicas, de coloração rosada e avermelhada, pobres em minerais máficos, tendo anfibólio

e biotita como minerais varietais e zircão, apatita, allanita e minerais opacos como principais fases acessórias. Apresentam granulação predominantemente média a grossa, localmente fina. Afloram na forma de pequenas serras, grandes blocos e lajeiros frequentemente fraturados. Zircões de rochas biotita monzograníticas revelaram idade Pb-Pb em zircão de 1.890 ± 2 Ma, interpretada como a idade de cristalização do corpo (Lima *et al.* 2014).

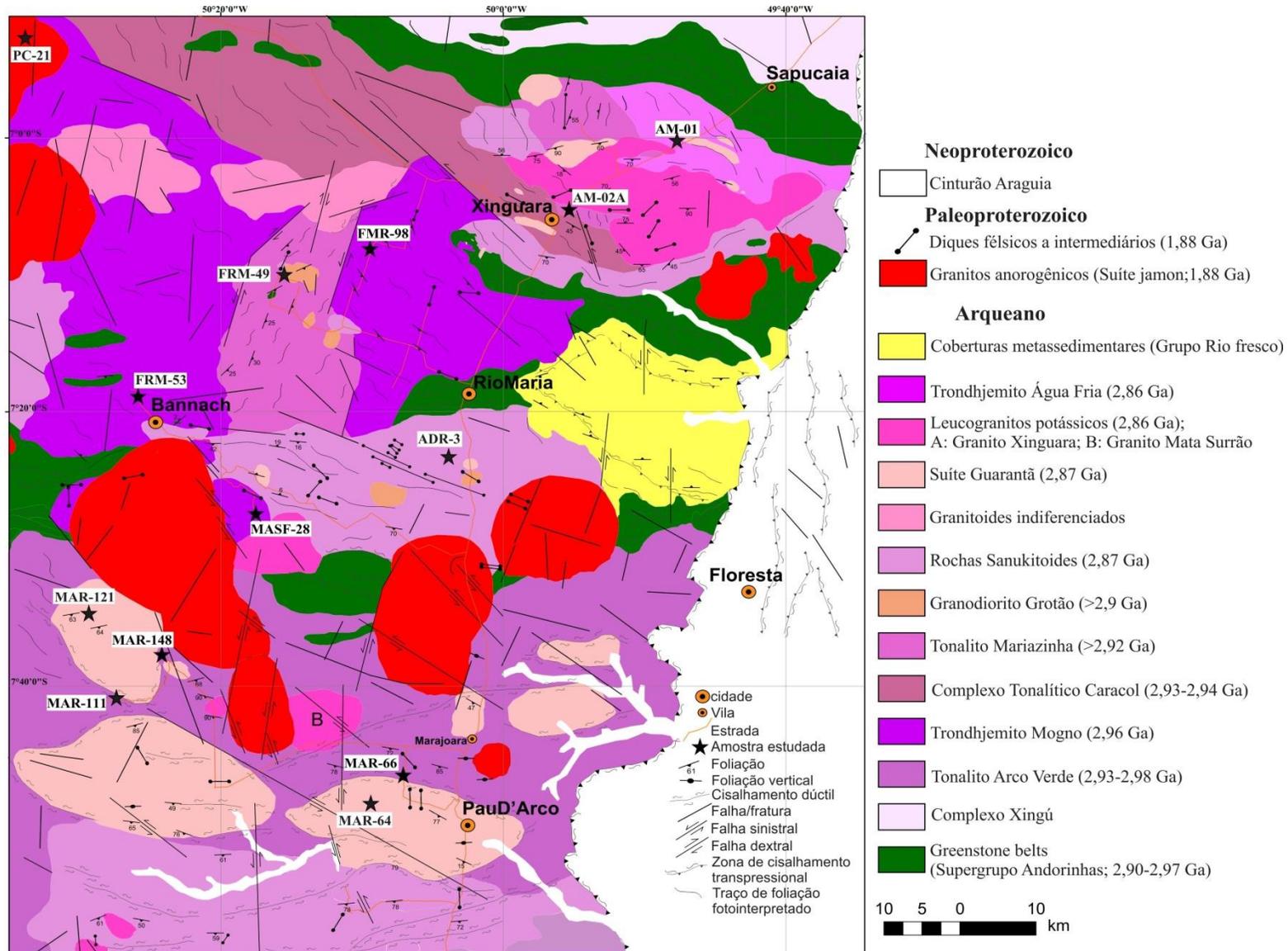


Figura 8 - Mapa geológico do TGGRM, modificado de Almeida *et al.* (2010), com a localização das amostras utilizadas neste estudo.

Tabela 3 - Relação das amostras estudadas com suas respectivas idades de cristalização.

	Rocha	Amostra	Localização	Idade (Ga)
PALEOPROTEROZOICO	Granito São João	PC-21	NW Bannach	1,89 ^f
ARQUEANO	Trondhjemitó Água Fria	AM-01	NE Xinguara	2,86 ^e
	Suíte Guarantã	leucogranito Guarantã MAR-64	Pau D'Arco	2,87 ^d
		Granodiorito Trairão MAR-121	S Bannach	2,87 ^c
	Granodiorito Grotão	FMR-49	NW Rio Maria	2,87
	Suíte Rio Maria	ADR-03	Bannach	2,87 ^b
	Tonalito Mariazinha	AM-02A	N Xinguara	2,92 ^a
	Trondhjemitó Mogno	FRM-53	N Bannach	2,96 ^a
		MASF-28	SE Bannach	2,97 ^a
		FRM-98	NW Rio Maria	2,97 ^a
	Tonalito Arco verde	MAR-66	NW Pau D'Arco	2,95-2,93 ^a
		MAR-148	S Bannach	2,96-2,93 ^a
MAR-111		S Bannach	2,97-2,93 ^a	

a=Almeida *et al.* (2011); b=Rolando & macambira (2003); c=Althoff *et al.* (2000); d=Almeida *et al.* (2013); e=Leite *et al.* (2004); f=Lima (2011).

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1 ESTUDO MORFOLÓGICO DE ZIRCÃO

3.1.1 Tonalito Arco Verde

3.1.1.1 Amostra MAR-66

Todos os sessenta e três cristais de zircão analisados apresentaram zoneamento oscilatório bem definido e grande similaridade morfológica. São predominantemente euédricos e com núcleos euédricos a subédricos bem definidos (Figura 9). Núcleos mais escuros e fortemente metamíticos estão presentes em alguns cristais. Neste caso, é comum a presença de fraturas irradiando a partir deles e seccionando as zonas mais externas e luminescentes dos cristais (Figura 9, cristais 6 e 8), sugerindo enriquecimento em U (Nasdala *et al.* 1999, Corfu *et al.* 2003). Alguns cristais mostram zonas de crescimento mais claras truncadas por zonas mais escuras (Figura 9, cristais 9, 10, 11 e 17), as quais podem representar períodos de reabsorção e/ou dissolução (Hoffman 2007). Outra feição marcante dos zircões dessa rocha é a presença constante de cristais de F-apatita inclusos tanto no núcleo quanto nas bordas dos cristais de zircão (Figura 9). Alguns cristais de apatita truncam zonas de crescimento do zircão, sugerindo cristalização anterior (Figura 9, cristais 11, 13, 14, 15 e 17). Por outro lado, podem ocorrer também acompanhando o sentido de crescimento do zircão, indicando contemporaneidade durante o crescimento de ambas as fases (Figura 9, cristais 9 e 10).

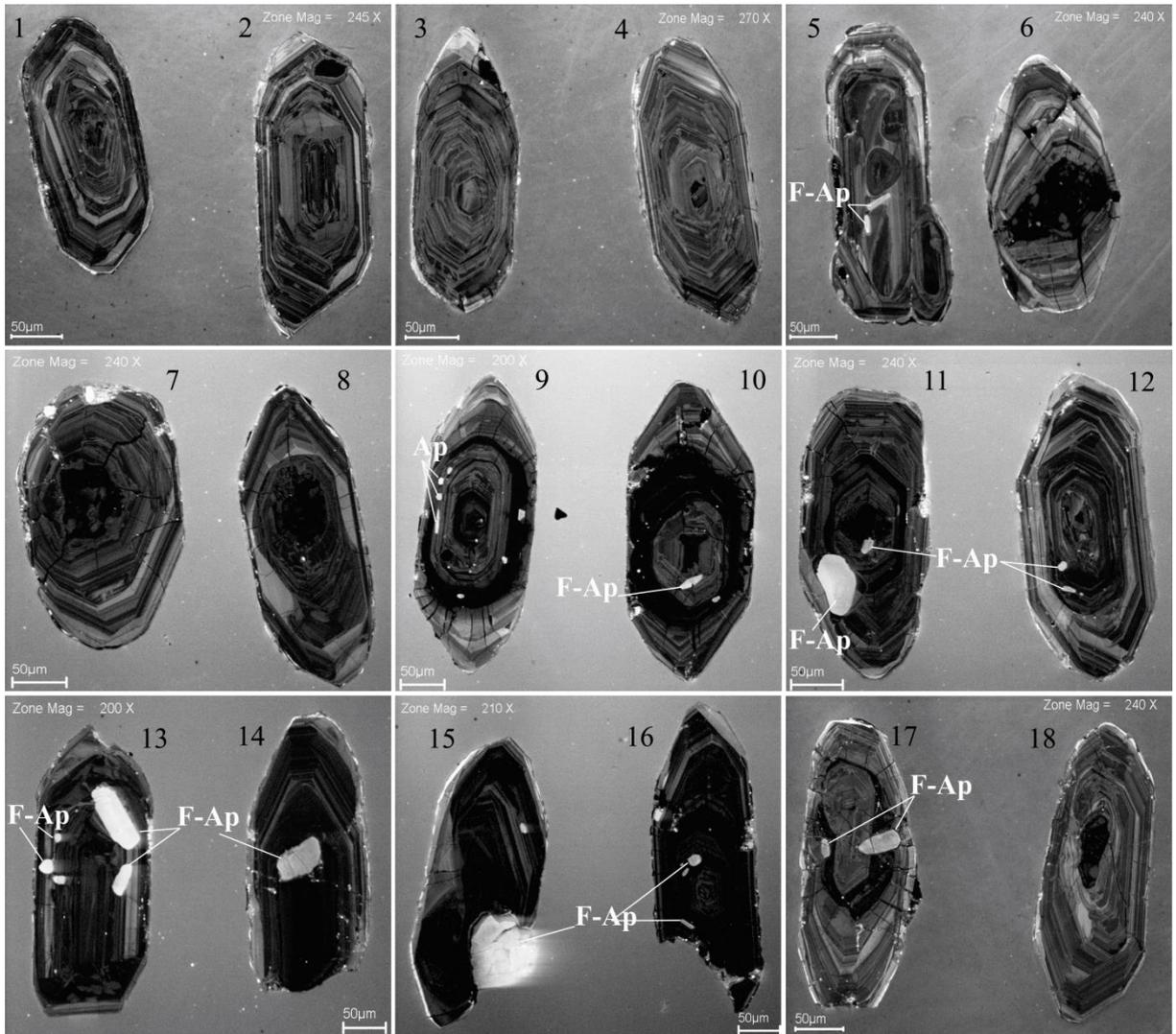


Figura 9 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-66 do Tonalito Arco Verde. F-Ap=Flúor apatita.

3.1.1.2 Amostra MAR-111

Foram estudados trinta e três zircões predominantemente euédricos e com zoneamento oscilatório característico (Figura 10). Cristais com núcleos luminescentes irregulares, raramente zonados (Figura 10, cristais 4, 5, 6, 8, 9, 11 e 14), envolvidos por novo zircão composicionalmente diferente, assemelhando-se a cristais com núcleos herdados (Corfu *et al.* 2003), são comuns nesta amostra. Cristais com essas feições não foram observados na amostra MAR-66. Além desses, existem cristais com núcleos escuros fortemente alterados, geralmente enriquecidos em Ca, Hf, Ce e U, por vezes em Y (Figura 10, cristais 7, 10 e 17). Cristais com bordas luminescentes são raros. Inclusões de F-apatita nas zonas mais externas também são comuns nos zircões dessa amostra (Figura 10, cristais 8, 19 e 24).

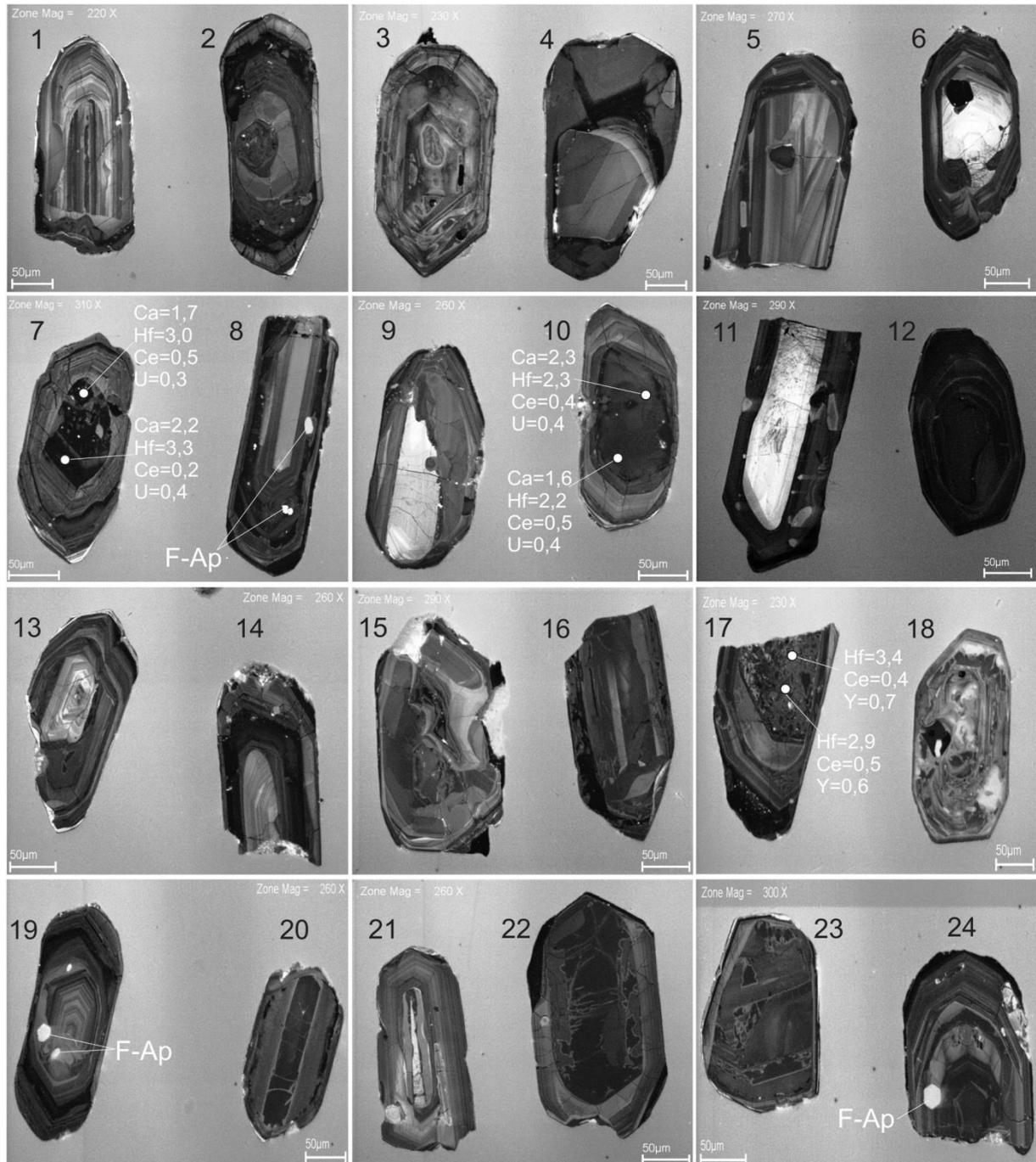


Figura 10 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-111 do Tonalito Arco Verde. F-Ap = Flúor-apatita. Análises elementares de EDS em % em peso.

3.1.1.3 Amostra MAR-148

Foram estudados quarenta e três zircões predominantemente euédricos e com zoneamento oscilatório bem definido (Figura 11). Cristais com núcleos zonados fortemente luminescentes (Figura 11, cristais 7, 8 e 12), sugerindo tratar-se de zircão herdado, ou predominantemente

escuros (metamíticos) são pouco comuns; nesses últimos, é comum a presença de fraturas irradiando a partir dos núcleos metamíticos atravessando as bordas dos cristais e teores mais elevados de Ca, Hf, Ce e U (Figura 11, cristal 19). Finas inclusões de F-apatita aparecem ao longo das zonas de crescimento dos cristais de zircão (Figura 11, cristais 2, 4 e 14) ou truncando as mesmas (Figura 11, cristais 3, 6, 11, 16, 17 e 19).



Figura 11 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-148 do Tonalito Arco Verde. F-Ap = Flúor-apatita. Análises elementares de EDS em % em peso.

3.1.2 Trondhjemito Mogno

3.1.2.1 Amostra FRM-53

Todos os vinte e seis cristais de zircão analisados apresentaram zoneamento oscilatório bem definido e grande similaridade morfológica. São cristais predominantemente euédricos e com núcleos euédricos a subédricos mais claros (Figura 12). Cristais de apatita truncam zonas de crescimento do zircão, sugerindo cristalização anterior (Figura 12, cristais 6, 7, 12 a 16, 18 e 19). Alguns cristais mostram núcleos escuros e intensamente alterados (Figura 12, cristais 17, 18, 20 e 21).

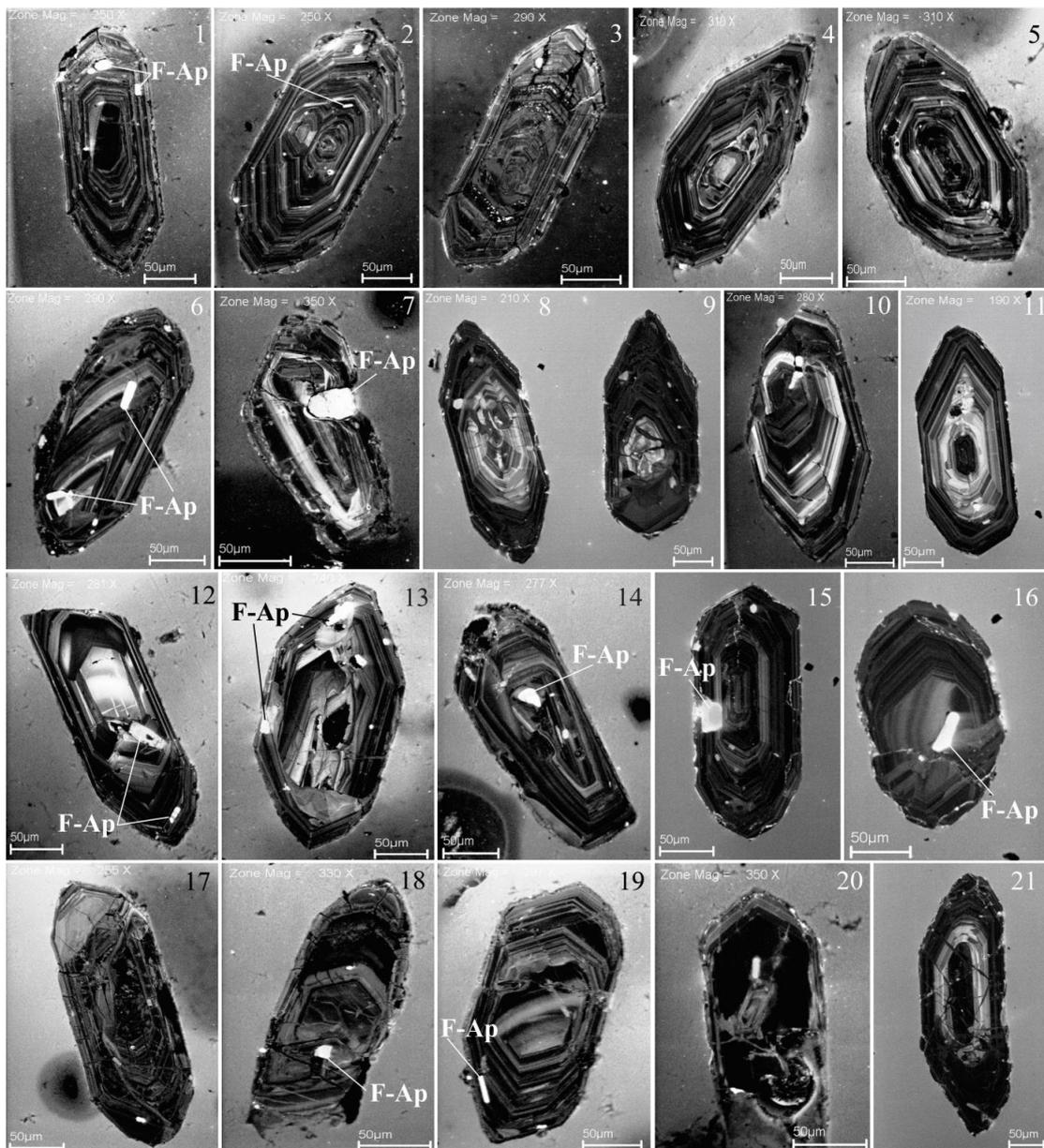


Figura 12 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra FRM-53 do Trondhjemito Mogno. F-Ap= Flúor-apatita.

3.1.2.2 Amostra FRM-98

Os trinta e cinco cristais de zircão analisados apresentaram zoneamento oscilatório bem definido e grande semelhança morfológica. São cristais euédricos com núcleos predominantemente zonados e claros (Figura 13); núcleos metamíticos são pouco comuns (Figura 13, cristais 6 e 7). Cristais de F-apatita truncam comumente as zonas externas de crescimento dos zircões, sugerindo formação próxima ao final da cristalização destes últimos (Figura 13, cristais 2 a 5, 15, 16 e 19).

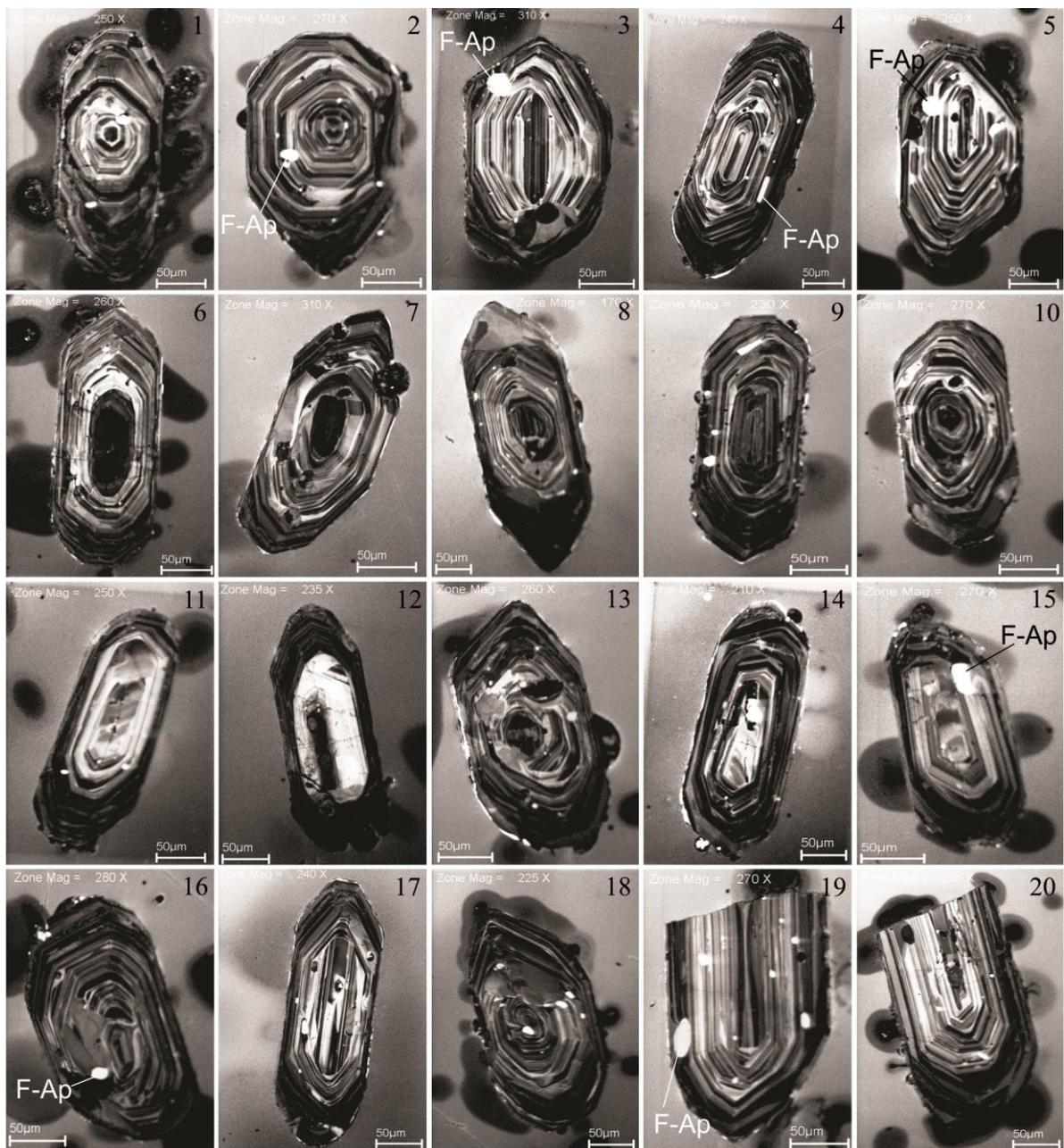


Figura 13 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra FRM-98 do Trondhjemito Mogno. F-Ap=Flúor-apatita.

3.1.2.3 Amostra MASF-28

Os vinte e três cristais estudados são subédricos a euédricos, mostram núcleos ora luminescentes, ora fortemente metamíticos, com as porções escuras e alteradas mais enriquecidas em Ca em relação às mais preservadas (Figura 14, cristais 6, 7, 10 e 11). Cristais de F-apatita são menos frequentes que nos zircões das amostras anteriores (Figura 14.1).

