

Carajás no Cráton Amazonas com granitos do tipo-A clássicos, como aqueles das Províncias Laurentia-Báltica e Lachlan Fold Belt, além de granitos cálcio-alcalinos e séries de granitos do tipo-I orogênicos para definir os campos de cada tipo de granito.

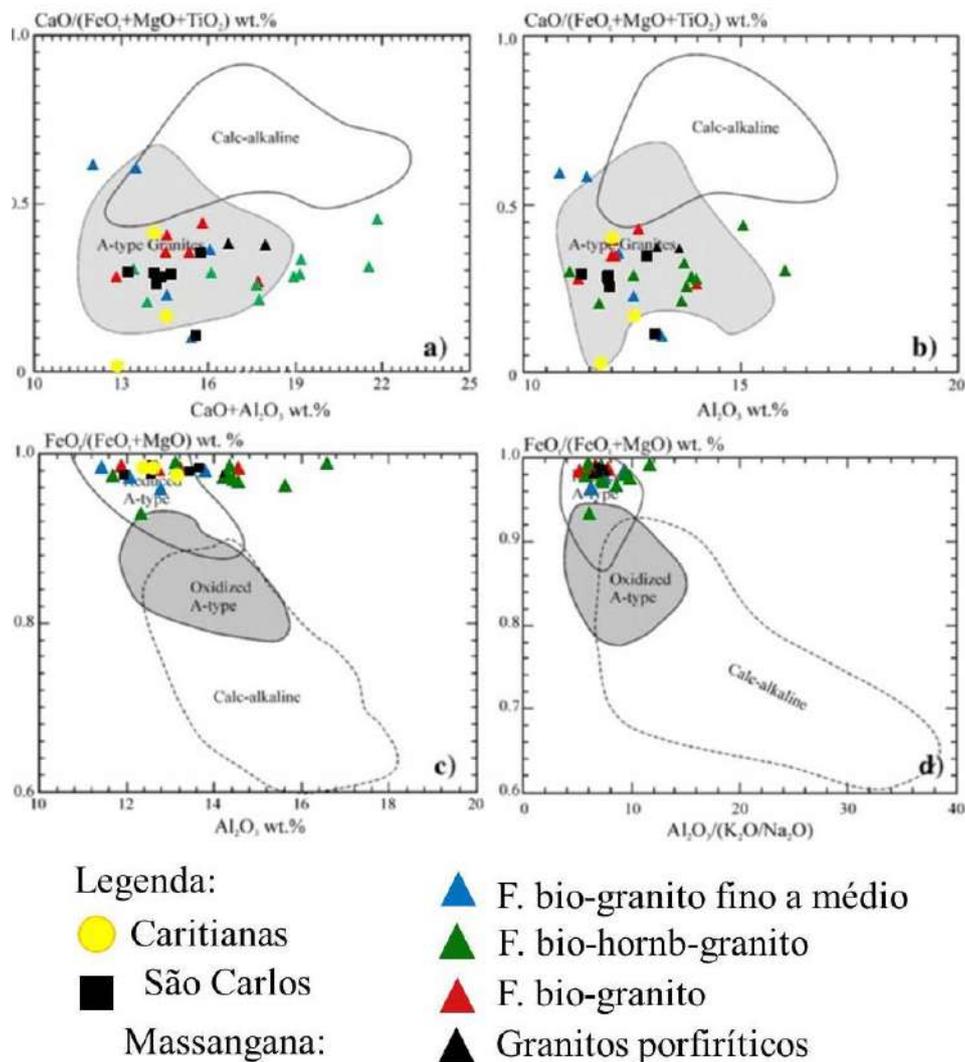
Nesses diagramas (Figura 29), as amostras dos maciços estudados se concentraram no campo de granitos do tipo-A, apesar de algumas amostras (principalmente da fácies BHG) plotarem fora desse campo. Nos diagramas que diferenciam granitos do tipo-A reduzidos de oxidados, as amostras se concentram no campo de granitos do tipo-A reduzidos, também com algumas amostras da fácies BHG do Maciço Massangana plotando fora dos campos delimitados (Figura 29c e 29d). Os valores de rocha total de  $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ , entre 0,93 e 0,99, confirmam a classificação desses granitoides como reduzidos ou da série-ilmenita que, segundo Anderson e Morrison (2005), geralmente apresentam valores de  $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$ ,  $> 0.88$ .

Magmas do tipo-A reduzidos também denominados de magmas da série-ilmenita, são relacionados a uma fonte ígnea quartzo-feldspática (Anderson e Morrison, 2005), provavelmente com um componente metassedimentar (Dall'Agnol et al., 2005), ou à diferenciação de fonte toleítica (Frost e Forst, 1997; Forst et al., 1999). Já magmas do tipo-A oxidados, ou magmas da série-magnetita, são derivados de fluidos com quantidades consideráveis de água ( $\geq 4$  wt.%), originados a partir de uma fonte quartzo-feldspática na crosta inferior sob condições oxidantes (Anderson e Bender, 1989; Dall'Agnol et al., 1999b, 2005; Anderson e Morrison, 2005).

Entretanto, granitos que são classificados como da série ilmenita podem apresentar valores de rocha total de  $\text{FeO}_t/(\text{FeO}_t + \text{MgO})$  inferiores a 0,88. Desse modo, Dall'Agnol e Oliveira. (2007) concluem que nem todos os granitos da série magnetita são necessariamente oxidados e o equivalente ocorre para os granitos da série ilmenita, que nem sempre são reduzidos. Alguns granitos, como, por exemplo, os granitos do tipo-A do cinturão Lachlan podem ter cristalizado tanto em condições oxidantes quanto reduzidas.

Dall'Agnol e Oliveira (2007) resumizam vários experimentos realizados com granitos do tipo-A (Clemens et al., 1986; Patinõ Douce and Beard, 1995; Patino Douce, 1997; Patino Douce, 1999 e Dall'Agnol et al., 1999c), envolvendo a variação na pressão e na quantidade de água para delimitar possíveis fontes para os granitos do tipo-A e concluem que a assinatura geoquímica desses granitos não depende apenas da pressão do fundido; o contraste nas fontes crustais, incluindo a quantidade de água e  $f\text{O}_2$ , são fatores que podem explicar as características geoquímicas de granitos do tipo-A reduzidos e oxidados.

Figura 29 - Diagramas de Frost et al, (2001) e Dall'Agnol e Oliveira, (2007) que diferenciam granitos cálcio-alcálicos de granitos do tipo-A e granitos do tipo-A oxidados e reduzidos de granitos calcio-alcálicos.



Legenda: Diagramas (a)  $(CaO+Al_2O_3)$  vs.  $CaO/(FeO+MgO+TiO_2)$ , (b)  $Al_2O_3$  vs.  $CaO/(FeO_t+MgO+TiO_2)$ ; (c)  $Al_2O_3$  vs.  $FeO_t/(FeO_t+MgO)$ ; (d)  $Al_2O_3/(K_2O/Na_2O)$  vs.  $FeO_t/(FeO_t+MgO)$  para os granitoides dos maciços Massangana, São Carlos e Caritianas. As amostras deste estudo concentram-se no campo de granitos do tipo A reduzidos

Fonte: Frost et al, 2001 e Dall'Agnol e Oliveira, 2007.

De acordo com Frost e Frost. (1997), uma das características que diferenciam granitos rapakivi reduzidos é seu alto conteúdo de  $K_2O$  ( $>5\%$ ) e altas razões de  $K/Na$  ( $>1$ ). Segundo os autores, uma fonte a partir de fusão parcial de basaltos toleíticos pré-existentes e seus diferenciados seria apropriada para a geração de granitos do tipo-A reduzidos. Isso porque rochas toleíticas apresentam baixos  $f_{O_2}$  e  $f_{H_2O}$  e composições com enriquecimento em Fe, característico de granitos rapakivi reduzidos.

As amostras da Suíte Intrusiva Rondônia apresentam valores de  $K_2O$  entre 4,5 e 6,7 em % de peso e valores de  $FeO_t/(FeO_t + MgO)$  entre 0,93 e 0,99, concordantes com granitos

formados em ambientes reduzidos por extrema diferenciação ou por graus incipientes de fusão parcial. Entretanto, apenas esse mecanismo não seria suficiente para gerar a grande quantidade de rochas graníticas da região.

Forst e Frost. (1997) também colocam a possibilidade de haver uma interação desse material toleítico com a crosta inferior e que o grau de interação dessa crosta definiria a quantidade de rocha granítica formada. Se a fusão envolver uma grande quantidade de crosta félsica, então uma grande quantidade de rochas graníticas seriam formadas.

Levando em consideração todos os dados que foram apresentados até o momento, é possível chegar a conclusão de que pelo menos duas fontes estejam envolvidas na formação das rochas da Suíte Intrusiva Rondônia.

Romanini (1982) já havia sugerido que o Maciço Massangana, denominado pelo mesmo autor de Complexo Massangana, teria sido formado por sucessivos pulsos magmáticos, possivelmente relacionados a diferentes fontes. As características químicas aqui apresentadas indicam que a formação do Maciço Massangana foi predominantemente a partir de fonte crustal, com contribuição restrita de fontes mantélicas. O Maciço São Carlos, com os dados mais homogêneos desse estudo, parece ter se formado apenas a partir de fontes crustais. Já o Maciço Caritianas, classificado com do tipo A1 (Eby, 1992) e com características de magmas mantélicos (alto Ta e Nb), parece ter origem principalmente de fontes juvenis com menor contribuição da crosta do que nos demais Maciços dessa Suíte.

### 3.3. Geocronologia U-Pb e Química Isotópica Lu-Hf em zircão por LA-ICP-MS

Esta parte do capítulo é dedicada às análises geocronológicas U-Pb e estudo isotópico Lu-Hf em grãos de zircão pelo método LA-ICP-MS, realizadas em doze amostras da Suíte Intrusiva Rondônia: cinco do Maciço Massangana, quatro do Maciço São Carlos, duas do Maciço Caritianas. As tabelas 4, 5 e 6 apresentam os resultados analíticos das determinações isotópicas U-Pb obtidas para as populações de zircão das amostras dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas, respectivamente. As tabelas 7, 8 e 9 apresentam os resultados das análises isotópicas Lu-Hf, obtidas também pelo método LA-ICP-MS, para os respectivos cristais de zircão das amostras acima citadas. Os ANEXOS B e C mostram o mapa geológico dos maciços estudados com a localização dos pontos amostrados para as análises de U-Pb e Lu-Hf. Mais detalhes dos métodos analíticos estão disponíveis no Capítulo 2.

### 3.4. Geocronologia U-Pb da Suíte Intrusiva Rondônia

#### 3.4.1. Maciço Massangana

Foram obtidas idades U-Pb em zircão de cinco amostras do Maciço Massangana: quatro amostras escolhidas para datação pertencem à fácies biotita-granito, e uma (BD-MA-21) à biotita-hornblenda-granito. Na divisão de fases magmáticas proposta por Romanini (1982), a amostra BD-MA-08 plotou no campo da fase São Domingos e as demais amostras na fase Massangana, a mais abrangente de todas as fases. As imagens de Microsonda Eletrônica de Varredura (Mev) dos cristais de zircão analisados do Maciço Massangana estão na figura 30 e os resultados analíticos estão na tabela 5.

As amostras BD-MA-08, BD-MA-14 e BD-MA-21 foram coletadas próximo às bordas do maciço e possuem a microclina como feldspato principal; as outras duas (BD-MA-27 e BD-MA-32), foram coletadas respectivamente nas porções sudoeste e nordeste do corpo e possuem o ortoclásio perítico como feldspato principal.

Em todas as amostras descritas, o feldspato apresenta intercrescimento perítico e o único máfico descrito é a biotita exceto a amostra BD-MA-21, que apresenta hornblenda como

mineral máfico principal. A mineralogia ainda é composta por quartzo anédrico e plagioclásio em ripas curtas subédricas.

A amostra BD-MA-08, pertencente à fácies biotita-granito foi coletada na porção centro-sul do maciço e apresenta finos prismas de zircão, com tamanhos que variam entre 0,2 e 0,4 mm de comprimento, alguns bipiramidais, outros com as bordas arredondadas e cores que variam do transparente ao rosado e caramelo. Feições como zonação oscilatória é observada em boa parte dos cristais analisados, entretanto, alguns cristais mostram-se com aspecto homogêneo, sem zonação. Foram selecionados, para a confecção da concórdia, onze *spots* (Fig. 31). Todas as análises são concordantes, com valores das razões entre 99 e 117%.

A idade obtida para a amostra BD-MA-08, interpretada como idade de cristalização, foi de  $993 \pm 10$  Ma.

A segunda amostra datada do Maciço Massangana (BD-MA-14) foi coletada na porção sudeste do corpo. Os grãos de zircão analisados variam de prismas alongados (cerca de 0,5 mm de comprimento) com terminações bipiramidais, geralmente límpidos e sem inclusões à grãos curtos (2-3 mm de comprimento) que podem ser euedrais ou representarem apenas parte do cristal. Todos os cristais datados apresentam zonação oscilatória, típica de cristais ígneos. As cores variam principalmente de incolor a caramelo e de forma subordinada, ocorrem cristais rosados que apresentam faturamento.

Para a confecção da concórdia (Fig. 32), foram selecionados catorze *spots* que mostram valores de concordância das razões entre 98 e 104%. A idade obtida para a amostra BD-MA-14, interpretada como idade de cristalização, foi de  $1005 \pm 10$  Ma.

A amostra BD-MA-21, pertencente à fácies biotita-hornblenda granito, foi coletada na porção sudeste do maciço. Os cristais de zircão analisados variam de prismas curtos (0,2 mm de comprimento) a alongados (0,6 mm de comprimento), ambos com terminações bipiramidais. Os cristais são límpidos, livres de inclusões e possuem zonação oscilatória menos marcante que nas demais amostras. As cores variam de caramelo claro a escuro.

Para a confecção da concórdia (Fig. 33), foram utilizados quinze *spots* que mostram valores concordantes das razões entre 97 e 102%. A idade obtida para a amostra BD-MA-21 foi  $1026 \pm 16$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização.

Tabela 4: Resultados das análises de U-Th-Pb por LA-ICP-MS em grãos de zircão das amostras BD-MA-14, BD-MA-32, BD-MA-21, BD-MA-08 e BD-MA-27 do Maciço Massangana e BD-SC-45, BD-SC-46, CN-MG-10 E CN-MG-12 do Maciço São Carlos.

BD-MA-14

Grão	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	Concord. (%)
004 - 2 A	0,50	1,705327073	3,1	0,170905014	2,7	0,86	0,07236884	1,6	1017,1	27,4	1010,5	31,8	996,3	16,1	102,1
005- 3 A	0,55	1,715126198	3,2	0,170941232	2,4	0,74	0,072769263	2,2	1017,3	24,5	1014,2	32,9	1007,5	21,9	101,0
006-4 A	0,54	1,716407686	3,1	0,169684601	2,2	0,71	0,073362943	2,2	1010,4	22,6	1014,7	31,8	1024,0	22,5	98,7
004- 2 B	0,52	1,751654376	1,9	0,174304348	1,0	0,53	0,072885128	1,6	1035,8	10,5	1027,8	19,9	1010,8	16,6	102,5
005- 3 B	0,79	1,727303243	2,3	0,173597231	1,2	0,51	0,072164652	2,0	1031,9	12,4	1018,7	23,7	990,6	19,8	104,2
006- 4 B	0,56	1,715585711	3,9	0,170362049	1,9	0,50	0,073036221	3,4	1014,1	19,7	1014,4	39,5	1015,0	34,2	99,9
007- 5 B	0,50	1,740915114	2,2	0,173449452	1,0	0,46	0,072795308	2,0	1031,1	10,5	1023,8	23,0	1008,3	20,1	102,3
011- 9 B	0,47	1,748833541	2,0	0,1737442	1,1	0,56	0,073002357	1,6	1032,7	11,3	1026,7	20,1	1014,0	16,4	101,8
003-1 C	0,64	1,738492913	2,9	0,172183873	1,9	0,68	0,073228338	2,1	1024,1	19,8	1022,9	29,3	1020,3	21,5	100,4
004- 2 C	0,59	1,697203503	2,8	0,169595048	1,4	0,49	0,07258042	2,5	1009,9	14,1	1007,5	28,7	1002,3	24,8	100,8
005- 3 C	0,71	1,732851399	2,0	0,173768155	1,2	0,60	0,072325236	1,6	1032,8	12,5	1020,8	20,7	995,1	16,1	103,8
007- 5 C	0,67	1,706053384	2,7	0,170816492	1,1	0,42	0,072437181	2,4	1016,6	11,3	1010,8	27,0	998,2	24,3	101,8
008-6 C	0,47	1,697650923	1,7	0,169833122	0,7	0,43	0,072497783	1,5	1011,2	7,4	1007,6	17,1	999,9	15,3	101,1
009- 7 C	0,73	1,68998909	2,6	0,168988687	1,2	0,46	0,072531222	2,3	1006,5	12,0	1004,8	26,0	1000,9	22,9	100,6

BD-MA-32

Grão	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	Concord. (%)
003- A	0,66	1,657085452	3,9	0,166410627	2,3	0,585	0,072220846	3,2	992,3	22,6	992,3	38,7	992,2	31,4	100,01
004- A	0,67	1,672192987	3,9	0,166803156	2,9	0,75	0,072707776	2,6	994,5	29,1	998,0	39,0	1005,8	26,0	98,87
005- 3 A	0,78	1,670318568	3,0	0,16672763	1,5	0,505	0,072659174	2,6	994,1	14,9	997,3	29,5	1004,5	25,7	98,96
006- 4 A	0,70	1,706420921	3,5	0,169268429	2,7	0,766	0,073115412	2,3	1008,1	27,1	1010,9	35,5	1017,2	23,0	99,11
007- 5 A	0,85	1,654991684	3,2	0,168396167	2,1	0,671	0,071279121	2,3	1003,3	21,2	991,5	31,2	965,4	22,6	103,92
011- 9 A	0,60	1,661149485	2,1	0,164795248	1,0	0,471	0,073107639	1,9	983,4	9,8	993,8	20,9	1016,9	18,9	96,70
003-B	0,55	1,695999371	2,2	0,168209983	1,1	0,509	0,073126139	1,9	1002,2	11,3	1007,0	22,3	1017,5	19,4	98,51
004- 2 B	0,41	1,712100405	5,1	0,168072951	2,8	0,556	0,073880551	4,2	1001,5	28,4	1013,1	51,6	1038,2	44,0	96,46
010- 8 B	0,41	1,704347335	4,2	0,169735602	2,6	0,623	0,072825569	3,3	1010,7	26,2	1010,2	42,0	1009,1	32,8	100,15
011- 9 B	0,42	1,709696532	4,4	0,16909891	2,8	0,641	0,0733292	3,4	1007,1	28,5	1012,2	44,8	1023,1	34,7	98,44
003-1 C	0,37	1,726790825	4,8	0,169507156	3,4	0,711	0,073884004	3,4	1009,4	34,7	1018,6	49,2	1038,3	35,3	97,22
005- 3 C	0,35	1,680182394	2,1	0,166982997	1,1	0,515	0,072976479	1,8	995,5	10,7	1001,1	21,0	1013,3	18,2	98,24
007- 5 C	0,45	1,671921023	2,8	0,166367852	2,0	0,708	0,072886161	2,0	992,1	19,8	997,9	28,1	1010,8	20,1	98,15
010-8 A	0,57	1,651725156	3,6	0,166156621	2,2	0,61	0,072097276	2,9	990,9	21,8	990,2	35,7	988,7	28,2	100,22
010-8 C	0,29	1,709839527	1,7	0,169797814	1,1	0,659	0,073033478	1,3	1011,0	11,3	1012,2	17,1	1014,9	12,9	99,62

Tabela 4 (continuação...)

## BD-MA-21

Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
003-1 A	0,46	1,782376981	4,3	0,176136274	3,5	0,815	0,073392129	2,5	1045,8	36,8	1039,0	44,9	1024,8	25,7	102,1
004- 2 A	0,58	1,805708607	4,3	0,178137552	3,5	0,825	0,073517531	2,4	1056,8	37,4	1047,5	44,9	1028,3	24,9	102,8
005-3 A	0,76	1,799495415	5,3	0,177136614	4,5	0,844	0,07367856	2,8	1051,3	47,1	1045,3	55,4	1032,7	29,4	101,8
007- 5 A	0,30	1,803802096	4,1	0,178039318	3,4	0,811	0,07348043	2,4	1056,3	35,6	1046,8	43,4	1027,2	24,9	102,8
008- 6 A	0,30	1,763949081	4,1	0,173783723	3,3	0,81	0,073616586	2,4	1032,9	34,6	1032,3	42,7	1031,0	25,0	100,2
009- 7 A	0,71	1,775643829	6,1	0,175457266	4,3	0,707	0,073397831	4,3	1042,1	44,7	1036,6	62,9	1025,0	44,0	101,7
010- 8 A	0,79	1,708735985	4,3	0,16883362	3,5	0,794	0,073403161	2,6	1005,7	34,7	1011,8	44,0	1025,1	27,0	98,1
003-1 B	0,33	1,726485963	4,9	0,170735372	3,2	0,655	0,073339555	3,7	1016,2	32,3	1018,4	49,5	1023,4	37,6	99,3
004-2 B	0,35	1,703332476	5,0	0,168603827	3,4	0,679	0,073270765	3,7	1004,4	34,1	1009,8	50,4	1021,5	37,4	98,3
006-4 B	0,35	1,761004187	5,2	0,174125371	3,7	0,709	0,073349483	3,7	1034,8	38,0	1031,2	53,4	1023,6	37,4	101,1
007-5 B	0,37	1,750866183	5,0	0,172891711	3,5	0,687	0,073447583	3,7	1028,0	35,5	1027,5	51,7	1026,3	37,5	100,2
008-6 B	0,77	1,746453855	4,9	0,17259578	3,3	0,669	0,073388104	3,7	1026,4	33,9	1025,9	50,7	1024,7	37,6	100,2
009- 7 B	1,06	1,705253318	5,0	0,169140006	3,3	0,661	0,073120859	3,8	1007,4	33,5	1010,5	50,8	1017,3	38,4	99,0
010-8 B	0,58	1,7467403	4,8	0,172615603	3,1	0,646	0,073391712	3,7	1026,5	31,8	1026,0	49,2	1024,8	37,5	100,2
011- B	0,37	1,704955051	5,1	0,168375895	3,6	0,698	0,073439843	3,7	1003,2	35,8	1010,4	51,7	1026,1	37,6	97,8

## BD-MA-08

Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
004-Sample 2 A	0,65	2,017531318	4,0	0,200822587	3,37	0,85	0,0728629	2,1	1179,737701	39,8	1121,428697	44,5	1010,142067	21,1	116,8
004-Sample 2 B	0,51	1,810594954	3,0	0,180389087	2,38	0,81	0,072796378	1,8	1069,099881	25,5	1049,292977	31,1	1008,289708	17,7	106,0
005-Sample 3 B	0,35	1,859928047	4,3	0,184969649	3,95	0,92	0,072928016	1,7	1094,067118	43,3	1066,960924	45,8	1011,953106	16,9	108,1
006-Sample 4 B	0,57	1,729944072	3,0	0,175227367	2,33	0,77	0,07160261	1,9	1040,84856	24,3	1019,730032	30,7	974,6668018	18,5	106,8
008-Sample 6 B	0,57	1,726132642	3,5	0,173304839	2,69	0,78	0,072237416	2,2	1030,29438	27,7	1018,311408	35,2	992,6370103	21,5	103,8
009-Sample 7 B	0,36	1,834208047	1,6	0,184106733	1,17	0,75	0,072256621	1,0	1089,371011	12,7	1057,788038	16,5	993,177449	10,3	109,7
005-Sample 3 C	0,57	1,657848176	3,5	0,166816841	2,87	0,82	0,072078143	2,0	994,5488622	28,5	992,5540327	34,7	988,1477976	19,8	100,6
005-Sample 3	0,71	1,647185358	2,4	0,166213656	0,93	0,39	0,071874444	2,2	991,2155303	9,2	988,4723019	23,5	982,3874131	21,6	100,9
007-Sample 5	0,49	1,68756195	2,9	0,168728304	1,50	0,52	0,072538824	2,5	1005,100648	15,1	1003,842661	29,2	1001,097004	24,9	100,4
008-Sample 6	0,30	1,680231209	1,8	0,170385447	0,86	0,47	0,071521279	1,6	1014,234565	8,7	1001,069262	18,3	972,3493726	15,7	104,3
009-Sample 7	0,55	1,656560855	2,2	0,165964785	1,11	0,50	0,072391933	1,9	989,8397147	11,0	992,0621158	22,2	996,9798002	19,4	99,3
010-Sample 8	0,38	1,755115194	2,9	0,176488949	1,13	0,38	0,072125168	2,7	1047,764936	11,9	1029,049352	30,3	989,4745692	26,9	105,9

Tabela 4 (Continuação...)