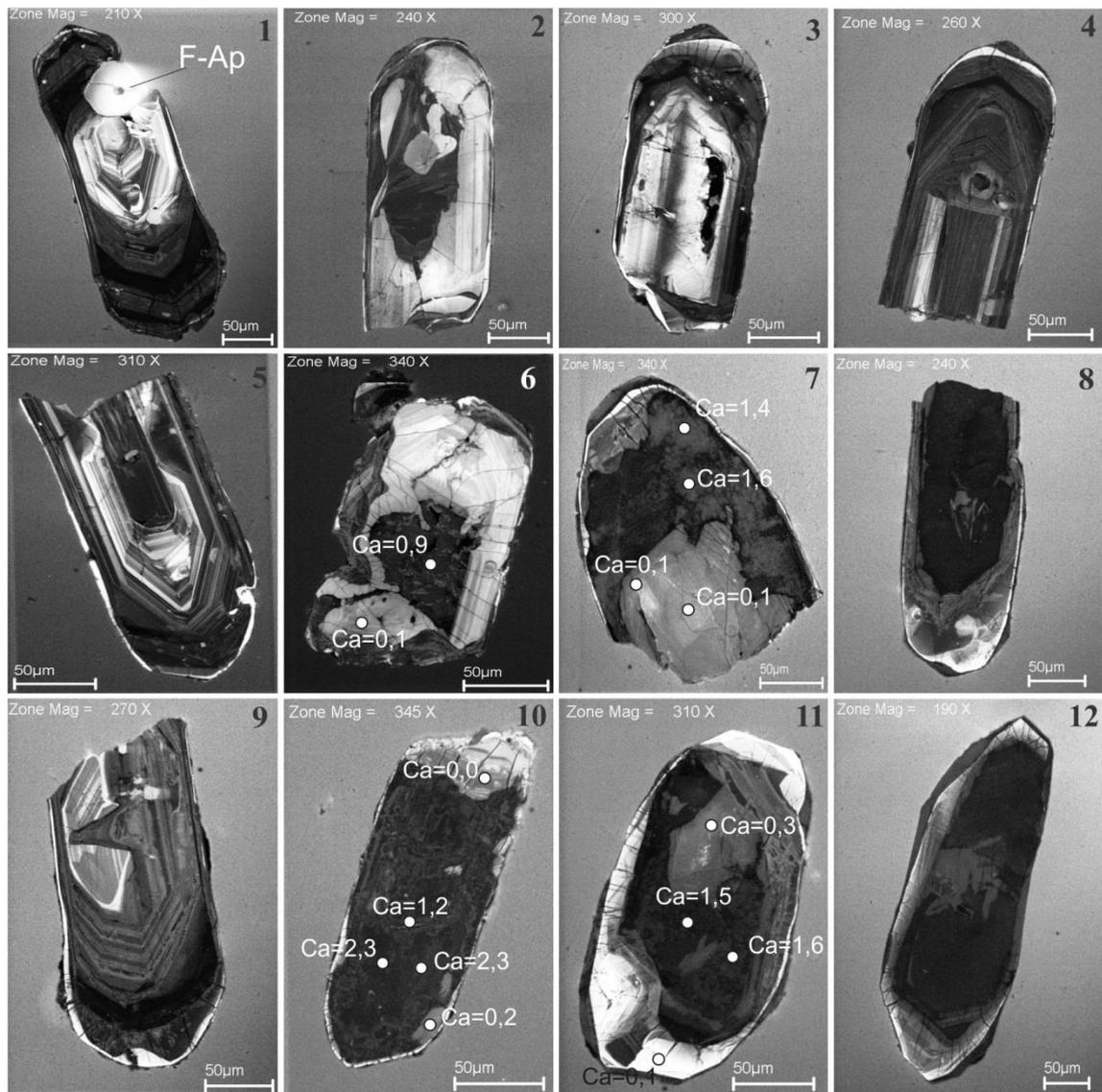


Figura 14 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MASF-28 do Trondhjemito Mogno. F-Ap=Flúor-apatita. Análises elementares de Ca por EDS em % em peso.

3.1.3 Tonalito Mariazinha

3.1.3.1 Amostra AM-02A

Foram analisados quarenta e três cristais de zircão euédricos e luminescentes, com zoneamento composicional bem visível e bordas predominantemente mais luminescentes que suas porções centrais, sugerindo mudança composicional no final de sua cristalização (Figura 15). Alguns cristais mostram núcleos escuros e metamíticos, com fraturas irradiando a partir deles, provavelmente em decorrência dos teores mais elevados de U, Ce e outros elementos radioativos. Nessas regiões, os teores de Ca são também elevados em comparação às zonas mais luminescentes (Figura 15, cristal 16). Uma característica marcante nos zircões desta amostra é a ausência de inclusões de F-apatita.

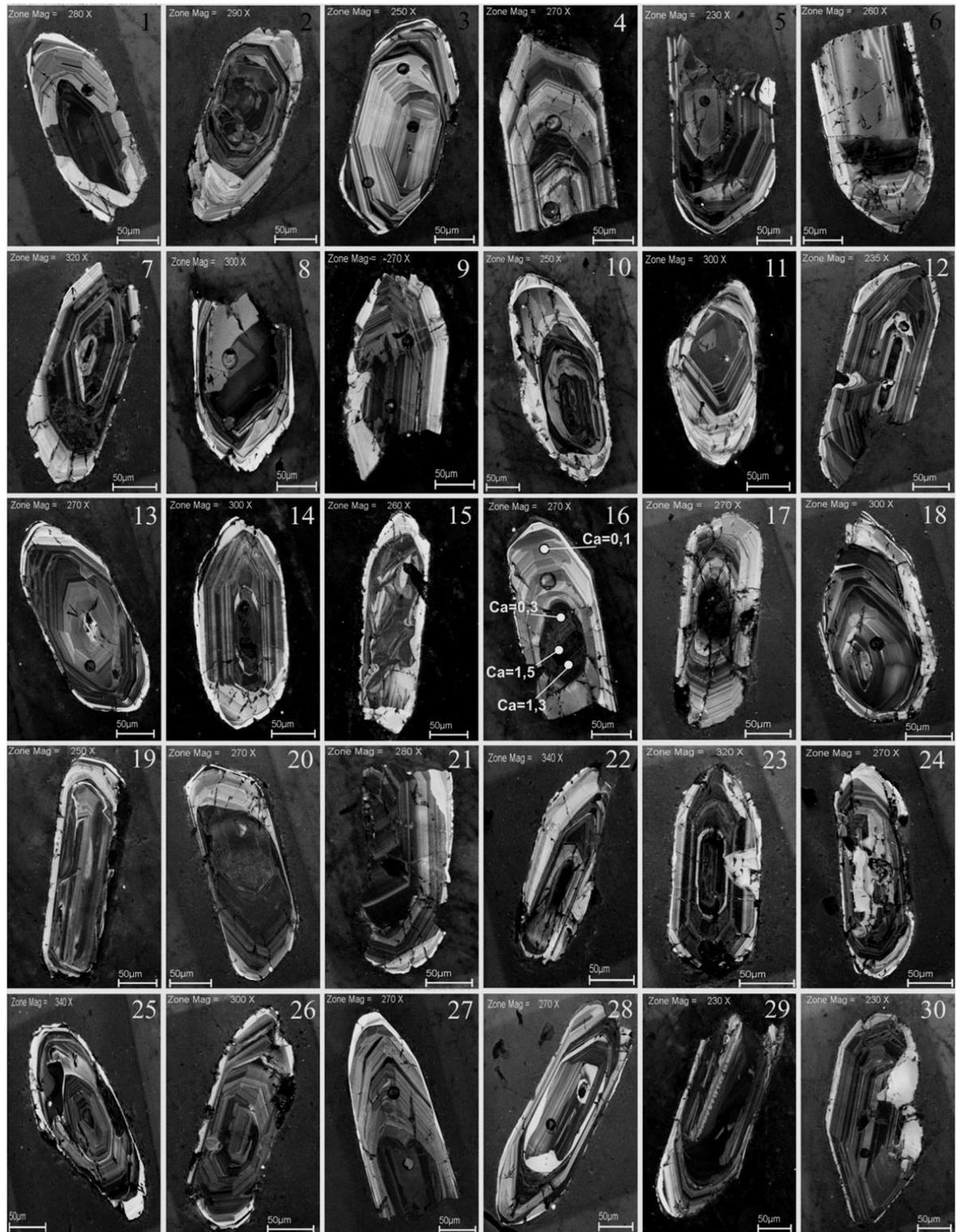


Figura 15 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra AM-02 do Tonalito Mariázinha. Análises elementares de Ca em % em peso.

3.1.4 Trondhjemito Água Fria

3.1.4.1 Amostra AM-01

Trata-se de uma rocha muito pobre em zircão. Os nove zircões estudados mostram formas subédricas a anédricas, luminescência em tons de cinza, fraco zoneamento e intensa corrosão e alteração (Figura 16). Na Figura 16 os zircões 1, 2, 4, 6 e 8 estão fortemente alterados, sobretudo em seus núcleos. Por outro lado, os cristais 3 e 7, comparativamente menos alterados, mostram núcleos homogêneos isentos de zoneamentos composicionais evidentes e bordas mais luminescentes, levemente zonadas. Comparativamente, os zircões desta amostra são os mais metamíticos dentre os diferentes grupos estudados. Inclusões de apatita não foram identificadas nos zircões desta amostra.

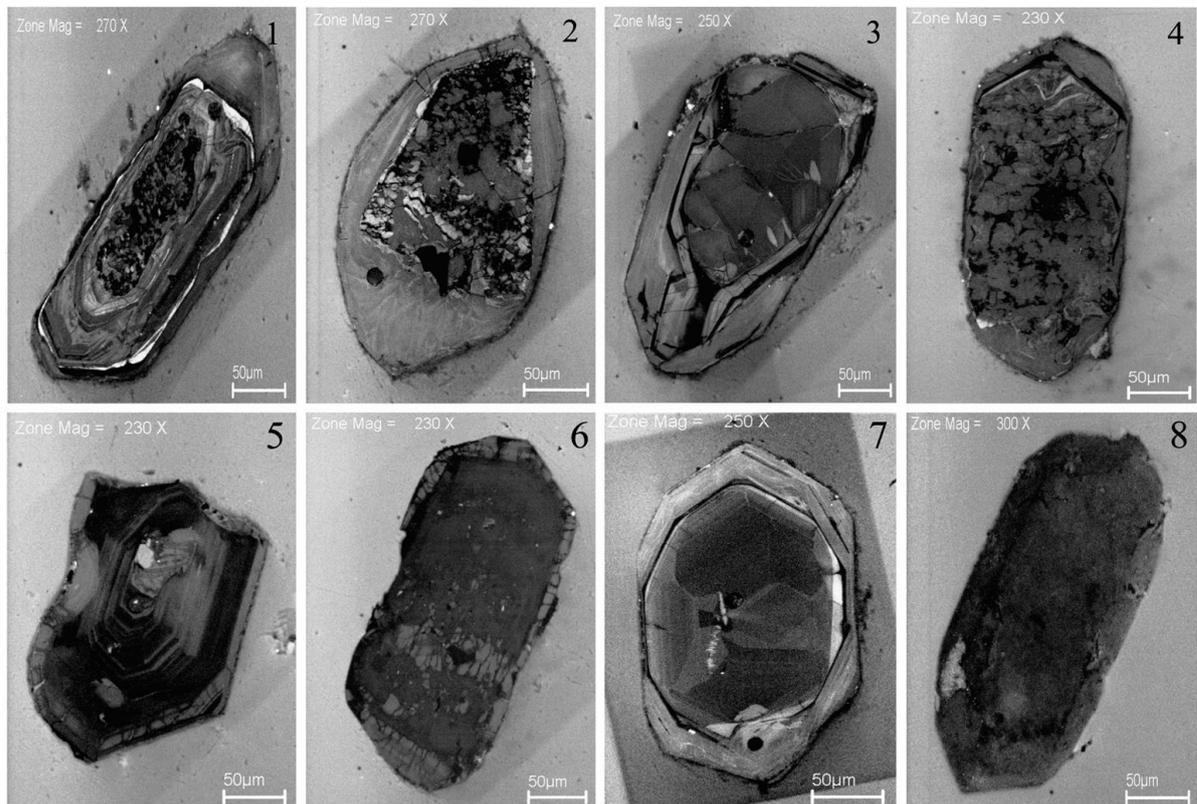


Figura 16 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra AM-01 do Trondhjemito Água Fria.

3.1.5 Suíte Rio Maria

3.1.5.1 Amostra ADR-03

Todos os vinte e cinco cristais de zircão analisados (Figura 17) mostraram formas subédricas a euédricas, zoneamentos oscilatórios bem definidos, tons cinza claros a escuros,

ausência de núcleos metamíticos e de inclusões de apatita. Alguns cristais possuem núcleos comparativamente mais luminescentes e homogêneos (Figura 17, cristais 1, 2, 3, 5 e 12) envoltos por zircão mais escuro.

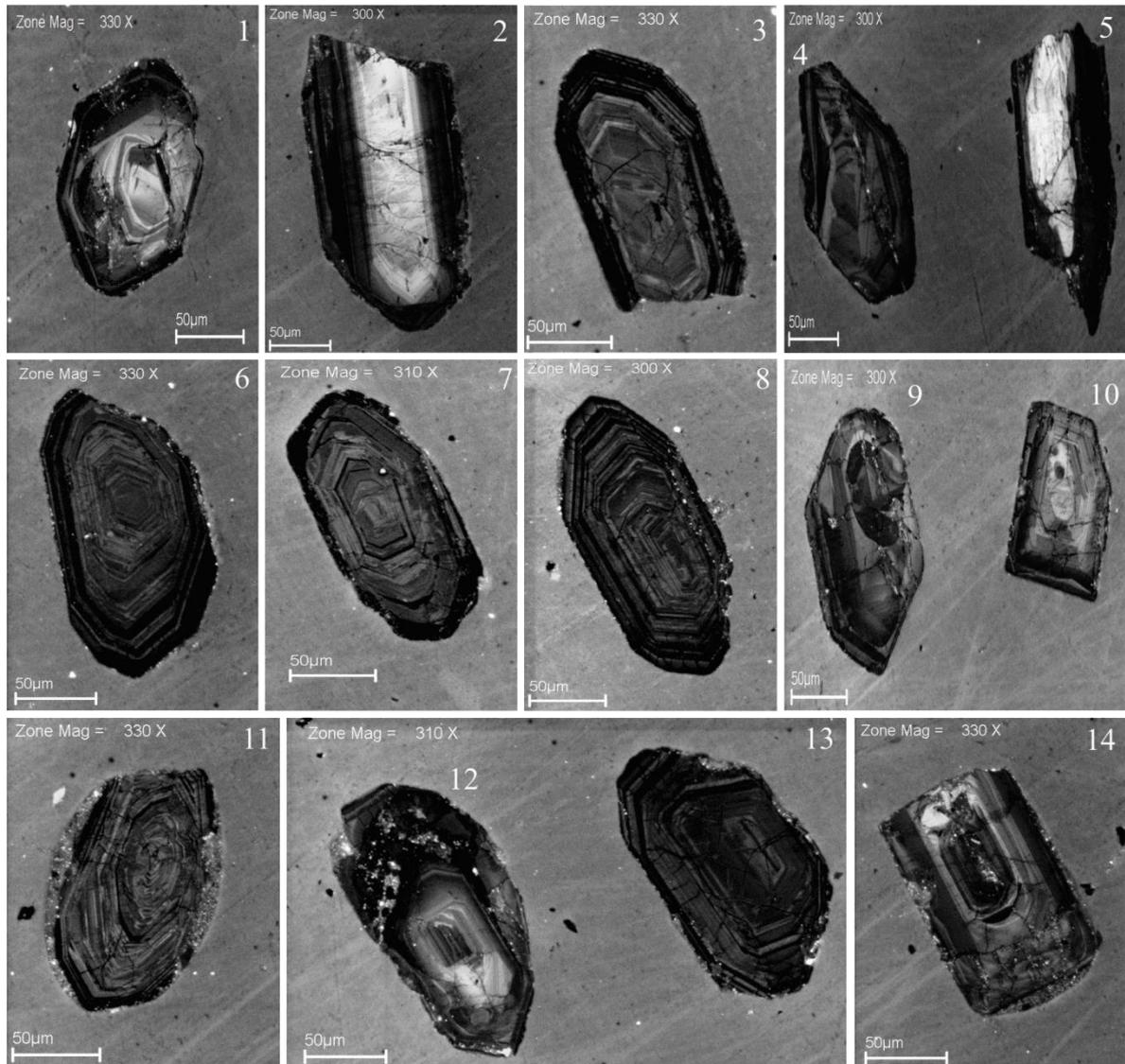


Figura 17 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra ADR-03 da Suíte Rio Maria.

3.1.6 Suíte Guarantã

3.1.6.1 Leucogranito Guarantã

3.1.6.1.1 Amostra MAR-64

Foram analisados vinte e oito zircões euédricos a subédricos. Alguns cristais mostram núcleos luminescentes e homogêneos, com zoneamentos imperceptíveis ou difusos, manteados por zircão mais escuro e fortemente zonado (Figura 18, cristais 1 a 8, 14 e 15), sugerindo mudanças nas condições físicas e químicas durante sua cristalização. Tais núcleos

assemelham-se a “núcleos herdados” e, neste caso, mais empobrecidos em Ca, Hf, U e Ce em relação aos núcleos metamíticos anteriores (Figuras 11, 14 e 15). Cristais com núcleo metamítico e inclusões de apatita não foram identificados nesta amostra.

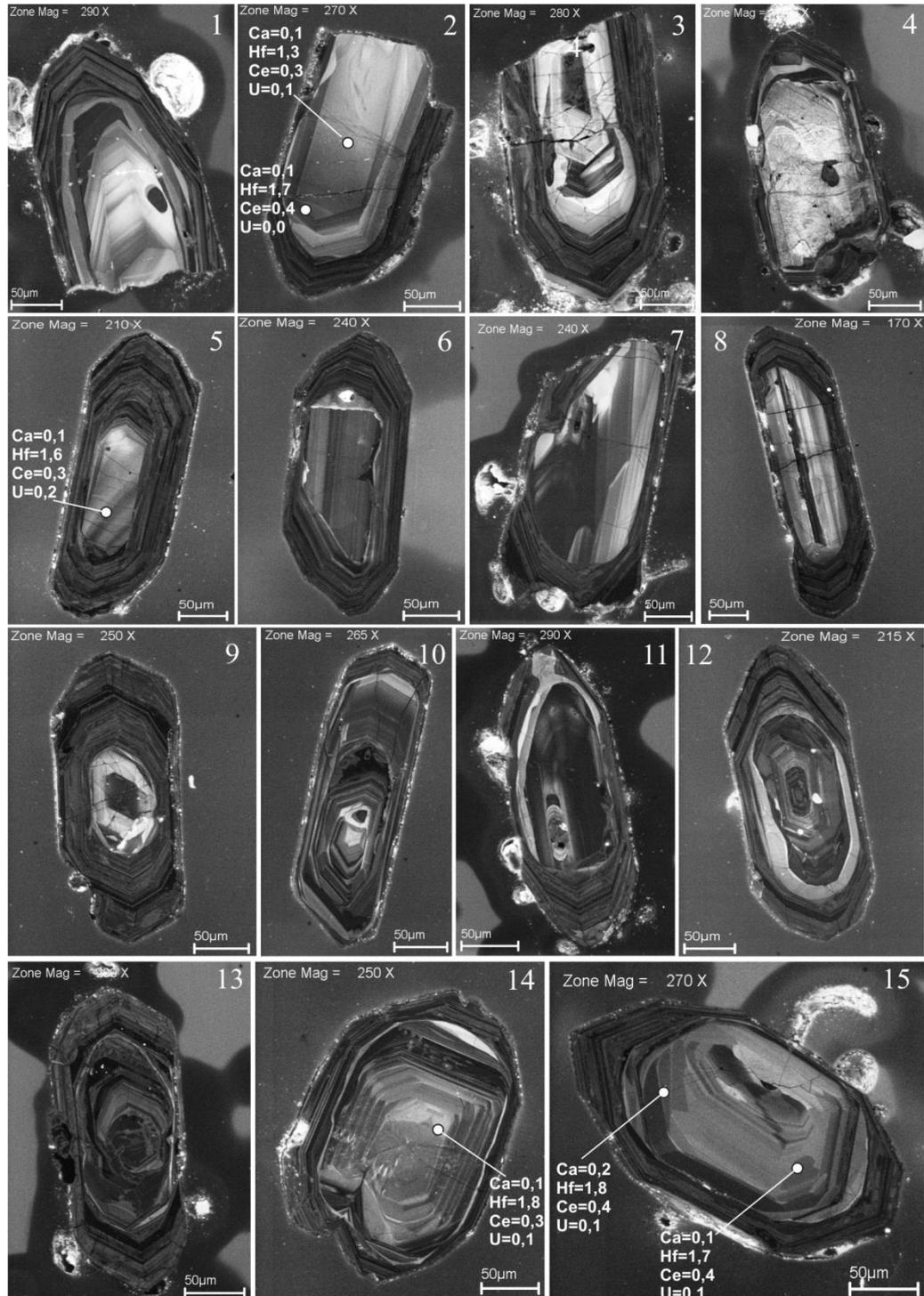


Figura 18 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-64 do Leucogranito Guarantã. Análises elementares de EDS em % em peso.

3.1.6.2 Granodiorito Trairão

3.1.6.2.1 Amostra MAR-121

Catorze cristais de zircão euédricos a subédricos pouco luminescentes e com zoneamento claro-escuro bem definido foram estudados (Figura 19). Alguns mostram núcleo mais desenvolvido, luminescente e homogêneo sem zoneamento evidente (Figura 19, cristais 1, 2, 3, 5, 8 e 11), similares ao observado na amostra MAR-64 do Leucogranito Guarantã; inclusão de F-apatita são raras (Figura 19, cristais 2 e 7).

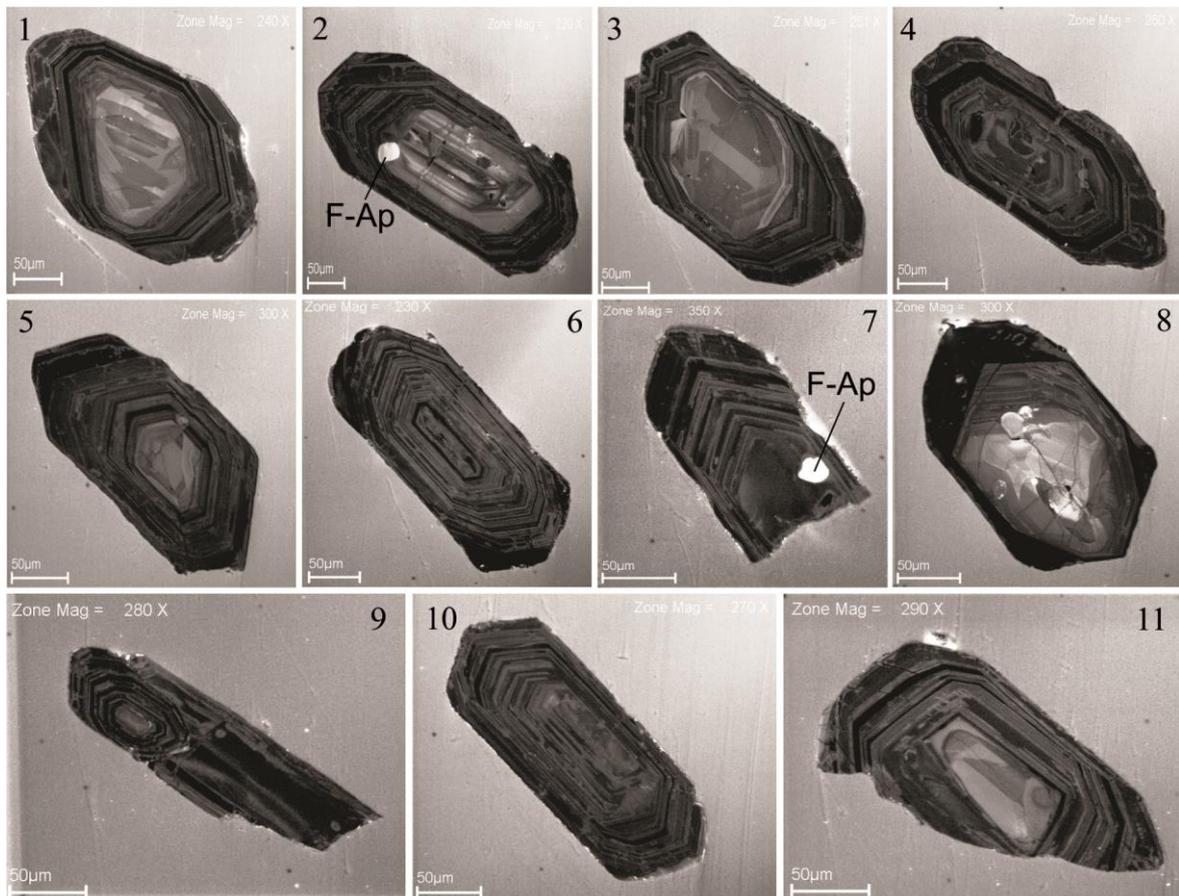


Figura 19 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra MAR-121 do Granodiorito Trairão. F-Ap=Flúor apatita.

3.1.6.3 Granodiorito Grotão

3.1.6.3.1 Amostra FMR-49

Foram analisados oito cristais subédricos com luminescência variável, zoneamento pouco evidente, exceto o cristal 1 da Figura 20, fraturados, corroídos e alterados em diferentes

intensidades. No zircão 2, o núcleo metamítico irregular se expande e fratura as bordas do cristal.