BD-MA-27

Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro [%]	Concord. (%)
003-1 A	0,62	1,710125344	3,4	0,173216073	2,1	0,62	0,071604197	2,7	1029,8	21,8	1012,3	34,7	974,7	26,2	105,65
004- 2 A	0,65	1,685445698	2,7	0,171477309	1,6	0,59	0,071286424	2,1	1020,2	16,1	1003,0	26,7	965,6	20,6	105,66
005-3 A	0,45	1,70013529	3,9	0,170267873	1,9	0,49	0,072418495	3,4	1013,6	19,2	1008,6	39,2	997,7	33,9	101,59
006- 4 A	0,52	1,681288969	2,4	0,17088718	1,2	0,51	0,071356182	2,1	1017,0	12,5	1001,5	24,4	967,6	20,3	105,10
007- 5 A	0,69	1,702219056	5,0	0,172033934	3,0	0,61	0,071762912	3,9	1023,3	30,9	1009,4	50,1	979,2	38,5	104,50
008-6 A	0,65	1,693551051	3,2	0,171145487	1,4	0,44	0,071768119	2,9	1018,4	14,4	1006,1	32,2	979,4	28,1	103,99
009- 7 A	0,59	1,70026813	4,5	0,169896092	2,6	0,58	0,072582638	3,6	1011,5	26,3	1008,6	44,9	1002,3	36,3	100,92
010- 8 A	0,36	1,663871038	2,6	0,168434495	1,4	0,55	0,071645241	2,1	1003,5	14,3	994,9	25,6	975,9	20,9	102,83
011-9 A	0,43	1,675839739	2,6	0,169943934	1,0	0,40	0,071519677	2,4	1011,8	10,3	999,4	25,6	972,3	22,9	104,06
003- B	0,57	1,682450971	1,6	0,167913539	0,9	0,55	0,072670045	1,4	1000,6	8,9	1001,9	16,4	1004,8	13,8	99,59
004- 2 B	0,67	1,691998134	3,8	0,167725014	2,0	0,51	0,07316456	3,3	999,6	19,5	1005,5	38,7	1018,5	33,8	98,14
005- 3 B	0,76	1,702147066	4,6	0,16892694	2,2	0,47	0,073079723	4,1	1006,2	22,1	1009,3	46,7	1016,2	41,4	99,02
006- 4 B	0,74	1,739699549	4,2	0,174017523	2,3	0,54	0,07250701	3,5	1034,2	23,6	1023,4	43,0	1000,2	35,3	103,40
007- 5 B	0,63	1,686399088	3,0	0,168923297	1,2	0,41	0,072405163	2,7	1006,2	12,3	1003,4	29,8	997,4	27,0	100,88
008- 6 B	0,50	1,671410791	2,7	0,166950364	1,2	0,44	0,072609686	2,5	995,3	11,9	997,7	27,4	1003,1	24,8	99,22
009- 7 B	0,65	1,72901884	4,4	0,16860547	1,6	0,37	0,074374968	4,0	1004,4	16,1	1019,4	44,4	1051,7	42,6	95,51
010- 8 B	0,24	1,721564306	2,1	0,171900626	1,3	0,60	0,072634762	1,7	1022,6	13,0	1016,6	21,6	1003,8	17,1	101,87
011-9 B	0,66	1,675812142	2,2	0,167443512	0,9	0,40	0,07258648	2,0	998,0	8,7	999,4	21,6	1002,4	19,9	99,56
004-2 C	0,71	1,708964067	4,2	0,171412067	2,0	0,48	0,072308652	3,7	1019,9	20,4	1011,9	42,5	994,6	36,8	102,54
005-3 C	0,57	1,634026748	3,3	0,162784143	1,8	0,55	0,072802415	2,7	972,2	17,4	983,4	32,0	1008,5	27,4	96,41
006- 4 C	0,65	1,73089413	3,4	0,173561463	2,3	0,69	0,072329578	2,4	1031,7	23,9	1020,1	34,3	995,2	24,3	103,67
007- 5 C	0,58	1,651035587	2,0	0,165468985	1,1	0,55	0,072366665	1,7	987,1	11,1	989,9	20,2	996,3	17,0	99,08
008- 6 C	0,61	1,702053573	2,0	0,169871542	1,1	0,56	0,072669358	1,7	1011,4	11,6	1009,3	20,6	1004,7	16,9	100,66
009- 7 C	0,55	1,649214492	3,0	0,164075424	2,4	0,79	0,072900806	1,9	979,4	23,6	989,3	30,1	1011,2	18,9	96,85

Tabela 5: Resultados das análises de U-Th-Pb por LA-ICP-MS em grãos de zircão das amostras BD-SC-45, CN-MG-12, BD-SC-46, CN-MG-10 E do Maciço São Carlos.

Maciço São Carlos: BD-SC-45															
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
006-Sample 4 A	0,68	1,667405829	3,2	0,170342291	1,48	0,46	0,070993332	2,9	1014,0	15,0	996,2	32,1	957,2	27,4	105,9
008-Sample 6 A	1,01	1,662976637	2,7	0,168968759	1,69	0,63	0,071380315	2,1	1006,4	17,0	994,5	26,5	968,3	19,9	103,9
011-Sample 9 A	0,92	1,624949972	2,8	0,164295902	1,88	0,67	0,071731843	2,1	980,6	18,4	979,9	27,3	978,3	20,2	100,2
003-Sample1 B	0,92	1,64185066	3,6	0,164897032	2,71	0,75	0,07221369	2,4	983,9	26,7	986,4	35,8	992,0	24,0	99,2
005-Sample 3 B	0,94	1,728973973	3,7	0,172730872	3,17	0,86	0,072596756	1,9	1027,1	32,5	1019,4	37,7	1002,7	19,1	102,4
006-Sample 4 B	0,86	1,695271832	3,7	0,170071653	2,72	0,74	0,072294646	2,5	1012,5	27,5	1006,8	37,1	994,2	24,7	101,8
008-Sample 6 B	0,81	1,667836444	3,1	0,166896366	2,50	0,80	0,072477851	1,9	995,0	24,9	996,4	31,1	999,4	18,6	99,6
009-Sample 7 B	0,86	1,664908803	3,4	0,165676304	2,68	0,79	0,072883426	2,1	988,2	26,4	995,2	33,8	1010,7	21,1	97,8
010-Sample 8 B	0,54	1,677340773	3,0	0,168809162	2,58	0,87	0,072064938	1,5	1005,5	26,0	1000,0	29,8	987,8	14,7	101,8
011-Sample 9 B	0,97	1,691173204	3,4	0,168845982	2,53	0,74	0,072643387	2,3	1005,7	25,4	1005,2	34,5	1004,0	23,2	100,2
003-Sample1 C	0,96	1,68423044	3,9	0,166983723	2,97	0,76	0,073151982	2,5	995,5	29,5	1002,6	38,9	1018,2	25,5	97,8
004-Sample 2 C	1,03	1,673526577	3,0	0,165953982	1,81	0,61	0,073138098	2,4	989,8	17,9	998,5	29,7	1017,8	24,0	97,2
005-Sample 3 C	0,96	1,649291375	2,4	0,165802811	1,79	0,74	0,072144665	1,6	988,9	17,7	989,3	23,8	990,0	15,9	99,9
006-Sample 4 C	0,85	1,664480033	5,3	0,163497687	2,67	0,50	0,073835582	4,6	976,2	26,0	995,1	52,7	1037,0	47,4	94,1
007-Sample 5 C	0,91	1,60580736	2,1	0,160609554	1,64	0,77	0,072513822	1,4	960,2	15,7	972,5	20,7	1000,4	13,6	96,0
008-Sample 6 C	0,98	1,7088332	3,4	0,169662627	1,70	0,50	0,073048653	2,9	1010,3	17,2	1011,8	34,1	1015,3	29,6	99,5
009-Sample 7 C	0,95	1,659493583	3,6	0,16204832	1,50	0,41	0,074272795	3,3	968,1	14,5	993,2	35,9	1048,9	34,5	92,3

## CN-MG-12

Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
CNMG-12B_001A	0,8	1,676849607	4,1	0,171774897	3,20	0,78	0,070799981	2,5	1021,9	32,7	999,8	40,8	951,6	24,1	107,4
CNMG-12B_002A	1,0	1,637696138	3,2	0,1662807	2,70	0,84	0,071431572	1,7	991,6	26,8	984,8	31,5	969,8	16,7	102,2
CNMG-12B_004A	0,7	1,618136967	4,7	0,165773747	2,70	0,58	0,070794293	3,8	988,8	26,7	977,3	45,9	951,5	36,5	103,9
CNMG-12B_005A	0,9	1,505148339	4,6	0,153295362	4,01	0,87	0,071211316	2,2	919,4	36,9	932,5	42,8	963,5	21,5	95,4
CNMG-12B_007A	1,1	1,57693933	3,6	0,161977077	2,52	0,70	0,070609015	2,6	967,8	24,3	961,2	34,7	946,1	24,5	102,3
CNMG-12B_001A	0,6	1,576224099	6,6	0,160558438	4,65	0,71	0,071200584	4,6	959,9	44,6	960,9	63,1	963,2	44,7	99,7
CNMG-12B_009A	0,6	1,600621212	3,5	0,160511225	3,29	0,95	0,072323908	1,0	959,6	31,6	970,5	33,5	995,1	10,3	96,4
CNMG-12B_001B	0,6	1,538688901	6,2	0,155442453	6,03	0,97	0,071792637	1,4	931,4	56,1	946,0	58,6	980,1	14,0	95,0
CNMG-12B_002B	0,8	1,617565162	4,5	0,163405181	3,74	0,83	0,07179508	2,5	975,7	36,5	977,0	44,2	980,1	24,9	99,5
CNMG-12B_004B	0,3	1,656583115	16,8	0,168661719	15,95	0,95	0,071235329	5,4	1004,7	160,2	992,1	166,9	964,2	51,7	104,2
CNMG-12B_005B	0,4	1,488712404	15,4	0,148044302	14,32	0,93	0,072931952	5,6	890,0	127,5	925,8	142,4	1012,1	56,7	87,9
CNMG-12B_006B	0,7	1,600779219	5,9	0,160419499	3,87	0,66	0,072372405	4,4	959,1	37,1	970,5	56,9	996,4	43,9	96,3
CNRT-07B_001A	0,5	1,537513814	4,6	0,154510486	4,30	0,93	0,072170513	1,7	926,2	39,8	945,5	43,7	990,8	17,0	93,5
CNRT3B_003A	0,5	1,575243897	6,9	0,157565254	6,70	0,97	0,072508025	1,6	943,2	63,2	960,5	66,2	1000,2	16,0	94,3
CNRT3B_0007A	0,7	1,615510113	5,3	0,160548035	4,92	0,93	0,072979925	2,0	959,8	47,3	976,2	51,7	1013,4	19,8	94,7
CNRT3B_008A	1,2	1,568089864	4,8	0,15844812	4,59	0,97	0,07177655	1,2	948,1	43,5	957,7	45,5	979,6	11,9	96,8

Tabela 5 (continuação...)

BD-SC-46															
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
004-Sample 2 A	0,85	1,637981976	1,9	0,163817151	1,11	0,57	0,072518444	1,6	978,0	10,9	984,9	19,1	1000,5	16,0	97,7
005-Sample 3 A	0,70	1,613316765	5,0	0,161829792	2,64	0,52	0,072303596	4,3	966,9	25,5	975,4	49,2	994,5	42,7	97,2
006-Sample 4 A	0,90	1,61938651	3,4	0,162176116	1,40	0,41	0,072420638	3,1	968,9	13,6	977,8	33,5	997,8	31,2	97,1
007-Sample 5 A	0,90	1,641211082	5,3	0,1622032	2,25	0,43	0,0733844	4,8	969,0	21,8	986,2	52,2	1024,6	49,0	94,6
008-Sample 6 A	0,90	1,601929396	2,3	0,161016812	1,23	0,53	0,072155738	2,0	962,4	11,8	971,0	22,6	990,3	19,6	97,2
009-Sample 7 A	0,74	1,598410089	2,3	0,160095131	1,63	0,72	0,072411712	1,6	957,3	15,6	969,6	21,9	997,5	15,6	96,0
010-Sample 8 A	1,15	1,607773716	2,1	0,162519242	1,27	0,60	0,071749497	1,7	970,8	12,3	973,2	20,7	978,8	16,7	99,2
011-Sample 9 A	1,15	1,675617542	2,2	0,167602511	1,84	0,82	0,072509198	1,3	998,9	18,4	999,3	22,3	1000,3	12,6	99,9
003-Sample1 B	1,05	1,64818029	2,4	0,165393224	1,80	0,75	0,072274605	1,6	986,7	17,8	988,9	23,6	993,7	15,6	99,3
004-Sample 2 B	1,13	1,597048893	2,4	0,161047304	1,66	0,70	0,071922285	1,7	962,6	15,9	969,1	22,9	983,7	16,5	97,9
005-Sample 3 B	1,43	1,650946744	1,9	0,166497215	1,57	0,83	0,071915883	1,1	992,8	15,5	989,9	18,7	983,6	10,4	100,9
006-Sample 4 B	1,06	1,662084228	4,5	0,163915708	2,54	0,56	0,073541279	3,7	978,5	24,9	994,2	44,8	1028,9	38,3	95,1
007-Sample 5 B	1,20	1,624954986	3,1	0,162243822	2,02	0,64	0,07263934	2,4	969,2	19,6	979,9	30,8	1003,9	24,1	96,5
008-Sample 6 B	0,88	1,645693351	4,2	0,163465223	2,60	0,62	0,073016711	3,3	976,0	25,3	987,9	41,5	1014,4	33,5	96,2
010-Sample 8 B	0,71	1,595924312	3,7	0,160415461	3,22	0,86	0,072154728	1,9	959,1	30,9	968,6	36,1	990,3	18,7	96,8
011-Sample 9 B	0,89	1,65788943	3,1	0,167596409	2,83	0,91	0,071744659	1,3	998,9	28,3	992,6	30,9	978,7	12,6	102,1
004-Sample 2 C	0,73	1,694794698	2,1	0,169354003	1,16	0,56	0,072580567	1,7	1008,6	11,7	1006,6	20,8	1002,3	17,2	100,6
005-Sample 3 C	1,00	1,655559099	3,1	0,165240623	1,39	0,44	0,07266522	2,8	985,8	13,7	991,7	31,1	1004,6	28,3	98,1
006-Sample 4 C	1,00	1,68168382	2,6	0,169182347	1,36	0,53	0,072092158	2,2	1007,6	13,7	1001,6	25,8	988,5	21,6	101,9
007-Sample 5 C	0,78	1,71127888	2,0	0,170507415	1,02	0,50	0,072790759	1,8	1014,9	10,4	1012,8	20,6	1008,1	17,7	100,7
008-Sample 6 C	0,88	1,672249564	3,6	0,168581938	1,98	0,55	0,071943038	3,0	1004,3	19,9	998,0	36,3	984,3	30,0	102,0
009-Sample 7 C	1,01	1,63676912	4,2	0,165340227	2,10	0,50	0,071797218	3,7	986,4	20,7	984,5	41,6	980,2	36,0	100,6
010-Sample 8 C	0,56	1,649628769	5,1	0,167082269	2,30	0,45	0,071606852	4,5	996,0	22,9	989,4	50,2	974,8	44,1	102,2
011-Sample 9 C	0,63	1,686505557	2,2	0,169327246	1,47	0,67	0,072236993	1,6	1008,4	14,8	1003,4	21,9	992,6	16,0	101,6

CN-MG-10															
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
CNMG 10C-002A 2	0,83332611	1,710424479	0,0	0,171267555	0,00	0,90	0,07080773	0,0	1,0	0,0	1012,4	0,0	950,9	0,0	100,7
CNMG 10C-006A 6	0,51820435	1,770529141	0,0	0,177064699	0,00	0,90	0,072159714	0,0	1,1	0,0	1034,7	0,0	990,2	0,0	101,6
CNMG 10C-008A 8	0,86576033	1,555438994	0,0	0,157411462	0,00	0,90	0,070649647	0,0	0,9	0,0	952,7	0,0	946,2	0,0	98,9
CNMG 10C-009A 9	1,25153104	1,701465893	0,0	0,170528833	0,00	0,90	0,072591189	0,0	1,0	0,0	1009,1	0,0	1002,6	0,0	100,6
CNMG 10C-010A 10	0,46766023	1,650689083	0,0	0,166244855	0,00	0,90	0,07186486	0,0	1,0	0,0	989,8	0,0	981,7	0,0	100,2
CNMG 10C-011A 11	1,17374226	1,714121226	0,0	0,173577323	0,00	0,90	0,072414375	0,0	1,0	0,0	1013,8	0,0	997,6	0,0	101,8
CNMG 10C-001B 1	0,53178016	1,702245175	0,0	0,171958814	0,00	0,89	0,071939814	0,0	1,0	0,0	1009,4	0,0	983,9	0,0	101,3
CNMG 10C-002B 2	0,88664087	1,620227249	0,0	0,16281464	0,00	0,88	0,071907232	0,0	1,0	0,0	978,1	0,0	983,0	0,0	99,4
CNMG 10C-005B 5	0,45998073	1,777441224	0,0	0,176746099	0,00	0,90	0,072686894	0,0	1,0	0,0	1037,2	0,0	1005,3	0,0	101,2
CNMG 10C-009B 9	0,86381651	1,564604903	0,0	0,158327173	0,00	0,90	0,071290438	0,0	0,9	0,0	956,3	0,0	965,0	0,0	99,1
CNMG 10C-010B 10	0,83786453	1,743210112	0,0	0,174644847	0,00	0,90	0,072430251	0,0	1,0	0,0	1024,7	0,0	998,0	0,0	101,3

Tabela 6: Resultados das análises de U-Th-Pb por LA-ICP-MS em grãos de zircão das amostras BD-CT-02 E BD-CT-03 dos Maciço Caritianas.

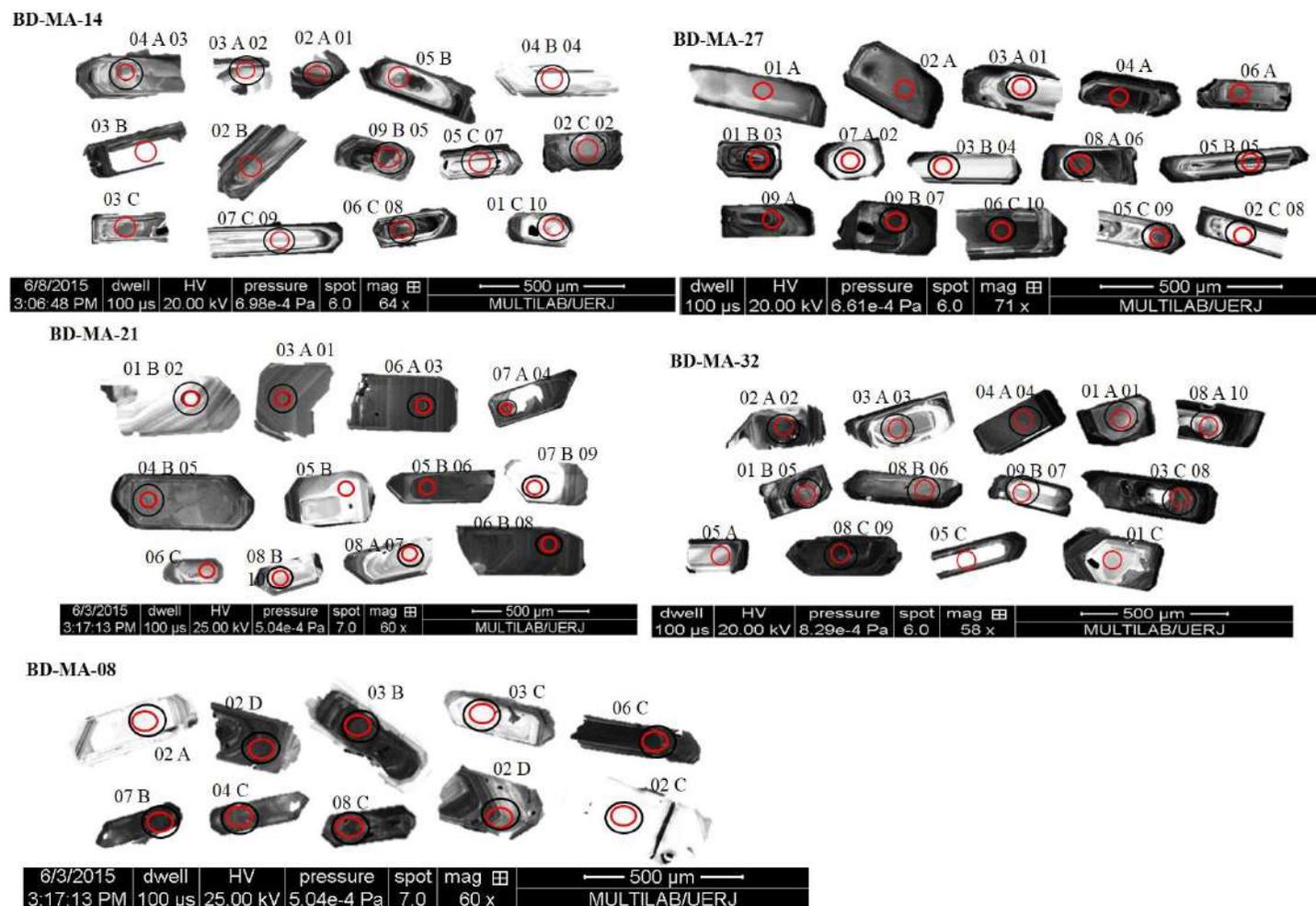
Maciço Caritianas: BD-CT-02

Grão	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	Concord. (%)
004-Sample 2 A	0,89	1,690948446	3,7	0,169008155	3,05	0,83	0,072564036	2,0	1006,6	30,7	1005,1	36,9	1001,8	20,5	100,5
007-Sample 5 A	0,87	1,666080039	3,4	0,165481221	2,43	0,71	0,073020679	2,4	987,2	24,0	995,7	33,9	1014,5	24,3	97,3
008-Sample 6 A	1,02	1,680526292	3,6	0,167133729	2,91	0,80	0,072925587	2,2	996,3	29,0	1001,2	36,2	1011,9	21,8	98,5
009-Sample 7 A	0,71	1,689630396	2,7	0,168453204	2,06	0,76	0,072746343	1,8	1003,6	20,7	1004,6	27,2	1006,9	17,7	99,7
010-Sample 8 A	0,68	1,691139815	3,9	0,169311446	3,42	0,89	0,072442248	1,8	1008,3	34,5	1005,2	38,8	998,4	17,9	101,0
011-Sample 9 A	0,86	1,662423526	3,2	0,16600748	2,57	0,80	0,072629448	1,9	990,1	25,5	994,3	32,0	1003,6	19,3	98,6
003-Sample1 B	0,93	1,706221133	2,3	0,170079536	1,82	0,80	0,072758205	1,4	1012,5	18,5	1010,9	23,2	1007,2	14,0	100,5
006-Sample 4 B	0,83	1,611754202	3,4	0,161724376	2,49	0,73	0,07228065	2,3	966,4	24,1	974,8	33,2	993,9	23,2	97,2
007-Sample 5 B	0,90	1,652408926	3,8	0,168156127	2,54	0,67	0,071269475	2,8	1001,9	25,4	990,5	37,3	965,2	26,9	103,8
009-Sample 7 B	1,06	1,544352121	3,8	0,156313719	2,80	0,73	0,071655241	2,6	936,3	26,2	948,2	36,2	976,2	25,3	95,9
010-Sample 8 B	0,88	1,65107594	3,7	0,164467162	2,55	0,69	0,072809253	2,7	981,6	25,1	990,0	36,5	1008,6	26,9	97,3
004-Sample 2 C	0,88	1,576329776	4,1	0,157153099	3,31	0,81	0,072748301	2,4	940,9	31,1	960,9	39,3	1006,9	24,2	93,4
005-Sample 3 C	0,70	1,612888	4,0	0,162441187	3,27	0,82	0,072012316	2,3	970,3	31,8	975,2	38,9	986,3	22,6	98,4
006-Sample 4 C	0,90	1,701151378	4,2	0,172705109	3,34	0,80	0,071439187	2,5	1027,0	34,4	1009,0	42,3	970,0	24,5	105,9
007-Sample 5 C	0,86	1,643015161	4,7	0,166798861	3,54	0,76	0,071440949	3,0	994,4	35,2	986,9	45,9	970,1	29,3	102,5
011-Sample 9 C	0,45	1,566344663	3,5	0,157044155	3,17	0,90	0,072337631	1,5	940,3	29,8	957,0	33,7	995,5	15,4	94,5

BD-CT-03

Grão	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	2 $\sigma$ erro [%]	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	2 $\sigma$ erro [%]	Concord. (%)
003-Sample1	0,67	1,767938419	3,8	0,173826819	3,25	0,86	0,073764784	1,9	1033,2	33,5	1033,8	38,9	1035,0	19,7	99,8
004-Sample 2	0,40	1,718557432	2,4	0,170945652	1,91	0,79	0,072912958	1,5	1017,3	19,4	1015,5	24,4	1011,5	14,8	100,6
005-Sample 3	0,89	1,712235948	3,7	0,173059414	3,17	0,86	0,071757468	1,9	1028,9	32,6	1013,1	37,6	979,1	18,8	105,1
006-Sample 4	0,92	1,726930417	5,5	0,172893366	4,17	0,76	0,072442801	3,5	1028,0	42,9	1018,6	55,7	998,4	35,4	103,0
010-Sample 8	0,43	1,757208624	2,8	0,174838103	2,41	0,85	0,072893024	1,5	1038,7	25,0	1029,8	29,0	1011,0	14,8	102,7
003-Sample1	0,85	1,755848952	3,9	0,176926451	3,25	0,84	0,071976896	2,1	1050,2	34,1	1029,3	39,6	985,3	20,3	106,6
004-Sample 2	0,37	1,758617337	2,3	0,17467679	1,86	0,83	0,07301883	1,3	1037,8	19,3	1030,3	23,2	1014,5	12,9	102,3
007-Sample 5	1,02	1,71414614	4,3	0,170954822	3,28	0,76	0,0727219	2,8	1017,4	33,4	1013,8	43,6	1006,2	28,0	101,1
008-Sample 6	0,40	1,738158525	2,1	0,174408013	1,72	0,81	0,072280587	1,3	1036,4	17,8	1022,8	21,8	993,9	12,5	104,3
011-Sample 9	0,72	1,700846743	4,4	0,171948885	2,95	0,67	0,071740524	3,3	1022,8	30,2	1008,8	44,4	978,6	31,9	104,5
006-Sample 4	0,81	1,721462296	4,9	0,173136822	3,34	0,68	0,072111877	3,6	1029,4	34,4	1016,6	50,2	989,1	35,9	104,1
009-Sample 7	0,70	1,706771241	6,8	0,173666092	5,34	0,78	0,071278575	4,2	1032,3	55,1	1011,1	68,9	965,4	40,9	106,9
010-Sample 8	0,87	1,745637487	4,0	0,176394378	3,48	0,87	0,071774148	2,0	1047,2	36,4	1025,6	41,2	979,5	19,7	106,9
011-Sample 9	0,97	1,74756307	3,3	0,174954966	2,31	0,70	0,072444482	2,3	1039,4	24,0	1026,3	33,6	998,5	23,2	104,1
005-Sample 3	0,94	1,7288183	3,1	0,173469891	1,99	0,64	0,07228097	2,4	1031,2	20,5	1019,3	31,6	993,9	23,6	103,8

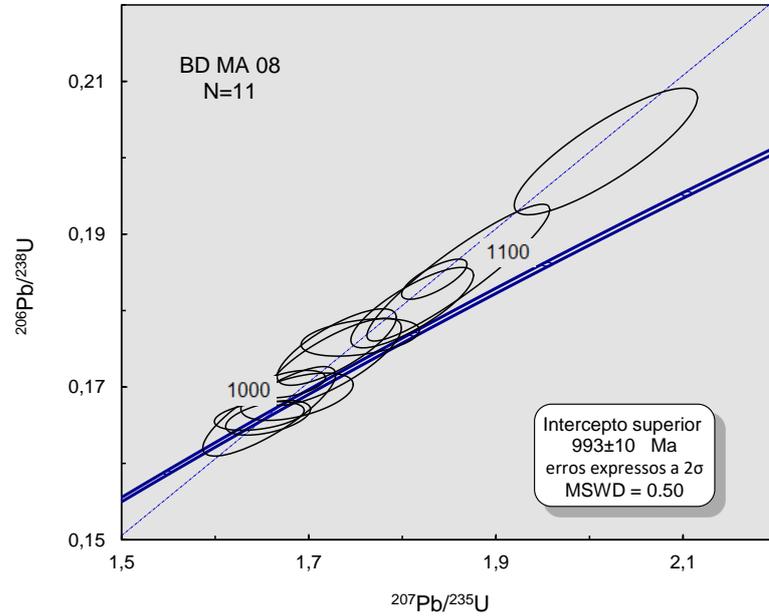
Figura 30 - Imagem de elétrons retroespalhados obtidas em MEV dos grãos de zircão de amostras do Maciço Massangana escolhidos para análise de U-Pb e Lu-Hf por LA-ICP-MS.



Legenda: Grãos de zircão das amostras BD-MA-14, BD-MA-27, BD-MA-21, BD-MA-32 E BD-MA-08 do Maciço Massangana, Círculos vermelhos: *spot* da análise U-Pb com tamanho de 20 μm e círculo preto: *spot* da análise Lu-Hf com tamanho de 50.

Fonte: A autora, 2016

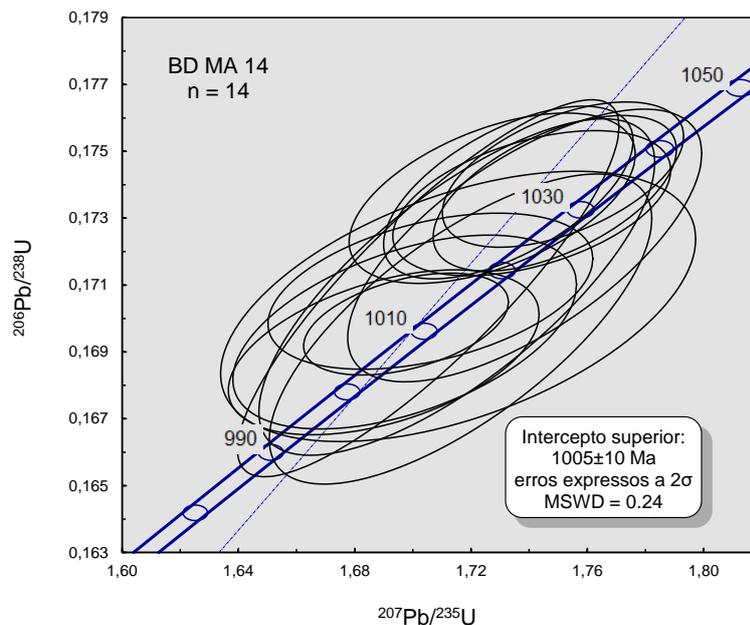
Figura 31 - Diagrama Concórdia para amostra BD-MA-08 do Maciço Massangana.



Legenda: Amostra representativa das fácies biotita-granito coletada na parte centro-sul do Maciço Massangana, área correspondente à fase magmática São Domingos de Romanini (1982). A idade obtida, interpretada como idade de cristalização é de  $993 \pm 10$  Ma.

Fonte: A autora, 2016.

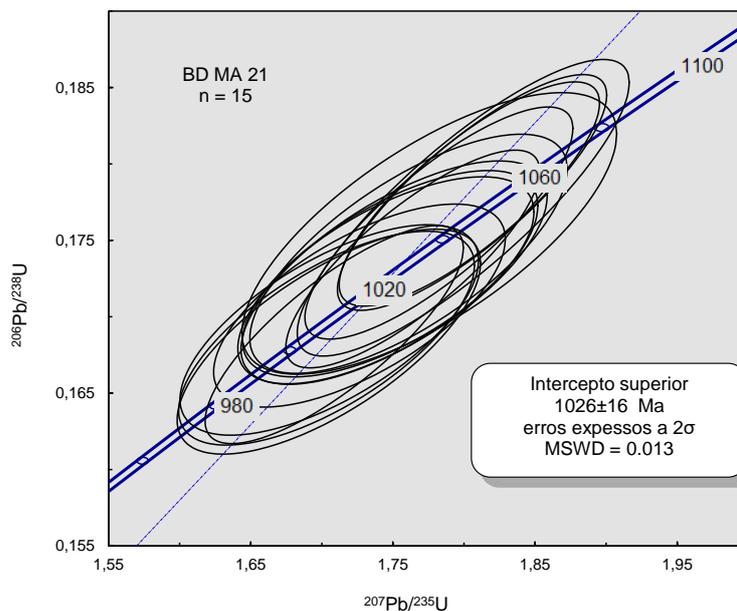
Figura 32 - Diagrama Concórdia para amostra BD-MA-14 do Maciço Massangana.



Legenda: Amostra representativa das fácies biotita-granito coletada porção sudeste do Maciço Massangana. A idade obtida de  $1005 \pm 10$  Ma, é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 33 - Diagrama Concórdia para amostra BD-MA-21 do Maciço Massangana.



Legenda: Amostra representativa da fácies biotita-hornblenda granito, coletada na porção nordeste do Maciço Massangana. A idade obtida, interpretada como idade de cristalização, é de  $1026 \pm 16$  Ma.

Fonte: A autora, 2016.

A amostra BD-MA-27 pertencente à fácies biotita-granito foi coletada na porção centro-sul do maciço. Os grãos de zircão analisados variam de prismas finos alongados (0,5 mm de comprimento) com as bordas piramidais ou arredondadas, a prismas curtos (0,2-0,3 mm de comprimento). Alguns grãos apresentam intensa zonação oscilatória, enquanto outros apresentam essa oscilação apenas concentrada nas bordas. As cores variam de incolor a caramelo, sem fraturas, ou rosados, mais fraturados.

Para a confecção do diagrama concórdia, foram utilizados vinte e quatro *spots* que mostraram valores concordantes entre as razões de 95 a 105%. A idade obtida para a amostra BD-MA-27 foi de  $995.7 \pm 9.5$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização (Fig. 34).

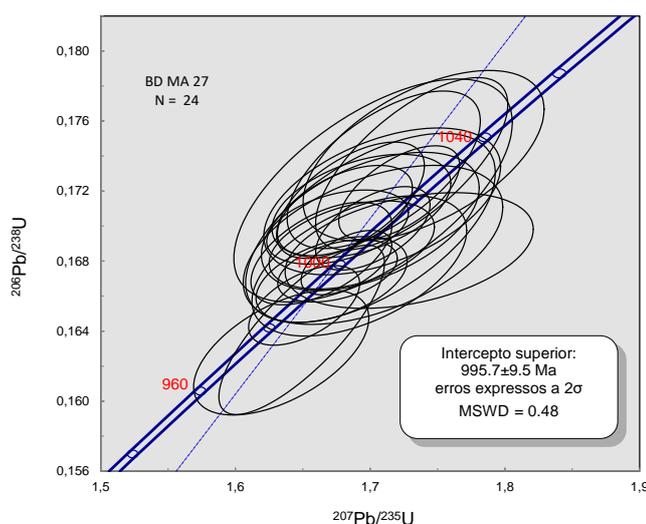
A última amostra datada pelo método U-Pb do Maciço Massangana foi a BD-MA-32, pertencente à fácies biotita-granito e foi coletada na porção nordeste do maciço. Os grãos de zircão analisados são prismáticos com tamanhos que variam entre 0,2 a 0,5 mm de comprimento, geralmente com as bordas arredondadas e/ou quebradas. Alguns grãos apresentam zonação oscilatória, enquanto outros são mais homogêneos. As cores variam entre incolor, caramelo e rosado.

Para a confecção da concórdia (Fig. 35), foram utilizados catorze *spots* que mostraram valores concordantes entre as razões que variaram de 97 a 103%. A idade obtida para esta amostra foi de  $1010 \pm 12$  Ma e representa a idade de cristalização.

A amostra BD-MA-08, coletada no local denominada regionalmente de São Domingos, (nomenclatura também adotada por Romanini, 1982 para denominar a fase magmática de São Domingos) apresenta idade de cristalização de  $993 \pm 10$  Ma, idade mais jovem obtida neste estudo, o que indica que a cristalização do maciço Massangana ocorreu num intervalo de pelo menos 30 milhões de anos, com cristalização iniciada na borda leste do maciço (amostra BD-MA-21 com idade de cristalização de  $1026 \pm 16$  Ma) em seguida porção norte (amostra BD-MA-32 com idade de cristalização de  $1010 \pm 10$  Ma) e porção centro sul, representada pelas amostras BD-MA-14 e BD-MA-27 com idades de cristalização de  $1005 \pm 10$  Ma e  $996 \pm 9,5$  Ma respectivamente.

Das amostras analisadas apenas a BD-MA-08 foi coletada na região de São Domingos, as demais foram coletadas na região denominada de Fase Massangana, que abrange cerca de 70% do maciço. As áreas do maciço denominadas por Romanini (1982) de fases magmáticas Bom Jardim e Taboca não foram amostradas, desse modo é imprescindível essas áreas sejam amostradas e analisadas pelos mesmos métodos aqui empregados (U-Pb e Lu-Hf em cristais individuais de zircão) para se ter uma maior compreensão da evolução magmática do maciço.

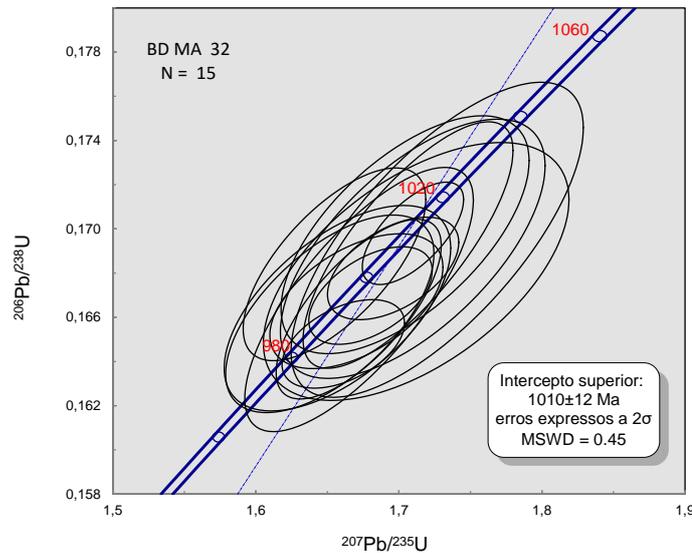
Figura 34 - Diagrama Concórdia para amostra BD-MA-21 do Maciço Massangana.



Legenda: Amostra representativa da fácies biotita-granito coletada na parte sul do Maciço Massangana. A idade obtida, interpretada como idade de cristalização, é de  $995.7 \pm 9.5$  Ma.

Fonte: A autora.

Figura 35 - Diagrama Concórdia para amostra BD-MA-32 do Maciço Massangana.



Legenda: Amostra representativa da fácies biotita-granito coletada na borda nordeste do Maciço Massangana. A idade obtida, interpretada como idade de cristalização, é de  $1010 \pm 12$  Ma.

Fonte: A autora, 2016.

### 3.4.2. Maciço São Carlos

Quatro amostras do Maciço São Carlos foram datadas pelo método U-Pb por LA-ICP-MS. Os cristais de zircão analisados das amostras CN-MG-10C e CN-MG-12B são, em sua maioria prismáticos alongados com as bordas piramidais ou arredondadas, por vezes quebrados, apresentam zonação oscilatória e pequenas inclusões (Figura 36). Em menor frequência ocorrem também grãos de zircão granulares. As cores variam de incolor a caramelo claro.

A amostra CN-MG-10C, pertencente à fácies álcali-granito foi coletada na porção centro-norte do maciço. Foram utilizados onze *spots* para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 37), e a idade obtida foi de  $986 \pm 14$  Ma, interpretada como idade de cristalização.

A amostra CN-MG-12B, caracterizada como um álcali-granito, foi coletada na parte centro-norte do maciço. Foram utilizados dezesseis *spots* para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 38) e a idade obtida foi de  $974 \pm 10$  Ma, interpretada como idade de cristalização do maciço.

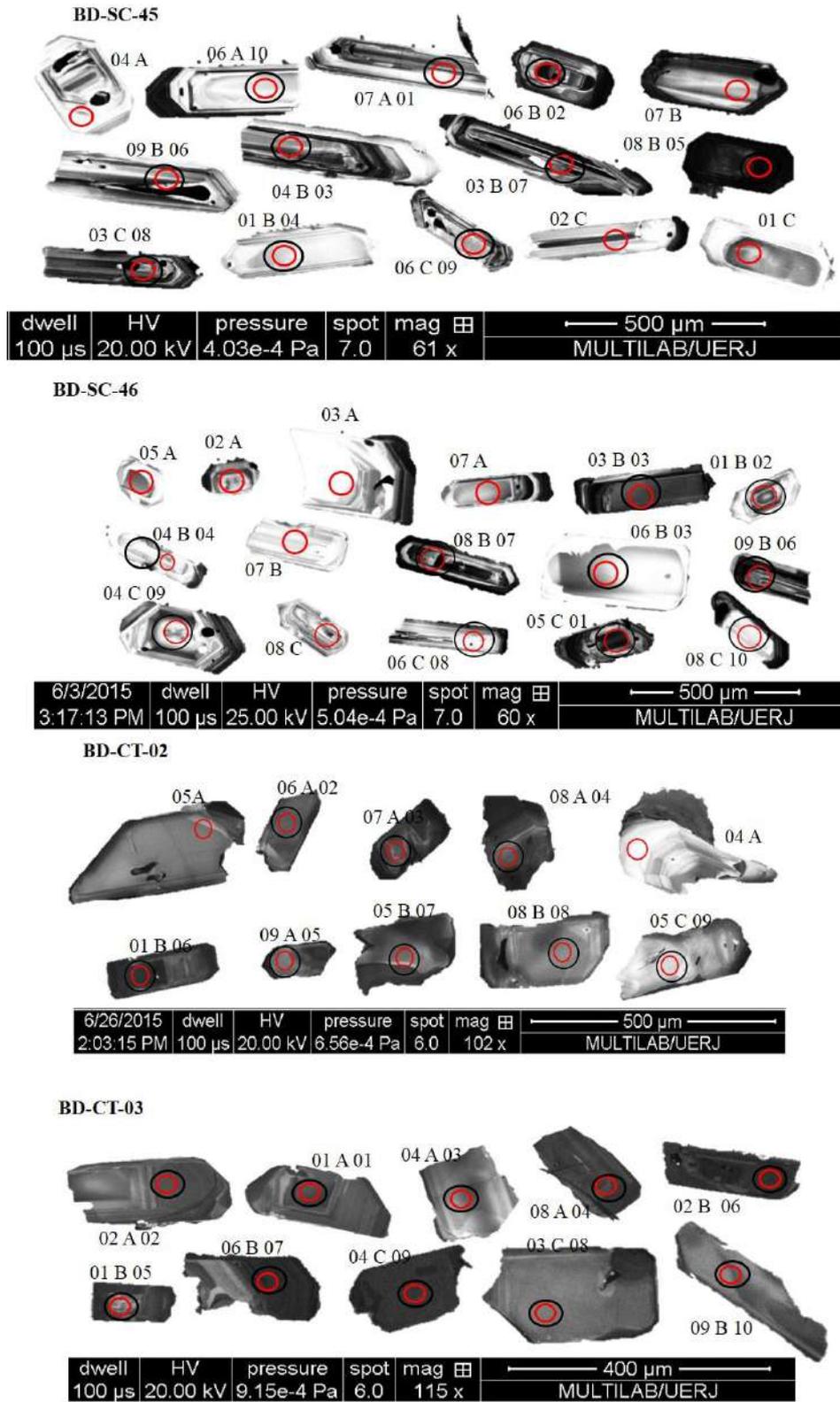
As amostras BD-SC-45 e BD-SC-46 pertencentes às fácies biotita-granito e álcali-granito, respectivamente, foram coletadas nas bordas sudoeste do maciço, nas proximidades da BR-364. Os cristais de zircão da amostra BD-SC-45 são geralmente prismas longos (0,4 a 0,6 mm de comprimento) bipiramindais, alguns com as bordas arredondadas e cores rosada e caramelo. A maioria apresenta zonação oscilatória, típico de cristais ígneos. A figura 36 mostra as imagens de Mev dos cristais de zircão dessas duas amostras, utilizados na confecção do diagrama concórdia e também nas análises isotópicas de Lu-Hf.

Para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 39) foram utilizados dezessete *spots*, que apresentaram concordância de suas razões entre 92 e 105 % e a idade obtida foi de  $996 \pm 8.2$  Ma.

Os cristais de zircão da amostra BD-SC-46 variam entre pristas curtos bipiramidais com cerca de 0,2 mm de comprimento, à grandes cristais, de cerca de 0,5 mm de comprimento e 0,3 mm de espessura. Também se observa zonação oscilatória em boa parte dos cristais. Para a confecção do diagrama de concórdia (Fig. 40) da amostra BD-SC-46, foram utilizados vinte de quatro *spots* que apresentaram concordância de suas razões entre 94 e 102 %, A idade obtida para esta amostra foi de  $992.5 \pm 7.7$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização.

Datações anteriores, realizadas por Bettencourt *et al.* (1999) pelo método U-Pb convencional, indicaram uma idade de  $995 \pm 73$  Ma para um biotita-hornblenda álcali-feldspato granito e  $974 \pm 6$  Ma para um piroxênio-anfíbólio álcali-feldspato sienito, ambos do Maciço São Carlos. As idades obtidas neste estudo são concordantes com as idades reportadas na literatura confirmando que o maciço São Carlos é um dos integrantes da Suíte Intrusiva Rondônia. A variação nas idades obtidas de pelo menos 10 milhões de anos segue o mesmo padrão do maciço Massangana, com idades mais velhas nas bordas do maciço e idades mais jovens no núcleo.

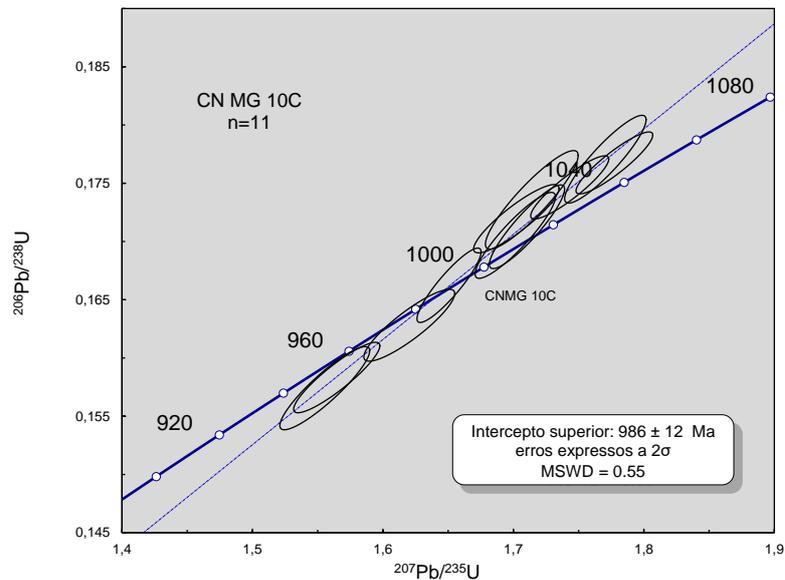
Figura 36 - Imagem de elétrons retro-espalhados obtidas em MEV dos grãos de zircão das amostras dos Maciços São Carlos e Caritianas.



Legenda: Amostras: BD-SC-45, BD-SC-46 do maciços São Carlos e BD-CT-02 e BD-CT-03 do Caritianas, analisados pelos métodos U-Pb e Lu-Hf por LA-ICP-MS. Círculos vermelhos: *spot* da análise U-Pb com tamanho de 20 a 30μm e círculo preto *spot* da análise Lu-Hf com tamanho de 50 μm.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 37 - Diagrama Concórdia para amostra CN-MG-10C do Maciço São Carlos.



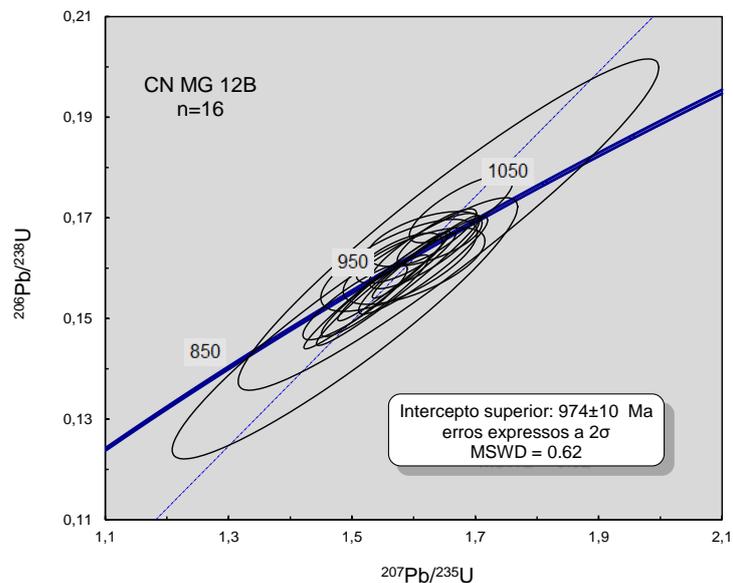
Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representativa da fácies álcali-granito do maciço São Carlos. A idade obtida é de  $986 \pm 12$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.  
 Fonte: A autora, 2016.

### 3.4.3. Maciço Caritianas

Duas amostras do maciço Caritianas foram selecionadas para datação. Ambas são da fácies biotita-granito. A mineralogia principal é composta principalmente por ortoclásio perítico, quartzo, plagioclásio e biotita. A figura 36 mostra a imagem obtida em MEV dos cristais de zircão analisados das amostras BD-CT-02 e BD-CT-03 e localiza os pontos em que foram dados os tiros das análises de U-Pb e Lu-Hf.