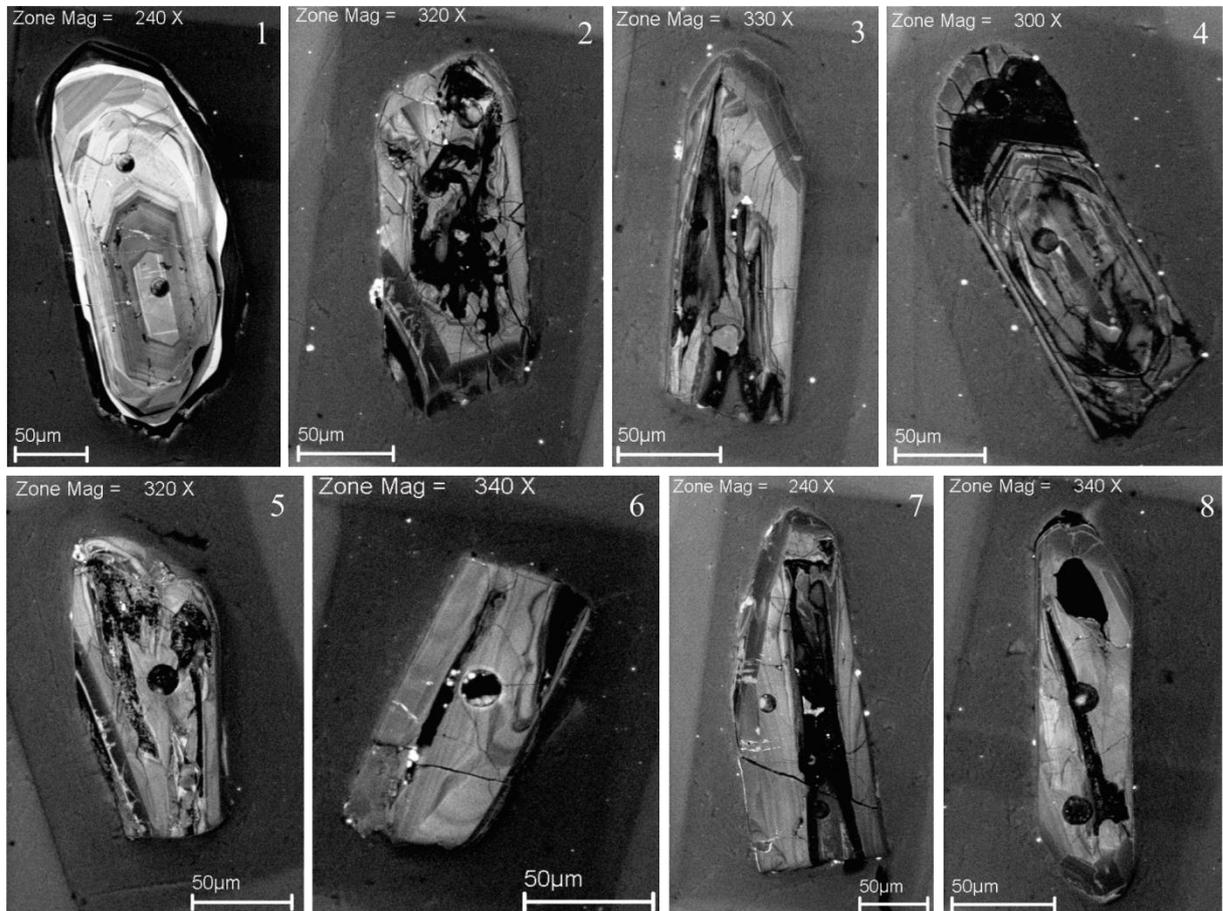


Figura 20 - Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra FRM-49 do Granodiorito Grotão.

3.1.7 Granito São João

3.1.7.1 Amostra PC-21

Foram utilizados vinte e oito cristais de zircão para este estudo. Os zircões são predominantemente euédricos, pouco fraturados e com zoneamento composicional bem definido (Figura 21). Possuem núcleos em geral luminescentes e preservados de alteração evidente. Por outro lado, quase a metade dos cristais mostra núcleo escuro com nível de metamitização variável (Figura 21, cristais 1, 2, 6, 7, 10, 13, 15, 16 e 20), originando fraturas que atingem as bordas dos cristais. Cristais de apatita localizados preferencialmente nas bordas dos zircões é uma feição comum. Em alguns casos, truncam claramente as zonas de crescimento do zircão

(Figuras 21, cristais 5, 8, 9 e 11); em outros, tendem a acompanhá-las (cristais de F-apatita a esquerda do cristal 8 e a direita do cristal 20).

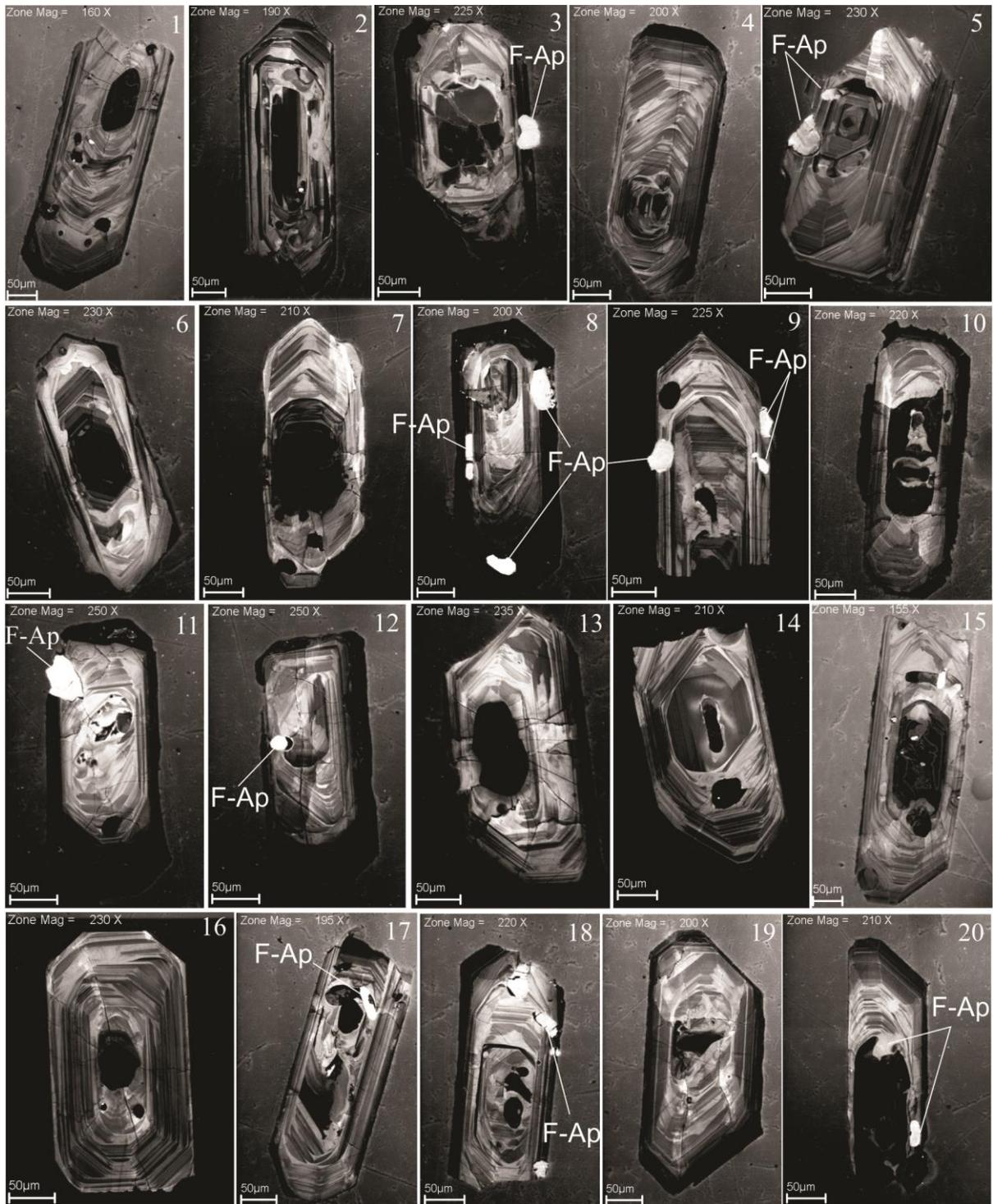


Figura 21.- Imagens de CL de cristais de zircão representativos da amostra PC-21 do Granito paleoproterozoico São João. F-Ap=Flúor apatita.

3.2 ANÁLISES QUÍMICAS DE ZIRCÃO

As análises químicas semiquantitativas foram tratadas e interpretadas separadamente em dois grupos: 1) Rochas tonalíticas-trondhjemíticas e 2) Rochas granodioríticas-graníticas. Dentre os treze elementos analisados Zr, Hf, Ta, Nb, Y e suas razões Zr/Hf, Zr/Ta, Zr/Nb e Nb/Ta caracterizaram melhor os grupos de rochas estudados nos diagramas geoquímicos. A Tabela 4 sumariza as concentrações e razões elementares médias dos zircões de cada unidade geológica estudada, enquanto os Anexos 1 (tonalitos-trondhjemitos) e 2 (granodioritos-granitos) apresentam as análises completas de EDS. É feito a seguir, uma descrição das variações geoquímicas dos zircões das amostras de cada um dos dois grupos e, em seguida, mostrado tais variações em diagramas geoquímicos.

3.2.1 – Rochas tonalíticas-trondhjemíticas

Tonalito Arco Verde

Zircões da amostra MAR-148 são comparativamente enriquecidos em Zr, Hf, Ta e mostram razões Zr/Hf e Zr/Ta mais baixas que as amostras MAR-111 e MAR-66. Por outro lado, zircões da amostra MAR-66 são enriquecidos em Nb e mostram conteúdos médios variando predominantemente entre 2,4 e 2,7%, com uma única análise apresentando teor de 2,1% de Nb (Anexo 1); tais concentrações proporcionaram razões Zr/Nb médias entre 19,8 e 25,4 (Tabela 4), bem inferiores a dos zircões das amostras MAR-111 (31,5-43,7) e MAR-148 (25,2-37,0). Os teores de Y e a somatória de Hf+Y+Th+U são mais elevados nos zircões das amostras MAR-111 e MAR-148 (0,5-1,5 e 2,8-4,5 %, respectivamente) em relação aos zircões da amostra MAR-66 (0,1-0,3 e 2,1-2,8 %, respectivamente).

Trondhjemito Mogno

Zircões da amostra MASF-28 são enriquecidos em Zr, Hf, Ta, possuem conteúdos de Hf+Y+Th+U mais elevados e razões Zr/Hf, Zr/Ta e Nb/Ta mais baixas quando comparados com zircões das amostras FRM-53 e FRM-98 (Tabela 3). Os teores de Nb são mais elevados nos zircões da amostra FRM-98 (2,4-2,9%) e similares nas amostras FRM-53 e MASF-28 (1,4-2,0%). Os conteúdos de Y são semelhantes nos zircões das amostras FRM-53 (0,6-0,8%) e MASF-28 (0,5-0,9) e mais elevados em relação aos zircões da amostra FRM-98 (0,0-0,4%).

Tonalito Mariazinha

Zircões do Tonalito Mariazinha apresentam os maiores percentuais de Zr (60,9-62,5%) e conteúdos de Hf (2,0-2,5%), Ta (1,5-1,9%) e Nb (1,5-2,2%) similares aos encontrados nos zircões da amostra MAR-148 do Tonalito Arco Verde (2,0-2,7%, 1,3-1,9% e 1,6-2,4%, respectivamente). As razões Zr/Hf, Zr/Ta e Zr/Nb variam de 25,4-30,6, 33,4-40,0 e 27,9-41,8, neste mesmo sentido.

Trondhjemito Água Fria

Os zircões do Trondhjemito Água Fria são os mais metamíticos (Figura 15), apresentam os menores conteúdos de Zr (51,6-59,7%) e os mais elevados de Hf (2,2 a 6,2%), proporcionando as mais baixas razões Zr/Hf (8,4 a 26,1). Os teores de Ta variam de 0,7 a 1,2% e se sobrepõem àqueles encontrados nos zircões das amostras MAR-66 e MAR-111 do Tonalito Arco Verde e FRM-53 e FRM-98 do Trondhjemito Mogno (Tabela 3). O Nb varia de 1,5 a 1,9% e é muito próximo ao encontrado nos zircões do Tonalito Mariazinha (AM-02A; 1,5 a 2,2%), do Trondhjemito Mogno (MASF-28; 1,4 a 2,0% e FRM-53; 1,5 a 1,8%) e Tonalito Arco Verde (MAR-111; 1,3 a 1,9%).

3.2.1.1 – Diagramas discriminantes

No diagrama Zr x Hf (Figura 22) os zircões das rochas tonalíticas-trondhjemíticas se agrupam a esquerda, com uma ampla variação nos conteúdos Zr (51,6 a 63,8%) e pequena de Hf (1,6 a 2,9%). Uma maior dispersão nos teores de Hf (2,2 a 6,2%) é verificada nos zircões da amostra MASF-28 do Tonalito Água Fria. Os cristais de zircão do Tonalito Arco Verde MAR-66 mostram as menores concentrações de Zr (52 a 56%) e Hf (1,6-2,3%), enquanto os zircões das outras duas amostras (MAR-111 e MAR 148) são comparativamente enriquecidos nesses dois elementos (Zr=57 a 62%; Hf=1,8-2,8%) e plotam acima e mais a direita no diagrama.

Os zircões do Trondhjemito Mogno apresentam concentrações de Zr e Hf decrescentes, respectivamente, no sentido das amostras MASF-28 (57,8-63,8 e 2,0-2,9%), FRM-53 (56,9-59,8 e 1,8-2,6%) e FRM-98 (54,4 a 58,0 e 1,6-2,1%), com esta última se sobrepondo parcialmente aos zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66 (Figura 22). Zircões do Tonalito Mariazinha (AM-02A) tendem a acompanhar os do Trondhjemito Mogno MASF-28 em termos de Zr e Hf sendo, porém, um pouco mais empobrecidos em Zr. Os zircões do

Trondhjemito Água Fria (AM-01), considerados os mais metamíticos, apresentam grande dispersão no diagrama, com os conteúdos de Zr variando de 51,6-59,7% e os de Hf de 2,2-6,2%.

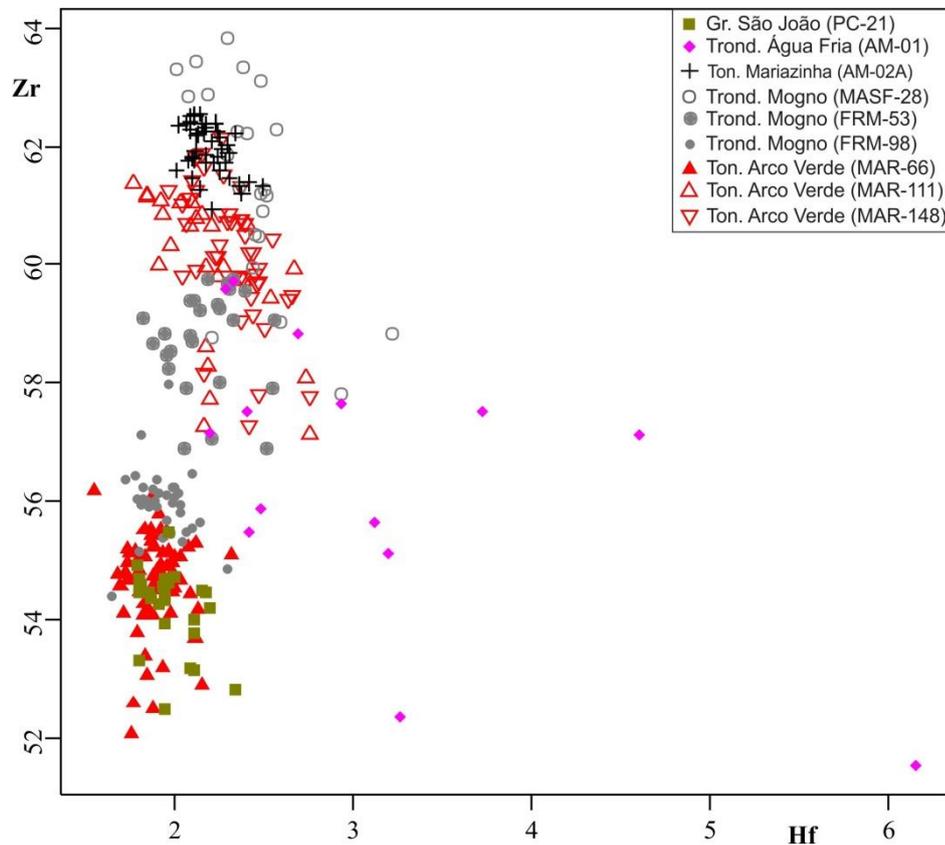


Figura 22.- Diagrama Zr x Hf (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

No diagrama Y x Ta (Figura 23), os zircões das rochas arqueanas mostram conteúdos de Y predominantemente inferiores a 1,0% e variáveis de Ta (0,7 a 2,0%), proporcionando a individualização de três conjuntos de rochas. Os zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66 e do Trondhjemito Mogno FRM-98 apresentam as menores concentrações nesses elementos e tendem a se agrupar no canto esquerdo inferior, enquanto os zircões do Trondhjemito Mogno FRM-53 e do Trondhjemito Água Fria (AM-01), com teores similares de Ta e um pouco mais enriquecidos em Y (0,6-0,8%) que os anteriores, se agrupam imediatamente acima. Zircões das outras duas amostras do Tonalito Arco Verde (MAR-111 e MAR-148), do Trondhjemito Mogno MASF-28 e do Tonalito Mariazinha são comparativamente enriquecidos em Ta e mostram maior variação nos conteúdos de Y (Tabela 4), se destacando dos demais; dentre esses três últimos grupos, os zircões do Trondhjemito Mogno MASF-28 apresentaram os teores mais elevados de Ta (1,7-2,0%).

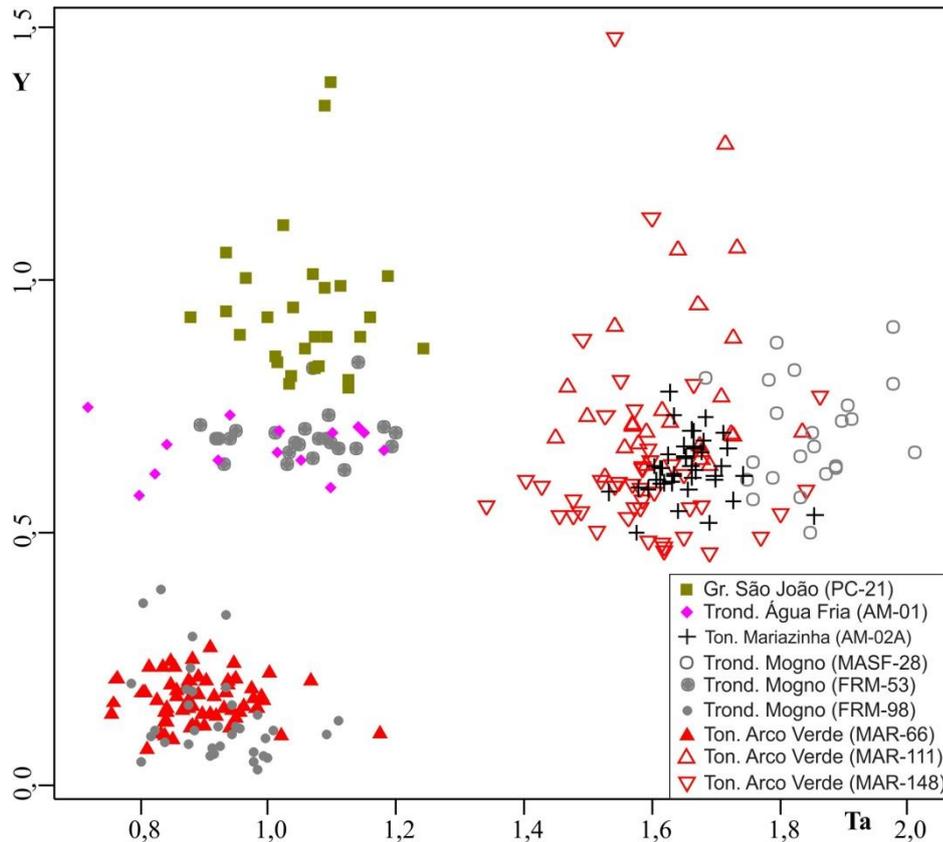


Figura 23.- Diagrama Y x Ta (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

O diagrama Y x Nb (Figura 24) mostra uma forte correlação negativa entre os zircões estudados e a individualização de dois conjuntos de rochas. O primeiro, formado por cristais de zircão do Tonalito Arco Verde MAR-66 e do Trondhjemito Mogno FRM-98, é enriquecido em Nb (2,1 a 2,7% e 2,4 a 2,9%, respectivamente) e possui as menores concentrações de Y (0,1 a 0,3% e 0,0 a 0,4%, respectivamente). O segundo, representado por zircões do Tonalito Arco Verde (MAR-111 e MAR-148), Trondhjemito Mogno (FRM-53 e MASF-28), Tonalito Mariazinha (AM-02A) e Trondhjemito Água Fria (AM-01), possui conteúdos de Nb comparativamente mais baixos (dominantemente entre 1,3 e 2,0%) e de Y mais elevados (em geral entre 0,5 a 1,0%) em relação aos zircões do primeiro conjunto, com zircões das duas primeiras amostras (MAR-111 e MAR-148) apresentando maior enriquecimento em Y. Por outro lado, zircões do Trondhjemito Mogno FRM-53 e do Trondhjemito Água Fria (AM-01) mostram variações menores nos conteúdos de Nb (1,5 a 1,9%) e de Y (0,6 a 0,8%) e se sobrepõem no centro do diagrama. Os zircões do Tonalito Mariazinha (AM-02A) mostram um leve enriquecimento em Nb (1,5 a 2,2%) em relação aos zircões das duas amostras anteriores (Figura 24).

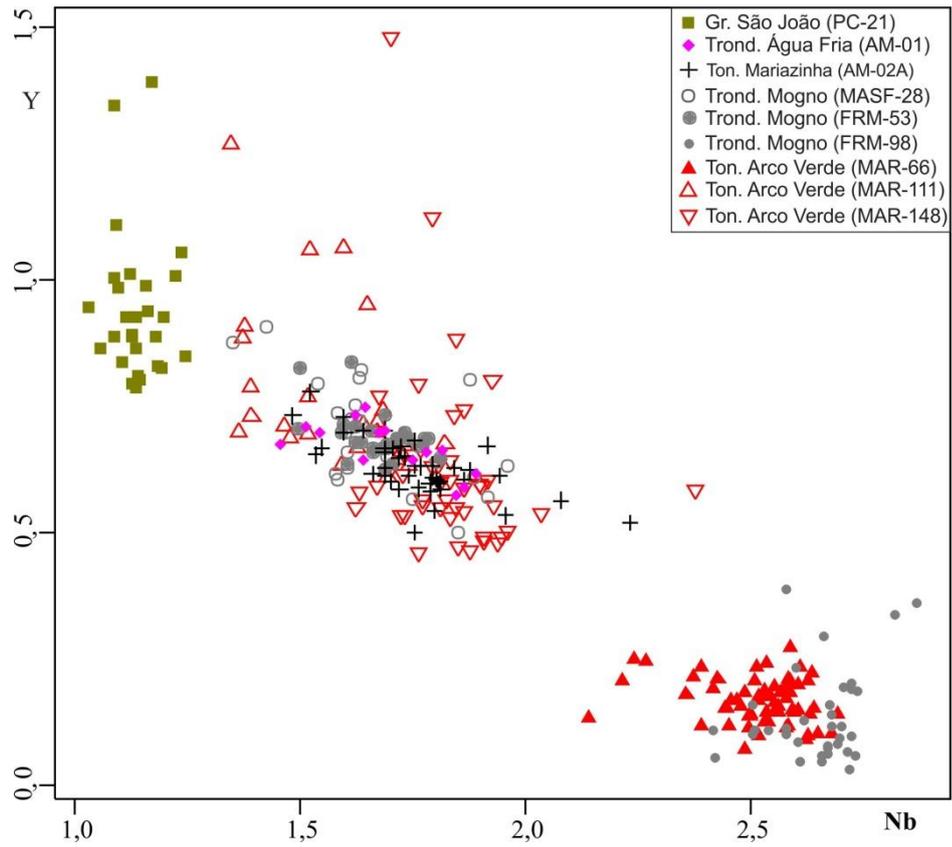


Figura 24.- Diagrama Y x Nb (% em peso) de zircões dos Tonalitos e Trondhjemites arqueanos estudados. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

Tabela 4 – Sumário da variação elementar (% em peso do elemento) e razões médias dos zircões das diferentes unidades estudadas obtidas por MEV-EDS. Entre parêntese, número de zircões analisados.

Unidade	Amostra	Zr	Hf	Ta	Nb	Y	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Σ
Tonalito Arco Verde	MAR-66 (63)	52,1-56,2	1,6-2,3	0,8-1,3	2,1-2,7	0,1-0,3	24,6-36,2	41,6-73,2	19,8-25,4	2,0-3,3	2,1-2,8
	MAR-111 (27)	56,2-61,4	1,8-2,7	0,9-1,8	1,3-1,9	0,6-1,3	21,2-34,5	33,2-66,1	31,5-43,9	0,7-1,9	2,8-4,5
	MAR-148 (43)	57,3-62,2	2,0-2,8	1,3-1,9	1,6-2,4	0,5-1,5	20,9-31,1	32,3-45,8	25,2-37,0	0,9-1,4	2,8-4,5
Trondhjemito Mogno	FRM-53 (26)	56,9-59,8	1,8-2,6	0,9-1,2	1,5-1,8	0,6-0,8	22,6-32,3	48,3-65,8	32,7-38,8	1,3-1,9	2,8-3,7
	FRM-98 (35)	54,4-58,0	1,6-2,1	0,8-1,1	2,4-2,9	0,0-0,4	23,8-33,0	49,4-71,1	19,6-23,0	2,3-3,6	2,0-2,8
	MASF-28 (23)	57,8-63,8	2,0-2,9	1,7-2,0	1,4-2,0	0,5-0,9	18,2-31,4	30,3-36,4	30,9-45,9	0,7-1,1	3,0-4,4
Tonalito Mariazinha	AM-02A (43)	60,9-62,5	2,0-2,5	1,5-1,9	1,5-2,2	0,5-0,8	25,4-30,6	33,4-40,0	27,9-41,8	0,9-1,3	2,9-3,4
Trondhjemito Água Fria	AM-01 (14)	51,6-59,7	2,2-6,2	0,7-1,2	1,5-1,9	0,6-0,8	8,4-26,1	45,8-77,8	29,9-37,2	1,3-2,3	3,2-7,3
Suíte Rio Maria	ADR-03 (25)	59,1-62,0	1,8-2,6	1,2-1,8	1,7-2,1	0,5-0,7	22,3-34,0	35,1-51,1	28,3-35,7	1,2-1,7	2,7-3,7
Leucogranito Guarantã	MAR-64 (28)	55,0-61,2	1,7-2,3	1,3-1,6	2,1-2,4	0,2-0,9	25,4-33,6	34,7-46,1	22,5-29,6	1,3-1,9	2,3-3,7
Granodiorito Trairão	MAR-121 (14)	47,1-55,8	1,8-2,4	0,9-1,1	2,2-2,8	0,0-0,8	22,0-30,5	47,2-61,6	19,9-21,8	2,2-3,1	2,2-3,4
Granodiorito Grotão	FRM-49 (08)	57,2-61,3	1,8-2,3	1,4-1,6	1,4-1,9	0,4-0,7	25,6-31,8	37,6-41,6	31,6-40,2	0,9-1,3	2,9-3,4
Granito São João	PC-21 (28)	52,5-55,5	1,8-2,3	0,9-1,2	1,0-1,2	0,8-1,4	22,6-30,6	43,8-61,7	43,0-51,4	0,9-1,4	2,9-3,6

Σ= somatória de Hf+Y+Th+U

O diagrama envolvendo as razões Zr/Nb x Nb/Ta (Figura 25) mostra uma correlação negativa e uma nítida separação entre os diferentes grupos de rochas, com os zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66 e do Trondhjemito Mogno FRM-98 apresentando as mais elevadas e as mais baixas razões Nb/Ta (2,0 a 3,3 e 2,3 a 3,6) e Zr/Nb (19,8 a 25,4 e 19,3 a 26,0), respectivamente. Os zircões do Tonalito Arco Verde MAR-111 e MAR-148, do Trondhjemito Mogno MASF-28 e do Tonalito Mariazinha mostram razões Nb/Ta comparativamente mais baixas (0,7 a 1,4), possuem as mais elevadas e variáveis razões Zr/Nb (25,2 a 45,9) e plotam no lado esquerdo superior do diagrama. Zircões do Trondhjemito Mogno MFR-53 e do Tonalito Água Fria AM-01 possuem razões aproximadamente similares e intermediárias a dos zircões das outras unidades.