A amostra BD-CT-02 foi coletada na parte sudeste do maciço e os cristais de zircão datados apresentam-se geralmente quebrados e com muitas fraturas internas. As bordas dos grãos não são bem formadas e o zoneamento oscilatório ocorre apenas em algumas amostras. As cores predominantes são incolor e caramelo. Para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 41) foram utilizados dezesseis *spots* que apresentaram concordância nas razões entre 94 e 105%. A idade obtida foi de  $999 \pm 12$  Ma no intercepto superior.

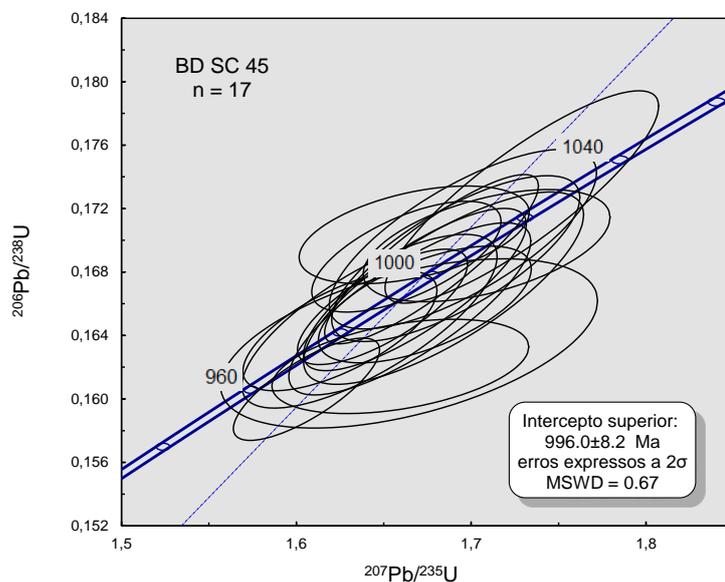
Figura 38 - Diagrama Concórdia para amostra CN-MG-12B do Maciço São Carlos.



Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representante da fácies álcali-granito do maciço São Carlos. A idade obtida é de  $974 \pm 10$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

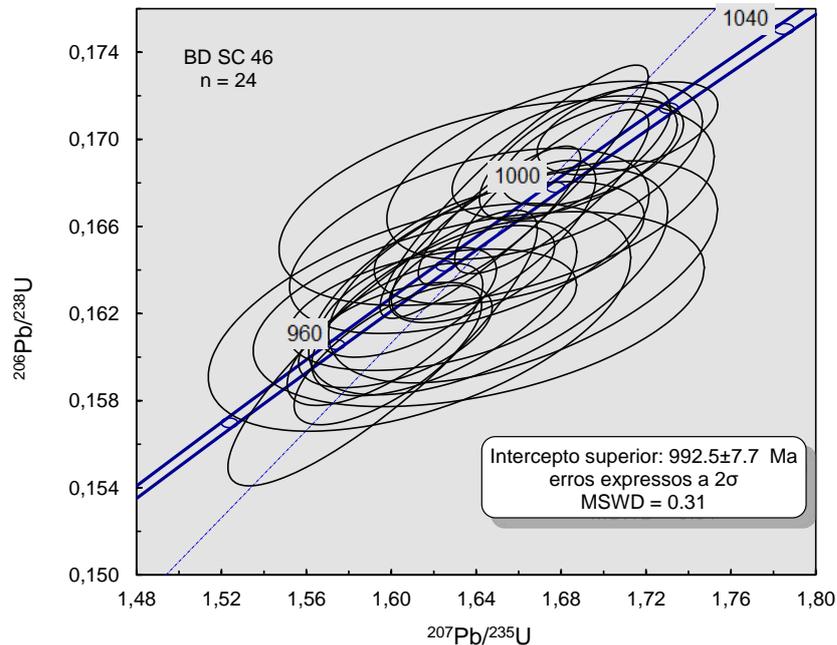
Figura 39 - Diagrama Concórdia para amostra BD-SC-45 do Maciço São Carlos.



Legenda: Diagrama concórdia para a população de zircões da fácies álcali-granito do maciço São Carlos. A idade obtida é de  $996,0 \pm 8,2$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 40 - Diagrama Concórdia para amostra BD-SC-46 do Maciço São Carlos.



Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representativa da fácies biotita-granito do maciço São Carlos. A idade obtida é de  $992.5 \pm 7.7$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

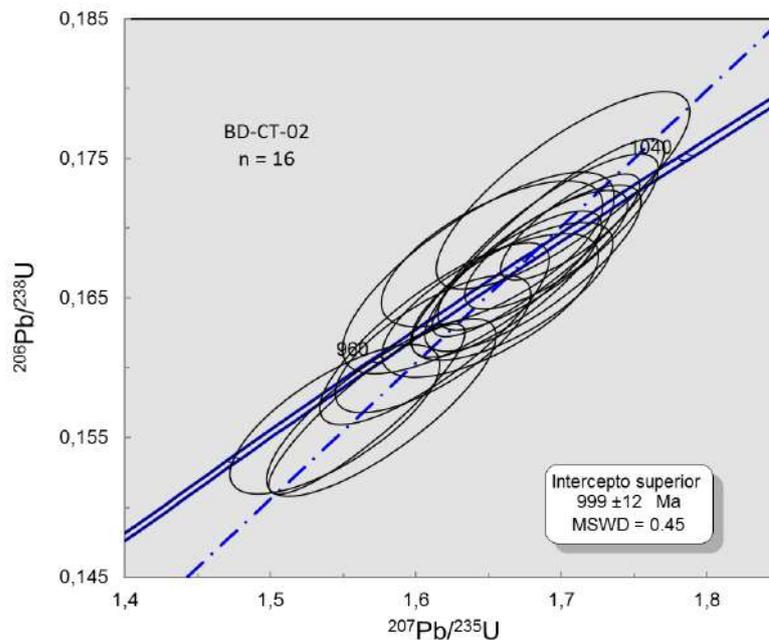
Fonte: A autora, 2016.

A amostra BD-CT-03 foi coletada na porção mais central do maciço, nas margens da foz rio Jamari. Os cristais de zircão desta amostra ocorrem em prismas curtos (0,2 mm de comprimento) com as bordas irregulares, ou alongados (até 0,4 mm de comprimento), estes últimos geralmente quebrados. Alguns ainda preservam as bordas piramidais e apresentam zoneamento interno, outros não. As cores variaram de incolor a caramelo.

Para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 42), foram utilizados 15 *spots* que apresentam razões concordantes entre 99 e 106%. A idade obtida para esta amostra foi de  $1001 \pm 9.8$  Ma e representa a idade de cristalização do maciço.

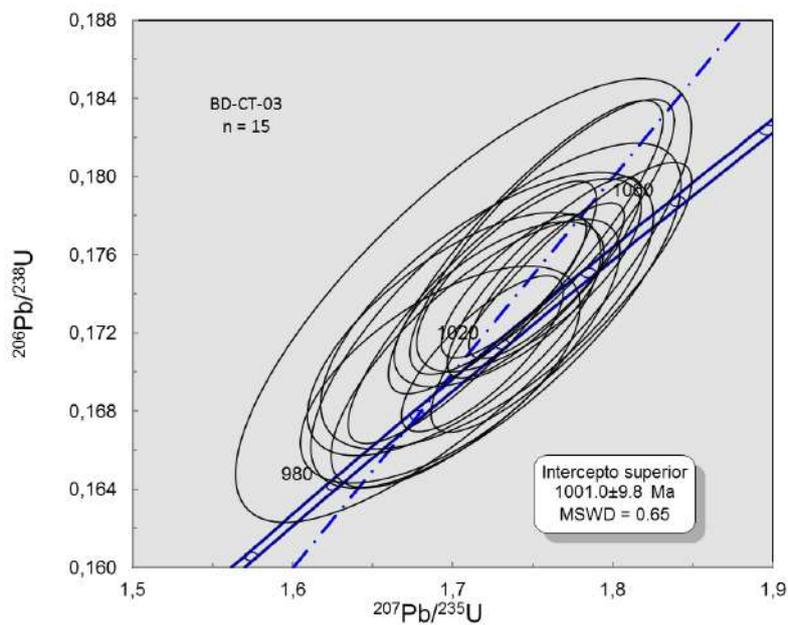
As idades obtidas para o maciço Caritianas são bem coerentes e mostram que esse Maciço foi o que testemunhou um processo de cristalização mais rápido, quando comparado com os maciços Massagana e São Carlos, da mesma Suíte Intrusiva.

Figura 41 - Diagrama Concórdia para amostra BD-CT-02 do Maciço Caritianas.



Legenda: Diagrama concórdia para a amostra BD-CT-02 da fácies biotita-granito coletada na porção sudeste do Maciço Caritianas. A idade obtida, interpretada como idade de cristalização, é de  $999 \pm 12$  Ma  
 Fonte: A autora, 2016.

Figura 42 - Diagrama Concórdia para amostra BD-CT-02 do Maciço Caritianas.



Legenda: Diagrama concórdia para a amostra BD-CT-03 da fácies biotita-granito coletada na porção central do Maciço Caritianas. A idade obtida de  $1001,0 \pm 9,8$  Ma é interpretada como idade de cristalização.  
 Fonte: A autora, 2016.

### 3.5. Geoquímica Isotópica Lu-Hf

As tabelas 7, 8 e 9 mostram os resultados das análises de Hf dos grãos de zircão dos maciços Massangana, São Carlos e Caritianas. Foram selecionados entre 8 e 10 grãos de zircão, previamente datados pelo método U-Pb (idades reportadas no tópico anterior). O *spot* das análises Lu-Hf, com 50µm de diâmetro, foi feito sobreposto ao *spot* das análises U-Pb, entre 20 e 30 µm de diâmetro, com o objetivo de obter dados isotópicos concordantes com as idades de cristalização obtidas.

O valor utilizado para a constante de decaimento do  $^{176}\text{Lu}$  foi 0,01867 (Soderlung et al 2004); para o condrito:  $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})^0_{\text{chur}} = 0,282785$ , de Bovier et al. (2008) e para o manto depletado nos dias atuais:  $(^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf})_{\text{DM}} = 0,28325$ , de Giffin et al., (2000) atualizado por Andersen et al., 2009).

Nesta parte do capítulo, são apresentados os dados isotópicos das amostras da Suíte Intrusiva Rondônia, com seus respectivos diagramas de razões iniciais de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  e  $\epsilon_{\text{Hf}}$  versus a idade U-Pb, além de idade de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ) e as interpretações da autora a respeito das fontes envolvidas na formação desta suíte.

Idades modelo de granitoides podem ser utilizadas para estimar a idade de suas fontes, no caso de granitos derivados do manto, a idade modelo fornece o tempo de fracionamento do manto do basalto precursor do granito. Granitos que são derivados de fusão de crosta continental mais antiga irão fornecer idades modelo que são indicativas da idade da fonte crustal (Hollinson, 1993). Entretanto frequentemente granitos são formados pela mistura de fontes crustais e mantélicas o que pode gerar resultados imprecisos (Arndt e Goldstein, 1987 *in* Hollinson, 1993)

#### 3.5.1. Maciço Massangana

Cinco amostras previamente datadas pelo método U-Pb foram submetidas à análise isotópica de Hf. Os valores obtidos para  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  iniciais variam entre 0,2817866 e 0,2823071 (Fig. 43). Isso corresponde a uma variação de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  nos dias atuais de -14,0 a +5,1 (Fig. 44)

A amostra BD-MA-14, da fácies biotita-granito, com idade de cristalização de  $1005 \pm 10$  Ma, apresentou apenas valores negativos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , com variação entre -6,24 e -1,63 e idade  $T_{\text{DM}}$  entre 1,77 e 2,00 Ga.

Já as amostras BD-MA-27 e BD-MA-32, também pertencentes à fácies biotita-granito, com idade de cristalização de  $995,7 \pm 9,5$  Ma e  $1010 \pm 12$  Ma, respectivamente, apresentam tanto, valores negativos quanto positivos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ . Para as populações de zircão da amostra BD-MA-27, os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  variam entre -2,9 e -0,54 e entre +0,31 e +1,95. Os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  para os cristais de zircão da amostra BD-MA-32, variam entre -2,3 e -0,21 e entre +0,87 a +1,22. As idades  $T_{\text{DM}}$  dessas duas amostras foram bem coerentes, variando entre 1,62 e 1,82 Ga o que indica uma fonte predominantemente mesoproterozóica.

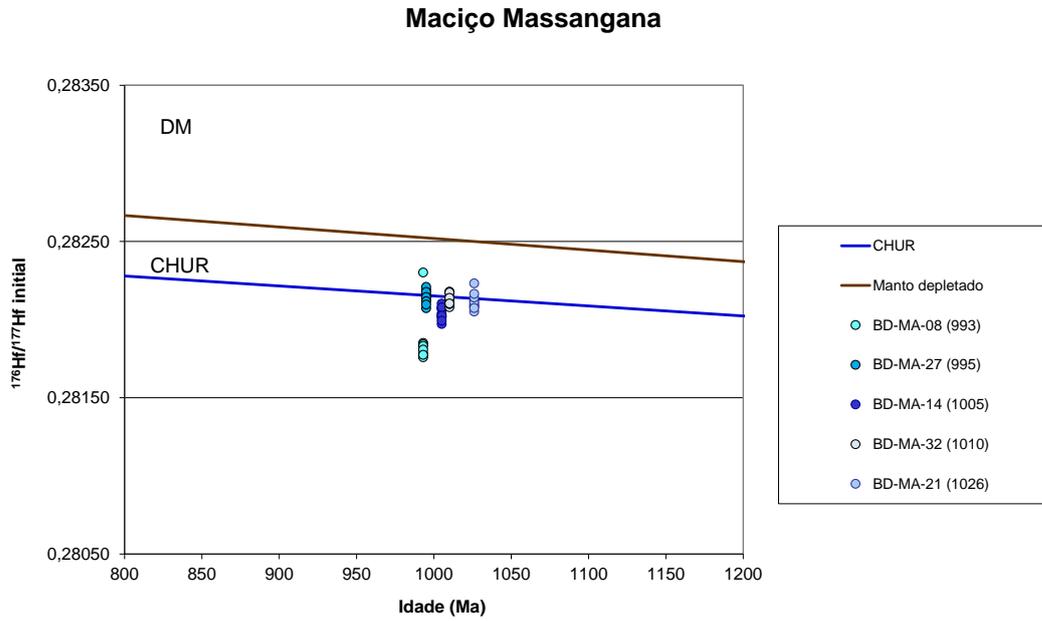
A amostra BD-MA-21, pertencente à fácies biotita-hornblenda granito, com idade de cristalização de  $1026 \pm 16$  Ma, apresenta valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  negativos, entre -2,9 e -0,5, e valores positivos, entre +0,2 e +3,4. As idades  $T_{\text{DM}}$  variam entre 1,52 e 1,85 Ga, exclusivamente no mesoproterozóico.

A amostra BD-MA-08, da fácies biotita-granito, e idade de cristalização de  $993 \pm 10$  Ma, única que foi coletada na área definida por Romanini (1982) como fase São Domingos. Apresenta valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  negativos, entre -10,8 e -14,1 e apenas um grão de zircão com valor positivo (+5,1). Os valores obtidos para as idades  $T_{\text{DM}}$  variam entre 2,23 e 2,40 Ga, com um valor de 1,41 Ga, obtido no mesmo zircão com  $\epsilon_{\text{Hf}}$  positivo. As idades  $T_{\text{DM}}$  desta amostra diferem, significativamente das demais amostras, mostrando que a fase São Domingos tem idade de extração mantélica no paleoproterozóico, diferente das amostras da fase Massangana, que possuem idade  $T_{\text{DM}}$  predominantemente no mesoproterozóico. Os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  foram apenas negativos e também os mais baixos de todas as amostras analisadas do maciço neste estudo, o que indica fonte estritamente crustal paleoproterozóica.

Tabela 7: Resultados das análises de Hf nos cristais de zircão do Maciço Massangana

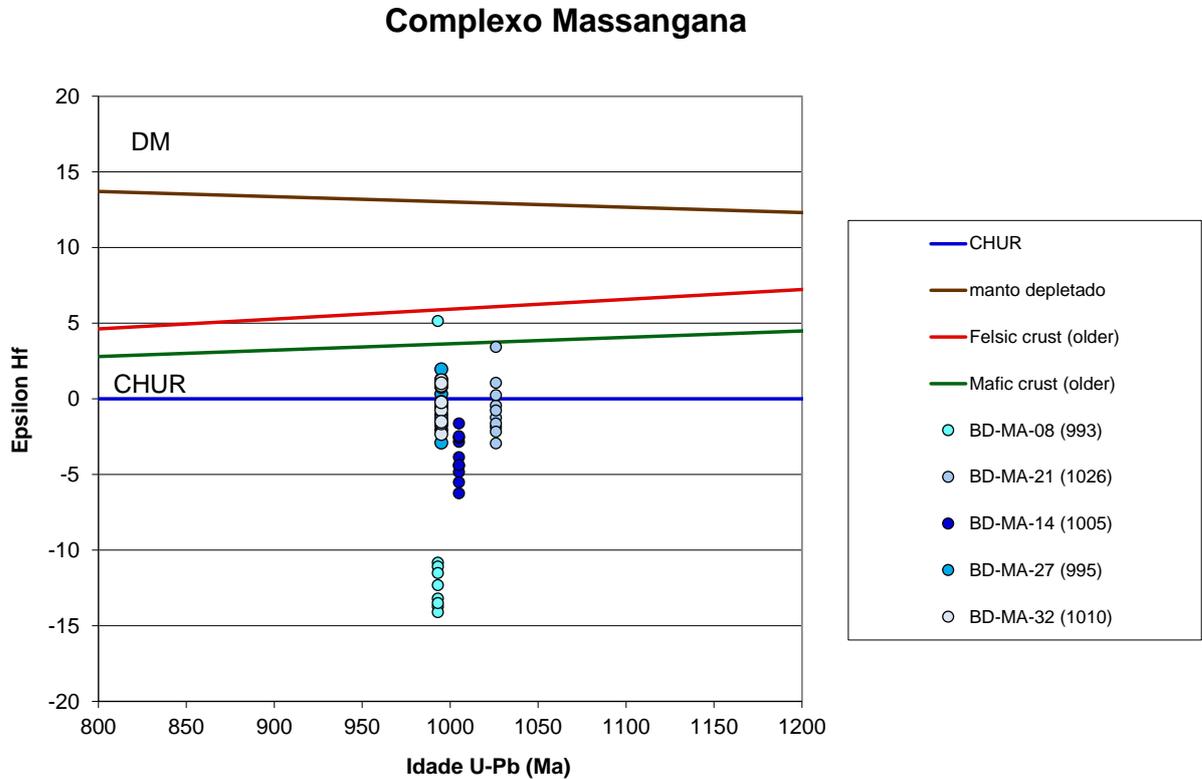
Amostra	Grão zircão	Idade U-Pb(Ma)	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ inicial	epsilon Hf	±	$T_{\text{DM}} - \text{Hf}$ Idade Modelc félsico
<i>1. Massangana</i>											
BD MA 08	1	993	10	0,282307	0,000067	0,000303	0,000001	0,2823014	5,1	0,07	1,41
BD MA 08	2	993	10	0,281862	0,000034	0,000609	0,000020	0,2818507	-10,8	0,46	2,23
BD MA 08	3	993	10	0,281855	0,000035	0,000635	0,000011	0,2818435	-11,1	0,31	2,24
BD MA 08	4	993	10	0,281846	0,000054	0,000768	0,000034	0,2818315	-11,5	0,63	2,27
BD MA 08	5	993	10	0,281797	0,000047	0,000724	0,000026	0,2817839	-13,2	0,60	2,35
BD MA 08	6	993	10	0,281791	0,000038	0,001165	0,000040	0,2817689	-13,7	0,61	2,38
BD MA 08	7	993	10	0,281821	0,000039	0,000655	0,000003	0,2818087	-12,3	0,18	2,31
BD MA 08	8	993	10	0,281787	0,000035	0,001510	0,000071	0,2817583	-14,1	0,80	2,40
BD MA 08	9	993	10	0,281812	0,000038	0,001985	0,000078	0,2817751	-13,5	0,67	2,37
BD MA 21	1	1026	12	0,282114	0,000033	0,000759	0,000003	0,2820998	-1,3	0,02	1,76
BD MA 21	2	1026	12	0,282066	0,000036	0,000739	0,000005	0,2820521	-2,9	0,05	1,85
BD MA 21	3	1026	12	0,282096	0,000033	0,000697	0,000005	0,2820822	-1,9	0,03	1,80
BD MA 21	4	1026	12	0,282145	0,000034	0,001156	0,000041	0,2821224	-0,5	0,02	1,72
BD MA 21	5	1026	12	0,282258	0,000045	0,001353	0,000021	0,2822316	3,4	0,09	1,52
BD MA 21	6	1026	12	0,282105	0,000028	0,000802	0,000004	0,2820891	-1,6	0,03	1,78
BD MA 21	7	1026	12	0,282127	0,000038	0,000718	0,000065	0,2821132	-0,8	0,08	1,74
BD MA 21	8	1026	12	0,282090	0,000035	0,000832	0,000002	0,2820737	-2,2	0,03	1,81
BD MA 21	9	1026	12	0,282162	0,000047	0,001048	0,000009	0,2821418	0,2	0,00	1,69
BD MA 21	10	1026	12	0,282194	0,000040	0,001497	0,000019	0,2821647	1,0	0,03	1,65
BD MA 14	1	1005	10	0,282120	0,000053	0,000949	0,000055	0,2821025	-1,6	0,11	1,77
BD MA 14	2	1005	10	0,282083	0,000034	0,000797	0,000006	0,2820681	-2,9	0,05	1,83
BD MA 14	3	1005	10	0,282089	0,000050	0,000687	0,000004	0,2820758	-2,6	0,04	1,82
BD MA 14	4	1005	10	0,282041	0,000041	0,000932	0,000027	0,2820234	-4,4	0,17	1,91
BD MA 14	5	1005	10	0,282027	0,000030	0,000805	0,000008	0,2820118	-4,8	0,10	1,93
BD MA 14	6	1005	10	0,282061	0,000032	0,001106	0,000006	0,2820397	-3,9	0,06	1,88
BD MA 14	7	1005	10	0,282101	0,000064	0,001205	0,000028	0,2820787	-2,5	0,08	1,81
BD MA 14	8	1005	10	0,281989	0,000046	0,000896	0,000010	0,2819725	-6,2	0,13	2,00
BD MA 14	9	1005	10	0,282045	0,000042	0,001060	0,000005	0,2820251	-4,4	0,07	1,91
BD MA 14	10	1005	10	0,282013	0,000038	0,001071	0,000013	0,2819927	-5,5	0,12	1,97
BD MA 27	4	995	9,5	0,282211	0,000041	0,001053	0,000019	0,2821911	1,3	0,04	1,61
BD MA 27	5	995	9,5	0,282159	0,000052	0,001036	0,000020	0,2821396	-0,5	0,02	1,70
BD MA 27	6	995	9,5	0,282149	0,000050	0,001251	0,000057	0,2821257	-1,0	0,06	1,73
BD MA 27	7	995	9,5	0,282234	0,000044	0,001271	0,000020	0,2822101	2,0	0,05	1,57
BD MA 27	8	995	9,5	0,282188	0,000048	0,001281	0,000023	0,2821638	0,3	0,01	1,66
BD MA 27	9	995	9,5	0,282084	0,000050	0,000566	0,000014	0,282073	-2,9	0,10	1,82
BD MA 27	10	995	9,5	0,282204	0,000039	0,001451	0,000021	0,2821772	0,8	0,02	1,63
BD MA 27	11	995	9,5	0,282170	0,000043	0,001365	0,000030	0,2821445	-0,4	0,01	1,69
BD MA 27	12	995	9,5	0,282133	0,000047	0,000781	0,000002	0,282118	-1,3	0,02	1,74
BD MA 27	13	995	9,5	0,282116	0,000039	0,001028	0,000033	0,2820967	-2,1	0,09	1,78
BD MA 32	4	1010	12	0,282189	0,000051	0,000983	0,000011	0,2821699	0,9	0,02	1,64
BD MA 32	5	1010	12	0,282202	0,000054	0,001151	0,000038	0,2821798	1,2	0,05	1,62
BD MA 32	6	1010	12	0,282111	0,000050	0,000787	0,000033	0,2820965	-1,7	0,09	1,78
BD MA 32	7	1010	12	0,282100	0,000034	0,001085	0,000024	0,2820794	-2,3	0,08	1,81
BD MA 32	8	1010	12	0,282167	0,000050	0,001455	0,000041	0,2821396	-0,2	0,01	1,70
BD MA 32	9	1010	12	0,282146	0,000056	0,001166	0,000022	0,2821242	-0,8	0,02	1,73
BD MA 32	10	1010	12	0,282197	0,000052	0,001198	0,000033	0,2821742	1,0	0,04	1,63
BD MA 32	11	1010	12	0,282156	0,000040	0,000928	0,000090	0,2821387	-0,2	0,03	1,70
BD MA 32	12	1010	12	0,282135	0,000038	0,001890	0,000062	0,2820992	-1,6	0,07	1,77
BD MA 32	13	1010	12	0,282119	0,000048	0,000869	0,000037	0,2821027	-1,5	0,08	1,76

Figura 43 - Valores de Hf inicial vs idade U-Pb para as amostras do Maciço Massangana.



Fonte: A autora, 2016.

Figura 44 - Valores de Epsilon Hf vs idade U-Pb das rochas do Maciço Massangana mostrando que as amostras apresentam tanto valores positivos, quanto negativos.



Fonte: A autora, 2016.

### 3.5.2. Maciço São Carlos

Foram determinadas as composições isotópicas de Hf de quatro amostras do Maciço São Carlos, apresentadas na tabela 8. As rochas desse maciço apresentam composição de Hf nos dias atuais entre 0,281617 a 0,282479 (Fig. 45), valores correspondentes, respectivamente, às amostras BD-SC-46 e CN-MG-10C. Esses valores correspondem a uma grande variação nos valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  de  $-19,1$  a  $+11,3$  (Fig. 46).

As amostras BD-SC-45 e BD-SC-46, das fácies álcali-granito e biotita-granito respectivamente, com idades de cristalização de  $996 \pm 8,2$  Ma e  $992,5 \pm 7,7$  Ma, apresentam apenas valores negativos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , variando entre  $-19,1$  e  $-6,9$  e idade  $T_{\text{DM}}$  entre 2,03 e 2,65 Ga.

A amostra CN-MG-10, da fácies álcali-granito, com idade de cristalização de  $986 \pm 12$  Ma, apresenta tanto valores negativos, entre  $-8,14$  e  $-1,71$ , quanto positivos, entre  $+3,31$  e  $+6,81$  para o  $\epsilon_{\text{Hf}}$ . As idades de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ) variam significativamente, com valores do Paleoproterozóico ao Neoproterozóico, de 2,09 a 1,08 Ga.

A amostra CN-MG-12 também da fácies álcali-granito e idade de cristalização de  $974 \pm 10$  Ma, apresentou valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  variando entre  $-0,3$  a  $+6,5$ . As idades  $T_{\text{DM}}$  variam entre 1,33 e 1,74Ga.

### 3.5.3. Maciço Caritianas

Foram determinadas as composições isotópicas de Hf de duas amostras do Maciço Caritianas (Tabela 9), ambas pertencentes à fácies biotita-granito, previamente datadas pelo método U-Pb. Os valores obtidos para as razões  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  variam entre 0,282205 e 0,282383 (Fig. 47). A amostra BD-CT-02, com idade U-Pb de  $999 \pm 12$  Ma, apresenta valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  entre  $-0,3$  e  $+3,92$  (Fig. 48). As idades de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ) variam entre 1,71 e 1,47 Ga. A amostra BD-CT-03, com idade de cristalização de  $1001 \pm 9,8$  Ma, também apresenta valores positivos, entre  $+0,5$  e  $+8,22$ , e valores negativos, entre  $-1,53$  e  $-0,57$  para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ . A idade  $T_{\text{DM}}$  varia entre 1,76 e 1,46 Ga, idades podem estar relacionadas a fontes crustais mais jovens do que as encaixantes do maciço, apresentada por rochas do Complexo Jamari ou por fonte máfica juvenil, hipótese que não pode ser descartada em razão da ocorrência de valores positivos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ .

Tabela 8: Resultados das análises de Hf nos zircões do Maciço São Carlos.

Amostra	Grão zircão	Idade U-Pb (Ma)	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ dias atuais	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ inicial	Hf epsilon	±	$T_{\text{DM}} - \text{Hf}$ Idade modelo fêlsico
<i>2. São Carlos</i>											
CN MG 10	1	986	12	0,282259	0,000054	0,000291	0,000001	0,282254	3,3	0,05	1,50
CN MG 10	2	986	12	0,282078	0,000061	0,000613	0,000011	0,2820671	-3,3	0,10	1,84
CN MG 10	3	986	12	0,282083	0,000054	0,000564	0,000021	0,2820729	-3,1	0,16	1,83
CN MG 10	4	986	12	0,282101	0,000066	0,001103	0,000023	0,282081	-2,8	0,09	1,81
CN MG 10	5	986	12	0,282102	0,000097	0,001174	0,000226	0,2820806	-2,8	0,58	1,81
CN MG 10	6	986	12	0,282131	0,000182	0,000970	0,000010	0,2821125	-1,7	0,04	1,76
CN MG 10	7	986	12	0,281954	0,000130	0,001216	0,000037	0,281931	-8,1	0,35	2,09
CN MG 10	8	986	12	0,281993	0,000064	0,000543	0,000021	0,2819831	-6,3	0,33	1,99
CN MG 10	9	986	12	0,282359	0,000081	0,000303	0,000001	0,282353	6,8	0,12	1,31
CN MG 10	10	986	12	0,282480	0,000046	0,000045	0,000000	0,282479	11,3	0,26	1,08
BD SC 45	1	996	8,2	0,281778	0,000060	0,000700	0,000038	0,2817647	-13,8	0,86	2,39
BD SC 45	2	996	8,2	0,281845	0,000052	0,001164	0,000018	0,281823	-11,7	0,28	2,28
BD SC 45	3	996	8,2	0,281826	0,000041	0,000982	0,000033	0,2818075	-12,3	0,51	2,31
BD SC 45	4	996	8,2	0,281849	0,000046	0,001232	0,000041	0,2818258	-11,6	0,48	2,27
BD SC 45	5	996	8,2	0,281992	0,001466	0,001735	0,000090	0,2819599	-6,9	0,45	2,03
BD SC 45	6	996	8,2	0,281808	0,000065	0,001606	0,000024	0,2817781	-13,3	0,32	2,36
BD SC 45	7	996	8,2	0,281796	0,000041	0,000502	0,000032	0,2817863	-13,0	0,95	2,35
BD SC 45	8	996	8,2	0,281767	0,000039	0,001076	0,000028	0,2817465	-14,5	0,50	2,42
BD SC 45	9	996	8,2	0,281761	0,000057	0,001477	0,000021	0,2817337	-14,9	0,33	2,44
BD SC 45	10	996	8,2	0,281756	0,000043	0,001490	0,000043	0,2817278	-15,1	0,56	2,45
BD SC 46	1	992	7,7	0,281840	0,000043	0,001365	0,000063	0,281814	-12,2	0,65	2,30
BD SC 46	2	992	7,7	0,281758	0,000057	0,001146	0,000021	0,2817364	-14,9	0,39	2,44
BD SC 46	3	992	7,7	0,281861	0,000046	0,002051	0,000078	0,2818228	-11,8	0,54	2,28
BD SC 46	4	992	7,7	0,281806	0,000038	0,000719	0,000012	0,2817923	-12,9	0,31	2,34
BD SC 46	5	992	7,7	0,281811	0,000047	0,000816	0,000010	0,2817956	-12,8	0,26	2,33
BD SC 46	6	992	7,7	0,281636	0,000071	0,001061	0,000045	0,2816166	-19,1	0,97	2,65
BD SC 46	7	992	7,7	0,281738	0,000060	0,001054	0,000041	0,2817182	-15,5	0,73	2,47
BD SC 46	8	992	7,7	0,281806	0,000041	0,000991	0,000055	0,2817873	-13,1	0,83	2,35
BD SC 46	9	992	7,7	0,281759	0,000047	0,001187	0,000121	0,2817369	-14,9	1,64	2,44
BD SC 46	19	992	7,7	0,281842	0,000038	0,001123	0,000030	0,2818207	-11,9	0,41	2,29
CN MG 12	z33	974	0,6	0,282136	0,000065	0,000743	0,000017	0,282122	-1,6	0,04	1,74
CN MG 12	z36	974	0,6	0,282374	0,000090	0,001525	0,000006	0,2823457	6,3	0,03	1,33
CN MG 12	z17	974	0,6	0,282136	0,000056	0,000595	0,000052	0,2821248	-1,5	0,14	1,74
CN MG 12	z18	974	0,6	0,282232	0,000112	0,001615	0,000128	0,2822029	1,2	0,10	1,59
CN MG 12	z20	974	0,6	0,282211	0,000060	0,001064	0,000017	0,2821912	0,8	0,01	1,62
CN MG 12	z2	974	0,6	0,282379	0,000094	0,001564	0,000057	0,2823504	6,5	0,24	1,32
CN MG 12	z5	974	0,6	0,282381	0,000075	0,001982	0,000151	0,2823447	6,2	0,48	1,33
CN MG 12	z8	974	0,6	0,282207	0,000087	0,000945	0,000112	0,28219	0,8	0,09	1,62
CN MG 12	z39	974	0,6	0,282180	0,000071	0,000953	0,000059	0,2821627	-0,2	0,01	1,67
CN MG 12	z46	974	0,6	0,282170	0,000059	0,000926	0,000016	0,2821532	-0,5	0,01	1,68

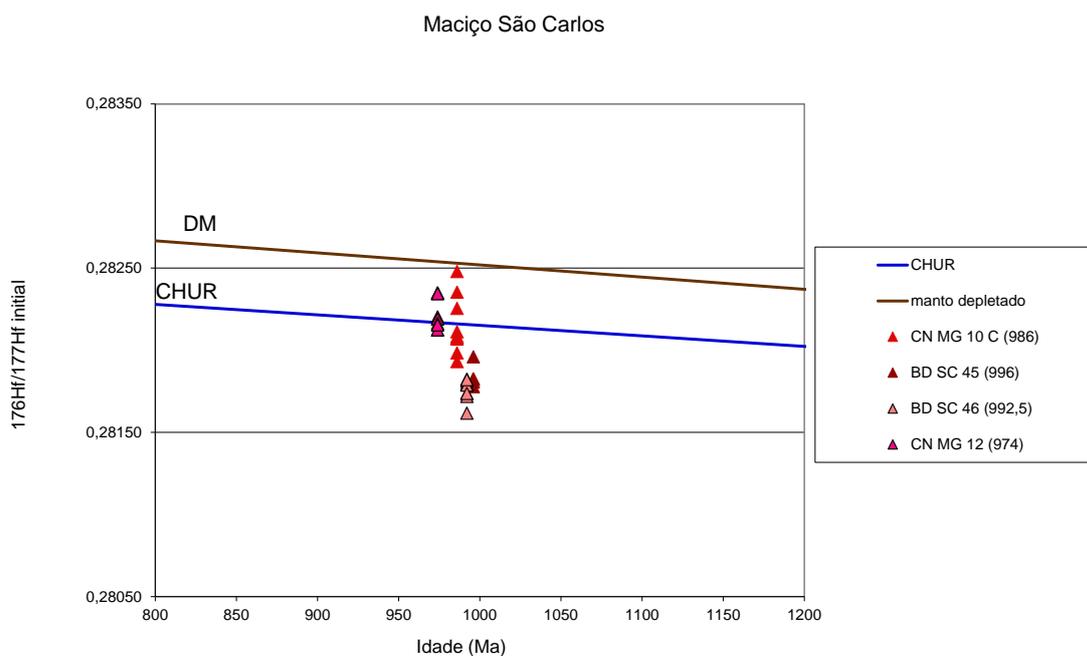
Legenda: Determinação feita no laboratório Multilab da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Valores do condrito de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,336$  e  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0,282785$  (Bouvier et al., 2008).

Fonte: A autora, 2016.

Tabela 9: Resultados das análises de Hf nos zircões do Maciço Caritianas

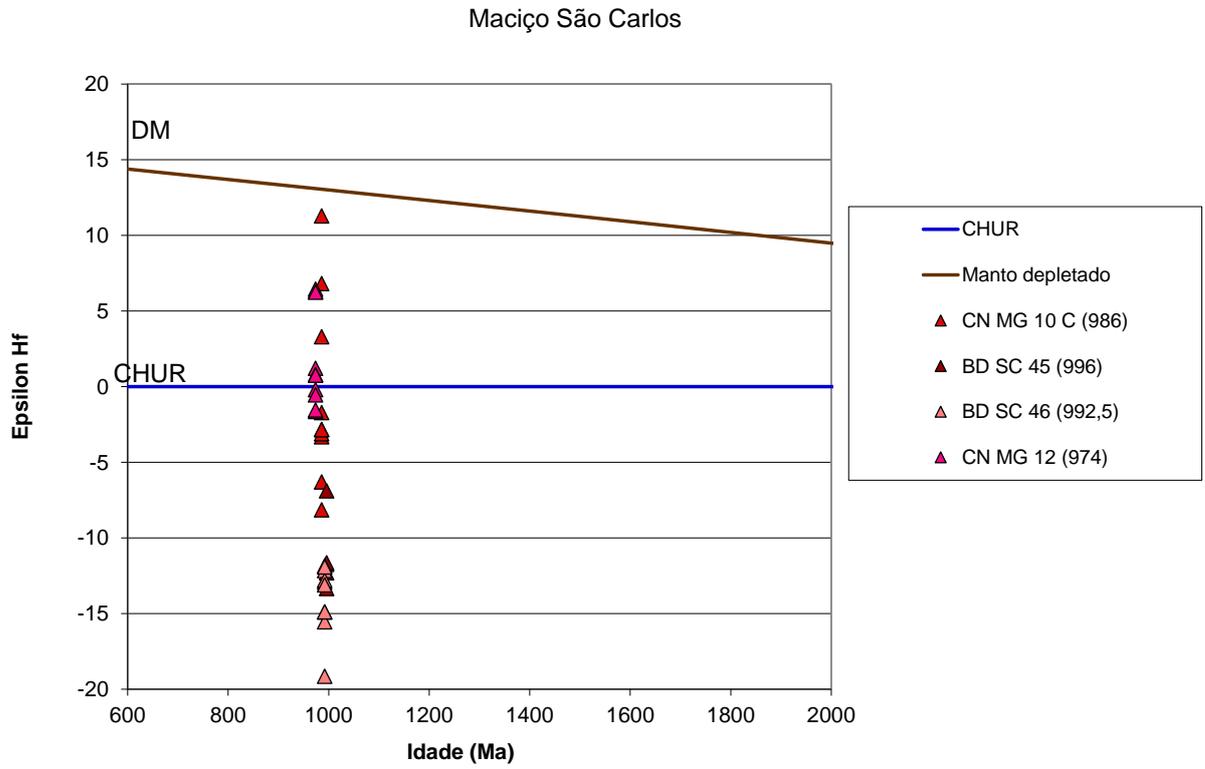
Amostra	Grão zircão	Idade U-Pb (Ma)	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ epsilon inicial	±	$T_{\text{DM}} - \text{Hf}$ Idade modelo fêlsico	
<i>3. Caritianas</i>											
BD CT 02	1	999	12	0,282227	0,000049	0,001131	0,000054	0,2822053	1,9	0,11	1,58
BD CT 02	2	999	12	0,282297	0,000091	0,001819	0,000047	0,2822632	3,9	0,15	1,47
BD CT 02	3	999	12	0,282163	0,000056	0,001037	0,000077	0,2821434	-0,3	0,03	1,69
BD CT 02	4	999	12	0,282169	0,000038	0,000944	0,000026	0,2821513	0,0	0,00	1,68
BD CT 02	5	999	12	0,282184	0,000063	0,001397	0,000046	0,2821579	0,2	0,01	1,67
BD CT 02	6	999	12	0,282205	0,000049	0,001490	0,000038	0,282177	0,9	0,03	1,63
BD CT 02	7	999	12	0,282257	0,000058	0,001581	0,000076	0,2822274	2,7	0,16	1,54
BD CT 02	8	999	12	0,282199	0,000042	0,001110	0,000043	0,2821777	0,9	0,05	1,63
BD CT 02	9	999	12	0,282164	0,000063	0,001504	0,000010	0,2821358	-0,6	0,01	1,71
BD CT 03	1	1001	9,8	0,282427365	0,000066	0,002354	0,000046	0,282383	8,2	0,24	1,25
BD CT 03	2	1001	9,8	0,282137108	0,000034	0,000951	0,000010	0,2821192	-1,1	0,02	1,74
BD CT 03	3	1001	9,8	0,282297695	0,000054	0,001400	0,000041	0,2822713	4,3	0,17	1,46
BD CT 03	4	1001	9,8	0,282150953	0,000052	0,000835	0,000019	0,2821352	-0,6	0,02	1,71
BD CT 03	5	1001	9,8	0,282210855	0,000041	0,001343	0,000026	0,2821855	1,2	0,04	1,62
BD CT 03	6	1001	9,8	0,282150918	0,000041	0,001373	0,000056	0,282125	-0,9	0,05	1,73
BD CT 03	7	1001	9,8	0,282133151	0,000037	0,001327	0,000005	0,2821081	-1,5	0,02	1,76
BD CT 03	8	1001	9,8	0,282267587	0,000042	0,001555	0,000016	0,2822383	3,1	0,06	1,52
BD CT 03	9	1001	9,8	0,282306382	0,000060	0,001814	0,000070	0,2822722	4,3	0,21	1,46
BD CT 03	10	1001	9,8	0,282191338	0,000047	0,001349	0,000054	0,2821659	0,5	0,03	1,65

Legenda: Determinação feita no laboratório Multilab da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).  
Fonte: A autora, 2016.

Figura 45 - Valores de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  iniciais vs idade U-Pb das amostras do maciço São Carlos.

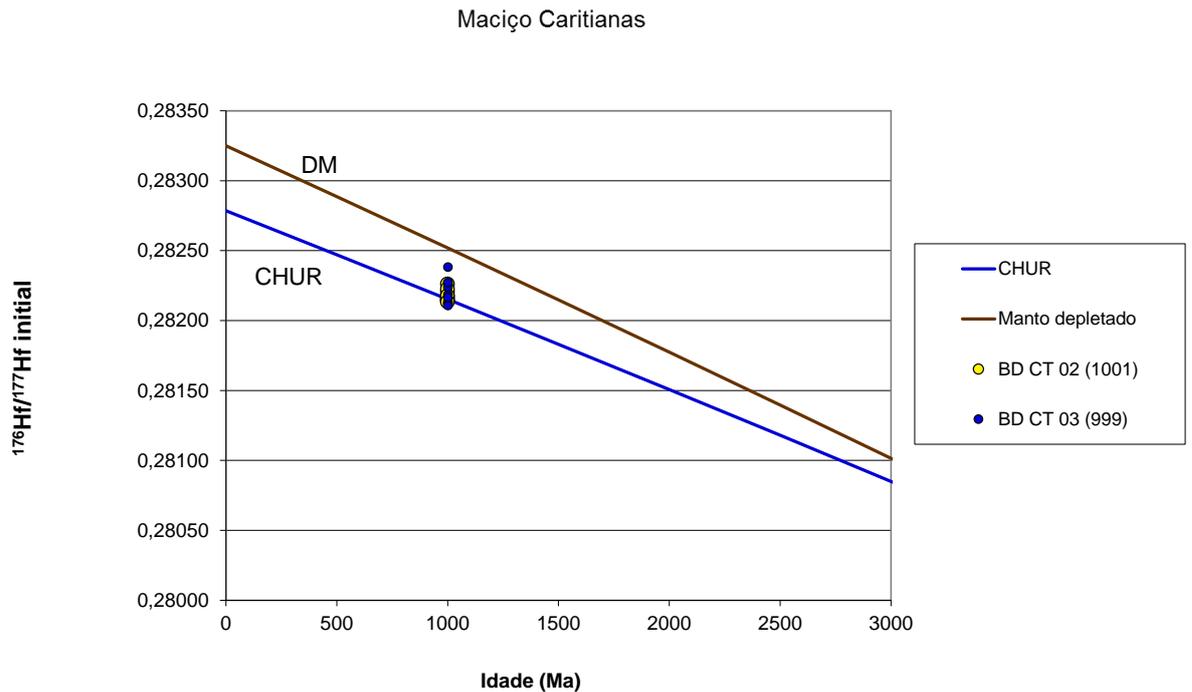
Fonte: A autora, 2016.

Figura 46 - Valores de Epsilon Hf vs idade U-Pb das amostras do maciço São Carlos.



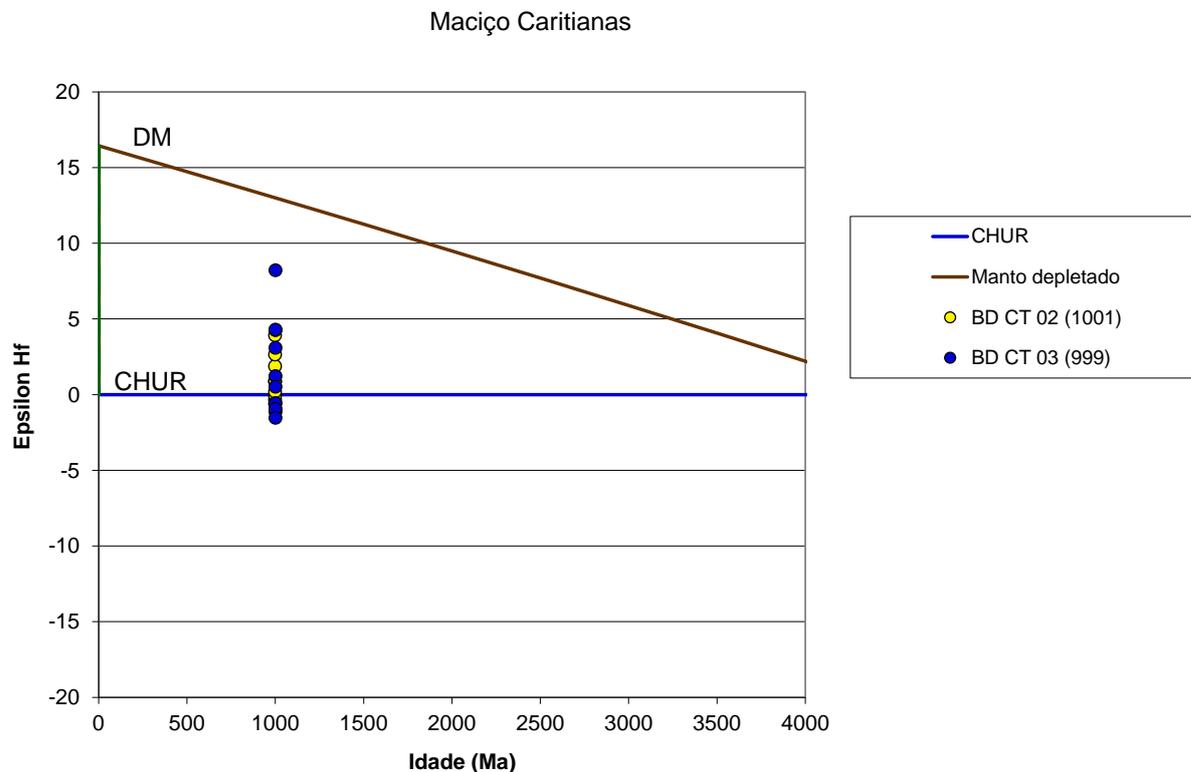
Fonte: A autora, 2016.

Figura 47 - Valores de Hf iniciais vs. Idade U-Pb do Maciço Caritianas.



Fonte: A autora, 2016.

Figura 48 - Valores de Epsilon Hf vs Idade U-Pb das amostras do Maciço Caritianas, mostrando valores positivos e negativos.



Fonte: A autora, 2016.

As figuras 49 e 50 mostram as razões  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  iniciais e o parâmetro petrogenético epsilon Hf *versus* a idade U-Pb dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas. O Massangana é o primeiro a cristalizar de todos que compõem a Suíte Intrusiva Rondônia, (idade de  $1026 \pm 16$  Ma da amostra BD-MA-27). Bettencout et al. (1999) limitava a Suíte Intrusiva Rondônia a rochas com idades entre 998 e 974 Ma. Este estudo traz dados que colocam o suíte num range muito maior de idade, cerca de 30 milhões de anos.

A idade mais jovem obtida para este maciço foi da amostra BD-MA-08, de  $993 \pm 10$  Ma, correlacionada à fase São Domingos de Romanini (1982). Essas idades comprovam que a fase São Domingos, que ocorre na porção sudeste do maciço, é mais jovem do que a fase Massangana, como já havia sugerido Romanini (1982).

Os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  obtidos para o Maciço Massangana foram predominantemente negativos. Entretanto, valores positivos também foram obtidos em todas as amostras, indicando que o Maciço Massangana deve ter se formado, principalmente, a partir de fusão de fontes crustais em diferentes proporções, com pequena contribuição de material juvenil. As

idades de extração mantélica ( $T_{DM}$ ), obtidas para esse maciço, vão desde o Paleoproterozóico (2,40 Ga) ao Mesoproterozóico (1,52 Ga).