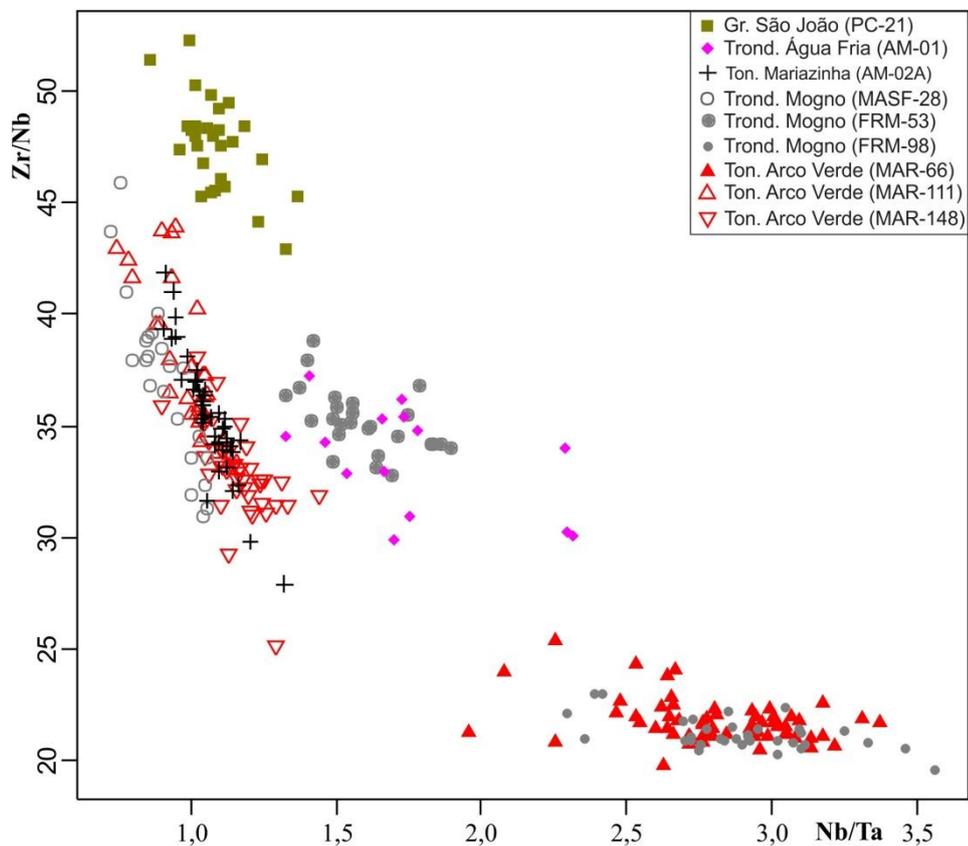


Figura 25.- Diagrama Zr/Nb x Nb/Ta de zircões dos Tonalitos e Trondhjemitos arqueanos estudados. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

3.2.2 – Rochas granodioríticas-graníticas

As rochas da Suíte Rio Maria possuem zircões com conteúdos de Zr mais elevados (59,1-62,0%) e de Hf coincidentes a levemente superiores (1,8 a 2,6%) ao das outras rochas deste grupo. Os teores médios de Ta dos zircões dessas rochas variam de 1,2 a 1,8% e se aproximam dos valores médios encontrados nos zircões do leucogranito Guarantã (1,3 a 1,6%) e Granodiorito Grotão (1,4 a 1,6%), sendo, entretanto, mais elevados que aqueles dos zircões do Granodiorito Trairão (0,9 a 1,1%), proporcionando razões Zr/Ta médias de 35,1 a 51,1 (Tabela 4); o leucogranito Guarantã e o Granodiorito Grotão apresentaram razões Zr/Ta médias próximas as dos zircões do sanukitoide Rio Maria (34,7 a 46,1 e 37,6 a 41,6, respectivamente), enquanto o Granodiorito Grotão mostrou razões Zr/Ta médias mais elevadas (47,2 a 60,6). Por outro lado, os teores de Nb dos zircões dos sanukitoides Rio Maria (1,7 a 2,1%) se aproximam daqueles encontrados nos zircões do Granodiorito Grotão (1,4 a 1,9%) e são relativamente inferiores aos dos zircões do leucogranito Guarantã e Granodiorito Trairão (2,1 a 2,4% e 2,2 a 2,8%, respectivamente), proporcionando razões Zr/Nb mais elevadas nos sanukitoides (28,3 a 35,7) e no Granodiorito Grotão (31,6 a 40,2) em relação às das duas últimas rochas (22,5 a 29,6 e 19,9 a 21,8, respectivamente). Essas pequenas diferenças composicionais são bem visualizadas nos diagramas discriminantes (item 3.2.2.1), onde a individualização dos grupos de rochas é mais evidente.

3.2.2.1 – Diagramas discriminantes

No diagrama Zr x Hf (Figura 26), os teores de Hf das rochas granodioríticas-graníticas tendem a se sobrepôr entre 1,8 e 2,4%, enquanto os de Zr são dominantes entre 55,0 e 62,0%. O Zr é mais baixo nos zircões do Granodiorito Trairão (47-56%) e mais elevado nos zircões da Suíte Rio Maria (59-62%); os zircões do Granodiorito Grotão tendem a acompanhar, de modo geral, aqueles dos granodioritos Rio Maria, enquanto os do leucogranito Guarantã apresentam conteúdos de Zr intermediários (55-61%) aos mencionados anteriormente. Os zircões do granito São João acompanham os do Granodiorito Trairão em termos de conteúdos de Zr e Hf.

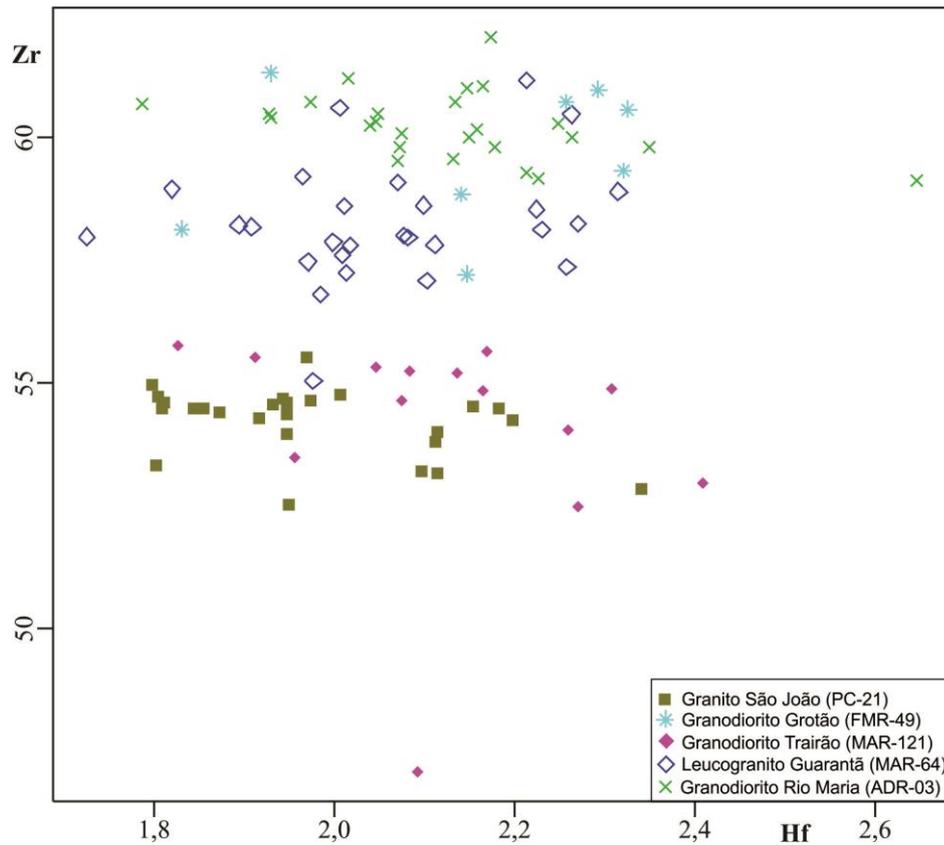


Figura 26-. Diagrama Zr x Hf (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

O diagrama Y x Ta (Figura 27) mostra uma melhor separação entre as rochas granodioríticas-graníticas estudadas; os cristais de zircão do Granodiorito Trairão apresentam as mais baixas concentrações nesses elementos quando comparados aos zircões das outras rochas granodioríticas-graníticas, com exceção de três cristais que são mais enriquecidos em Y. Os zircões do leucogranito Guarantã, do Granodiorito Grotão e da Suíte Rio Maria apresentam conteúdos de Ta na faixa de 1,2 a 1,6% e de Y entre 0,1 e 0,7%, com os zircões do primeiro sendo mais empobrecidos neste elemento. Os zircões do Granito São João são pobres em Ta (dominantemente <1,2%) e mais enriquecidos em Y (0,8% a 1,4%) em comparação aos zircões das outras rochas.

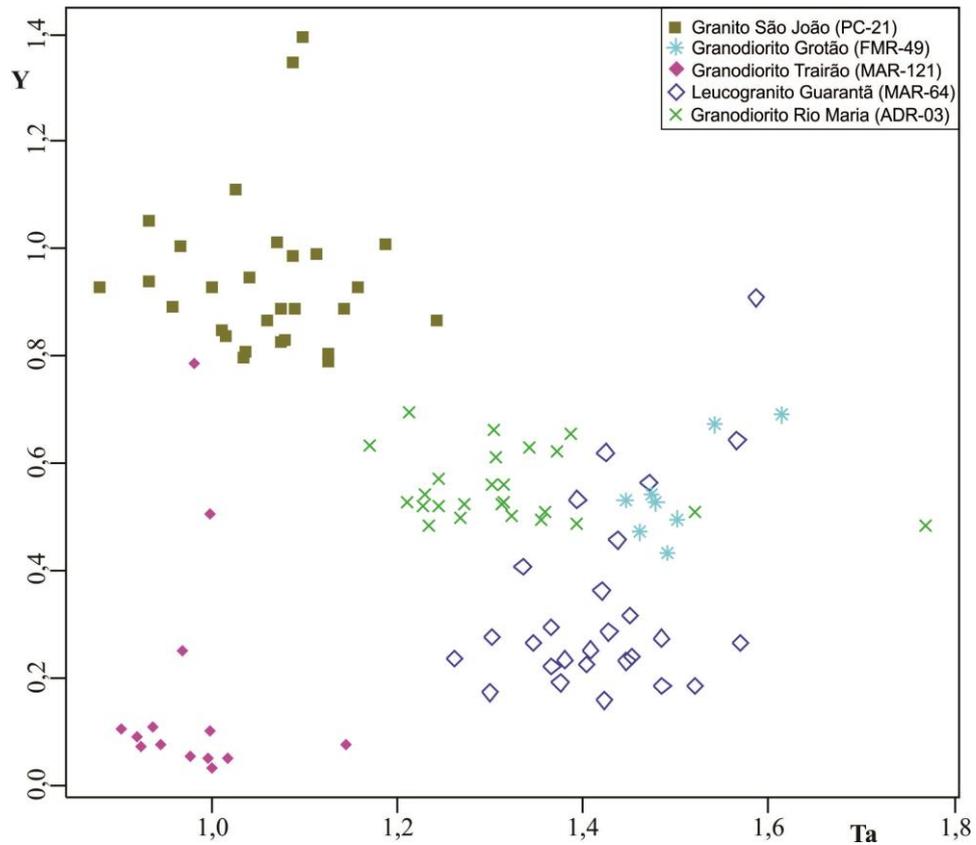


Figura 27.- Diagrama Y x Ta (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

No diagrama Y x Nb (Figura 28) os zircões estudados mostram um *trend* negativo no sentido Granodiorito Grotão, Granodiorito Rio Maria, Leucogranito Guarantã e Granodiorito Trairão, com este último apresentando, de modo geral, os mais baixos conteúdos elementares. Os zircões do Granito São João se destacam das demais unidades, sendo mais empobrecido e enriquecido em Nb e Y, respectivamente.

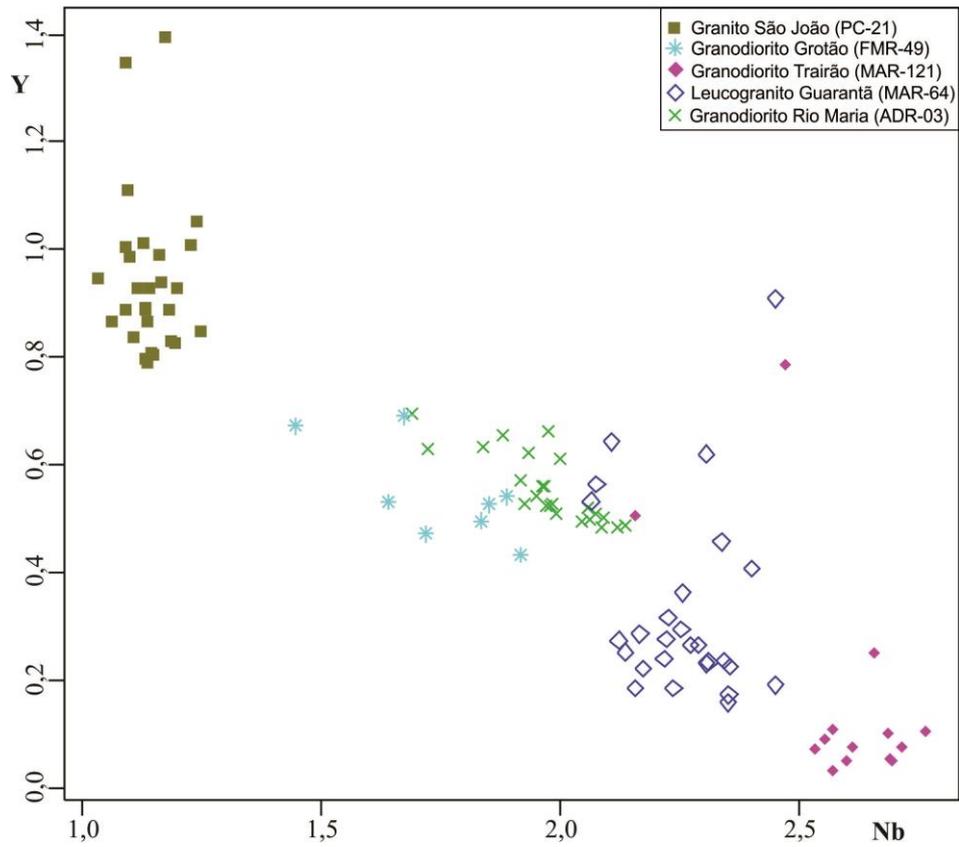


Figura 28.- Diagrama Y x Nb (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

Por outro lado, no diagrama envolvendo as razões Zr/Nb x Nb/Ta dos zircões estudados (Figura 29) este *trend* negativo é mais claro e separa melhor as diferentes unidades, indicando tratar-se de unidades composicionalmente distintas.

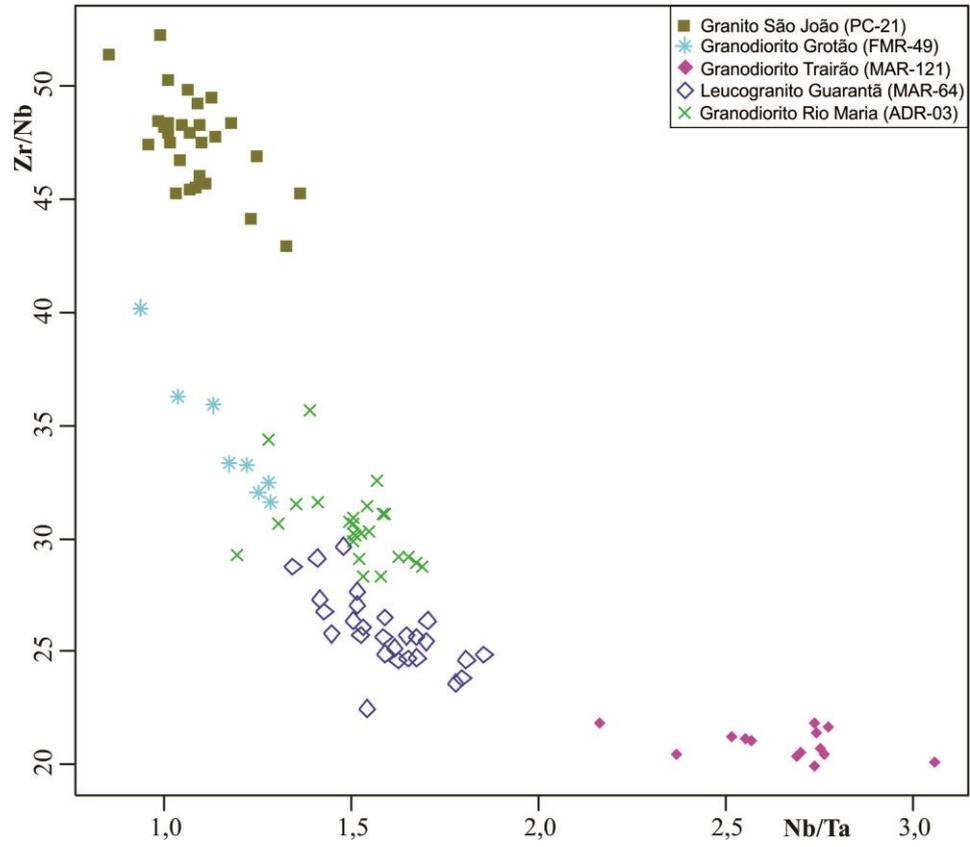


Figura 29.- Diagrama Zr/Nb x Nb/Ta de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

4 DISCUSSÕES

4.1 – TEXTURA INTERNA E PADRÃO DE ZONEAMENTO

4.1.1 – Zircões das rochas tonalíticas-trondhjemiticas

As feições texturais internas observadas por CL revelam histórias complexas de cristalização para os cristais de zircão das diferentes rochas estudadas.

Morfologicamente os zircões do Tonalito Arco Verde e do Trondhjemitito Mogno são similares; formam cristais predominantemente euédricos e bem preservados de alteração, zoneamento oscilatório bem definido e predominância de núcleos luminescentes, embora zircões com núcleos escuros e metamíticos estejam presentes nas seis amostras estudadas. Neste caso, mostram fraturas irradiando no sentido núcleo-borda, indicando enriquecimento em U (cf. Corfu *et al.* 2003). Teores mais elevados Ca também foram detectados nesses núcleos metamíticos, sugerindo que este elemento de grande raio iônico pode ter sido incorporado na estrutura do zircão durante a metamitização (cf. Breiter *et al.* 2014). Outra feição marcante nos cristais de zircão dessas rochas é a presença de inclusões de F-apatita que podem ocorrer tanto no centro quanto nas bordas dos cristais; por vezes elas acompanham as zonas de crescimento do zircão, indicando crescimento concomitante, ou truncam tais zonas, sugerindo tratar-se de uma fase mineral precoce na história de cristalização dessas rochas. Cristais de zircão com núcleos luminescentes assemelhando-se a núcleos herdados foram identificados apenas na amostra MAR-111 do Tonalito Arco Verde.

Os cristais de zircão do Tonalito Mariazinha são predominantemente euédricos, zonados e com bordas mais luminescentes que suas porções internas, o que sugere mudança composicional do magma no final de sua cristalização. Alguns cristais mostram também núcleos escuros metamíticos enriquecidos em Ca, U e Ce. Uma característica contrastante desses zircões com aqueles encontrados no Tonalito Arco Verde e Trondhjemitito Mogno é a ausência de inclusões de F-apatita, o que poderia indicar fontes composicionalmente distintas para essas rochas.

O Trondhjemitito Água Fria é uma rocha comparativamente pobre em zircão; os cristais são subédricos a anédricos, mostram baixa luminescência em CL, fraco zoneamento e intensa corrosão e alteração; alguns cristais possuem núcleos homogêneos com zoneamento imperceptível mesmo em imagens de catodoluminescência, sugerindo que sua cristalização ocorreu em condições físico-químicas mais estáveis ou, alternativamente, mais rápida que os zircões anteriores.

4.1.2 – Zircões das rochas granodioríticas-graníticas

Os zircões da Suíte Rio Maria e do Granodiorito Trairão mostram maiores semelhanças morfológicas e texturais; exibem cristais euédricos fortemente zonados, por vezes com núcleos homogêneos e luminescentes. Por outro lado, inclusões de F-apatita só foram observadas em zircões do Granodiorito Trairão, o que sugere uma diferença na composição do seu magma gerador em relação ao das outras rochas deste grupo (ver item 4.2). Comparativamente os zircões do Granodiorito Grotão são os mais alterados, fraturados e morfológicamente diferentes. O leucogranito Guarantã, por outro lado, possui zircões menos alterados e bem formados, comumente mostram núcleos euédricos luminescentes e com zoneamento difuso a imperceptível, sugerindo um início de cristalização em ambiente físico-químico menos variável; com o avanço da cristalização, mostram zoneamento oscilatório mais intenso, indicando final de cristalização em condições mais variáveis.

4.2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA

4.2.1 – Zircões das rochas tonalíticas-trondhjemiticas

Os dados químicos obtidos por EDS mostram que os conteúdos de Y e Nb dos cristais de zircão das amostras MAR-111 e MAR-148 do Tonalito Arco Verde, MASF-28 e FRM-53 do Trondhjemitito Mogno, AM-02 do Tonalito Mariazinha e AM-01 do Trondhjemitito Água Fria, variam predominantemente de 0,5 a 1,0% e de 1,5 a 2,0%, respectivamente, e tendem a se superpor no diagrama Y x Nb (Figura 24). Por outro lado, os zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66 e do Trondhjemitito Mogno MFR-98 são mais enriquecidos em Nb e empobrecidos em Ta e se separam dos zircões das amostras anteriores. Esta individualização também é observada nos diagramas Zr x Hf, Y x Ta e Zr/Nb x Nb/Ta (Figuras 22, 23 e 25), indicando que os zircões das amostras MAR-66 e MFR-98 são composicionalmente diferentes daqueles das outras amostras.

Uma alternativa para explicar este comportamento, considerando não haver diferenças morfológicas significativas entre os cristais de zircão das amostras MAR-66 e MFR-98, seria admitir fontes diferentes para os zircões dessas amostras. Almeida *et al.* (2011), individualizaram geoquimicamente três grupos de rochas TTG no TGGRM (Tabela 5): Grupo 1) Formado por rochas com altas razões La/Yb, Sr/Y e Nb/Ta, derivadas de magmas gerados a pressões relativamente elevadas (>1,5 Gpa) a partir de fontes contendo anfibólio e granada

como fases residuais, incluindo aí rochas do Tonalito Arco Verde e do Trondhjemitito Mogno; Grupo 2) Constituído por rochas com razões La/Yb, Sr/Y e Nb/Ta intermediárias cujos magmas se formaram a pressões intermediárias, mas ainda no campo de estabilidade da granada; Grupo 3) Formado por rochas com baixas razões La/Yb, Sr/Y e Nb/Ta, cujo magma teria se formado a baixas pressões (aprox. 1,0 Gpa) a partir de uma fonte anfibolítica contendo plagioclásio como fase residual.

Tabela 5 - Principais características geoquímicas dos três grupos de rochas TTG do TGGRM. Entre parênteses: valores médios (compilada de Almeida *et al.* 2011).

Grupos de rochas TTG individualizadas			
Tipos	(La/Yb) _n	Sr/Y	Nb/Ta
1- Pressões altas	40-131 (78)	61-366 (113)	6-30 (14)
2- Pressões intermediárias	20-49 (33)	28-86 (47)	4-17 (9)
3- Pressões baixas	5-18 (9)	5-52 (10,5)	3-8 (6)

Os conteúdos de Nb e Ta dos zircões das rochas TTG estudadas mostram diferenças significativas (Tabela 4), com as maiores razões Nb/Ta pertencendo aos zircões das amostras MAR-66 e MFR-98 (média de 2,0 – 3,3 e 2,3 – 3,6, respectivamente); tais amostras foram classificadas como pertencentes ao grupo de rochas formadas a pressões mais elevadas (cf. Tabela 5 de Almeida 2011). Por outro lado, os zircões do Tonalito Arco verde MAR-111 e MAR-148 apresentaram razões Nb/Ta comparativamente mais baixas, variando de 0,9 a 1,4 e de 0,7 a 1,9, respectivamente (Figura 25). Segundo a classificação de Almeida (2011), essas amostras pertencem ao terceiro grupo de rochas TTG, ou seja, rochas formadas a baixas pressões.

Os zircões das outras duas amostras do Trondhjemitito Mogno (MFR-53 e MASF-28) e do Tonalito Mariazinha (AM-02A) apresentaram razões Nb/Ta variando de 1,3 a 1,9, de 0,7 a 1,1 e de 0,9 a 1,3, respectivamente (Tabela 4). Como tais razões são comparativamente mais baixas deveriam corresponder a rochas formadas a baixas pressões. Entretanto, a correlação direta entre razões Nb/Ta dos zircões e o grupo de rochas TTG correspondente não foi verificada como nos casos anteriores. Tais amostras são incluídas, segundo Almeida *et al.* (2011), no grupo de rochas formadas a pressões elevadas, indicando que outros fatores, além das razões Nb/Ta, precisam ser avaliados.

O Trondhjemitó Águas Frias (AM-01) apresentou zircões com razões Nb/Ta intermediárias, entre 1,3 e 2,3 (Tabela 4; Figura 25) e pertence, segundo Almeida e colaboradores, ao segundo grupo de rochas TTG, ou seja, formadas a pressões intermediárias.

4.2.2 – Zircões das rochas granodioríticas-graníticas

Estudos petrográficos e geoquímicos em rocha total (Guimarães *et al.* 2010; Almeida *et al.* 2010; Oliveira *et al.* 2009) mostraram que os granodioritos Trairão, Grotão e Rio Maria (sanukitoides) e o Granito Guarantã possuem origens e características distintas. Os zircões dessas rochas analisados por MEV-EDS mostraram variações significativas em termos de conteúdos de Y, Ta, Nb e das razões Zr/Nb e Nb/Ta (Figuras 26 a 29) que permitiram, de modo semelhante às análises em rocha total, individualizar esses grupos de rochas. No diagrama Nb x Ta (Figura 30) os conteúdos de Nb diminuem no sentido Granodiorito Trairão – Granodiorito Rio Maria – Granodiorito Grotão, enquanto os de Ta aumentam neste mesmo sentido. O leucogranito Guarantã possui zircões com conteúdos de Nb levemente inferiores aos do Granodiorito Trairão, porém mais elevados que os das outras rochas, e de Ta coincidente aos dos granodioritos Rio Maria e Grotão.