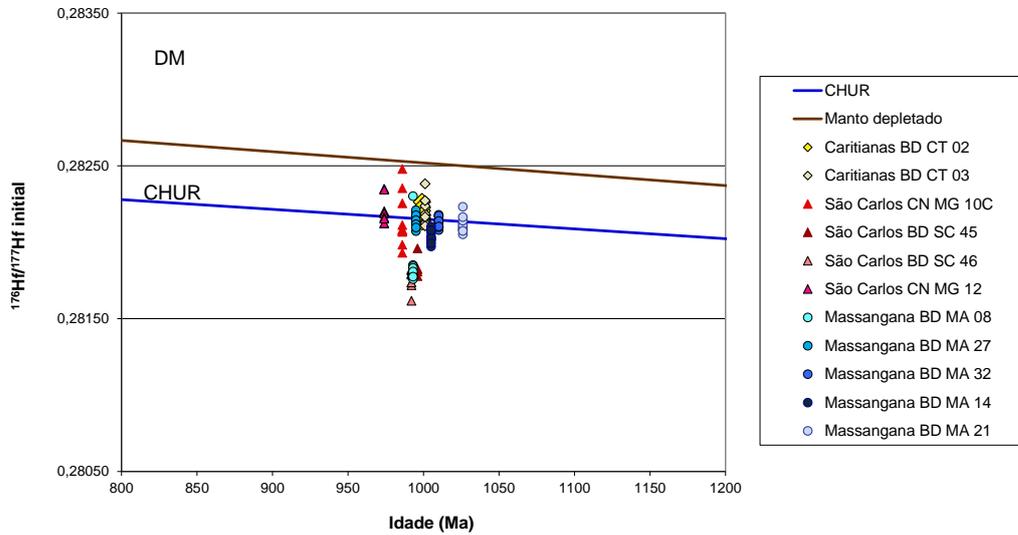
As idades  $T_{DM}$  da amostra BD-MA-08, a única da fase São Domingos, mostram valores apenas do Paleoproterozóico (entre 2,40 e 2,23 Ga), com exceção de um zircão que apresentou idade  $T_{DM}$  de 1,30 Ga. O  $\epsilon_{Hf}$  dessa amostra é o que apresenta os valores mais negativos (entre -14,1 a -10,8), exceto aquele mesmo zircão que apresentou um valor positivo para o  $\epsilon_{Hf}$ .

Esses dados, associados à idade de cristalização indicam que o magma relacionado à esta amostra da fase São Domingos deve ter se cristalizado a partir de uma fonte mais antiga do que aqueles da fase Massangana, representada pelas demais amostras que tem valores de idade  $T_{DM}$ , entre 1,85 e 1,52 Ga e valores de  $\epsilon_{Hf}$  variando de negativos (-6,2 a -0,2) a positivos (+0,2 a +3,4) evidenciando mistura de material crustal e mantélico para a formação dessas rochas.

As idades obtidas para o Maciço São Carlos (entre  $974 \pm 10$  Ma e  $996 \pm 8.2$  Ma) indicam um tempo de cristalização de, pelo menos, dez milhões de anos, começando com a cristalização a partir das bordas do maciço em direção ao núcleo. As amostras BD-SC-45 e BD-SC-46 mostram apenas valores negativos para o parâmetro  $\epsilon_{Hf}$  variando de -19,5 a -6,9 indicando uma fonte exclusivamente crustal para essas rochas. Os dados das amostras coletadas mais próximo ao núcleo do maciço (CN-MG-10 e CN-MG-12) apresentam valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos e negativos e os valores obtidos para a idade  $T_{DM}$  dessas amostras vão do Paleoproterozóico ao Meoproterozóico, mostrando heterogeneidade nas fontes crustais que formaram o Maciço São Carlos.

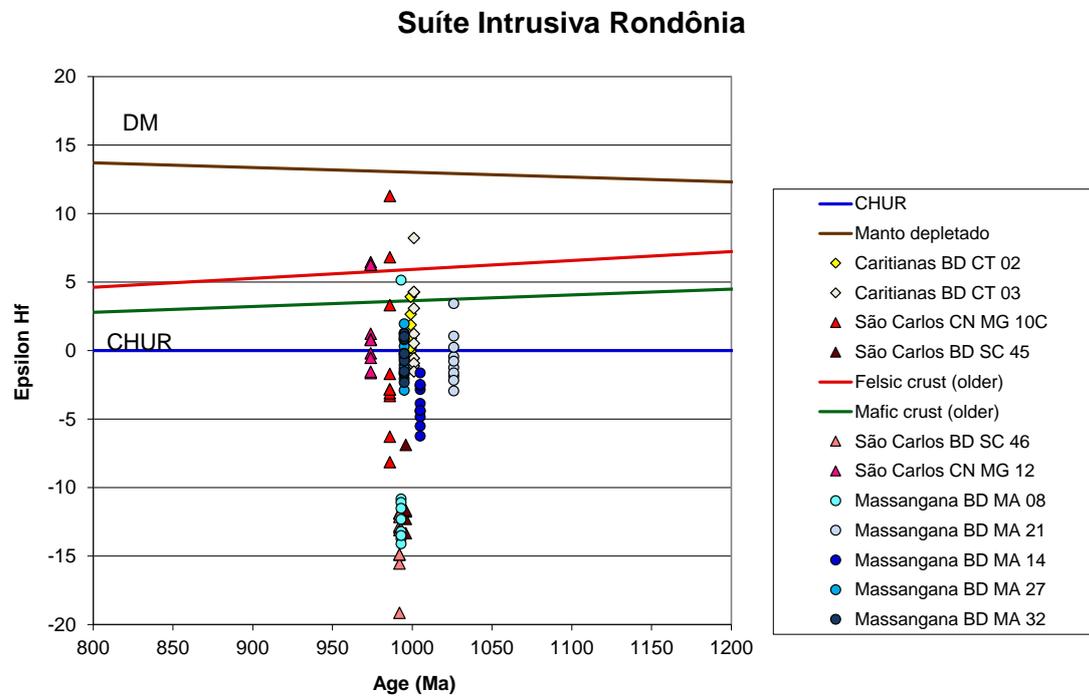
As idades em zircão obtidas para o Maciço Caritianas são  $999 \pm 12$  Ma e  $1001 \pm 9.8$  Ma. Os dados de  $\epsilon_{Hf}$  e a idade  $T_{DM}$  obtidos para esse maciço mostraram pouca variação, entre -0,6 e +4,29 com exceção de um grão de zircão da amostra BD-CT-03 que apresenta valor de +8,22. As idades  $T_{DM}$  variam entre 1,71 e 1,46 Ga, sendo, portanto, mais homogêneas que nos demais maciços da Suíte Intrusiva Rondônia.

Figura 49 - Valores de Hf iniciais versus idade U-Pb dos maciços Massangana, São Carlos e Caritinas.



Fonte: A autora, 2016.

Figura 50 - Valores de Epsilon Hf versus Idade U-Pb dos maciços Massangana, Caritinas e São Carlos.



Fonte: A autora, 2016.

## 4. RESULTADO E DISCUSSÕES: SUÍTE SERRA DA PROVIDÊNCIA

### 4.1 Petrografia

As rochas da Suíte Serra da Providência foram coletadas próximo aos contatos com o maciço Massangana e representam parte da encaixante deste. Ocorrem principalmente na forma de blocos e matacões e mais restritamente na forma de lajedos. As rochas descritas variam de granitóides de textura grossa a porfírica de coloração rosada a esbranquiçada por vezes apresentando estiramento dos minerais máficos. Também são descritos tipos de textura equigranular fina e inequigranular média a grossa com cores que variam do cinza ao cinza rosado. Foram reconhecidas três variações petrográficas principais, separadas de acordo com o mineral máfico predominante: A primeira, que pode ser considerada a variação litológica menos evoluída das amostras descritas, contém piroxênio como máfico principal, a segunda contém anfibólio e a terceira apenas a biotita.

#### 4.1.1 Fácies com piroxênio:

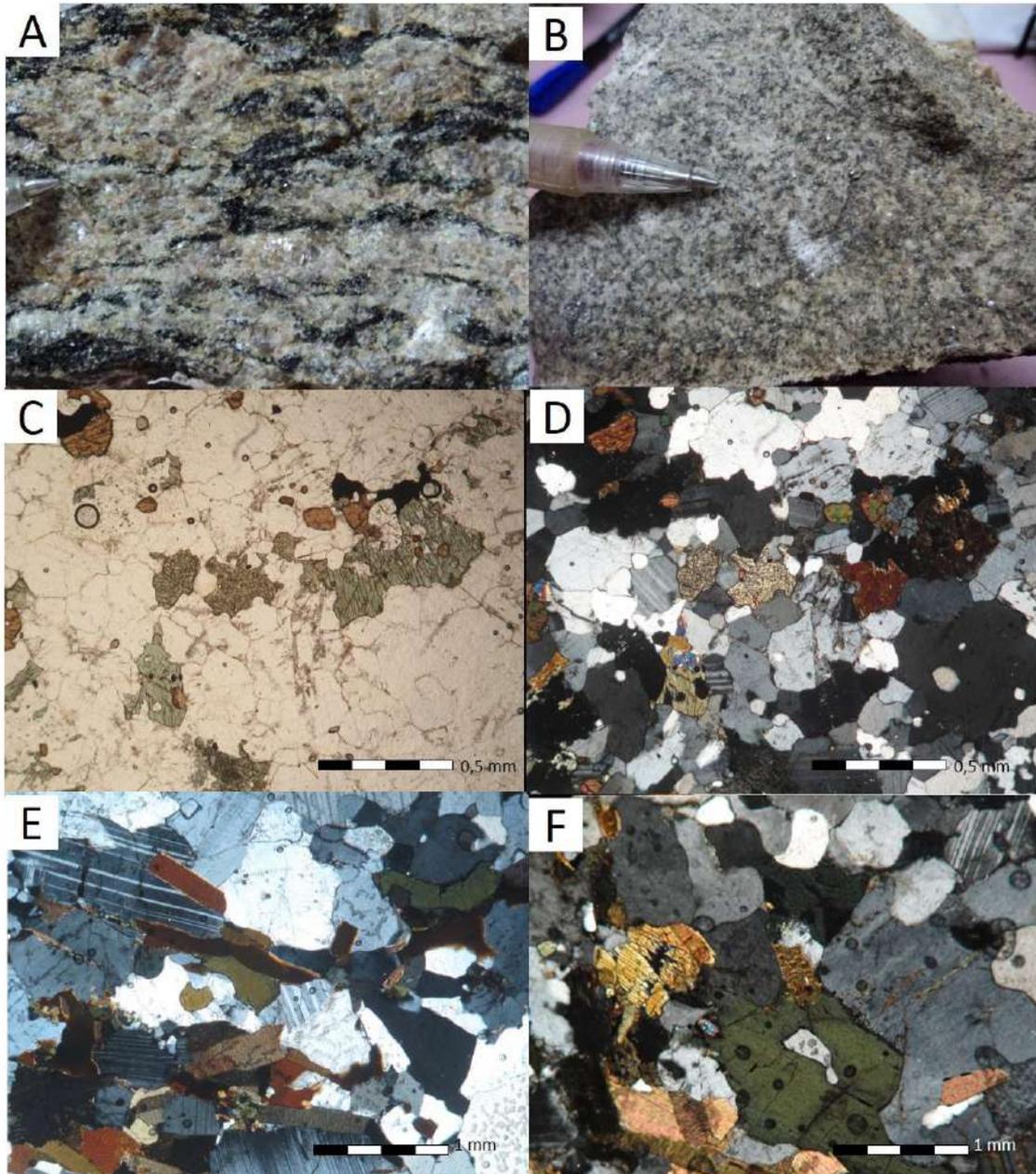
Esta fácies é representada principalmente pela amostra BD-MA-18 que apresenta clinopiroxênio e hornblenda como máficos constituintes, e pela amostra BD-MA-15, que apresenta clinopiroxênio em pequena quantidade (< 5%) e possui ainda biotita e hornblenda como máficos constituintes.

A amostra BD-MA-18, apresenta coloração cinza, estrutura maciça e textura inequigranular fina a média. (Figura: 51B). A mineralogia principal é composta por quartzo, plagioclásio hornblenda e clinopiroxênio (Fig. 51C e D).

O quartzo representa cerca de 50% da composição dessa rocha, é granular em sua maioria, ocorre geralmente em pequenos grãos (<0,1mm), que em alguns pontos apresentam textura em mosaico à grãos maiores, que chegam a 0,2 mm de diâmetro. O plagioclásio (35%) ocorre com hábito tabular subédrico, forma cristais geralmente curtos e foi definido no diagrama de Michel-Lévy como oligoclásio.

O clinopiroxênio apresenta coloração verde pálido, pleocroísmo e cor de interferência que varia de amarelo vivo a azul de 2º ordem e extinção total quase paralela.

Figura 51 - Amostras de mão e fotomicrografias de amostras da fácies com clinopiroxênio da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Em A: aspecto macroscópico da amostra BD-MA-15, de granulação grossa e que apresenta textura schlieren com leve orientação dos minerais máficos e em B amostra BD-MA-18, de coloração cinza e textura isotrópica. Em C e D, fotomicrografias com nicóis paralelos e nicóis cruzados, respectivamente, mostrando cristais de clinopiroxênio e hornblenda (verde claro) e de titanita (amarelo) em meio a cristais anédricos de quartzo e oligoclásio subédrico. Em E: fotomicrografia com nicóis cruzados de ripas de biotita e hornblenda em meio a cristais de plagioclásio e quartzo e em F: biotita, hornblenda e clinopiroxênio (com cor de interferência amarelo de 2º ordem) em meio a cristais anédricos de quartzo e ortoclásio.

Fonte: A autora, 2016.

Os minerais acessórios são representados principalmente por titanita e minerais opacos. A titanita ocorre na forma granular com cor amarelo queimado e cor de interferência alta (Fig 51C e D). Ocorre associada aos cristais de clinopiroxênio, juntamente com minerais opacos, que também são abundantes e podem ser anédricos ou cúbicos, estes devem se tratar da pirita. Em teste com imã de mão, foi possível verificar que os opacos apresentam certo magnetismo, o que pode indicar a presença de magnetita. Como mineral secundário, é descrito clorita, que ocorre como produto de substituição do clinopiroxênio.

A amostra BD-MA-15 apresenta granulação média a grossa e mineralogia principal constituída por quartzo, plagioclásio, ortoclásio, biotita e hornblenda (Fig. 51A). O quartzo constitui cerca de 45% da composição dessa rocha, ocorre com formato granular subédrico, que por vezes apresenta textura em mosaico, apresentando tamanhos entre 0,05 a 0,2 mm; ou na forma de grãos intersticiais arredondados. O plagioclásio definido com oligoclásio (20%), ocorre geralmente em ripas subédricas curtas. O ortoclásio é anédrico e límpido, representa cerca de 30% da composição dessa rocha.

Os minerais máficos ocorrem sempre em aglomerados. A biotita, que representa cerca de 12% da composição mineralógica da rocha, apresenta coloração avermelhada a esverdeada (Fig. 51E e F) e ocorre em ripas alongadas. É possível notar uma leve deformação nas lamelas que ocorrem em contato com os cristais de hornblenda e clinopiroxênio. A hornblenda, que compõem cerca de (8%) da rocha, apresenta coloração verde claro a verde escuro, formato subédrico em cor de interferência baixa. O clinopiroxênio ocorre de forma mais restrita (< 5%), na forma de pequenos cristais, sempre associados aos demais máficos. Apresenta coloração que varia do amarelo ao verde e cor de interferência alta.

A mineralogia acessória é representada por zircão e minerais opacos.

No diagrama de Streckeisen (1974), com base em estimativa visual, a amostra BD-MA-18 foi classificada como tonalito e a BD-MA-15, como monzogranito (Figura 54).

#### 4.1.2 Fácies com anfibólio

Esta fácies representa a grande maioria das amostras coletadas. A textura das amostras é geralmente inequigranular média a grossa, com tendência porfirítica. Algumas amostras

apresentam orientação preferencial dos minerais máficos A mineralogia principal é composta por: quartzo, microclina, ortoclásio, plagioclásio, biotita e hornblenda.

Algumas amostras (BD-MA-10, BD-MA-17 e BD-MA-44) apresentam a microclina como feldspato predominante (entre 60 e 65%), que ocorre na forma de grandes cristais subédricos que chegam a 1 mm de comprimento, ou como cristais menores (cerca de 0,05 mm de diâmetro) (Figura.52G). O ortoclásio, que ocorre em algumas amostras como feldspato principal, apresenta tamanhos que variam de 0,6 a 1 mm, formato anédrico e intercrescimento gráfico insipiente. Em alguns cristais, tanto de microclina, como de ortoclásio, é observado intercrescimento pertítico insipiente. O plagioclásio é escasso (< 10%) e ocorre geralmente na forma de ripas curtas subédricas intersticiais ou na forma granular anédrica que comumente apresenta auréola de reação nas bordas, que deve ser composta por feldspato diferente, possivelmente o potássico. É possível verificar a presença de textura mirmequítica entre o quartzo e o plagioclásio em grande parte das amostras.

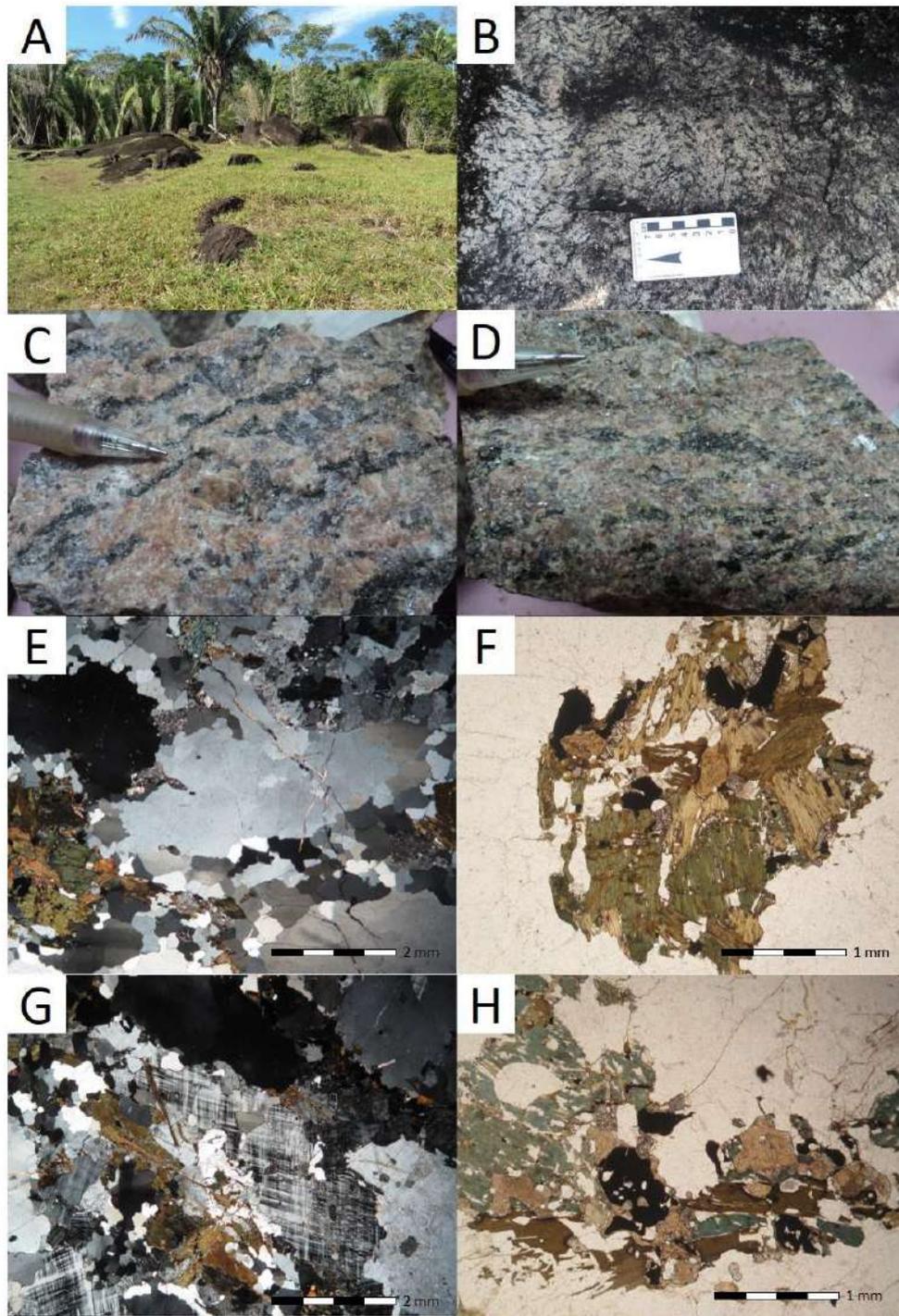
O quartzo é anédrico, ocorre na forma intersticial ou na forma de grandes cristais (cerca de 0,8 mm de diâmetro) que apresentam certa deformação (Fig. 52E) As concentrações de quartzo variam entre 15 e 30%, sendo mais escasso nas amostras em que a microclina é o feldspato predominante.

A biotita ocorre na forma de lamelas finas sempre em aglomerados, junto à hornblenda, na maioria das amostras, e a minerais opacos e acessórios (Fig. 52C e 52D). As cores variam de bege a marrom e, por vezes, avermelhado. A hornblenda ocorre em cristais de habito lamelar ou em formato granular anédrico sempre aglomerados com a biotita e minerais acessórios. Apresenta coloração que varia de verde pálido e, em alguns cristais, nota-se a clivagem característica e,  $56^\circ$  e  $127^\circ$ . (Fig. 52C e 52D).

Os minerais acessórios são representados por titanita euédrica de coloração bege, zircão prismático e minerais opacos. Os minerais de alteração são sericita, que ocorre preferencialmente nos planos de clivagem, fraturas e bordas dos cristais de microclina e ortoclásio, epidoto amarelado pálido com formato xenomórfico, que ocorre junto aos agregados máficos, e clorita, que se concentra na biotita.

No diagrama de Streckeisen (1974), com base em estimativa visual, as amostras desta fácies, foram classificadas como álcali-feldspato granito, quartzo-sienito, sienogranito e granitoide rico em quartzo (amostra BD-MA-06) (Figura 54)

Figura 52 - Afloramento na forma de blocos, amostras de mão e fotomicrografias de granitóide da fácies com hornblenda da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Em A: Afloramento na forma de blocos da fácies biotita-hornblenda granito, em B: detalhe do afloramento, mostrando orientação dos minerais máficos. Em C e D: amostra de mão (BD-MA-06 e BD-MA-10, respectivamente) de coloração rosada e acinzentada, com agredados máficos mostrando certa orientação, em E: fenocristal de quartzo em meio à matriz composta por quartzo e feldspato e aglomerados máficos, em F: detalhe do aflomerado máfico da foto anterior, composto por biotita, hornblenda e minerais acessórios: opacos, zircão e titanita. Em G: cristais subédricos de microclima em contato com biotita e hornblenda e cristais anédricos de quartzo e em H: aglomerado de hornblenda, biotita e epidoto e minerais acessórios: titanita zircão e opacos e de alteração, epidoto.

Fonte: A autora, 2016.

#### 4.1.3 Fácies com biotita

A litofácies que apresenta biotita como máfico principal é representada pelas amostras BD-MA-01 e BD-MA-35. Apresenta textura inequigranular média a grossa com leve estiramento dos máficos. A mineralogia principal é composta por quartzo e feldspato potássico, plagioclásio e biotita. No diagrama de Streckeisen (1974), com base em estimativa visual, as amostras desta fácies, foram classificadas como monzogranito e/ou sienogranito (Figura 54).

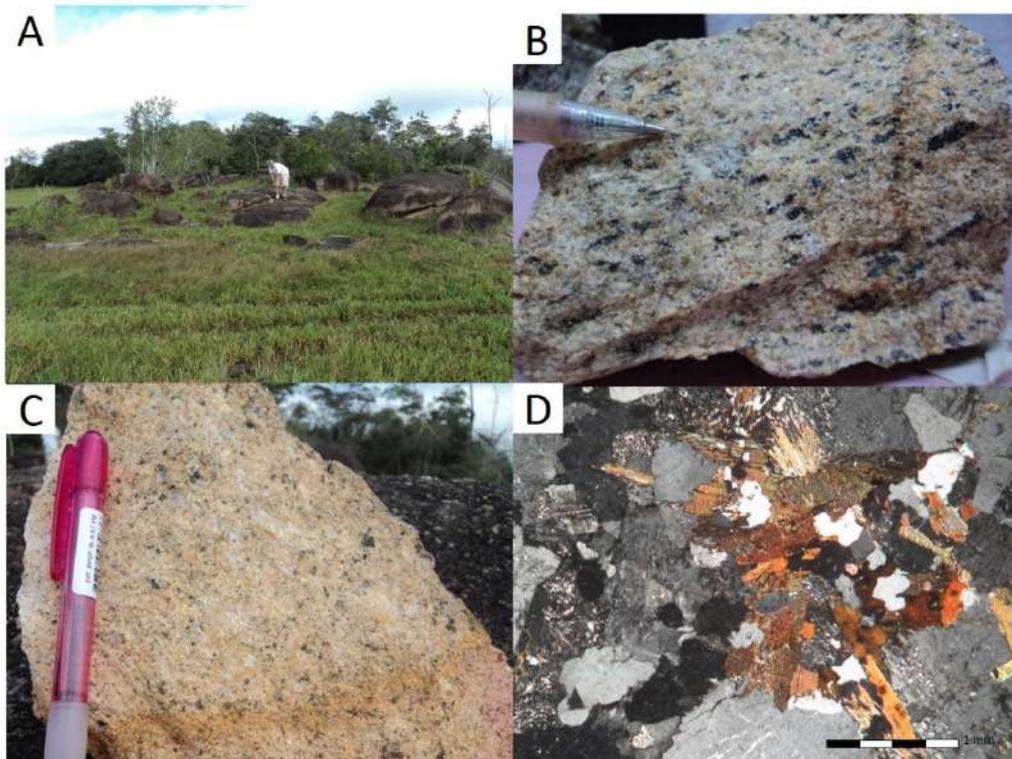
O quartzo ocorre na forma de grãos anédricos com cerca de 0,1 mm de diâmetro, ou na forma intersticial, apresentando em alguns casos textura em mosaico, evidenciando um processo de recristalização (Fig. 53E). Os feldspatos potássicos, que representam cerca de 50% da composição das amostras desta fácies são o ortoclásio que ocorre na forma ripas subédricas com até 5 mm de comprimento ou com formato granular anédrico, e microclina ocorre na forma tabular subédrica, que chega a 1 mm de comprimento, ou de forma intersticial em grãos subédricos com cerca de 0,1 mm de diâmetro.

A biotita ocorre em lamelas límpidas ou na forma de aglomerados com as bordas serrilhadas com cores que variam do bege ao acastanhado (53D).

O plagioclásio ocorre na amostra BD-MA-35 em ripas curtas disperso na matriz habito tabular e bordas irregulares, e na amostra BD-MA-01 representa cerca de 30% da composição desta, e apresenta-se com formato tabular subédrico e tamanhos que variam entre 0,05 a 0,2 mm de comprimento. Apresenta geminação que segue a lei da albita e geminação simples, sendo classificado pelo método Michel-Lévy como oligoclásio.

Os minerais acessórios são zircão, titanita e minerais opacos e o secundário sericita que ocorre concentrada nas clivagens, fraturas e porções centrais do feldspato potássico e principalmente do oligoclásio. Também é observado intercrescimento mirmequítico entre o plagioclásio e o quartzo.

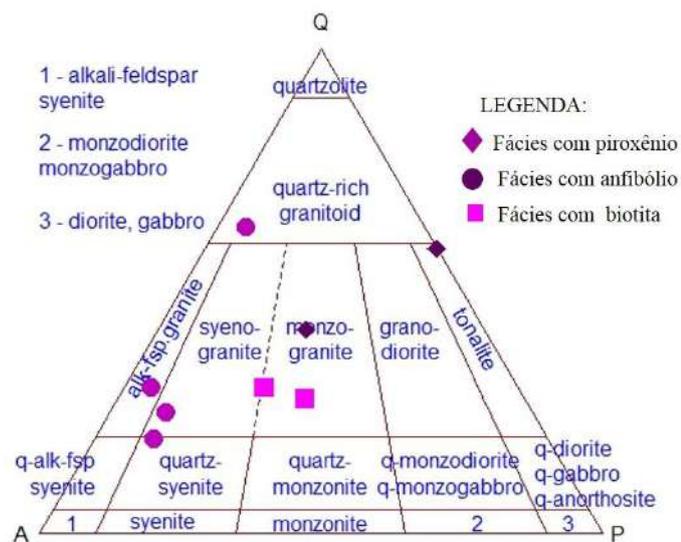
Figura 53 - Afloramento, amostras de mão e fotomicrografias de granitos da fácies com biotita da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Em A: afloramento na forma de blocos da fácies com biotita da Suíte Serra da Providência. Em B e C: amostras de mão dessa fácies e em D: fotomicrografia mostrando aglomerado de biotita com alteração sericítica em meio a cristais de ortoclásio.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 54 - Diagrama QAP de Streckeisen (1974) para classificação de rochas plutônicas aplicado às amostras da Suíte Serra da Providência deste estudo.



Legenda: Diagrama QAP para classificação de rochas plutônicas, onde foram plotadas as composições de amostras representativas das fácies com clinopiroxênio, hornblenda e biotita da SSP, com base em estimativa visual.

Fonte: Streckeisen, 1974.

## 4.2 Litogeoquímica

Foram coletadas doze amostras do conjunto litológico encaixante das rochas do Maciço Massangana. Após a aquisição de dados geocronológicos U-Pb em zircão de quatro destas amostras, ficou confirmado se tratarem de rochas pertencentes à Suíte Serra da Providência, a mais velha das sete suítes de granitos rapakivi que compõem a Província Estanífera de Rondônia (Bettencourt et al., 1999). Os resultados das análises geoquímicas das amostras da Suíte Serra da Providência aqui apresentados estão no anexo A e incluem análise de elementos maiores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{(t)}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), perda ao fogo (PF) e a soma de todos os óxidos (TOTAL). A tabela também inclui elementos traços incompatíveis móveis (Ba, Rb, Sr, U e Th), imóveis (Zr, Y, Nb e Hf), elementos compatíveis (Ni, Cr, V e Co) e elementos terras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu).

As amostras da Suíte Serra da Providência foram separadas em três fácies principais de acordo com o tipo de máfico presente em: fácies com piroxênio, fácies com hornblenda e fácies com biotita, além do tonalito que será tratado individualmente. O conteúdo de elementos maiores tem ampla variação. Os valores de  $\text{SiO}_2$  variam entre 63,6 % e 80,6 %; sendo as amostras das fácies com biotita e hornblenda as que apresentam os maiores teores de sílica. O conteúdo de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  apresenta também ampla variação, entre 10 e 15,3 %; bem como o de  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{(t)}$ , entre 1,4 e 7,3 %;  $\text{Na}_2\text{O}$ , entre 2,0 e 6,1%;  $\text{K}_2\text{O}$ , entre 0,5 e 6,5 % e  $\text{CaO}$ , entre 0,52 e 5,7%. Os valores de  $\text{TiO}_2$  ficam entre 0,04 e 1,08 %; de  $\text{MgO}$  entre 0,02 e 1,29%;  $\text{MnO}$  entre 0,02 e 0,12 % e  $\text{P}_2\text{O}_5$  entre 0,01 e 0,3 %. A razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  varia entre 1,27 a 2,59, exceto o tonalito que apresentou valor muito baixo para essa razão, de 0,08 mostrando uma maior incorporação de  $\text{Na}_2\text{O}$  nesta amostra em detrimento de  $\text{K}_2\text{O}$ , fato também evidenciado pela presença apenas de plagioclásio com feldspato.

### *Diagramas de classificação*

No diagrama ternário de classificação de O'Connor, 1965 (Figura 55) a maioria das amostras plotam no campo de granito, com exceção da amostra BD-MA-15 da fácies com piroxênio que plota no campo de quartzo-monzonito e do tonalito (BD MA 18) no campo de

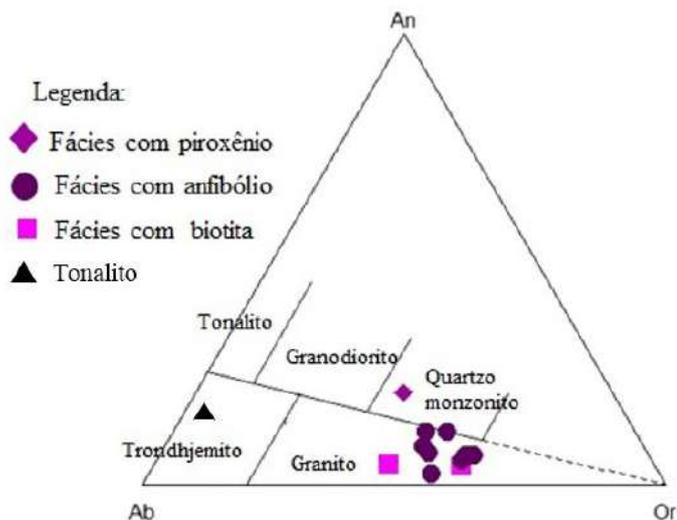
trondhjemito. No diagrama de classificação  $R_1 - R_2$  de De La Roche (1980), as amostras das fácies com biotita e com hornblenda plotam nos campos de granito e álcali-granito, enquanto que as amostras BD-MA15 e BD-MA-18 no campo de tonalito (Figura: 56).

#### *Diagramas de variação e multielementares*

Nos diagramas bivariantes, que têm a sílica com o índice de diferenciação, as amostras da Suíte Serra da Providência mostram correlações negativas para os óxidos  $Al_2O_3$ ,  $FeO_{(t)}$ ,  $TiO_2$ ,  $MgO$ ,  $MnO$  e  $P_2O_5$  (Figura 57), através de *trend* lineares e sem lacunas, o que aponta para um processo evolutivo de cristalização fracionada sem mudança na assembléia fracionante. Os elementos Al, Fe, Mg, Mn, Ti e P devem ter entrado na composição de feldspatos, do clinopiroxênio, e da hornblenda, além de minerais acessórios, como titanita, apatita e minerais opacos de Fe-Ti que compõem as rochas estudadas.

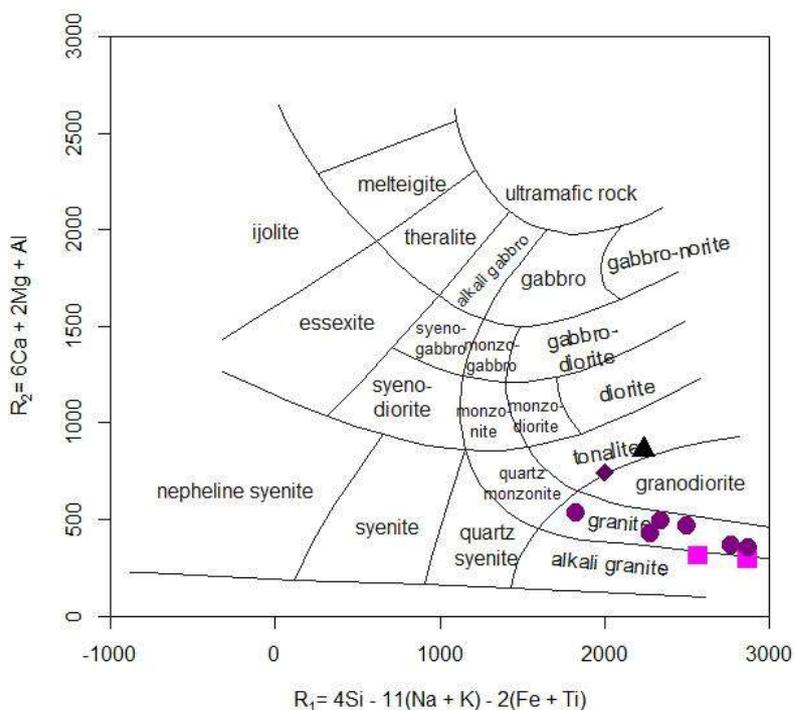
Com relação aos elementos traços, as correlações com o  $SiO_2$ , mostram-se pouco evidentes (Figura 58), ocorrendo na maioria dos diagramas, dispersão de dados. Alguns *trends* são observados, como o do Zr, que provavelmente entra na composição dos cristais de zircão, mineral acessório descrito em todas as fácies. Correlações negativas pouco evidentes ocorrem também para Sc, Ba e Sr, que também podem estar relacionados a entrada desses elementos em fases minerais, como nos feldspatos e na biotita. Nos diagramas de  $SiO_2$  versus Y, Rb, La e Ce nota-se que uma das amostras da fácies com biotita (BD-MA-35) não acompanham o sentido preferencial dos possíveis *trends*

Figura 55 - Diagrama ternário Ab-An-Or de classificação modal para rochas plutônicas com mais de 10% de quartzo normativo, caso das rochas da Suíte Serra da Providência.



Fonte: O'Connor, 1965.

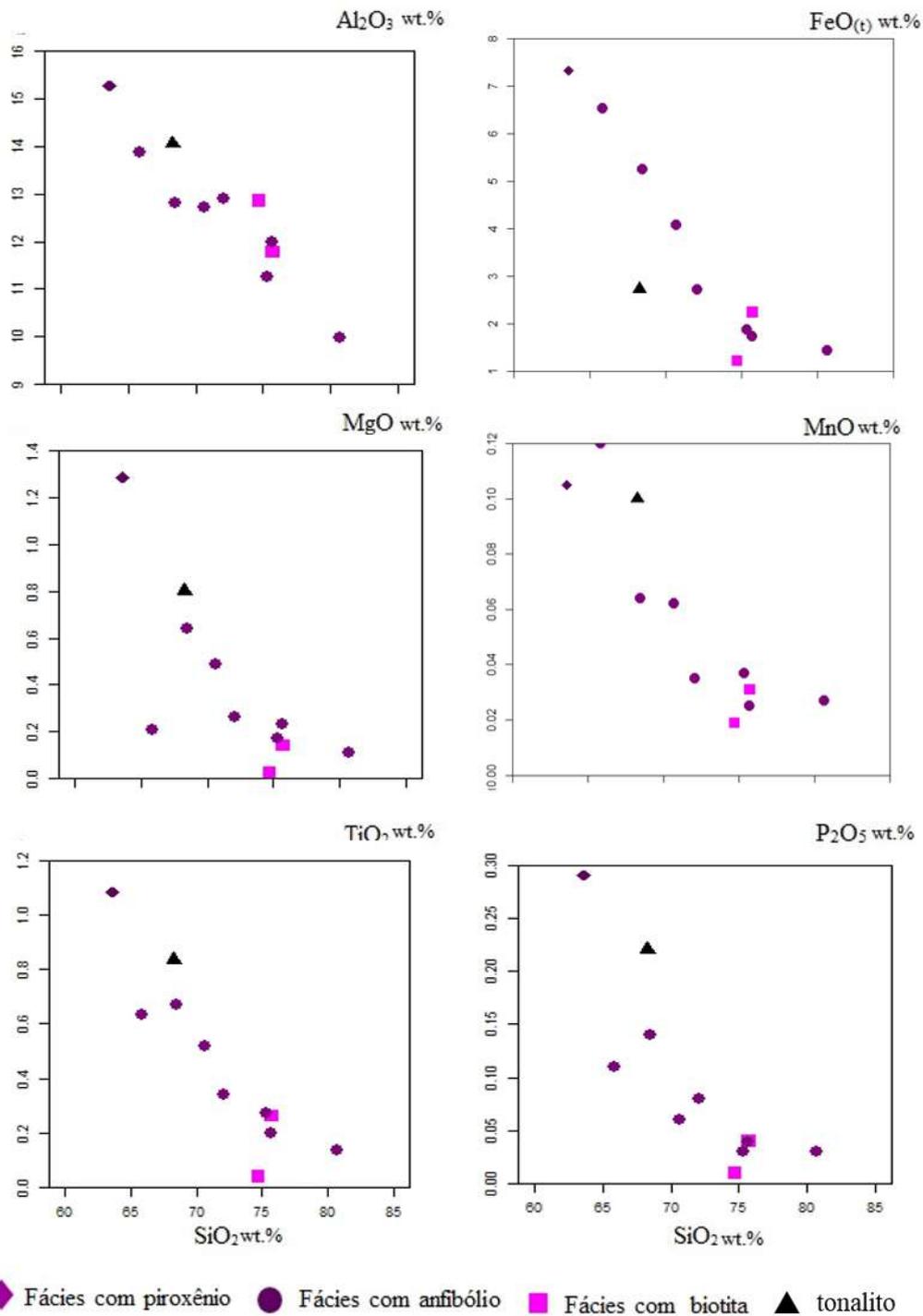
Figura 56 - Diagrama  $R_1$  -  $R_2$  de classificação para rochas plutônicas aplicado às rochas da Suíte Serra da Providência analisadas neste estudo.



Legenda: onde  $R_1 = 4Si - 11(Na + K) - 2(Fe + Ti)$  e  $R_2 = 6Ca + 2Mg + Al$ . Simbologia conforme exposta na Figura 55.

Fonte: De la Roche et al. 1980

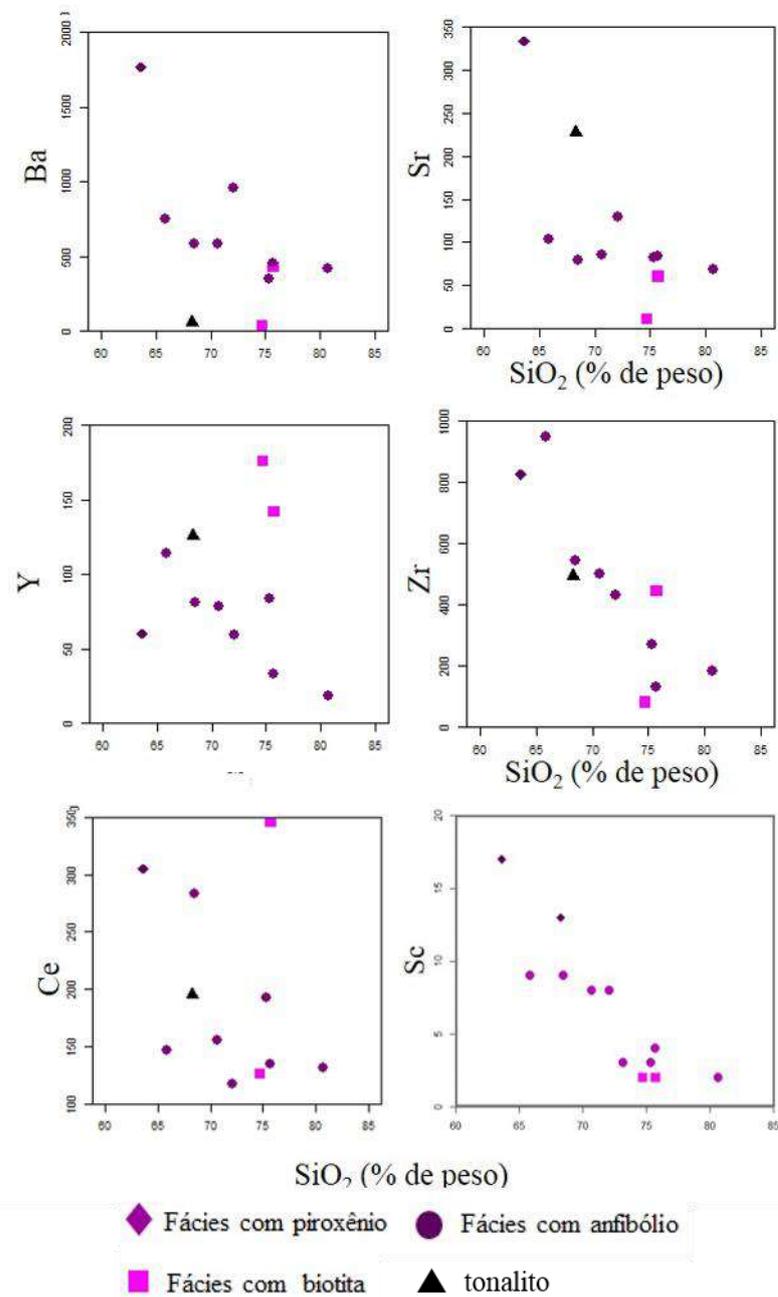
Figura 57 - Diagramas de óxidos maiores *versus* SiO<sub>2</sub> para as rochas da Suíte Serra da Providência analisadas neste estudo.



Legenda: Os diagramas mostram *trens* lineares e sem *gaps* que podem estar relacionados a processos de cristalização fracionada.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 58 - Diagramas bivariantes de  $\text{SiO}_2$  versus elementos traços para as rochas da Suíte Serra da Providência.



Fonte: A autora, 2016.

Os diagramas multielementares normalizados (Figura 59 e 60) mostram de forma geral anomalias negativas acentuadas em Ba, Sr, P e Ti, características comuns em granitos do tipo-A, com exceção de uma das amostras da fácies com piroxênio que não apresentou anomalia negativa em Ba.

A amostra BD-MA-15 da fácies com piroxênio apresenta anomalias positivas em Rb, Ba Th e K enquanto a BD-MA-18 (tonalito) apresenta anomalia positiva apenas em Th e anomalias negativas em Ba, Rb e K (Figura 59), sendo que as anomalias negativas em K e Th podem estar relacionadas a perda desses elementos na fase volátil ou devido a processos de alteração. As duas amostras apresentam anomalia negativa em Ta e positiva em Ce, com relação ao (ORG) de Pearce et al., (1984).

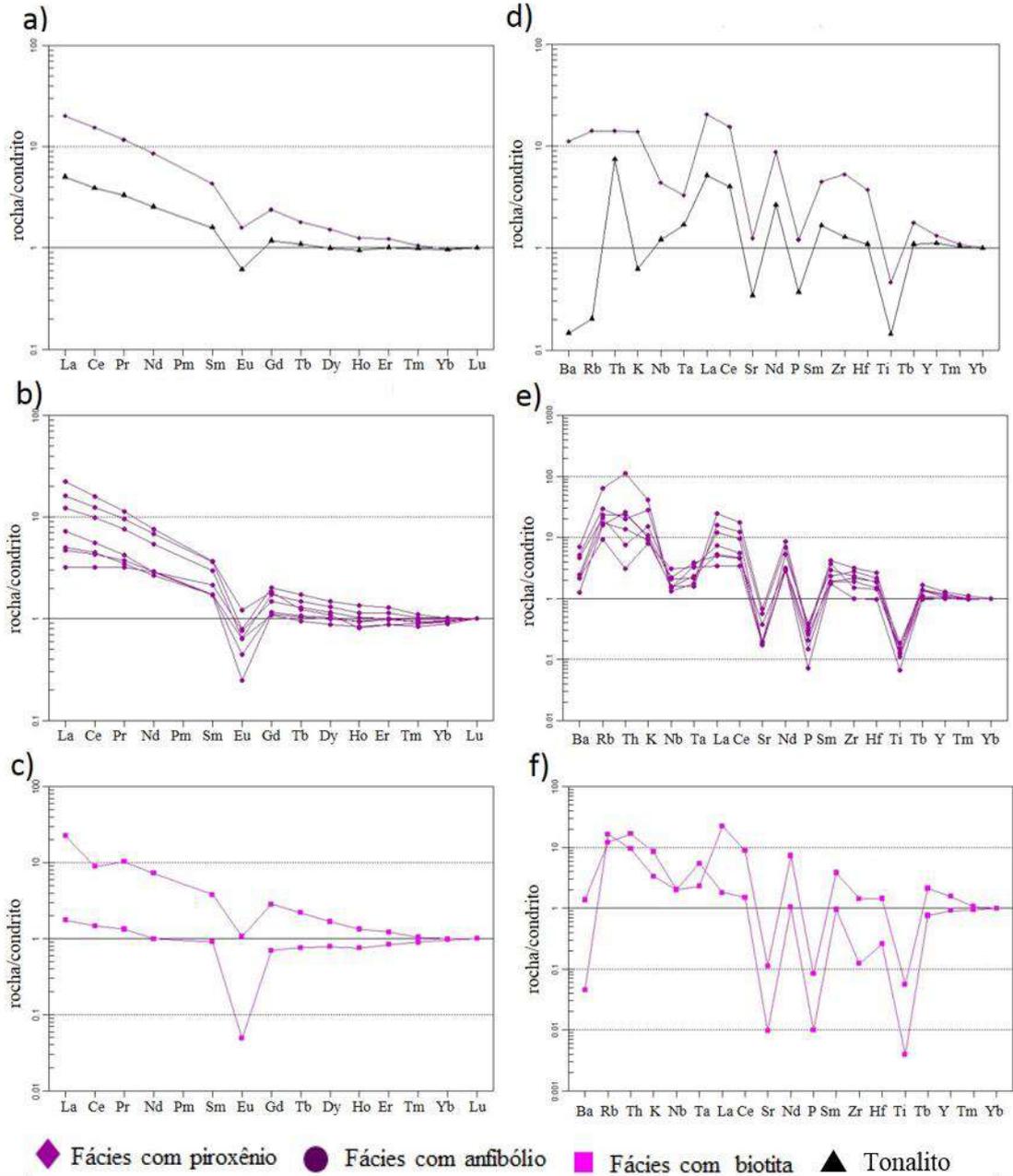
As amostras da fácies com anfibólio mostram, de maneira geral anomalias negativas em Ba, Sr e Ti, comum em granitos do tipo-A, além de anomalias negativas em Nb e Ta, o que pode estar relacionado a maior contribuição de fontes crustais na formação destas rochas. (Figura 59). Com relação aos elementos terras raras, é notável que ocorre fracionamento de ETR leves com relação a pesados em todas as fácies estudadas (Fig. 59 a,b e c), sendo mais notável nas amostras da fácies com anfibólio (Fig 59 b). O fracionamento de ETRs leves com relação a pesados pode estar relacionado a presença de olivina, clino e ortopiroxênio ou se for muito acentuado, pode sugerir retenção de granada na fonte. O enriquecimento em ETRs leves também pode estar relacionado à presença de zircão.