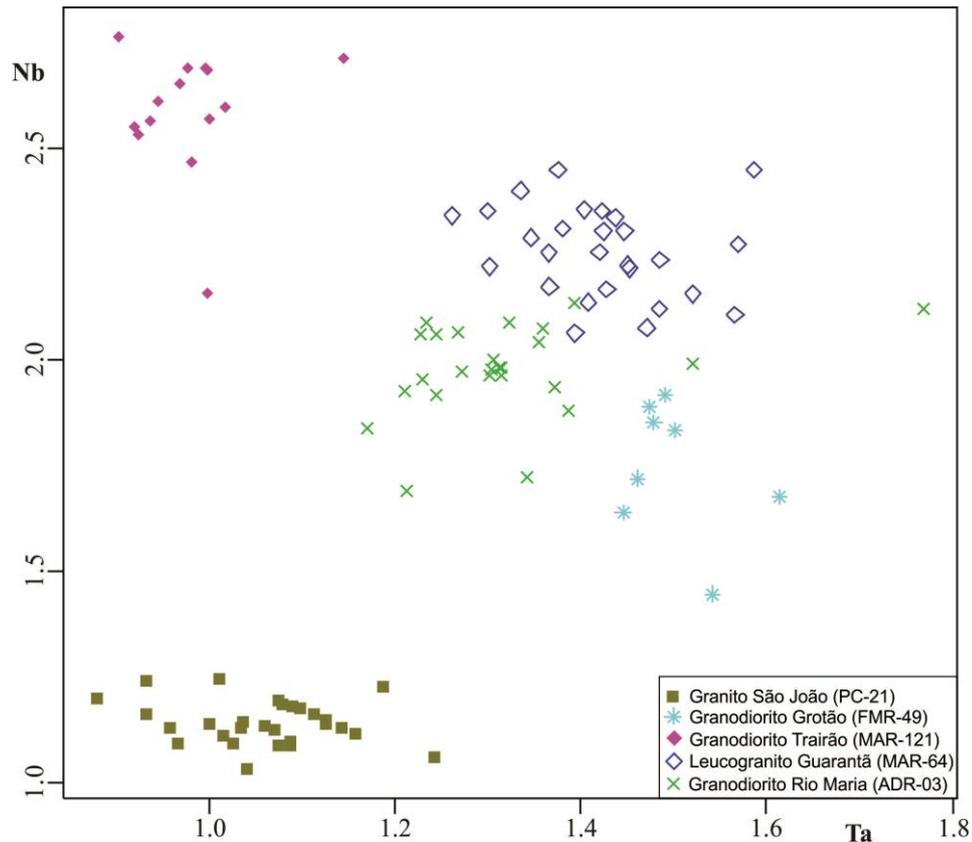


Figura 30.- Diagrama Nb x Ta (% em peso) de zircões das rochas granodioríticas-graníticas arqueanas estudadas. Zircões do Granito São João (PC-21) colocados para comparação.

4.3 - ZIRCÕES DO GRANITO PALEOPROTEROZÓICO SÃO JOÃO

Zircões do Granito São João foram analisados por MEV-EDS sob as mesmas condições que aqueles das rochas arqueanas e plotados nos mesmos diagramas geoquímicos para efeitos comparativos. Os zircões deste granito apresentaram conteúdos de Zr coincidentes a levemente inferiores àqueles encontrados nos zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66 (Figura 22) e do Granodiorito Trairão MAR-121 (Figura 26). São nitidamente mais empobrecidos em Nb que os zircões das rochas arqueanas (Figuras 24 e 28), porém mostram conteúdos de Ta coincidentes com os observados nos zircões do Tonalito Arco Verde MAR-66, do Trondhjemito Mogno MFR-53 e MFR-98 e do Trondhjemito Água Fria AM-01 (Figuras 23 e 27), além de leve superposição com zircões da Suíte Rio Maria (Figura 30). São mais enriquecidos em Y que os zircões das rochas arqueanas, apesar da superposição com alguns zircões do Tonalito Arco Verde MAR-111 e MAR-148 e do Trondhjemito Mogno MASF-28 (Figuras 23 e 24).

Nos diagramas utilizados os zircões do Granito São João aparecem, de um modo geral, isolados dos zircões das rochas arqueanas, indicando que granitos paleoproterozoicos possuem assinatura geoquímica distinta de granitoides arqueanos e que tais rochas podem ser individualizadas através do estudo geoquímico de seus zircões, mesmo com análises semiquantitativas de EDS.

5 CONCLUSÕES

O estudo morfológico e composicional por MEV-CL-EDS de cristais de zircão realizado em rochas granitoides arqueanas e no granito paleoproterozoico São João ocorrentes no Terreno Granito-*Greenstone* de Rio Maria, ou Domínio Rio Maria, porção sudeste do Cráton Amazônico, permitiu as seguintes conclusões:

- 1- Imagens de MEV-CL de cristais de zircão de granitoides arqueanos e do Granito São João apresentaram formas predominantemente euédricas, com zoneamento oscilatório bem definido, localmente complexo, por vezes mostrando núcleos luminescentes semelhantes a cristais herdados, núcleos metamíticos fraturados e enriquecidos em U, além de inclusões de F-apatita dispostas tanto no centro quanto nas bordas dos cristais, truncando ou acompanhando suas zonas de crescimento, alterações e corrosões;
- 2- Granitoides TTG arqueanos, temporal e geoquimicamente distintos, foram distinguidos através de análises de elementos traço de zircão obtidas por MEV-EDS. Tais análises permitiram a definição de assinaturas geoquímicas características dos zircões de cada grupo de rocha estudado, corroborando os resultados analíticos em rocha total obtidos para as mesmas rochas;
- 3- Zircões do Granito São João utilizados para fins comparativos com aqueles das rochas arqueanas mostraram conteúdos de elementos traço e comportamento predominantemente distinto nos diagramas geoquímicos utilizados, sugerindo que tais rochas possuem zircões composicionalmente distintos e que essas diferenças podem estar relacionadas, muito provavelmente, às suas áreas-fontes;
- 4- Estudos envolvendo MEV-CL-EDS em cristais de zircão se consolidam como ferramentas importantes na caracterização de diferentes grupos de rochas ígneas, temporal e composicionalmente distintas, fornecendo informações complementares para estudos petrológicos;
- 5- Estudos complementares utilizando metodologias mais precisas como microsonda eletrônica ou LA-ICP-MS devem ser utilizadas futuramente para complementar este estudo e dar maior confiabilidade aos resultados.

REFERÊNCIAS

- Almeida J.A.C. 2010. “*Geologia, Geoquímica, Geocronologia e Petrogenesis das Suítes TTG e dos Leucogranitos Arqueanos do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, sudeste do Cráton Amazônico*”. Tese de Doutorado (PPGG/UFGA).
- Almeida J.A.C., Dall’Agnol R., Dias S.B., Althoff F.J. 2010. Origin of the Archean leucogranodiorite-granite suites: evidence from the Rio Maria terrane and implications for granite magmatism in the Archean. *Lithos*, **120**:235-257
- Almeida J.A.C., Dall’Agnol R., Oliveira M.A., Macambira M.J.B., Pimentel M.M., Rämö T.O., Guimarães F.V., Leite A.A.S. 2011. Zircon geochronology, geochemistry and origin of the TTG suites of the Rio Maria Granite-Greenstone terrane: implications for the growth of the Archean crust of the Carajás Province, Brazil. *Precambrian Research*, **187**: 201-221.
- Almeida J.A.C., Dall’Agnol R., Leite A.A.S. 2013. Geochemistry and zircon geochronology of the Archean granite of the Rio Maria granite-greenstone terrane, Carajás Province, Brazil. *Journal of South American Earth Science*, **42**: 103-126.
- Althoff F.J., Barbey P., Boullier A.M., Dall’Agnol R. 1995. Composição e estrutura dos granitóides arqueanos da região de Marajoara. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciências da Terra*. Belém, **7**: 5-26.
- Althoff F.J., Barbey P., Macambira M.J.B., Scheller T., Leterrier J., Dall’Agnol R., Lafon J-M. 1998. La croissance du craton sud-amazonien (region de Rio Maria, Brésil). Réunion Sci. Terre, brest, Soc. Géol. Fr, Abstract, p. 62.
- Althoff F.J., Barbey P., Boullier A.M. 2000. 2.8-3.0 Ga Plutonism and deformation in the SE Amazonian craton: the Archean granitoids of Marajoara (Carajás Mineral Province, Brazil). *Precambrian Research*, **104**: 187-206.
- Barbosa A.A., Lafon J.M., Neves A.P., Vale A.G. 1994. O Granito Redenção (sul do Pará): novos dados geocronológicos Pb -Pb e Rb-Sr.In: Simpósio de Geologia da Amazônia, 4, Belém. *Boletim de resumos expandidos*. SBG, p. 302-306.
- Barros C.E., Nardi L.V.S., Dillenburg S.R. 2005. Geoquímica de minerais detríticos em estudos de proveniência: uma revisão. *Revista Pesquisas em Geociências*, **32** (1): 3-15.
- Belousova E.A. & Griffin W.L. 2002. Igneous zircon: trace element composition as an indicator of source rock type. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, **143**: 602-622.
- Belousova E.A., Griffin W.L., O’Reilly S.Y., 2006. Zircon morphology, trace element signatures and Hf-isotope composition as a tool for petrogenetic modeling: examples from eastern Australian granitoids. *Journal of Petrology*, **47**: 329–353.
- Benisek A, Finger F (1993) Factors controlling the development of prism faces in granite zircons: A microprobe study. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, **114**:441-451.
- Breiter, K., Förster, H.-J., Škoda, R., 2006. Extreme P-, Bi-, Nb-, Sc-, U- and F-rich zircon from fractionated perphosphorous granites: The peraluminous Podlesí granite system, Czech Republic. *Lithos*, **88**: 15-34.
- Breiter K., Lamarão C.N., Borges R.M.K., Dall’Agnol R. Chemical characteristics of zircon from A-type granites and comparison to zircon of S-type granites. *Lithos*, **192-195**: 208–225.
- Chakoumakos B.C, Murakami T, Lumpkin G.R, Ewing R.C. 1987. Alpha-decay-induced fracturing in zircon: the transition from the crystalline to the metamict state. *Science*, **236**:1556-1559
- Corfu F., Hancher J.M., Hoskin P.W.O., Kinny P.D. 2003. An atlas of zircon textures. In *Zircon*. (eds. J.M. Hancher and P.W.O. Hoskin) Rev. in *Mineralogy and Geochemistry* **53**, Mineralogical Society of America, Washington, D.C. p. 469-500.

- Dall'Agnol R., Souza Z.S., Althoff F.J., Barros C.E.M., Leite A.A.S., Jorge João X.S. 1997a. General aspects of the granitogenesis of the Carajás metallogenic province. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralization, 2, Salvador. *Excursions Guide*. Salvador: SGRM, p.135-161.
- Dall'Agnol R., Costi H.T., Leite A.A., Magalhães M.S., Teixeira N.P. 1999a. Rapakivi granites from Brazil and adjacent areas. *Precambrian Research*, **95**: 9-39.
- Dall'Agnol R., Teixeira N.P., Råmo O.T., Moura C.A.V., Macambira M.J.B., Oliveira D.C. 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic rapakivi A-type granites of the Archean Carajás metallogenic province, Brazil. *Lithos*, **80**: 101-129.
- Dall'Agnol R., Oliveira M.A., Almeida J.A.C., Althoff F.J., Leite A.A.S., Oliveira D.C., Barros C.E.M. 2006. Archean and paleoproterozoic granitoids of the Carajás Metallogenic Province, eastern Amazonian craton. In: Dall'Agnol R., Rosa-Costa L.T., Klein E.L (eds.). Symposium on magmatism, crustal evolution, and metallogenesis of the Amazonian craton. Abstracts volume and field trips guide, Belém, PRONEX-UFPA/SBG-NO, 99-150.
- Dall'Agnol R. & Oliveira D.C. 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brazil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos*, **93**: 215-233.
- Dias S.B. 2009. *Caracterização geológica, petrográfica e geoquímica de granitos Arqueanos da Folha Marajoara, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, sudeste do Pará*. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFPA, 129 p.
- DOCEGEO. 1988. Revisão litoestratigráfica da Província Mineral de Carajás. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, *Anais*. Belém, p. 11-54.
- Duarte K.D. 1992. Geologia e geoquímica do granito Mata Surrão (SW de Rio Maria-PA): um exemplo de granito "stricto sensu" Arqueano. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFPA, 217 p.
- Feio G.R.L. 2011. "*Magmatismo Granitóide Arqueano da área de Canaã dos Carajás: Implicações para a evolução crustal da Província Carajás*". Tese de Doutorado (PPGG/UFPA), 187 p.
- Feio G.R.L., Dall'Agnol R., Dantas E.L., Macambira M.B., Gomes A.C.B., Sardinha A.S., Santos P.A. 2012. Geochemistry, geochronology, and origin of the Neoproterozoic Planalto Granite suite, Carajás, Amazonian craton: A-type or hydrated charnockitic granites? *Lithos*, **151**:57-73.
- Fowler A., Prokoph A., Stern R., Dupuis C. 2002. Organization of oscillatory zoning in zircon: Analysis, scaling geochemistry, and model of a zircon from Kipawa, Quebec, Canada. *Geochim Cosmochim Acta*, **66**: 311-328.
- Gastal M.C.P. *Petrologia do Maciço Granítico Musa, Sudeste do Pará*. 1987. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFPA, Belém, 316p.
- Gastal M.C.P. 1988. Magmatismo ácido-intermediário do Proterozóico Médio da região de Rio Maria, SE do Pará: discussão quanto à tipologia. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35, Belém. *Anais...* Belém: SBG, v. 3, p. 1147-1163.
- Görz H, Bhalla R.J.R.S.B, White E.W. 1970. Detailed cathodoluminescence characterization of common silicates. *Space Sci Applic Solid State Luminesc Phen*, MRL Publ 70-(**101**):62-70.
- Guimarães F.V. 2009. "*Geologia, Petrografia e Geoquímica do Trondhjemito Mogno e rochas arqueanas associadas, Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria - SE do Pará*". Dissertação de Mestrado, PPGG/UFPA, Belém, 102p.
- Guimarães F.V., Dall'Agnol R., Almeida J.A.C., Oliveira M.A. 2010. Caracterização geológica, petrográfica e geoquímica do Trondhjemito Mogno e Tonalito Mariazinha, Terreno Granito-Greenstone mesoarqueano de Rio Maria, SE do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, 40 (**2**): 196-211.

- Hanchar J.M. & Miller C.F. 1993. Zircon zonation patterns as revealed by cathodoluminescence and backscattered electron images: implications for interpretation of complex crustal histories. *Chemical Geol.*, **110**: 1-13.
- Hanchar M. & Hudnick R.L. 1995. The application of cathodoluminescence and back-scattered electron imaging to dating zircons from lower crustal xenoliths. *Lithos*, **36**: 289-303.
- Heaman L.M., Bowins R., Crocket J. 1990. The chemical composition of igneous zircon suites: Implications for geochemical tracer studies. *Geochm. Cosmochim. Acta*, **54**: 1597-1607.
- Hoffman M. 2007. Growth history of zircon crystals in coarse-grained granite, Vinalhaven intrusion, Coastal. In: *20th Annual Keck Symposium*, p 124-129.
- Hoskin P.W.O. & Ireland T.R. 2000. Rare earth element chemistry of zircon and its use as a provenance indicator. *Geology* **28**: 627-630.
- Hoskin P.W.O. & Black L.P. 2000. Metamorphic zircon formation by solid-state recrystallization of protolith igneous zircon. *J. Metamorphic Geol.*, **18**: 423-439.
- Hoskin P.W.O., Schaltegger U. 2003. The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis. In: Hanchar, J. M., Hoskin, P. W. O. (Eds.) *Zircon. Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, **53**: 27-62.
- Huhn S.R.B., Santos A.B.S., Amaral A.F., Lendshan E.J., Gouvêa J.L., Martins L.P.B., Montalvão R.M.G., Costa V.G. 1988. Terreno "granito greenstone" da região de Rio Maria sul do Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 35. Belém. *Anais... Recife, SBG*. v. 3, p. 1438-1452.
- Kempe U., Gruner T., Renno A.D., Wolf D. 1997. Hf-rich zircon in rare-metal bearing granites: Magmatic or metasomatic origin? In: *Mineral Deposits: Research and Exploration*, pp. 643-646.
- Kempe U., Gruner T., Nasdala L., Wolf D. 2000. Relevance of cathodoluminescence for the interpretation of U-Pb zircon ages, with an example of an application to a study of zircons from the Saxonian Granulite Complex, Germany, 415-455 in: *Cathodoluminescence in Geosciences* (M. Pagel, V. Barbin, P. Blanc and D. Ohnenstetter, editors). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Kempe U., Gruner T., Renno A.D., Wolf D., René M. 2004. Discussion on Wang *et al.*, (2000) "Chemistry of Hf-rich zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China". *Mineral. Magazine*, **64**: 867-877.
- Lafon J.M., Rodrigues E., Duarte K.D. 1994. Le granite Mata Surrão: um magmatisme monzogranitique contemporain des associations tonalitiques-trondhjé-mitique-granodioritiques archéennes de La région de Rio Maria (Amazonie orientale, Brésil). *C.R. Acad. Sci. Paris*, **318**: 643-649.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Lafon J-M., Lima E.F. 2002. Geology, geochemistry and Pb-Pb zircon geochronology of the Paleoproterozoic magmatism of Vila Riozinho, Tapajós Gold Province, Amazonian craton, Brazil. *Precambrian Research*, 119(1-4): 189-223.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Soledade G.L., Silva J.S. 2007. Variações composicionais de zircão em granitos anorogênicos proterozóicos do Cráton Amazônico: implicações metalogenéticas. *Revista Brasileira de Geociências.*, 37 (4): 693-704.
- Lamarão C.N., Dall'Agnol R., Silva J.S., Soledade G.L. 2010. Morphological and compositional variation in zircons of tin-specialized Paleoproterozoic A-type granites of the Amazonian craton: Metallogenic implications. In: *International Conference on A-type granites and related rocks through time (IGCP-510)*, Helsinki-Finland. O. Tapani Ramo, Sari Lukkari, Aku Heinonen (Editors). Helsinki University-Department of Geosciences and Geography. Helsinki University Print, Abstract Volume.
- Lamarão C.N., Pinho S.C.C., Paiva Junior A.L., Galarza-Toro M.A. 2012. Mineralogy and geochemistry of the Paleoproterozoic, tin-mineralized Bom Jardim Granite of the Velho Guilherme Suite, eastern Amazonian Craton. *Journal of South American Earth Sciences*, **38**: 159-173.

- Lamarão C.N., Rocha K.K.N., Marques G.T., Borges R.M.K. 2013. Quartzo e zircão como marcadores da evolução magmático-hidrotermal do Granito Antônio Vicente, Suíte Intrusiva Velho Guilherme, Província Carajás. *Revista do Instituto de Geociências – USP, Sér. cient.*, São Paulo, 13 (2): 4-68.
- Lamarão C. N., Silva J. S., Borges R. M. K., Dall’Agnol R. 2014. Variations of zircon and their metallogenic implications: the example of the Jamon, Serra dos Carajás and Velho Guilherme suites, Amazonian Craton. *Brazilian Journal of Geology*, 44 (1): 105-120.
- Leite A. A. S. *Geoquímica, petrogênese e evolução estrutural dos granitóides arqueanos da região de Xinguara, SE do Cráton Amazônico*. 2001. Tese (Doutorado em Geoquímica e Petrologia) – Programa de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 330p.
- Leite A.A.S., Dall’Agnol R., Macambira M.J.B., Althoff F.J. 2004. Geologia e geocronologia dos granitóides arqueanos da região de Xinguara (PA) e suas implicações na evolução do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria. *Revista Brasileira de Geociências*, 34: 447-458.
- Lima P.H.A. 2011. “*Geologia, Petrografia e Geocronologia do Granito São João, Província Carajás, SSE do Pará*”. Trabalho de conclusão de curso. Graduação em Geologia, 63 p.
- Lima P.H.A., Lamarão, C.N., Santos M.J.P.S. 2014. Petrografia, geoquímica e suscetibilidade magnética do granito paleoproterozoico São João, sudeste do Cráton Amazônico, Província Carajás. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat.*, Belém, 9 (1): 47-72.
- Long J.V.P. & Agrell S.O. 1965. The cathodoluminescence of minerals in thin sections. *Mineralogical Magazine*, 34: 318-326.
- Lukkari S., Thomas R., Haapala I. 2009. Crystallization of the Kymi topaz granite stock within the Wiborg rapakivi batholith, Finland: Evidence from melt inclusions. *Canadian Mineralogist*, 47: 1359-1374.
- Macambira M.J.B. 1992. *Chronologie U/Pb, Rb/Sr, K/Ar et croissance de la croûte continentale dans L’Amazonie du sud-est, exemple de la région de Rio Maria, Province de Carajas, Brésil*. Tese de Doutorado, Université Montpellier II, France, 212p.
- Macambira M.J.B., Costa J.B.S., Althoff F.J., Lafon J.M., Melo J.C.V., Santos A. 2000. New geochronological data for the Rio Maria TTG terrain; implications for the time constraints of the crustal formation of the Carajás province, Brazil. In: SBG. International Geological Congress, 31st, Rio de Janeiro, CD-ROM.
- Macambira M.J.B. & Lafon J.M. 1995. Geocronologia da Província Mineral de Carajás: síntese dos dados e novos desafios. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Série Ciência da Terra*, v. 7, p. 263-288.
- Machado N., Lindenmayer Z.G., Krogh T.E., Lindenmayer D. 1991. U-Pb geochronology of Archean magmatism and basement reactivation in the Carajás area, Amazon shield, Brazil. *Precambrian Research*, 49: 329-354.
- Magalhães M.S., Dall’Agnol R., Sauk W.A., Luiz J.G. 1994. Suscetibilidade magnética: um indicador da evolução petrológica de granitoides da Amazônia. *Revista Brasileira de Geologia*, 24(3): 139-149.
- Malcuit R.J. & Heimlich R.A. 1972. Zircons from Precambrian Gneiss, southern Bighorn Mountains, Wyoming. *Am Mineral*, 57: 1190-1209.
- Mariano A.N. 1989. Cathodoluminescence emission spectra of rare earth element activators in minerals. *Rev Mineral*, 21:339-348.
- Marshall D.J. 1988. Cathodoluminescence of geological materials. Unwin Hyman, Boston. 146 p.
- Medeiros H.& Dall’Agnol R. Petrologia da porção leste do Batólito Granodiorítico Rio Maria, sudeste do Pará. 1988. In: Congresso Brasileiro de Geologia 35, *Anais*. Belém. SBG. Belém, v. 3, p.1488-1499.

- Mesquita J.C.L. 2011. *Geologia, petrografia e geocronologia das rochas encaixantes do granito paleoproterozóico São João, sudeste do Cráton Amazônico, Província Carajás*. Trabalho de conclusão do Curso, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém. 94 p.
- Montalvão R.M.G., Bezerra P.E.L., Prado P., Fernandes C.A.C., Silva G.H., Brim R.J.P. 1982. Características petrográficas e geoquímicas do Granito Redenção e suas possibilidades metalogenéticas. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 32, Salvador, 1982. *Anais*. Salvador: SBG, v. 2, p. 520 - 548.
- Murali A.V., Parthasarathy R., Mahadevan T.M., Sankar Das M. 1983. Trace element characteristics, REE patterns and partition coefficients of zircons from different geological environments – a case study on Indian zircons. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **47**, 2047–2052.
- Nasdala L., Wenzel T., Pidgeon R.T., Kronz A. 1999. Internal structures and dating of complex zircons from Meissen Massif monzonites, Saxony. *Chemical Geology*, **156**: 331–341.
- Oliveira D.C. 2001. *Geologia, Geoquímica e Petrologia Magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico*. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFGA, Belém, 207 p.
- Oliveira D.C., Dall’Agnol R., Barros C.E.M., Figueiredo M.A.B.M. 2002. Petrologia magnética do Granito Paleoproterozóico Redenção, SE do Cráton Amazônico. In: Klein, E. L., Vasques, M. L., Rosa-Costa, L. T. (Eds.) *Contribuições Geologia da Amazônia*, Belém: SBG-NO, v. 3, p. 115-132.
- Oliveira M.A. 2005. *Geologia, Petrografia e Geoquímica do Granodiorito Sanukitóide Arqueano Rio Maria e Rochas máficas associadas, leste de Bannach-PA*. 2005. Dissertação de Mestrado, PPGG/UFGA, Belém, 151 p
- Oliveira D.C. 2006. “*Modelos de evolução e colocação dos granitos paleoproterozóicos da Suíte Jamon, SE do Cráton Amazônico*”. Tese Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, 171p.
- Oliveira M.A., Dall’Agnol R., Althoff F.J., Leite A.A.S. 2009. Mesoarchean sanukitoid rocks of the Rio Maria Granite-Greenstone Terrane, Amazonian craton, Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, **27**: 146-160.
- Paiva JR. A.L. 2009. *Geologia, Petrografia, Geocronologia e Geoquímica do Granito Anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará*. 2009. Dissertação de Mestrado. PPGG/UFGA, 123 p.
- Paiva Jr. A.L., Lamarão C.N., Lima P.H.A. 2011. Geologia, petrografia e geoquímica do batólito Anorogênico Seringa, Província Mineral de Carajás, SSE do Pará. *Revista Brasileira de Geociências*, **41(2)**: 185-202.
- Pérez-Soba, C., Villaseca, C., Gonzáles del Tánago, J., Nasdala, L., 2007. The composition of zircon in the peraluminous Hercynian granites of the Spanish central system batholith. *Canadian Mineralogist*, **45**: 509-527.
- Pimentel M.M. & Machado N. 1994. Geocronologia U-Pb do Terreno granito-greenstone de Rio Maria, Pará. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Camboriú, p. 390-391. *Boletim de Resumos Expandidos*. Camboriú, SBG.
- Poller U., Huth J., Hoppe P., Williams I.S. 2001. REE, U, Th, and Hf distribution in zircon from western Carpathian Variscan granitoids: a combined cathodoluminescence and ion microprobe study. *American Journal of Science*, **301**: 858–876.
- Pupin J.P. 1980. Zircon and granite petrology. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, **73**:207-220.
- Pupin J.P. 2000. Granite genesis related to geodynamics from Hf-Y in zircon. *Trans. Roy. Soc. Edinburgh Earth Sci.*, **91**: 245-256.
- Rémond G., Cesbron F., Chapoulie R., Ohnenstetter D., Roques-Carmes C., Schoverer M. 1992. Cathodoluminescence applied to the microcharacterization of mineral materials: A present status in experimentation and interpretation. *Scan Microsc.*, **6**: 23-68
- Rodrigues E.S., Lafon J.M., Scheller T. 1992. Geologia Pb-Pb da Província Mineral de Carajás: primeiros resultados. In: Congresso Brasileiro de Geologia 37. Anais. São Paulo, SBG. P. 183-184.

- Rolando A.A.P. & Macambira M.J.B. 2002. Geocronologia dos granitoides arqueanos da região da Serra do Inajá, novas evidências sobre a formação da crosta continental no sudeste do Cráton Amazônico, SSE Pará. *In: SBG. Congresso Brasileiro de Geologia*, 41, João Pessoa. Anais, p. 525.
- Rolando A.P. & Macambira M.J.B. 2003. Archean crust formation in Inajá range area, SSE of Amazonian Craton, Brazil, based on zircon ages and Nd isotopes. *In: SBG South American Symposium on Isotope Geology*, 4, Salvador. Extended Abstract, CD-ROM.
- Rubatto, D., 2002. Zircon trace element geochemistry: partitioning with garnet and the link between U-Pb ages and metamorphism. *Chemical Geology* **184**: 123-138.
- Santos J.O.S. 2003. Geotectônica do Escudo das Guianas e Brasil-Central. *In: BIZZI, L.A. et al. (Ed.). Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG*. Brasília: CPRM Serviço Geológico do Brasil, p. 169-226.
- Smith J.V. & Stenstrom R.C. 1965. Electron-excited luminescence as a petrologic tool. *J. Geol.*, **73**: 627-635.
- Soledade G. L. 2010. “*Estudo de zircões do Granito Madeira, província estanífera do Pitinga (AM), Através de microscopia eletrônica de varredura, cotodoluminescência e difração de Raios-X*”. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de graduação em geologia) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências. Belém. 80 p.
- Souza Z.S. 1994. *Geologia e petrogênese do “Greenstone Belt” Identidade: implicações sobre a evolução geodinâmica do Terreno Granito-Greenstone de Rio Maria, SE do Pará*. Tese de Doutorado, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, v. 1 e 2, 624 p.
- Souza Z.S., Potrel P., Lafon J.M., Althoff F.J. Pimentel M.M., Dall’Agnol R., Oliveira C. G. 2001. Isótopos de Nd, Pb e Sr de greenstone belt arqueano da região de Rio Maria, SE do Pará: implicações na evolução geodinâmica do Cráton Amazônico. *In: Simpósio Geologia Amazônia, 7*. Belém. *Boletim de resumos expandidos*. Belém. SBG/NO. (CD-ROM).
- Speer, J.A. 1982. Zircon. *Review in Mineralogy* 5, 67-112.
- Stern R.A., Hanson G.N., Shirey S.B. 1989. Petrogenesis of mantle-derived, LILE-enriched Archean monzodiorites and trachyandesites (sanukitoids) in southwestern Superior Province. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **26**: 1688-1712.
- Tassinari C.C.G. & Macambira M.J.B. 2004. A evolução tectônica do Cráton Amazônico. *In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*, p. 471-485.
- Uher P., Breiter K., Klecka M., Pivec E. 1998. Zircon in highly evolved Hercynian Homolka Granite, Moldanubian Zone, Czech Republic: indicator of magma source and petrogenesis. *Geologica Carpathica*, 49 (3): 151-160.
- Vale A.G. & Neves P.N. 1994. O Granito Redenção: Estado do Pará. *In: Congresso Brasileiro de Geologia*, 38, Balneário Camboriú. *Boletim de resumos expandidos*. SBG, v. 1, p. 149 -150.
- Vasquez L.V., Rosa-Costa L.R., Silva C.G., Ricci P.F., Barbosa J.O., Klein E.L., Lopes E.S., Macambira E.B., Chaves C.L., Carvalho J.M., Oliveira J.G., Anjos G.C., Silva H.R. 2008. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Pará: Sistema de Informações Geográficas-SIG: *Texto explicativo dos mapas Geológico e Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará*, 328p.
- Vavra G. 1990. On the kinematics of zircon growth and its petrogenetic significance: A cathodoluminescence study. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, **106**: 90-99.
- Vavra G. 1993. A guide to quantitative morphology of accessory zircon. *Chem. Geol.*, **110**:15-28
- Wang R.C., Zhao G.T., Lu J.J., Chen X.M., Xu S.J., Wang D.Z. 2000. Chemistry of Hf zircons from the Laoshan I- and A-type granites, Eastern China. *Mineral. Magazine*, **64**: 867-877.

- Watson E.B., Cherniak D.J., Hanchar J.M., Harrison T.M., Wark D.A. 1997. The incorporation of Pb into zircon. *Chem. Geol.*, **141**: 19-31.
- Williams I.S., Shah J.S., Stowe S. 1996b. Elemental and isotopic microanalysis of zircons and backscattered electron contrast: Proceedings of the 6th European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis, 1007-1010.
- Yang B., Luff B.J., Townsend P.D. 1992. Cathodoluminescence of natural zircons. *J Phys: Condens. Matter*, **4**: 5617-5624.

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
Tonalito Arco Verde	MAR-66	25,0	13,7	0,0	0,3	0,2	54,8	2,5	0,3	0,3	1,7	0,9	0,2	0,1	31,8	60,8	21,9	2,8	2,2	1,4
		25,3	13,8	0,0	0,5	0,2	54,1	2,6	0,3	0,3	1,7	0,8	0,1	0,2	31,5	67,1	21,1	3,2	2,2	0,5
		25,2	13,7	0,0	0,3	0,1	54,5	2,5	0,3	0,4	2,0	0,8	0,2	0,2	27,4	67,3	21,9	3,1	2,4	0,9
		24,5	13,8	0,0	0,2	0,1	55,0	2,6	0,3	0,4	2,0	0,9	0,1	0,2	27,6	64,7	21,0	3,1	2,4	0,8
		25,0	13,8	0,0	0,3	0,1	54,5	2,5	0,3	0,4	2,0	0,8	0,1	0,2	27,2	72,3	21,8	3,3	2,4	0,7
		24,6	13,7	0,0	0,2	0,2	55,2	2,5	0,3	0,3	2,0	0,8	0,1	0,2	28,0	66,9	22,3	3,0	2,4	0,7
		25,6	13,7	0,0	0,3	0,2	54,2	2,5	0,2	0,3	1,9	0,8	0,1	0,2	29,3	67,5	21,8	3,1	2,3	0,8
		25,2	13,8	0,0	0,5	0,1	54,1	2,6	0,2	0,5	1,8	0,8	0,1	0,2	29,6	64,4	21,1	3,0	2,3	0,9
		25,2	13,8	0,0	0,4	0,2	54,5	2,2	0,3	0,4	1,8	0,9	0,1	0,2	30,2	61,7	24,3	2,5	2,3	0,9
		25,1	13,8	0,0	0,2	0,2	54,6	2,3	0,4	0,4	1,9	0,8	0,1	0,2	28,9	64,3	24,1	2,7	2,4	0,4
		23,8	13,8	0,0	0,1	0,2	56,1	2,4	0,3	0,4	1,9	0,9	0,2	0,1	29,9	62,8	23,8	2,6	2,3	1,2
		24,6	13,7	0,0	0,1	0,2	55,1	2,6	0,4	0,3	1,8	0,9	0,1	0,2	30,4	62,8	21,4	2,9	2,3	0,7
		24,8	13,8	0,0	0,4	0,1	54,4	2,4	0,3	0,4	2,1	0,9	0,1	0,2	26,0	60,5	22,8	2,7	2,5	0,8
		27,1	13,7	0,0	0,3	0,2	52,1	2,6	0,4	0,4	1,8	1,0	0,1	0,3	29,6	52,0	19,8	2,6	2,4	0,5
		26,3	13,9	0,0	0,8	0,1	52,6	2,5	0,2	0,4	1,8	0,9	0,1	0,3	29,6	57,3	21,1	2,7	2,3	0,4
		24,5	13,7	0,0	0,1	0,1	54,9	2,7	0,3	0,3	1,9	0,9	0,1	0,2	28,6	60,4	20,4	3,0	2,4	0,9
		24,7	13,7	0,0	0,2	0,2	54,8	2,6	0,3	0,4	1,8	1,0	0,2	0,2	30,3	55,8	21,5	2,6	2,3	1,5
		24,4	13,8	0,0	0,2	0,2	54,9	2,6	0,2	0,5	2,0	0,9	0,1	0,2	28,0	58,2	21,1	2,8	2,4	0,8
		24,4	13,8	0,0	0,5	0,1	54,8	2,5	0,3	0,5	1,9	0,9	0,1	0,2	28,4	58,2	22,0	2,6	2,3	0,4
		24,3	13,7	0,0	0,1	0,1	55,5	2,6	0,3	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	29,6	63,2	21,6	2,9	2,3	0,9
		25,2	13,8	0,0	0,5	0,2	53,8	2,6	0,3	0,5	1,8	0,9	0,1	0,2	29,9	57,5	20,8	2,8	2,3	0,5
		24,3	13,7	0,0	0,1	0,2	55,5	2,5	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,2	28,3	64,8	22,0	2,9	2,4	0,7
		23,8	13,9	0,0	0,1	0,1	55,8	2,5	0,3	0,3	1,9	1,0	0,1	0,1	29,1	54,6	22,2	2,5	2,3	1,0
		24,8	13,7	0,0	0,2	0,1	55,0	2,5	0,3	0,4	1,7	0,8	0,1	0,2	31,7	65,4	21,7	3,0	2,2	0,5
		25,0	13,7	0,0	0,4	0,2	54,1	2,6	0,3	0,3	2,0	1,0	0,2	0,2	27,3	56,3	21,1	2,7	2,5	1,1
		25,0	13,9	0,0	0,5	0,1	54,3	2,1	0,4	0,5	1,8	0,9	0,2	0,2	29,6	57,2	25,4	2,3	2,3	0,8
		25,5	13,8	0,0	1,0	0,2	53,1	2,2	0,3	0,7	1,9	1,1	0,2	0,2	28,6	49,8	24,0	2,1	2,4	0,7
		25,0	13,8	0,0	0,2	0,2	54,8	2,4	0,3	0,4	1,7	1,0	0,2	0,1	32,5	56,2	22,7	2,5	2,2	1,4
		24,7	13,7	0,0	0,3	0,2	54,7	2,4	0,3	0,4	1,9	0,9	0,2	0,2	29,0	58,7	22,4	2,6	2,4	1,1

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		24,5	13,7	0,0	0,1	0,1	55,2	2,5	0,3	0,4	1,9	0,8	0,2	0,2	29,1	65,7	21,8	3,0	2,4	1,0
		25,8	13,7	0,0	0,6	0,2	53,4	2,4	0,3	0,6	1,8	0,9	0,1	0,2	29,0	59,9	22,5	2,7	2,4	0,5
		24,4	13,8	0,0	0,1	0,2	55,1	2,6	0,3	0,4	2,0	0,9	0,1	0,2	27,5	62,8	21,3	2,9	2,5	0,7
		24,7	13,7	0,0	0,2	0,2	54,7	2,6	0,4	0,3	2,0	0,9	0,1	0,2	26,9	63,0	21,1	3,0	2,5	0,6
		24,9	13,8	0,0	0,4	0,2	54,6	2,5	0,3	0,4	1,7	0,9	0,2	0,2	32,1	61,9	22,0	2,8	2,2	0,9
		24,8	13,8	0,0	0,1	0,1	55,1	2,6	0,2	0,3	1,7	0,8	0,1	0,1	31,5	65,8	21,0	3,1	2,1	1,1
		26,1	13,6	0,0	0,7	0,2	53,2	2,4	0,4	0,4	1,9	0,8	0,1	0,2	27,4	65,3	22,3	2,9	2,5	0,6
		24,6	13,7	0,0	0,1	0,2	55,2	2,5	0,2	0,4	1,9	0,8	0,1	0,1	29,3	66,2	22,0	3,0	2,4	0,9
		24,5	13,7	0,0	0,3	0,3	54,8	2,6	0,3	0,3	2,0	0,9	0,2	0,2	27,5	60,3	21,2	2,8	2,6	0,9
		23,5	13,8	0,0	0,3	0,1	55,1	2,6	0,3	0,4	2,3	1,2	0,1	0,2	23,8	46,9	20,8	2,3	2,8	0,4
		24,9	13,7	0,0	0,5	0,2	54,7	2,5	0,3	0,2	1,8	0,9	0,1	0,2	30,7	62,4	22,3	2,8	2,3	0,8
		24,3	13,8	0,0	0,1	0,2	55,4	2,6	0,3	0,4	1,9	0,9	0,1	0,1	29,6	59,1	21,3	2,8	2,3	0,9
		24,2	13,8	0,0	0,1	0,1	55,3	2,7	0,3	0,3	2,1	0,8	0,1	0,1	26,1	66,5	20,7	3,2	2,5	1,1
		24,9	13,8	0,0	0,3	0,2	54,6	2,5	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	28,8	55,1	21,7	2,5	2,4	0,5
		25,5	13,7	0,0	0,4	0,1	53,7	2,6	0,3	0,4	2,1	1,0	0,1	0,2	25,3	56,2	20,7	2,7	2,6	0,6
		24,1	13,8	0,0	0,1	0,1	55,5	2,6	0,3	0,4	1,8	0,9	0,1	0,1	30,3	62,0	21,1	2,9	2,2	0,9
		24,3	13,8	0,0	0,1	0,2	55,4	2,6	0,3	0,4	1,9	0,8	0,2	0,1	28,8	73,2	21,7	3,4	2,4	1,2
		24,4	13,8	0,0	0,2	0,2	55,2	2,6	0,2	0,4	1,8	1,0	0,2	0,1	31,0	56,5	21,4	2,6	2,3	1,5
		25,9	13,7	0,0	0,6	0,1	52,9	2,5	0,3	0,6	2,2	0,9	0,3	0,2	24,6	59,6	21,6	2,8	2,8	1,8
		26,3	14,1	0,0	0,6	0,2	52,5	2,4	0,3	0,6	1,9	0,9	0,2	0,2	28,0	60,0	21,5	2,8	2,4	0,9
		24,9	13,8	0,0	0,3	0,1	54,5	2,5	0,3	0,4	1,9	0,8	0,2	0,2	28,6	64,9	21,5	3,0	2,4	0,9
		25,0	13,7	0,0	0,2	0,2	54,1	2,6	0,2	0,7	1,9	0,9	0,2	0,2	28,7	57,0	20,9	2,7	2,5	0,8
		25,0	13,7	0,0	0,3	0,2	54,7	2,6	0,3	0,3	1,7	0,9	0,1	0,2	31,3	62,8	21,4	2,9	2,2	0,7
		24,5	13,8	0,0	0,1	0,2	55,1	2,5	0,3	0,4	2,0	0,9	0,1	0,2	27,1	64,3	21,7	3,0	2,5	0,9
		24,6	13,8	0,0	0,2	0,2	55,2	2,6	0,2	0,3	1,7	0,9	0,1	0,1	31,7	64,6	21,2	3,1	2,3	0,9
		24,8	13,8	0,0	0,4	0,2	54,2	2,6	0,3	0,4	2,1	0,8	0,1	0,2	25,4	64,4	20,5	3,1	2,6	0,8
		24,8	13,7	0,0	0,5	0,2	54,8	2,4	0,3	0,3	1,9	0,8	0,1	0,2	28,8	71,8	22,6	3,2	2,4	0,9
		24,7	13,9	0,0	0,3	0,1	54,5	2,6	0,3	0,4	2,0	0,9	0,1	0,2	27,6	61,8	21,1	2,9	2,4	0,5
		24,4	13,7	0,0	0,2	0,2	55,1	2,5	0,3	0,3	1,9	1,0	0,2	0,1	28,4	55,5	21,9	2,5	2,4	1,2

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		24,7	13,8	0,0	0,1	0,2	55,1	2,5	0,3	0,3	1,8	0,9	0,2	0,1	30,0	60,0	21,7	2,8	2,3	1,4
		23,9	13,9	0,0	0,2	0,2	55,5	2,6	0,3	0,4	1,9	0,8	0,1	0,2	28,8	65,6	21,5	3,0	2,4	0,6
		24,2	13,8	0,0	0,1	0,2	55,3	2,6	0,3	0,4	1,9	0,9	0,2	0,1	29,5	59,0	21,1	2,8	2,4	1,2
		24,2	13,7	0,0	0,1	0,2	55,2	2,5	0,3	0,4	2,1	0,9	0,1	0,1	26,6	58,4	21,8	2,7	2,6	0,8
		23,5	13,6	0,0	0,0	0,0	56,2	2,6	0,2	0,4	1,6	1,3	0,2	0,3	36,2	41,6	21,3	2,0	2,0	0,7
Tonalito Arco Verde	MAR-111	20,6	13,3	0,2	0,1	0,7	59,5	1,7	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,2	30,3	66,1	34,2	1,9	3,0	0,8
		21,6	13,1	0,2	0,4	0,8	57,8	1,4	0,5	0,5	2,3	0,9	0,2	0,2	25,0	63,2	40,3	1,6	3,5	0,7
		20,9	13,4	0,0	0,1	0,7	59,1	1,9	0,3	0,3	2,0	1,0	0,1	0,2	29,8	60,8	31,5	1,9	3,0	0,6
		22,6	13,2	0,1	1,2	0,8	56,2	1,6	0,4	0,4	2,3	0,9	0,2	0,2	24,3	61,3	35,6	1,7	3,5	0,8
		21,2	13,4	0,0	0,4	0,7	58,1	1,8	0,3	0,4	2,3	1,0	0,1	0,2	25,4	58,2	32,2	1,8	3,3	0,5
		20,9	13,3	0,0	0,1	0,7	59,2	1,7	0,3	0,4	2,0	1,0	0,2	0,2	29,5	59,2	34,0	1,7	3,1	1,0
		21,0	13,3	0,0	0,2	0,7	58,5	1,8	0,4	0,5	2,2	1,1	0,2	0,2	26,0	55,2	33,2	1,7	3,3	1,2
		19,5	12,9	0,0	0,1	0,7	60,9	1,4	0,3	0,4	1,9	1,5	0,2	0,1	31,4	40,6	43,7	0,9	3,0	1,8
		21,4	12,4	0,0	0,4	0,7	58,6	1,4	0,4	0,3	2,2	1,8	0,2	0,2	27,0	32,0	42,9	0,7	3,2	0,9
		18,9	13,0	0,0	0,2	0,7	61,1	1,5	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,2	29,0	38,9	41,6	0,9	3,2	0,9
		21,0	12,4	0,1	1,0	1,3	57,1	1,3	0,4	0,5	2,8	1,7	0,2	0,2	20,7	33,3	42,5	0,8	4,5	0,8
		19,2	13,0	0,0	0,5	0,7	59,9	1,5	0,3	0,5	2,2	1,7	0,2	0,2	27,5	34,8	39,5	0,9	3,3	1,1
		18,7	13,1	0,0	0,1	0,7	61,2	1,7	0,3	0,4	1,8	1,6	0,2	0,1	33,2	37,9	36,3	1,0	2,9	1,8
		18,8	13,1	0,0	0,1	0,7	60,9	1,7	0,3	0,4	2,2	1,6	0,2	0,2	28,2	38,3	36,4	1,1	3,2	1,2
		19,1	13,0	0,0	0,3	1,0	59,7	1,7	0,4	0,5	2,4	1,7	0,2	0,2	25,0	35,7	36,2	1,0	3,7	0,8
		19,7	12,7	0,1	0,2	0,9	60,3	1,4	0,4	0,4	2,0	1,5	0,2	0,2	30,4	39,1	43,7	0,9	3,3	0,7
		19,0	12,8	0,1	0,2	0,8	61,0	1,4	0,4	0,4	2,0	1,5	0,3	0,1	30,0	41,6	43,9	0,9	3,2	2,1
		20,8	12,9	0,1	1,4	0,9	57,3	1,4	0,3	0,6	2,2	1,7	0,1	0,3	26,4	33,2	41,7	0,8	3,5	0,5
		19,7	12,9	0,0	0,3	0,8	60,0	1,5	0,3	0,5	1,9	1,7	0,3	0,1	31,3	35,1	39,6	0,9	3,1	2,0
		18,9	13,0	0,0	0,5	0,6	59,9	1,6	0,3	0,4	2,7	1,6	0,2	0,2	22,4	37,6	37,6	1,0	3,7	1,2
		19,9	13,0	0,0	0,5	0,7	59,4	1,5	0,3	0,4	2,5	1,4	0,2	0,2	23,3	41,0	40,2	1,0	3,6	0,7
		18,8	13,1	0,0	0,1	0,7	60,6	1,7	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,1	27,4	36,2	35,2	1,0	3,2	1,6
		18,8	13,1	0,0	0,1	0,7	61,1	1,6	0,3	0,3	1,9	1,6	0,2	0,2	31,7	38,9	37,3	1,0	3,0	0,9
		18,8	13,1	0,0	0,1	0,7	61,2	1,7	0,3	0,3	1,9	1,7	0,2	0,1	33,0	36,5	35,3	1,0	2,9	1,8

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		18,5	13,2	0,0	0,4	0,7	60,7	1,6	0,3	0,4	2,4	1,6	0,2	0,1	25,2	39,0	37,3	1,0	3,4	1,3
		19,1	13,1	0,0	0,5	0,7	60,0	1,7	0,3	0,4	2,3	1,6	0,2	0,2	26,4	36,8	35,8	1,0	3,4	0,8
		19,2	13,1	0,0	0,6	0,6	59,8	1,7	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,2	26,7	35,4	34,3	1,0	3,2	1,1
		18,8	13,1	0,0	0,2	0,6	60,8	1,7	0,3	0,3	2,1	1,7	0,2	0,2	28,6	36,3	35,5	1,0	3,1	1,2
		20,7	12,9	0,0	0,8	1,1	57,7	1,5	0,5	0,5	2,2	1,6	0,2	0,3	26,2	35,2	38,0	0,9	3,8	0,6
		20,6	13,1	0,0	0,6	0,6	58,1	1,7	0,3	0,4	2,7	1,5	0,2	0,2	21,2	38,0	34,3	1,1	3,7	0,9
		19,8	13,0	0,0	0,7	1,1	58,3	1,6	0,6	0,5	2,2	1,7	0,2	0,3	26,6	33,7	36,5	0,9	3,8	0,6
		19,0	13,0	0,0	0,2	0,7	60,7	1,8	0,3	0,3	2,1	1,6	0,2	0,2	29,0	38,4	33,3	1,2	3,1	1,1
		18,3	13,3	0,0	0,1	0,7	61,4	1,7	0,3	0,4	1,8	1,7	0,2	0,1	34,5	35,5	35,5	1,0	2,8	1,9
Tonalito Arco Verde	MAR-148	18,1	13,3	0,0	0,5	0,8	60,1	1,7	0,4	0,5	2,2	1,9	0,2	0,2	27,0	32,3	35,9	0,9	3,5	1,0
		17,9	13,6	0,0	0,8	0,6	60,2	1,7	0,3	0,5	2,4	1,6	0,2	0,2	24,9	38,0	35,4	1,1	3,4	1,3
		17,6	13,6	0,0	0,5	0,6	60,7	1,8	0,3	0,4	2,4	1,6	0,2	0,2	25,3	38,3	33,9	1,1	3,4	1,0
		17,6	13,6	0,0	0,5	0,6	61,1	1,8	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,2	29,2	38,3	33,3	1,1	3,1	0,9
		17,6	13,6	0,0	0,4	0,7	60,9	1,8	0,3	0,5	2,3	1,5	0,2	0,2	26,3	39,8	33,1	1,2	3,4	0,9
		18,2	13,6	0,0	0,9	1,1	59,2	1,8	0,3	0,5	2,4	1,6	0,2	0,2	24,3	37,0	33,0	1,1	4,0	0,7
		18,1	13,7	0,0	0,6	0,6	60,2	1,8	0,3	0,4	2,4	1,6	0,2	0,2	24,7	38,0	34,0	1,1	3,4	1,0
		18,0	13,7	0,0	0,6	0,5	60,5	1,7	0,3	0,4	2,4	1,5	0,2	0,2	25,3	41,0	35,1	1,2	3,3	0,8
		18,2	13,7	0,0	0,6	0,6	59,9	1,8	0,3	0,5	2,5	1,5	0,2	0,2	24,2	38,7	33,1	1,2	3,5	1,0
		18,1	13,8	0,0	0,5	0,6	60,3	1,8	0,3	0,4	2,3	1,7	0,2	0,2	26,7	36,4	33,3	1,1	3,2	0,9
		17,9	13,7	0,0	0,3	0,6	61,0	1,8	0,4	0,4	2,1	1,6	0,2	0,2	29,7	38,5	33,1	1,2	3,0	1,3
		18,6	13,6	0,0	0,6	0,6	59,7	1,8	0,3	0,4	2,5	1,4	0,2	0,2	24,3	42,6	32,5	1,3	3,5	1,0
		18,1	13,6	0,0	0,6	0,9	59,8	1,8	0,3	0,4	2,5	1,5	0,2	0,3	24,4	40,1	32,4	1,2	3,8	0,7
		18,5	13,8	0,0	0,7	0,6	59,8	1,9	0,3	0,4	2,4	1,4	0,1	0,2	25,2	41,8	31,5	1,3	3,3	0,7
		18,0	13,6	0,0	0,5	0,5	60,7	1,9	0,3	0,4	2,3	1,5	0,2	0,2	26,2	40,8	32,6	1,3	3,2	0,8
		17,9	13,7	0,0	0,6	0,7	60,1	1,9	0,3	0,4	2,2	1,6	0,2	0,3	26,8	38,2	32,2	1,2	3,5	0,6
		17,3	13,7	0,0	0,1	0,5	61,6	2,0	0,3	0,4	2,2	1,5	0,2	0,2	28,5	40,7	31,5	1,3	3,0	1,3
		17,8	13,6	0,0	0,3	0,6	60,7	1,9	0,3	0,4	2,3	1,6	0,2	0,2	26,4	38,4	32,6	1,2	3,3	1,0
		17,5	13,7	0,0	0,1	0,6	61,5	1,9	0,3	0,4	2,3	1,3	0,2	0,1	27,0	45,8	31,9	1,4	3,1	1,2
		19,0	13,7	0,0	0,9	1,5	57,8	1,7	0,3	0,5	2,5	1,5	0,2	0,3	23,4	37,5	33,9	1,1	4,5	0,6

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		18,3	13,7	0,0	0,6	0,6	59,9	1,8	0,4	0,5	2,1	1,6	0,2	0,2	28,2	36,7	33,2	1,1	3,2	1,1
		18,3	13,5	0,0	0,8	0,5	59,7	1,8	0,3	0,4	2,5	1,6	0,2	0,2	24,1	38,2	32,6	1,2	3,5	1,0
		17,9	13,6	0,0	0,3	0,8	60,7	1,9	0,4	0,5	2,1	1,6	0,2	0,2	29,3	39,1	31,5	1,2	3,3	0,8
		17,5	13,9	0,0	0,4	0,5	60,4	1,9	0,3	0,4	2,5	1,6	0,2	0,2	23,7	37,4	31,2	1,2	3,4	0,8
		18,7	13,7	0,0	0,8	0,6	58,9	1,9	0,4	0,4	2,5	1,6	0,2	0,2	23,4	37,5	31,0	1,2	3,6	0,9
		18,6	13,7	0,0	0,6	0,6	59,4	1,9	0,4	0,4	2,4	1,5	0,2	0,2	24,4	39,1	31,0	1,3	3,5	1,1
		17,2	13,8	0,0	0,1	0,6	61,8	1,7	0,3	0,4	2,1	1,5	0,2	0,1	29,1	40,1	37,0	1,1	3,1	1,6
		18,3	13,7	0,0	0,5	0,7	59,8	1,8	0,4	0,5	2,4	1,6	0,2	0,2	25,1	37,5	33,8	1,1	3,5	1,0
		19,4	13,7	0,0	1,8	0,6	57,3	1,6	0,3	0,8	2,4	1,6	0,2	0,3	23,7	36,4	35,2	1,0	3,5	0,8
		17,5	13,8	0,0	0,4	0,5	60,8	1,9	0,4	0,5	2,4	1,6	0,2	0,2	25,6	38,1	31,9	1,2	3,3	1,2
		17,1	13,8	0,0	0,2	0,5	61,2	1,9	0,4	0,4	2,1	1,8	0,2	0,2	28,9	34,6	31,5	1,1	3,0	0,9
		17,1	13,7	0,0	0,1	0,5	61,3	1,9	0,4	0,4	2,4	1,7	0,3	0,2	25,8	37,1	32,1	1,2	3,3	1,4
		19,0	13,7	0,0	0,7	0,5	59,1	1,7	0,3	0,5	2,4	1,5	0,2	0,3	24,9	40,6	34,1	1,2	3,5	0,7
		18,2	13,7	0,0	0,8	0,6	59,5	1,8	0,3	0,5	2,7	1,5	0,2	0,3	22,3	40,3	32,6	1,2	3,7	0,6
		17,4	13,7	0,0	0,1	0,5	61,4	1,9	0,4	0,5	2,1	1,6	0,2	0,2	29,2	38,0	33,2	1,1	3,0	1,0
		18,0	13,6	0,0	0,6	0,6	59,8	2,4	0,4	0,4	2,0	1,8	0,2	0,2	29,3	32,5	25,2	1,3	3,0	1,1
		19,2	13,7	0,0	1,3	0,6	58,2	1,7	0,4	0,5	2,2	1,7	0,2	0,3	26,9	35,3	33,6	1,0	3,3	0,6
		18,8	13,8	0,0	1,3	0,8	57,8	1,8	0,4	0,5	2,8	1,7	0,2	0,3	20,9	34,7	32,8	1,1	4,1	0,8
		16,7	13,8	0,0	0,1	0,6	62,2	1,6	0,4	0,4	2,3	1,6	0,2	0,1	27,4	38,7	38,1	1,0	3,2	1,3
		17,3	13,6	0,0	1,0	0,5	59,4	2,0	0,7	0,4	2,6	1,8	0,3	0,3	22,5	33,0	29,2	1,1	3,8	0,8
		17,0	13,7	0,0	0,1	0,5	61,9	1,8	0,4	0,5	2,2	1,7	0,2	0,2	28,7	36,6	35,1	1,0	3,0	1,0
		17,3	13,8	0,0	0,4	0,6	60,9	1,8	0,5	0,4	2,3	1,7	0,2	0,2	26,9	36,3	34,3	1,1	3,2	0,9
		17,7	13,9	0,0	0,1	0,5	61,2	1,9	0,4	0,4	2,0	1,6	0,2	0,1	31,1	37,8	32,6	1,2	2,8	1,8
Trondhemito Mogno	MFR-53	22,0	13,1	0,1	0,3	0,7	58,0	1,5	0,3	0,3	2,3	1,1	0,1	0,2	25,7	54,9	38,8	1,4	3,2	0,7
		22,4	13,1	0,0	0,1	0,6	58,2	1,7	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,1	29,5	62,6	34,2	1,8	2,9	0,9
		22,8	13,1	0,0	0,6	0,6	57,1	1,6	0,3	0,4	2,2	1,0	0,1	0,2	25,8	55,5	35,6	1,6	3,1	0,7
		21,7	13,2	0,0	0,1	0,7	58,7	1,7	0,3	0,4	2,1	0,9	0,1	0,2	28,0	63,7	34,2	1,9	3,0	0,5
		22,4	13,2	0,0	0,2	0,7	57,9	1,7	0,3	0,3	2,1	1,0	0,1	0,2	28,0	56,1	34,9	1,6	3,0	0,6
		21,8	13,3	0,0	0,1	0,6	58,5	1,7	0,3	0,4	2,0	1,1	0,2	0,1	29,9	52,3	34,6	1,5	2,9	1,3

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		21,9	13,2	0,1	0,1	0,7	58,7	1,7	0,2	0,4	1,9	0,9	0,1	0,1	31,1	62,4	34,2	1,8	2,8	0,8
		21,5	13,2	0,0	0,1	0,7	59,1	1,7	0,2	0,3	1,8	1,0	0,1	0,1	32,3	56,4	35,0	1,6	2,8	0,9
		21,8	13,2	0,0	0,1	0,7	58,5	1,6	0,3	0,4	2,0	1,0	0,1	0,2	29,5	56,1	36,0	1,6	3,0	0,9
		21,7	13,0	0,3	0,1	0,7	58,8	1,6	0,3	0,3	2,1	0,9	0,1	0,1	28,2	65,8	36,8	1,8	3,1	0,9
		21,7	13,0	0,2	0,1	0,7	58,8	1,7	0,3	0,4	2,0	0,9	0,2	0,1	30,1	62,1	35,5	1,7	2,9	1,5
		22,4	13,3	0,1	0,9	0,8	56,9	1,5	0,3	0,4	2,1	1,1	0,2	0,2	27,6	53,2	37,9	1,4	3,2	0,8
		21,0	13,2	0,1	0,5	0,7	57,9	1,6	0,3	0,5	2,6	1,2	0,1	0,2	22,7	48,3	36,4	1,3	3,6	0,5
		20,0	13,4	0,0	0,1	0,7	59,7	1,7	0,3	0,4	2,3	1,1	0,1	0,2	26,0	52,4	35,3	1,5	3,3	0,6
		20,1	13,3	0,1	0,1	0,7	59,6	1,6	0,3	0,4	2,4	1,2	0,1	0,2	24,8	50,5	36,7	1,4	3,4	0,8
		20,1	13,3	0,0	0,1	0,7	59,8	1,7	0,3	0,3	2,3	1,0	0,1	0,2	25,6	59,1	34,5	1,7	3,3	0,6
		20,2	13,3	0,0	0,1	0,7	59,6	1,7	0,3	0,3	2,3	1,1	0,2	0,2	25,8	53,7	35,8	1,5	3,3	0,8
		20,4	13,3	0,0	0,1	0,6	59,3	1,8	0,4	0,3	2,2	1,1	0,1	0,2	26,5	55,4	32,7	1,7	3,3	0,6
		20,4	13,3	0,0	0,3	0,7	59,1	1,8	0,3	0,4	2,3	1,1	0,1	0,2	25,3	54,1	33,1	1,6	3,3	0,7
		21,7	13,2	0,1	0,7	0,8	56,9	1,6	0,4	0,6	2,5	1,1	0,1	0,2	22,6	49,9	35,2	1,4	3,7	0,6
		20,3	13,4	0,1	0,1	0,7	59,4	1,6	0,4	0,3	2,1	1,1	0,1	0,2	28,1	54,1	36,3	1,5	3,1	0,6
		20,5	13,3	0,1	0,2	0,7	59,4	1,7	0,3	0,4	2,1	1,1	0,1	0,2	28,4	54,3	35,1	1,5	3,1	0,6
		20,6	13,5	0,0	0,3	0,7	59,2	1,7	0,3	0,3	2,1	0,9	0,1	0,2	27,6	64,5	34,0	1,9	3,1	0,5
		20,4	13,4	0,0	0,1	0,7	59,1	1,7	0,3	0,4	2,6	1,1	0,1	0,2	23,0	53,2	35,0	1,5	3,5	0,8
		20,2	13,3	0,0	0,1	0,7	59,8	1,8	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,2	27,3	55,4	33,7	1,6	3,1	0,7
		20,3	13,4	0,0	0,2	0,7	59,3	1,8	0,3	0,4	2,3	1,2	0,1	0,2	26,3	49,6	33,4	1,5	3,2	0,7
Trondhjemito Mogno	FRM-98	23,8	13,8	0,0	0,1	0,1	55,6	2,4	0,3	0,4	2,1	1,0	0,1	0,2	26,0	55,6	23,0	2,4	2,6	0,7
		24,0	13,6	0,0	0,2	0,1	55,5	2,4	0,3	0,5	2,1	1,0	0,2	0,2	26,9	55,0	23,0	2,4	2,5	1,2
		23,5	13,8	0,0	0,1	0,1	56,1	2,6	0,3	0,3	2,0	1,0	0,1	0,1	28,6	58,6	21,8	2,7	2,4	1,0
		23,4	13,8	0,0	0,1	0,0	56,0	2,7	0,3	0,4	2,0	1,0	0,1	0,2	28,2	57,3	21,1	2,7	2,3	0,5
		23,7	13,8	0,0	0,1	0,2	56,0	2,7	0,2	0,3	1,8	0,9	0,1	0,1	31,3	60,1	20,7	2,9	2,2	0,8
		25,8	13,5	0,0	0,3	0,1	54,4	2,5	0,3	0,3	1,6	0,9	0,1	0,2	33,0	61,4	21,5	2,9	2,0	0,7
		23,9	13,8	0,0	0,2	0,2	55,5	2,5	0,3	0,3	2,1	0,9	0,1	0,2	26,4	63,3	22,2	2,9	2,5	0,5
		23,9	13,8	0,0	0,1	0,1	56,0	2,5	0,3	0,3	1,9	0,8	0,1	0,1	29,6	68,0	22,3	3,0	2,2	0,7
		23,9	13,7	0,0	0,1	0,1	55,3	2,5	0,4	0,5	2,0	1,1	0,2	0,2	27,1	50,7	22,1	2,3	2,5	1,0

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		23,6	13,9	0,0	0,1	0,1	56,2	2,7	0,2	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	29,8	61,8	21,2	2,9	2,2	0,7
		23,9	13,7	0,0	0,1	0,1	54,8	2,6	0,4	0,5	2,3	1,1	0,1	0,2	23,8	49,4	21,0	2,4	2,8	0,5
		23,6	13,8	0,0	0,1	0,1	55,9	2,7	0,3	0,4	1,8	1,0	0,1	0,2	30,8	56,9	20,9	2,7	2,2	0,7
		23,0	14,0	0,0	0,1	0,1	56,5	2,7	0,2	0,4	2,1	0,8	0,1	0,1	26,8	69,2	20,7	3,3	2,4	0,7
		23,3	13,9	0,0	0,1	0,1	56,4	2,7	0,3	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	29,5	61,6	21,1	2,9	2,2	0,6
		24,5	13,7	0,0	0,2	0,4	55,2	2,6	0,2	0,5	1,8	0,8	0,1	0,1	30,5	66,4	21,4	3,1	2,4	0,7
		23,6	13,8	0,0	0,1	0,1	56,1	2,7	0,3	0,2	1,9	0,9	0,1	0,2	29,4	61,4	21,0	2,9	2,2	0,5
		23,1	13,9	0,0	0,1	0,0	56,2	2,7	0,3	0,3	2,0	1,0	0,1	0,1	28,0	57,1	20,7	2,8	2,3	0,8
		23,2	13,9	0,0	0,1	0,1	55,8	2,7	0,4	0,4	2,0	1,0	0,2	0,2	27,4	56,1	20,4	2,7	2,5	0,9
		24,2	13,9	0,0	0,1	0,0	55,5	2,6	0,3	0,3	2,0	0,8	0,1	0,2	28,0	69,3	21,3	3,3	2,3	0,5
		23,8	13,8	0,0	0,1	0,2	55,9	2,7	0,2	0,3	1,9	0,8	0,1	0,2	29,3	71,1	20,5	3,5	2,3	0,5
		23,4	13,8	0,0	0,1	0,1	56,2	2,6	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,2	28,3	59,6	21,8	2,7	2,4	0,5
		23,3	13,9	0,0	0,1	0,1	56,1	2,7	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,1	27,8	59,2	21,0	2,8	2,4	0,9
		22,1	14,1	0,0	0,1	0,3	57,1	2,8	0,2	0,3	1,8	0,9	0,1	0,2	31,4	61,2	20,3	3,0	2,4	0,6
		23,7	13,8	0,0	0,1	0,1	56,0	2,7	0,3	0,3	1,8	0,9	0,1	0,2	30,3	60,5	21,0	2,9	2,2	0,5
		23,5	13,9	0,0	0,1	0,2	56,4	2,7	0,3	0,2	1,7	0,9	0,1	0,1	32,6	64,6	20,7	3,1	2,1	0,5
		24,0	13,7	0,0	0,2	0,3	55,5	2,7	0,3	0,3	2,0	0,9	0,1	0,1	28,0	62,9	20,9	3,0	2,5	0,7
		23,7	13,8	0,0	0,1	0,1	55,9	2,7	0,2	0,3	2,0	0,9	0,1	0,1	27,5	64,0	20,8	3,1	2,4	0,7
		23,6	13,9	0,0	0,1	0,2	55,7	2,6	0,3	0,5	2,0	0,9	0,1	0,2	28,3	63,3	21,4	3,0	2,4	0,4
		23,3	13,9	0,0	0,1	0,1	56,4	2,7	0,3	0,3	1,8	0,9	0,1	0,1	31,6	61,1	20,9	2,9	2,1	0,7
		21,2	14,1	0,0	0,1	0,1	58,0	2,7	0,3	0,3	2,0	1,0	0,1	0,1	29,4	59,4	21,4	2,8	2,3	1,0
		23,1	13,9	0,0	0,1	0,4	56,1	2,9	0,3	0,3	2,0	0,8	0,1	0,2	28,0	69,8	19,6	3,6	2,6	0,5
		23,6	13,8	0,0	0,1	0,2	56,0	2,7	0,3	0,3	1,8	0,9	0,1	0,1	30,7	63,6	20,5	3,1	2,3	0,8
		23,4	13,9	0,0	0,1	0,1	56,2	2,7	0,2	0,4	1,8	1,0	0,1	0,1	30,8	56,4	20,9	2,7	2,1	0,6
		24,2	13,8	0,0	0,3	0,1	55,4	2,6	0,3	0,3	1,9	0,8	0,1	0,2	28,6	65,9	21,3	3,1	2,3	0,4
		23,7	13,8	0,0	0,1	0,2	55,9	2,7	0,3	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	30,0	59,4	20,9	2,8	2,2	0,8
Trondhjemito Mogno	MASF-28	17,3	13,2	0,0	0,7	0,6	61,2	1,6	0,3	0,3	2,5	1,9	0,2	0,2	24,3	32,4	38,1	0,9	3,6	0,7
		16,9	13,0	0,1	0,6	0,7	61,2	1,6	0,4	0,5	2,5	1,9	0,2	0,3	24,7	32,0	37,9	0,8	3,7	0,6
		16,4	13,3	0,0	0,4	0,6	62,2	1,8	0,4	0,3	2,4	1,8	0,3	0,1	25,8	35,4	34,5	1,0	3,5	2,0

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		16,3	13,4	0,0	0,3	0,7	62,3	1,8	0,4	0,4	2,4	1,9	0,2	0,1	26,4	33,6	35,3	1,0	3,4	1,8
		18,4	13,4	0,0	1,5	0,8	58,8	1,9	0,3	0,6	2,2	1,8	0,2	0,3	26,6	33,0	31,3	1,1	3,5	0,5
		17,9	13,3	0,0	1,3	0,6	58,8	1,8	0,4	0,4	3,2	1,8	0,2	0,4	18,2	33,5	33,6	1,0	4,4	0,5
		15,6	13,6	0,0	0,1	0,6	63,3	1,9	0,3	0,4	2,0	1,8	0,3	0,2	31,4	35,4	33,6	1,1	3,0	1,6
		16,4	13,5	0,0	0,5	0,6	61,9	1,9	0,3	0,4	2,3	1,8	0,2	0,2	26,9	33,8	32,3	1,0	3,3	0,8
		17,1	13,5	0,0	0,8	0,6	60,5	2,0	0,4	0,4	2,5	1,9	0,2	0,3	24,7	32,1	30,9	1,0	3,5	0,7
		18,0	13,5	0,0	1,4	0,5	59,0	1,9	0,3	0,5	2,6	1,8	0,2	0,4	22,8	32,0	31,9	1,0	3,6	0,4
		15,6	13,3	0,0	0,8	0,9	62,3	1,4	0,3	0,5	2,6	2,0	0,2	0,2	24,2	31,5	43,7	0,7	3,9	0,8
		16,5	13,3	0,0	1,2	0,7	60,9	1,6	0,4	0,5	2,5	2,0	0,2	0,3	24,4	30,3	38,0	0,8	3,7	0,7
		15,3	13,4	0,0	0,2	0,8	63,1	1,5	0,3	0,5	2,5	2,0	0,2	0,2	25,3	31,9	41,0	0,8	3,7	1,5
		15,1	13,4	0,0	0,3	0,8	63,3	1,6	0,3	0,5	2,4	1,9	0,3	0,2	26,5	33,2	39,0	0,9	3,6	1,6
		15,1	13,4	0,0	0,1	0,7	63,8	1,7	0,3	0,4	2,3	1,8	0,2	0,2	27,8	34,8	37,7	0,9	3,3	1,3
		17,4	13,2	0,0	1,4	0,7	60,0	1,6	0,3	0,6	2,4	1,9	0,1	0,4	24,6	31,6	36,8	0,9	3,6	0,3
		17,0	13,4	0,0	0,7	0,6	61,3	1,6	0,3	0,4	2,5	1,9	0,2	0,3	24,4	32,7	38,8	0,8	3,6	0,7
		16,4	13,2	0,0	0,2	0,7	62,8	1,6	0,3	0,4	2,1	1,9	0,2	0,1	30,2	33,9	39,2	0,9	3,1	1,4
		15,9	13,3	0,0	0,2	0,7	63,4	1,6	0,3	0,4	2,1	1,8	0,2	0,1	29,9	35,4	40,0	0,9	3,2	1,8
		17,2	13,2	0,0	0,7	0,8	61,3	1,6	0,3	0,4	2,4	1,7	0,2	0,2	25,9	36,4	37,5	1,0	3,6	0,8
		17,6	13,1	0,0	1,1	0,9	60,5	1,4	0,3	0,4	2,5	1,8	0,3	0,3	25,3	34,3	45,9	0,8	3,9	0,9
		16,1	13,2	0,0	0,3	0,8	62,9	1,6	0,3	0,5	2,2	1,8	0,2	0,1	28,7	34,5	38,4	0,9	3,4	1,4
		18,7	13,4	0,0	2,0	0,6	57,8	1,6	0,3	0,4	2,9	1,7	0,1	0,5	19,7	33,0	36,5	0,9	4,1	0,3
Tonalito Mariazinha	AM-02A	17,1	13,3	0,0	0,1	0,6	62,1	1,9	0,4	0,3	2,2	1,7	0,2	0,1	28,1	37,2	33,1	1,1	3,2	1,7
		16,7	13,4	0,0	0,1	0,6	62,4	1,9	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,1	28,6	36,7	32,1	1,1	3,1	1,6
		17,0	13,3	0,0	0,1	0,8	62,5	1,5	0,3	0,3	2,1	1,6	0,2	0,1	29,5	38,4	41,0	0,9	3,2	2,0
		17,4	13,3	0,0	0,2	0,6	61,7	1,7	0,3	0,4	2,3	1,7	0,2	0,1	27,0	37,4	35,9	1,0	3,3	1,6
		16,7	13,6	0,0	0,1	0,6	62,4	1,8	0,3	0,3	2,2	1,6	0,2	0,1	27,9	38,9	35,5	1,1	3,2	1,9
		16,9	13,4	0,0	0,1	0,7	62,4	1,7	0,3	0,4	2,1	1,7	0,2	0,1	29,8	37,5	37,0	1,0	3,1	1,5
		16,7	13,5	0,0	0,1	0,6	62,4	1,8	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,1	28,9	36,5	35,3	1,0	3,2	1,7
		16,9	13,4	0,0	0,1	0,6	61,9	2,1	0,3	0,4	2,3	1,7	0,2	0,2	27,3	35,9	29,8	1,2	3,2	1,5
		16,9	13,5	0,0	0,1	0,6	62,4	1,8	0,4	0,4	2,1	1,6	0,3	0,1	30,2	38,6	34,9	1,1	3,0	2,1

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		17,1	13,5	0,0	0,1	0,6	62,2	1,8	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	29,3	39,4	35,3	1,1	3,1	1,6
		16,9	13,4	0,0	0,1	0,7	62,4	1,7	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,2	28,0	37,4	36,5	1,0	3,2	1,3
		16,9	13,5	0,0	0,1	0,6	62,0	1,8	0,3	0,4	2,3	1,7	0,3	0,1	27,0	37,3	34,5	1,1	3,3	2,2
		17,1	13,5	0,0	0,1	0,6	62,3	1,7	0,3	0,3	2,2	1,6	0,2	0,1	28,6	38,1	37,5	1,0	3,2	1,8
		16,5	13,6	0,0	0,1	0,6	62,5	1,7	0,3	0,4	2,1	1,7	0,2	0,2	29,5	35,9	37,0	1,0	3,1	1,2
		17,0	13,4	0,0	0,1	0,7	62,2	1,6	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,1	28,7	37,0	39,0	0,9	3,3	1,6
		16,8	13,4	0,0	0,1	0,7	62,2	1,7	0,3	0,4	2,3	1,7	0,2	0,1	26,6	37,4	36,1	1,0	3,4	1,6
		16,8	13,4	0,0	0,1	0,7	62,5	1,7	0,3	0,4	2,1	1,7	0,2	0,1	29,2	37,7	37,0	1,0	3,2	1,4
		16,9	13,3	0,0	0,1	0,7	62,5	1,6	0,3	0,4	2,1	1,7	0,2	0,1	29,9	37,6	38,1	1,0	3,2	1,6
		17,3	13,3	0,0	0,1	0,7	61,9	1,9	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	29,2	37,5	32,3	1,2	3,1	1,4
		17,3	13,3	0,0	0,2	0,7	62,1	1,5	0,3	0,4	2,3	1,6	0,2	0,2	27,5	38,0	41,8	0,9	3,4	1,3
		17,0	13,5	0,0	0,1	0,6	62,4	1,8	0,3	0,4	2,0	1,6	0,2	0,1	30,7	38,6	33,9	1,1	3,0	1,6
		18,5	13,2	0,0	0,1	0,7	60,9	1,5	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,1	27,5	35,5	39,3	0,9	3,3	1,7
		17,6	13,4	0,0	0,2	0,6	61,8	1,7	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	29,3	38,3	36,6	1,0	3,1	1,6
		17,6	13,5	0,0	0,2	0,6	61,4	1,8	0,3	0,3	2,4	1,5	0,2	0,2	25,4	40,0	34,3	1,2	3,4	1,5
		16,7	13,5	0,0	0,1	0,5	61,9	2,0	0,4	0,4	2,3	1,9	0,3	0,2	26,8	33,4	31,6	1,1	3,3	1,7
		17,0	13,5	0,0	0,1	0,6	62,2	1,8	0,4	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	29,1	38,6	34,4	1,1	3,1	1,6
		16,6	13,4	0,0	0,1	0,5	62,3	2,2	0,3	0,4	2,1	1,7	0,2	0,2	29,8	36,9	27,9	1,3	3,0	1,3
		17,5	13,5	0,0	0,1	0,6	61,3	1,8	0,3	0,4	2,4	1,6	0,2	0,2	25,9	37,6	33,9	1,1	3,3	1,3
		17,7	13,5	0,0	0,1	0,5	61,6	1,8	0,3	0,4	2,0	1,6	0,2	0,1	30,6	37,5	34,3	1,1	2,9	1,8
		17,6	13,5	0,0	0,1	0,5	61,3	1,8	0,4	0,4	2,5	1,6	0,2	0,1	24,5	38,9	35,0	1,1	3,4	1,8
		17,5	13,5	0,0	0,1	0,6	61,6	1,7	0,3	0,4	2,3	1,6	0,2	0,2	27,3	37,7	35,4	1,1	3,3	1,4
		17,3	13,5	0,0	0,1	0,6	61,5	1,9	0,4	0,4	2,3	1,7	0,2	0,2	26,6	36,2	33,0	1,1	3,3	1,5
		17,4	13,5	0,0	0,1	0,6	61,8	1,7	0,4	0,4	2,1	1,7	0,3	0,1	29,7	37,3	35,9	1,0	3,1	1,8
		17,3	13,6	0,0	0,1	0,6	61,7	1,8	0,3	0,4	2,2	1,6	0,2	0,2	27,7	38,7	34,0	1,1	3,2	1,4
		17,6	13,5	0,0	0,3	0,7	61,5	1,7	0,3	0,4	2,1	1,7	0,3	0,2	29,2	37,2	35,5	1,0	3,2	1,6
		17,4	13,5	0,0	0,1	0,6	61,8	1,8	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	29,4	38,4	34,3	1,1	3,1	1,4
		18,2	13,3	0,0	0,1	0,7	61,3	1,5	0,3	0,4	2,1	1,6	0,2	0,1	28,6	37,7	39,9	0,9	3,2	1,8
		17,4	13,4	0,0	0,1	0,7	61,8	1,7	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,2	28,4	36,9	36,7	1,0	3,2	1,4

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
Trondhjemito Água Fria	AM-01	17,8	13,2	0,0	0,2	0,6	61,2	1,8	0,3	0,4	2,4	1,7	0,2	0,2	25,7	36,8	34,1	1,1	3,4	1,2
		17,5	13,3	0,0	0,2	0,7	61,7	1,8	0,3	0,4	2,2	1,7	0,2	0,2	28,3	36,7	35,2	1,0	3,2	1,2
		17,3	13,6	0,0	0,1	0,6	61,8	1,7	0,3	0,4	2,2	1,6	0,2	0,2	27,5	37,9	36,3	1,0	3,2	1,2
		17,0	13,4	0,0	0,1	0,7	62,2	1,6	0,3	0,3	2,2	1,7	0,2	0,1	27,7	36,4	38,9	0,9	3,3	1,9
		20,4	13,2	0,3	0,4	0,7	58,8	1,6	0,3	0,3	2,7	0,9	0,1	0,2	21,9	62,5	36,2	1,7	3,7	0,6
		20,1	13,2	0,1	0,2	0,7	59,6	1,7	0,4	0,4	2,3	1,0	0,1	0,2	26,1	58,5	35,3	1,7	3,3	0,7
		20,1	13,2	0,0	0,6	0,7	57,5	1,7	0,3	0,4	3,7	1,2	0,1	0,3	15,4	50,0	34,3	1,5	4,9	0,3
		21,2	13,4	0,0	1,0	0,7	57,5	1,5	0,3	0,4	2,4	1,1	0,1	0,3	23,8	52,3	37,2	1,4	3,5	0,5
		20,3	13,2	0,0	0,5	0,6	57,1	1,6	0,3	0,4	4,6	0,9	0,1	0,2	12,4	61,9	34,8	1,8	5,6	0,5
		23,4	13,5	0,1	2,0	0,7	52,4	1,5	0,3	0,7	3,3	1,1	0,2	0,7	16,0	45,8	34,6	1,3	4,9	0,3
		22,3	13,7	0,0	2,1	0,7	51,6	1,5	0,2	0,4	6,2	0,8	0,0	0,4	8,4	61,2	35,4	1,7	7,3	0,1
		19,6	13,4	0,0	0,2	0,7	59,7	1,8	0,3	0,3	2,3	1,2	0,1	0,2	25,6	50,6	32,9	1,5	3,3	0,8
		20,9	13,3	0,0	0,7	0,6	57,6	1,7	0,3	0,4	2,9	1,1	0,1	0,2	19,6	54,8	33,0	1,7	3,9	0,5
		23,0	13,4	0,2	0,5	0,8	55,9	1,6	0,4	0,6	2,5	0,7	0,1	0,2	22,5	77,8	34,0	2,3	3,6	0,5
		22,3	13,5	0,1	0,3	0,6	55,7	1,9	0,5	0,5	3,1	1,1	0,1	0,4	17,8	50,7	29,9	1,7	4,2	0,2
22,9	13,5	0,0	0,4	0,7	55,1	1,8	0,4	0,6	3,2	1,0	0,2	0,2	17,2	54,3	31,0	1,8	4,2	0,8		
22,1	13,7	0,0	0,3	0,6	57,1	1,9	0,3	0,5	2,2	0,8	0,2	0,2	26,0	69,4	30,2	2,3	3,2	0,6		
23,6	13,7	0,0	0,3	0,6	55,5	1,8	0,5	0,4	2,4	0,8	0,2	0,2	22,9	69,5	30,1	2,3	3,4	0,7		
Granito São João	PC-21	23,8	13,2	1,2	0,1	1,0	55,5	1,2	0,2	0,4	2,0	1,2	0,1	0,1	28,2	46,7	45,3	1,0	3,2	0,9
		25,0	13,0	1,2	0,1	0,9	54,9	1,2	0,3	0,3	1,8	1,0	0,1	0,1	30,6	54,4	44,1	1,2	2,9	1,1
		25,7	12,8	1,2	0,3	1,0	54,0	1,1	0,3	0,3	2,1	1,0	0,1	0,1	25,6	55,9	49,5	1,1	3,4	1,1
		26,2	12,6	1,1	0,7	0,9	52,8	1,1	0,3	0,4	2,3	1,2	0,1	0,2	22,6	45,6	47,4	1,0	3,6	0,4
		26,5	12,8	1,1	0,3	1,0	53,1	1,1	0,2	0,4	2,1	1,1	0,1	0,1	25,1	48,9	48,4	1,0	3,4	1,3
		25,3	12,9	1,2	0,1	0,9	54,7	1,1	0,2	0,3	1,9	1,1	0,1	0,1	28,1	47,8	48,4	1,0	3,1	0,7
		25,6	12,9	1,1	0,1	1,0	54,4	1,1	0,3	0,3	1,9	1,1	0,1	0,2	29,1	50,8	48,3	1,1	3,1	0,5
		25,1	12,9	1,2	0,1	0,9	54,7	1,1	0,3	0,4	2,0	1,1	0,1	0,1	27,3	51,0	50,3	1,0	3,2	0,8
		25,5	12,9	1,0	0,1	1,1	54,5	1,1	0,3	0,3	1,8	1,0	0,1	0,2	29,5	53,1	49,8	1,1	3,3	0,8
		25,5	12,9	1,2	0,1	0,9	54,4	1,1	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	27,9	54,4	47,8	1,1	3,2	0,8
25,6	12,9	1,1	0,1	0,9	54,5	1,1	0,2	0,4	1,8	1,2	0,1	0,1	30,1	43,8	51,4	0,9	2,9	0,8		

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		25,2	13,0	1,2	0,1	1,0	54,2	1,2	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,1	24,7	48,7	46,7	1,0	3,5	1,1
		25,3	12,9	1,1	0,1	0,9	54,4	1,1	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,1	24,9	51,4	48,0	1,1	3,3	1,1
		26,7	12,7	1,1	0,6	1,3	52,5	1,1	0,3	0,3	1,9	1,1	0,2	0,1	26,9	48,3	48,2	1,0	3,6	1,3
		26,3	12,9	1,0	0,4	1,1	53,2	1,2	0,2	0,4	2,1	0,9	0,1	0,2	25,4	57,0	43,0	1,3	3,4	0,8
		26,1	12,8	1,1	0,2	1,4	53,3	1,2	0,2	0,5	1,8	1,1	0,1	0,2	29,6	48,6	45,4	1,1	3,5	1,0
		25,7	12,9	1,0	0,1	0,9	54,7	1,1	0,2	0,3	1,8	1,0	0,1	0,1	30,3	57,2	48,4	1,2	2,9	1,0
		25,9	12,7	1,1	0,3	0,9	53,8	1,2	0,3	0,4	2,1	1,1	0,1	0,1	25,5	49,3	45,5	1,1	3,2	0,8
		25,6	12,9	1,1	0,1	0,8	54,6	1,1	0,3	0,4	1,8	1,0	0,1	0,1	30,2	52,8	48,3	1,1	2,9	1,0
		25,6	13,0	1,0	0,1	0,9	54,6	1,2	0,3	0,3	1,8	0,9	0,1	0,2	30,1	58,5	46,9	1,2	3,0	0,5
		25,8	12,9	1,1	0,1	0,8	54,3	1,1	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,1	27,9	52,4	47,5	1,1	3,0	0,8
		25,5	12,8	1,1	0,1	0,8	54,6	1,2	0,3	0,3	2,0	1,1	0,2	0,1	27,7	50,9	45,7	1,1	3,1	1,5
		25,6	12,9	1,0	0,1	0,8	54,6	1,1	0,2	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	28,0	53,8	49,3	1,1	3,0	0,7
		25,5	13,0	1,0	0,1	0,8	54,5	1,2	0,3	0,3	1,9	1,1	0,1	0,1	28,2	50,6	46,1	1,1	3,0	0,7
		25,8	12,8	1,1	0,1	0,8	54,5	1,1	0,2	0,4	1,9	1,1	0,1	0,1	29,4	48,4	48,0	1,0	2,9	1,0
		25,3	12,8	1,0	0,2	0,8	54,5	1,1	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,2	25,3	48,4	47,6	1,0	3,2	0,8
		26,0	12,8	1,1	0,1	0,9	54,3	1,2	0,2	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	28,3	61,7	45,3	1,4	3,1	0,8
		26,2	12,7	1,0	0,4	0,9	53,9	1,0	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	27,7	51,9	52,3	1,0	3,1	0,3

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
Granodiorito Rio Maria	ADR-03	18,8	14,1	0,0	0,1	0,5	60,7	2,0	0,3	0,3	1,8	1,2	0,2	0,2	34,0	49,4	31,1	1,6	2,7	1,1
		18,5	13,8	0,0	0,1	0,5	60,7	2,0	0,3	0,4	2,0	1,3	0,2	0,2	30,7	46,3	30,7	1,5	2,9	1,2
		19,0	13,9	0,0	0,1	0,5	59,8	2,0	0,3	0,4	2,3	1,3	0,2	0,2	25,4	47,0	30,3	1,5	3,2	1,0
		18,4	13,9	0,0	0,1	0,6	60,7	2,0	0,3	0,4	2,1	1,3	0,2	0,2	28,5	46,7	30,9	1,5	3,0	1,0
		18,9	14,0	0,0	0,1	0,5	60,1	2,1	0,3	0,4	2,1	1,2	0,2	0,2	29,0	48,3	29,2	1,7	2,9	1,2
		18,8	13,9	0,0	0,1	0,5	60,2	2,1	0,3	0,4	2,0	1,4	0,2	0,1	29,6	44,3	29,1	1,5	2,9	1,6
		19,0	13,7	0,0	0,1	0,6	60,4	2,0	0,3	0,4	1,9	1,3	0,2	0,1	31,4	46,0	30,8	1,5	2,8	1,5
		18,0	13,7	0,0	0,1	0,5	61,0	2,0	0,3	0,4	2,1	1,5	0,2	0,1	28,4	40,1	30,7	1,3	3,0	1,6
		19,0	13,8	0,0	0,2	0,5	60,0	2,0	0,4	0,4	2,1	1,3	0,2	0,2	27,9	45,7	30,3	1,5	3,0	1,1
		19,5	13,5	0,0	0,2	0,6	59,8	1,8	0,3	0,5	2,2	1,2	0,2	0,2	27,5	51,1	32,5	1,6	3,2	0,8
		19,1	13,6	0,0	0,1	0,7	60,3	1,7	0,3	0,3	2,2	1,2	0,2	0,1	26,8	49,7	35,7	1,4	3,3	1,4
		19,6	13,6	0,0	0,3	0,6	59,1	1,7	0,3	0,5	2,6	1,3	0,2	0,2	22,3	44,1	34,4	1,3	3,7	1,1
		19,4	13,5	0,0	0,3	0,7	59,5	2,0	0,3	0,5	2,1	1,3	0,2	0,2	28,7	45,6	30,1	1,5	3,1	1,1
		18,6	13,8	0,0	0,1	0,6	60,4	2,0	0,3	0,4	2,0	1,3	0,2	0,1	29,5	46,3	30,3	1,5	3,0	1,6
		19,4	13,7	0,0	0,4	0,5	59,5	2,1	0,3	0,4	2,1	1,2	0,2	0,2	27,9	48,5	28,9	1,7	3,0	0,9
		17,8	13,9	0,0	0,1	0,5	61,0	2,0	0,3	0,4	2,2	1,4	0,2	0,2	28,2	45,1	29,9	1,5	3,1	1,4
		16,1	14,0	0,0	0,1	0,5	62,0	2,1	0,4	0,4	2,2	1,8	0,3	0,2	28,5	35,1	29,3	1,2	3,1	1,8
		18,8	13,9	0,0	0,1	0,5	60,0	2,1	0,4	0,4	2,3	1,2	0,2	0,1	26,5	48,7	28,7	1,7	3,1	1,6
		19,9	13,2	0,0	0,4	0,5	59,1	2,1	0,3	0,6	2,2	1,3	0,2	0,2	26,6	44,7	28,3	1,6	3,1	0,8
		19,9	13,1	0,0	0,4	0,7	59,3	1,9	0,3	0,5	2,2	1,4	0,2	0,2	26,8	42,7	31,6	1,4	3,3	0,8
19,6	13,6	0,0	0,3	0,5	59,8	1,9	0,3	0,4	2,1	1,2	0,2	0,2	28,8	49,4	31,1	1,6	3,0	0,9		
18,8	13,9	0,0	0,1	0,5	60,2	2,1	0,3	0,4	2,2	1,3	0,2	0,2	27,9	47,5	29,2	1,6	3,0	1,2		
18,6	13,9	0,0	0,1	0,5	60,4	2,1	0,4	0,4	1,9	1,4	0,2	0,2	31,3	43,3	28,3	1,5	2,8	1,2		
19,0	13,8	0,0	0,1	0,6	60,3	1,9	0,3	0,4	2,0	1,2	0,2	0,2	29,5	48,5	31,4	1,5	3,0	1,0		
18,1	13,7	0,0	0,1	0,6	61,2	1,9	0,3	0,3	2,0	1,4	0,2	0,1	30,4	44,6	31,6	1,4	3,0	1,5		
Leucogranito Guarantã	MAR-64	17,6	13,8	0,0	0,2	0,5	61,2	2,1	0,3	0,4	2,2	1,4	0,2	0,1	27,6	43,9	29,6	1,5	3,1	1,5
		18,0	13,8	0,0	0,3	0,6	60,4	2,1	0,3	0,4	2,3	1,5	0,2	0,2	26,7	41,1	29,1	1,4	3,2	1,4
		17,8	13,9	0,0	0,3	0,6	60,6	2,1	0,3	0,4	2,0	1,6	0,2	0,2	30,2	38,7	28,8	1,3	3,0	1,2
		20,9	13,7	0,0	0,3	0,3	58,0	2,2	0,3	0,4	2,1	1,5	0,2	0,2	27,9	40,0	26,1	1,5	2,8	1,5

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		21,9	13,7	0,0	0,5	0,3	56,8	2,1	0,4	0,4	2,0	1,5	0,2	0,2	28,6	38,3	26,8	1,4	2,7	0,9
		21,4	13,8	0,0	0,3	0,2	57,6	2,2	0,3	0,4	2,0	1,4	0,2	0,2	28,7	42,1	26,5	1,6	2,6	1,2
		21,3	13,7	0,0	0,2	0,5	57,4	2,3	0,4	0,5	2,0	1,4	0,1	0,2	29,2	40,0	24,6	1,6	2,8	0,8
		21,0	13,7	0,0	0,2	0,6	58,0	2,3	0,3	0,4	1,7	1,4	0,2	0,1	33,6	40,7	25,2	1,6	2,7	2,3
		20,9	13,8	0,0	0,1	0,2	58,2	2,4	0,4	0,3	1,9	1,4	0,2	0,2	30,7	41,4	24,7	1,7	2,5	1,4
		20,8	13,7	0,0	0,2	0,2	58,1	2,4	0,3	0,4	2,2	1,4	0,3	0,1	26,1	40,8	24,7	1,7	2,7	2,7
		21,4	13,7	0,0	0,3	0,2	57,3	2,3	0,3	0,4	2,3	1,4	0,2	0,1	25,4	39,6	24,9	1,6	2,8	1,3
		21,0	13,8	0,0	0,4	0,2	57,8	2,4	0,3	0,4	2,1	1,4	0,2	0,2	27,4	42,0	23,6	1,8	2,6	1,0
		21,2	13,7	0,0	0,3	0,4	57,8	2,3	0,3	0,4	2,0	1,4	0,2	0,1	28,6	40,7	25,6	1,6	2,7	1,8
		21,3	13,7	0,0	0,2	0,2	58,2	2,3	0,3	0,3	1,9	1,3	0,2	0,1	30,5	46,1	24,8	1,9	2,4	1,3
		21,3	13,8	0,0	0,1	0,2	57,9	2,4	0,3	0,3	2,1	1,3	0,2	0,1	27,8	44,6	24,6	1,8	2,6	1,1
		21,5	13,8	0,0	0,6	0,2	57,1	2,2	0,3	0,4	2,1	1,5	0,2	0,2	27,1	39,3	25,7	1,5	2,7	0,7
		20,6	13,8	0,0	0,2	0,3	58,2	2,3	0,3	0,4	2,3	1,3	0,2	0,2	25,6	43,3	25,4	1,7	2,9	0,9
		21,3	13,8	0,0	0,5	0,4	57,2	2,4	0,2	0,5	2,0	1,3	0,2	0,2	28,4	42,9	23,8	1,8	2,8	1,2
		22,0	13,6	0,0	0,6	0,9	55,0	2,4	0,3	0,7	2,0	1,6	0,7	0,2	27,8	34,7	22,5	1,5	3,7	4,1
		20,1	13,8	0,0	0,1	0,2	59,2	2,3	0,3	0,3	2,0	1,4	0,1	0,1	30,1	42,9	25,6	1,7	2,5	1,1
		20,6	13,8	0,0	0,1	0,3	58,5	2,2	0,3	0,4	2,2	1,3	0,2	0,1	26,3	44,9	26,4	1,7	2,9	1,8
		20,2	13,8	0,0	0,1	0,3	59,1	2,1	0,4	0,3	2,1	1,4	0,1	0,1	28,5	41,9	27,7	1,5	2,6	1,0
		20,6	13,8	0,0	0,2	0,3	58,6	2,2	0,3	0,3	2,1	1,4	0,2	0,1	27,9	41,0	27,1	1,5	2,7	2,4
		19,9	13,8	0,0	0,2	0,2	58,9	2,2	0,3	0,4	2,3	1,5	0,2	0,1	25,4	38,7	27,3	1,4	2,9	2,2
		20,3	13,8	0,0	0,2	0,2	58,9	2,2	0,3	0,4	1,8	1,5	0,2	0,1	32,4	39,7	26,4	1,5	2,3	2,5
		20,4	13,8	0,0	0,1	0,3	58,6	2,3	0,3	0,3	2,0	1,6	0,2	0,1	29,1	37,3	25,8	1,4	2,6	1,3
		21,0	13,8	0,0	0,4	0,3	57,9	2,3	0,3	0,4	2,0	1,4	0,2	0,2	29,0	42,4	25,7	1,6	2,6	1,1
Granodiorito Trairão	MAR-121	24,1	13,7	0,0	0,2	0,1	55,2	2,7	0,3	0,4	2,1	1,0	0,1	0,2	25,8	55,4	20,5	2,7	2,5	0,8
		23,8	13,8	0,0	0,1	0,1	55,8	2,7	0,3	0,4	1,8	1,0	0,1	0,2	30,5	57,1	20,7	2,8	2,2	0,7
		24,3	13,7	0,0	0,3	0,1	54,6	2,7	0,4	0,5	2,1	1,0	0,1	0,2	26,3	54,7	20,4	2,7	2,5	0,4
		23,4	13,7	0,0	0,2	0,1	55,6	2,8	0,4	0,5	2,2	0,9	0,1	0,2	25,6	61,6	20,1	3,1	2,6	0,7
		23,7	13,7	0,0	0,2	0,1	55,5	2,7	0,3	0,4	1,9	1,1	0,1	0,2	29,0	48,5	20,5	2,4	2,3	0,6
		24,8	13,6	0,0	0,6	0,0	54,0	2,6	0,3	0,4	2,3	1,0	0,1	0,3	23,9	54,0	21,0	2,6	2,7	0,4

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		24,6	14,0	0,0	0,5	0,8	52,5	2,5	0,5	1,1	2,3	1,0	0,1	0,3	23,1	53,5	21,3	2,5	3,4	0,4
		24,1	13,7	0,0	0,3	0,1	55,2	2,6	0,3	0,4	2,1	0,9	0,1	0,2	26,5	60,1	21,6	2,8	2,5	0,7
		30,1	14,2	0,0	0,9	0,5	47,1	2,2	0,6	0,7	2,1	1,0	0,1	0,5	22,5	47,2	21,8	2,2	3,2	0,1
		24,1	13,7	0,0	0,3	0,1	55,3	2,5	0,3	0,4	2,0	0,9	0,1	0,2	27,0	59,9	21,8	2,7	2,4	0,7
		25,1	13,8	0,0	0,8	0,3	52,9	2,7	0,2	0,6	2,4	1,0	0,1	0,2	22,0	54,6	19,9	2,7	3,0	0,4
		23,8	13,9	0,0	0,5	0,1	54,8	2,6	0,3	0,5	2,2	0,9	0,1	0,2	25,3	58,6	21,4	2,7	2,6	0,4
		24,0	13,8	0,0	0,4	0,1	54,9	2,6	0,3	0,4	2,3	1,0	0,1	0,2	23,8	53,9	21,1	2,6	2,6	0,5
		25,8	13,5	0,0	0,6	0,1	53,5	2,6	0,4	0,3	2,0	0,9	0,1	0,2	27,3	56,6	20,5	2,8	2,4	0,9
Granodiorito Grotão	FMR-49	20,9	13,2	0,0	1,2	0,7	58,1	1,4	0,4	0,3	1,8	1,5	0,3	0,1	31,8	37,7	40,2	0,9	2,9	2,8
		18,0	13,7	0,0	0,1	0,5	61,3	1,9	0,4	0,3	1,9	1,5	0,3	0,2	31,8	41,6	32,5	1,3	2,9	1,6
		18,0	13,7	0,0	0,3	0,4	60,6	1,9	0,4	0,4	2,3	1,5	0,3	0,2	26,0	40,6	31,6	1,3	3,2	1,9
		21,4	13,5	0,0	0,7	0,5	57,2	1,7	0,4	0,5	2,1	1,5	0,2	0,2	26,7	39,2	33,3	1,2	3,0	0,7
		20,5	13,3	0,0	0,5	0,5	58,8	1,6	0,4	0,4	2,1	1,4	0,2	0,2	27,5	40,7	35,9	1,1	3,1	1,0
		17,8	13,5	0,0	0,4	0,7	60,7	1,7	0,3	0,5	2,3	1,6	0,3	0,2	26,9	37,6	36,3	1,0	3,4	1,4
		18,1	13,7	0,0	0,1	0,5	61,0	1,8	0,3	0,4	2,3	1,5	0,2	0,2	26,6	40,6	33,3	1,2	3,1	1,1
		19,0	13,7	0,0	0,9	0,5	59,3	1,9	0,3	0,4	2,3	1,5	0,2	0,1	25,6	40,1	32,0	1,3	3,2	1,3
Granito São João	PC-21	23,8	13,2	1,2	0,1	1,0	55,5	1,2	0,2	0,4	2,0	1,2	0,1	0,1	28,2	46,7	45,3	1,0	3,2	0,9
		25,0	13,0	1,2	0,1	0,9	54,9	1,2	0,3	0,3	1,8	1,0	0,1	0,1	30,6	54,4	44,1	1,2	2,9	1,1
		25,7	12,8	1,2	0,3	1,0	54,0	1,1	0,3	0,3	2,1	1,0	0,1	0,1	25,6	55,9	49,5	1,1	3,4	1,1
		26,2	12,6	1,1	0,7	0,9	52,8	1,1	0,3	0,4	2,3	1,2	0,1	0,2	22,6	45,6	47,4	1,0	3,6	0,4
		26,5	12,8	1,1	0,3	1,0	53,1	1,1	0,2	0,4	2,1	1,1	0,1	0,1	25,1	48,9	48,4	1,0	3,4	1,3
		25,3	12,9	1,2	0,1	0,9	54,7	1,1	0,2	0,3	1,9	1,1	0,1	0,1	28,1	47,8	48,4	1,0	3,1	0,7
		25,6	12,9	1,1	0,1	1,0	54,4	1,1	0,3	0,3	1,9	1,1	0,1	0,2	29,1	50,8	48,3	1,1	3,1	0,5
		25,1	12,9	1,2	0,1	0,9	54,7	1,1	0,3	0,4	2,0	1,1	0,1	0,1	27,3	51,0	50,3	1,0	3,2	0,8
		25,5	12,9	1,0	0,1	1,1	54,5	1,1	0,3	0,3	1,8	1,0	0,1	0,2	29,5	53,1	49,8	1,1	3,3	0,8
		25,5	12,9	1,2	0,1	0,9	54,4	1,1	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	27,9	54,4	47,8	1,1	3,2	0,8
		25,6	12,9	1,1	0,1	0,9	54,5	1,1	0,2	0,4	1,8	1,2	0,1	0,1	30,1	43,8	51,4	0,9	2,9	0,8
		25,2	13,0	1,2	0,1	1,0	54,2	1,2	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,1	24,7	48,7	46,7	1,0	3,5	1,1
		25,3	12,9	1,1	0,1	0,9	54,4	1,1	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,1	24,9	51,4	48,0	1,1	3,3	1,1

ROCHA	AMOSTRA	O	Si	P	Ca	Y	Zr	Nb	Ba	Ce	Hf	Ta	Th	U	Zr/Hf	Zr/Ta	Zr/Nb	Nb/Ta	Hf+Y+Th+U	Th/U
		26,7	12,7	1,1	0,6	1,3	52,5	1,1	0,3	0,3	1,9	1,1	0,2	0,1	26,9	48,3	48,2	1,0	3,6	1,3
		26,3	12,9	1,0	0,4	1,1	53,2	1,2	0,2	0,4	2,1	0,9	0,1	0,2	25,4	57,0	43,0	1,3	3,4	0,8
		26,1	12,8	1,1	0,2	1,4	53,3	1,2	0,2	0,5	1,8	1,1	0,1	0,2	29,6	48,6	45,4	1,1	3,5	1,0
		25,7	12,9	1,0	0,1	0,9	54,7	1,1	0,2	0,3	1,8	1,0	0,1	0,1	30,3	57,2	48,4	1,2	2,9	1,0
		25,9	12,7	1,1	0,3	0,9	53,8	1,2	0,3	0,4	2,1	1,1	0,1	0,1	25,5	49,3	45,5	1,1	3,2	0,8
		25,6	12,9	1,1	0,1	0,8	54,6	1,1	0,3	0,4	1,8	1,0	0,1	0,1	30,2	52,8	48,3	1,1	2,9	1,0
		25,6	13,0	1,0	0,1	0,9	54,6	1,2	0,3	0,3	1,8	0,9	0,1	0,2	30,1	58,5	46,9	1,2	3,0	0,5
		25,8	12,9	1,1	0,1	0,8	54,3	1,1	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,1	27,9	52,4	47,5	1,1	3,0	0,8
		25,5	12,8	1,1	0,1	0,8	54,6	1,2	0,3	0,3	2,0	1,1	0,2	0,1	27,7	50,9	45,7	1,1	3,1	1,5
		25,6	12,9	1,0	0,1	0,8	54,6	1,1	0,2	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	28,0	53,8	49,3	1,1	3,0	0,7
		25,5	13,0	1,0	0,1	0,8	54,5	1,2	0,3	0,3	1,9	1,1	0,1	0,1	28,2	50,6	46,1	1,1	3,0	0,7
		25,8	12,8	1,1	0,1	0,8	54,5	1,1	0,2	0,4	1,9	1,1	0,1	0,1	29,4	48,4	48,0	1,0	2,9	1,0
		25,3	12,8	1,0	0,2	0,8	54,5	1,1	0,3	0,4	2,2	1,1	0,1	0,2	25,3	48,4	47,6	1,0	3,2	0,8
		26,0	12,8	1,1	0,1	0,9	54,3	1,2	0,2	0,3	1,9	0,9	0,1	0,1	28,3	61,7	45,3	1,4	3,1	0,8
		26,2	12,7	1,0	0,4	0,9	53,9	1,0	0,3	0,4	1,9	1,0	0,1	0,2	27,7	51,9	52,3	1,0	3,1	0,3