Com relação aos ETRs, as duas amostras da fácies com biotita, apresentam anomalias em Ba, Sr, P e Ti, porém variam entre si com relação aos elementos traços, onde observa-se que a amostra BD-MA-01 apresenta intensa anomalia negativa em Zr e Ba e padrão subhorizontal do Th ao Ce, enquanto a amostra BD-MA-01, mostra anomalia negativa em Ba menos acentuada e anomalias positivas em Ce e Sm (Fig. 60)

Todas as amostras apresentam anomalias negativas em Eu, com valores de  $[(Eu/Eu^*)_N]$  variando entre 0,45 e 0,5 na fácies com piroxênio, entre 0,18 a 0,46 na fácies com anfibólio e 0,06 e 0,33 na fácies com biotita, mostrando que o líquido magmático foi submetido a fracionamento de plagioclásio que provavelmente deve ter ocorrido por meio de cristalização fracionada.

O enriquecimento em ETRL é baixo a moderado  $[(La/Yb)_N = 5,23 \text{ a } 20,76]$ , para as amostras da fácies com piroxênio, que apresenta entre 63,6 e 68,3 % de  $SiO_2$ . Para a fácies com anfibólio, com teores de  $SiO_2$  entre 65,8 e 75,4 em % de peso, o enriquecimento em ETRL também é baixo a moderado  $[(La/Yb)_N = 3,45 \text{ a } 25,23]$ , assim como para a fácies com biotita, com valores de ETRL  $(La/Yb)_N = 1,81 \text{ e } 22,65$  e teores de  $SiO_2$  de 74,7 e de 75,7 em % de peso.

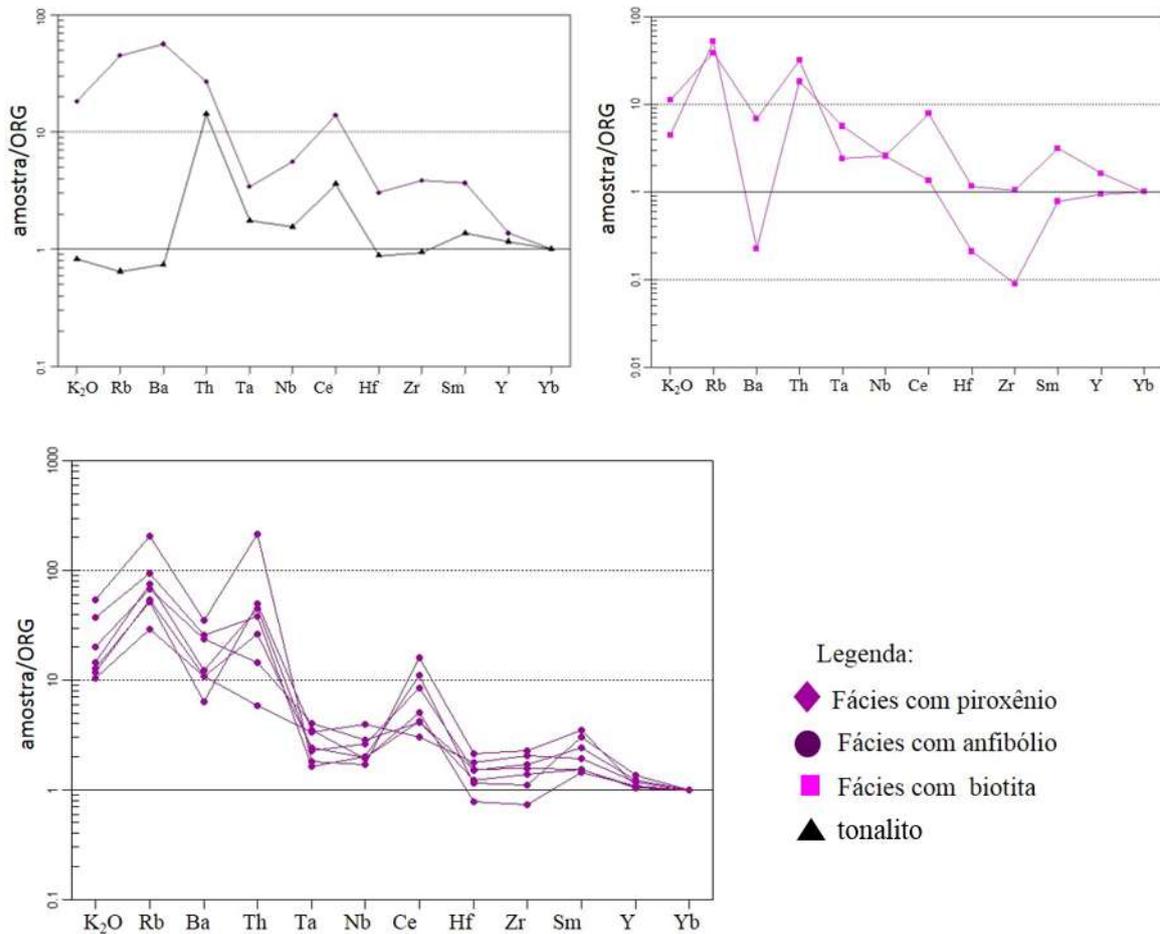
Figura 59 - Diagramas ETRs e multielementares para as rochas da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Diagramas com padrões de ETR normalizados para o condrito e diagramas multielementares normalizados para o condrito aplicados às rochas da Suíte Serra da Providência. (a) e (d) Fácies com piroxênio; (b) e (e) fácies com anfibólio; (c) e (f) fácies com biotita.

Fonte: Boynton, 1984 e Thompson, 1982

Figura 60 - Diagramas multielementares normalizados para amostras da Suíte Serra da Providência.



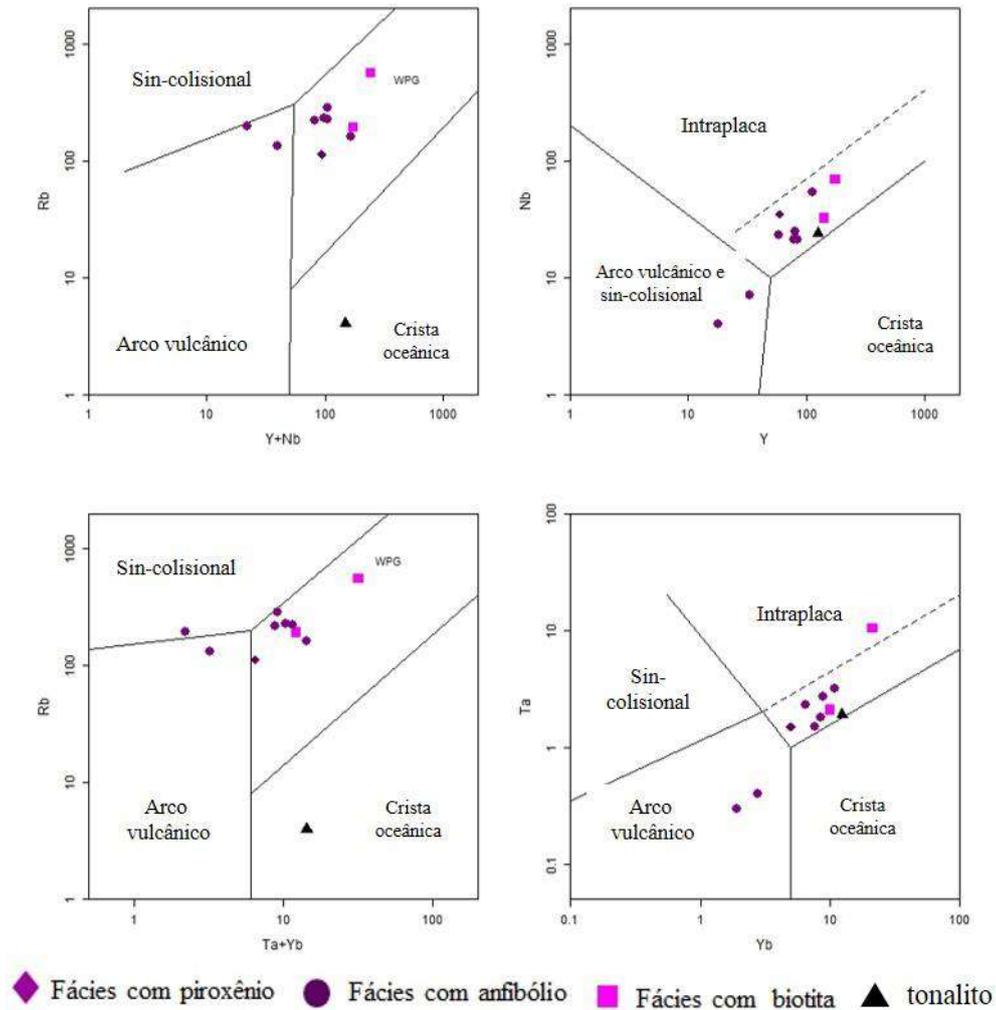
Fonte: Pearce et al., 1986.

### *Discriminação de Fontes e Ambientes Tectônicos*

Nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico propostos por Pearce et al. (1984), as amostras da Suíte Serra da Providência plotam, preferencialmente, no campo de granitos intraplaca (Figura 61), com algumas exceções que devem ser levadas em consideração. Nos diagramas  $Y + Nb$  versus  $Rb$  e  $Ta + Yb$  versus  $Rb$ , o tonalito plota no campo de crista oceânica o que pode estar relacionado à alta mobilidade do  $Rb$  que pode ter sido consumido na fase volátil ou em processo de alteração, ou ao fato de esta rocha ser realmente formada em ambiente de crista oceânica. Em todos os diagramas, com maior

destaque para os de Y *versus* Nb e Yb *versus* Ta, duas amostras da fácies com anfibólio (BD-MA-06 e BD-MA-42) plotam no campo de granitos de arco vulcânico e sin-colisional.

Figura 61 - Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para as rochas da Suíte Serra da Providência

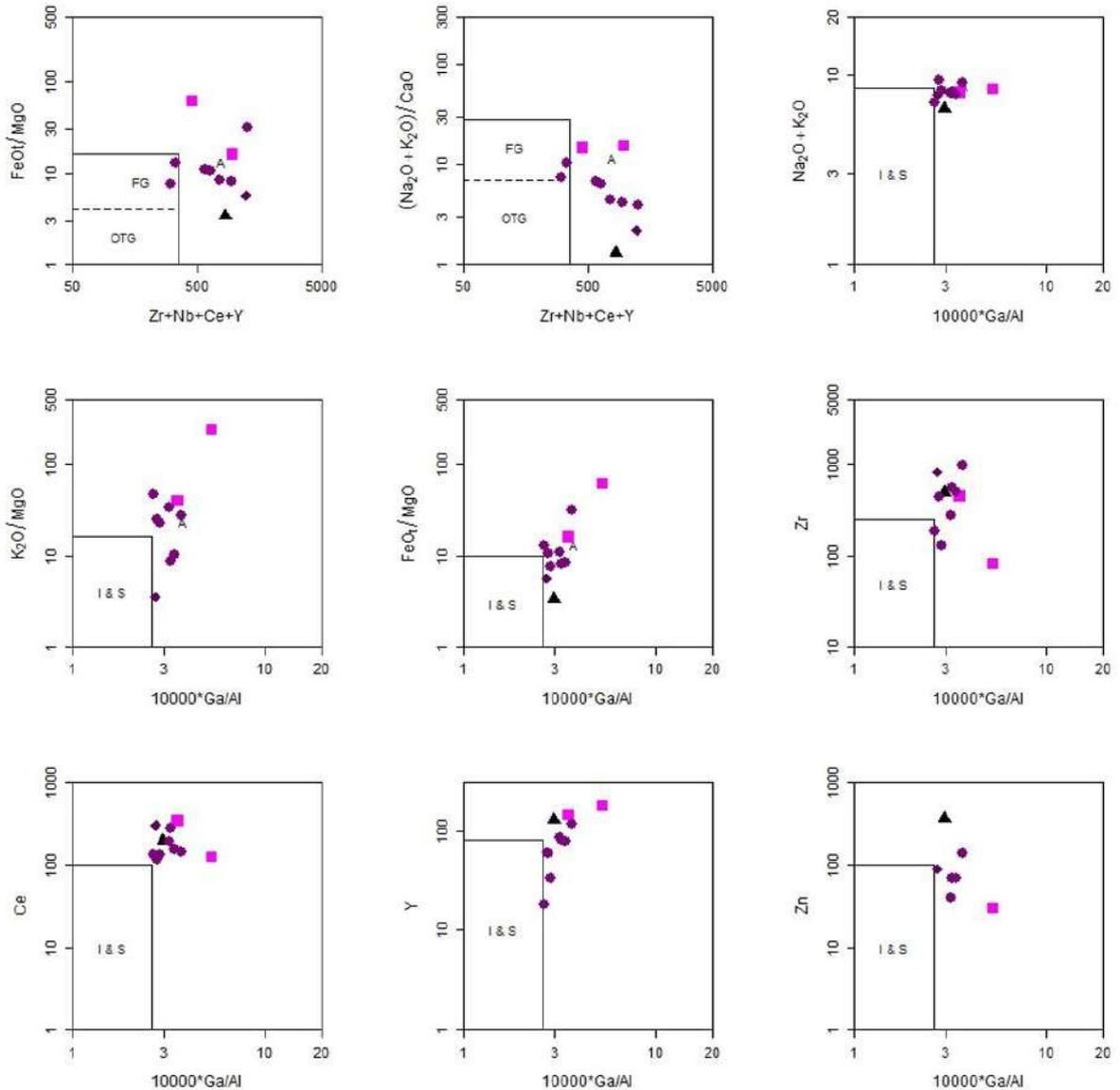


Legenda: Os diagramas mostram o caráter predominante intraplaca exceto três amostras: duas da fácies com anfibólio que plotaram no campo de granito de arco vulcânico e uma da fácies com piroxênio que plota no campo de granito sin-colisional.

Fonte: Pearce et al., 1984.

Nos diagramas de discriminação de granitos do tipo-A de Whalen *et al.* (1987), as amostras analisadas nesse estudo plotam, preferencialmente, no campo de granitos do tipo-A (Figura 62). Entretanto, nos diagramas de  $Zr+Nb+Ce+Y$  *versus*  $FeO/MgO$  e  $(Na_2O+K_2O)/CaO$ , duas amostras da fácies com anfibólio plotam no campo de granitos fracionados (FG) e, nos diagramas que distinguem granitos do tipo I e S de granitos de tipo-A, algumas amostras ficam no limite entre os campos delimitados por Whalen et al., (1987).

Figura 62 - Diagramas discriminantes de ambientes tectônicos para as rochas da Suíte Serra da Providência



Legenda: **I&S**: Granitos tipo-I e Granitos tipo-S; **A**: Granitos tipo-A; **FG**: Granitos Fracionados e **OGT**: Granitos comuns.

Fonte: Whalen et al., 1987.

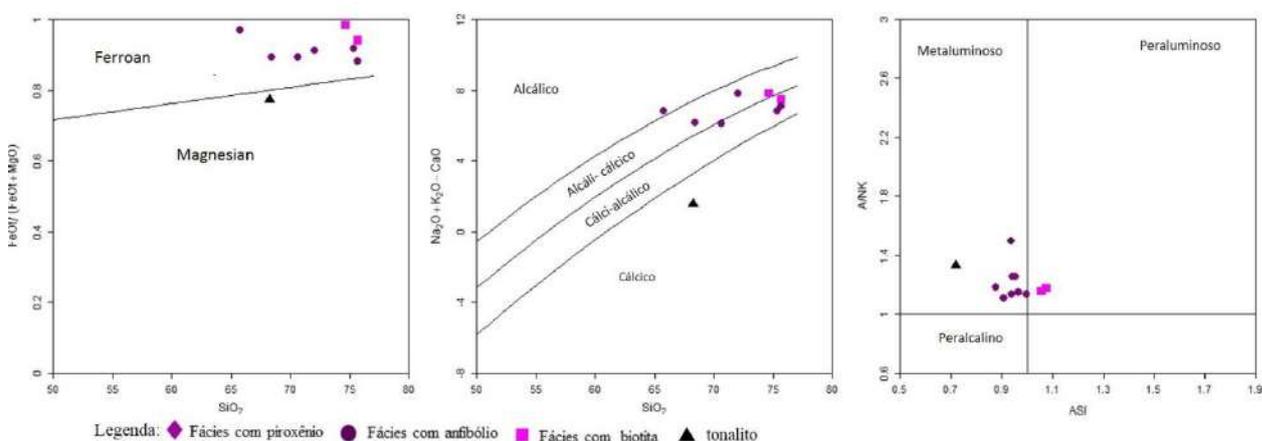
No diagrama  $\text{SiO}_2$  vs.  $\text{FeO}_t / (\text{FeO}_t + \text{MgO})$  proposto por Frost e Frost (2001), as amostras da Suíte Serra da Providência foram classificadas como do tipo *ferroan*, com exceção da amostra BD-MA-18, que foi classificada como do tipo *magnesian* (Figura 63). No diagrama MALI, também de Frost e Frost (2001), a amostra BD-MA-15 da fácies com piroxênio plota no campo de álcali-cálcico e o tonalito (BD-MA-18) no campo de cálcico. As amostras da fácies com anfibólio distribuem-se entre os campos alcálico, álcali-cálcico e cálcio-alcálico e as amostras da fácies com biotita plotam nos dois últimos campos citados anteriormente. No diagrama ASI versus A/NK, as amostras variam de metaluminosas

(amostras da fácies com piroxênio e anfibólio) a fracamente peraluminosas (amostras da fácies com biotita) (Figura 63).

Nos diagramas  $(\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3)$  vs.  $\text{CaO}/(\text{FeO} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$  e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{CaO}/(\text{FeOt} + \text{MgO} + \text{TiO}_2)$  (campos delimitados por Dall' Agnol e Oliveira 2007), as amostras da Suíte Serra da Providência plotam preferencialmente no campo de granitos do tipo-A, em detrimento de granitos cálcio-alcálicos, com apenas duas amostras plotando fora ou no limite do campo delimitado para granitos do tipo-A (Figura 64). O tonalito não plota no gráfico.

No diagrama  $\text{Al}_2\text{O}_3$  vs.  $\text{FeOt}/(\text{FeOt} + \text{MgO})$ , que diferencia granitos do tipo-A reduzidos de oxidados e de granitos cálcio-alcálicos (Figura 62c), as rochas da Suíte Serra da Providência apresentam certo espalhamento, plotando ambos nos campos de granitos tipo-A oxidados e reduzidos. O tonalito plota no campo de granitos cálcio-alcálicos. Duas amostras da fácies com anfibólio plotam fora dos campos delimitados.

Figura 63 - Diagramas de classificação química para as rochas da Suíte Serra da Providência



Legenda: (a)  $\text{FeOt}/(\text{FeOt} + \text{MgO})$  vs.  $\text{SiO}_2$ , (b) MALI e (c) ANK vs. ASI.

Fonte: Frost et al., 2001.

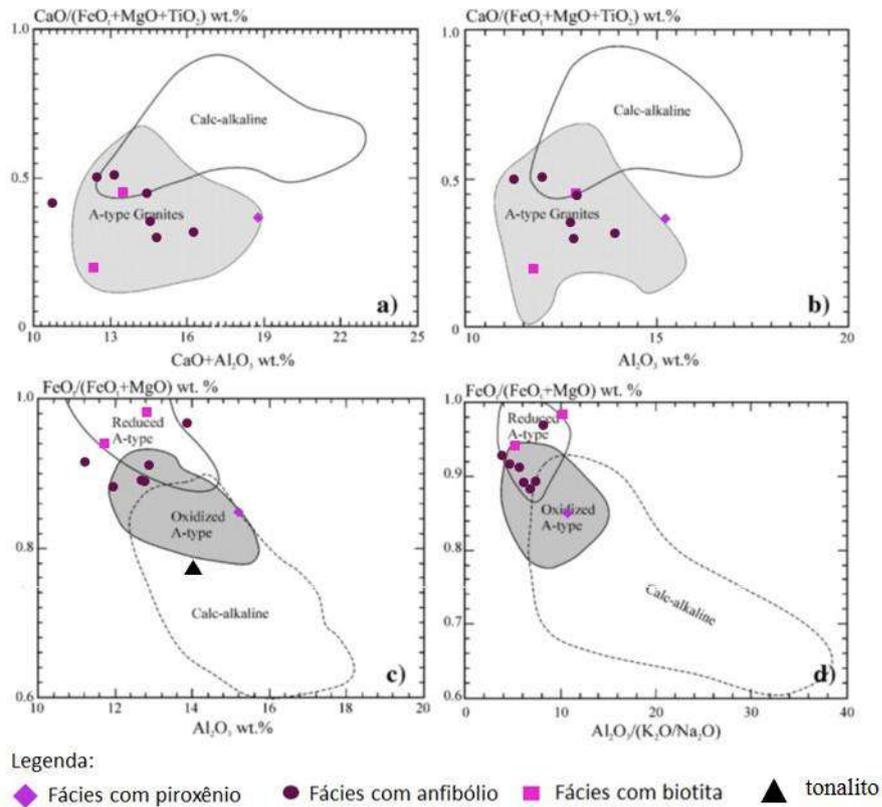
O diagrama  $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{K}_2\text{O}/\text{NaO}_2)$  vs.  $\text{FeOt}/(\text{FeOt} + \text{MgO})$  mostra mais coerência das amostras que plotam preferencialmente, no campo que inclui tanto granitos do tipo-A reduzidos quanto oxidados, com exceção da amostra BD-MA-15 que plota exclusivamente no campo de granitos do tipo-A oxidados, e da BD-MA-18 que não plota no gráfico.

A presença de granitos oxidados e reduzidos na Suíte Serra da Providência já foi reportada por Scandolaro *et al.* (2013), que relacionam essa ocorrência um resultado da variação na fonte e nos processos petrogenéticos envolvidos na formação dessas rochas.

No diagrama ternário de Eby (1992), que diferencia fontes e ambientes tectônicos para granitos do tipo A, as amostras deste estudo plotam exclusivamente no campo de granitos do

tipo A2, os quais são relacionados a fontes crustais derivadas da litosfera subcontinental ou da crosta inferior em ambiente pós-orogênicos/anorogênicos.

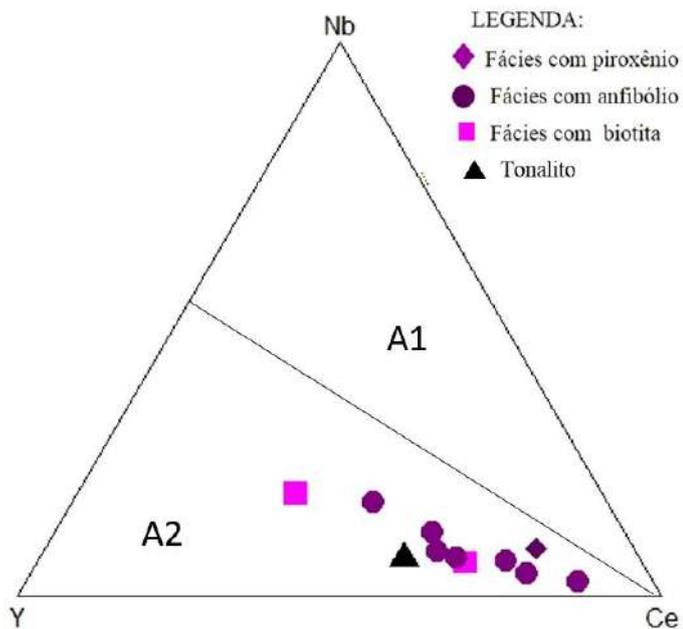
Figura 64 - Diagramas de Frost et al, (2001) e Dall'Agnol e Oliveira, (2007) que diferenciam granitos cálcio-alcalinos de granitos do tipo-A e granitos do tipo-A oxidados e reduzidos de granitos calcio-alcalinos para as rochas da Suíte Serra da Providência.



Legenda: As amostras da Suíte Serra da Providência analisadas neste estudo plotam preferencialmente no campo de granitos do tipo A e entre os campos de reduzido e oxidados, exceto o tonalino, que não plotam em nenhum campo no primeiro diagrama e no segundo plotam no campo de granitos Cálcio-alcalinos.

Fonte: Frost et al., 2001; Dall'Agnol e Oliveira., 2007.

Figura 65 - Diagrama ternário Y-Nb-Ce de Eby (1992) para as rochas da Suíte Serra da Providência



Legenda: As amostras plotam exclusivamente no campo de granitos do tipo A2.  
Fonte: Eby, 1992.

### 4.3 Geocronologia U-Pb: Suíte Serra da Providência

Quatro amostras da Suíte Serra da Providência foram selecionadas para análise geocronológica U-Pb em zircão por LA-ICP-MS. A Figura 66 mostra as imagens de Mev (Microscópio Eletrônico de Varredura) e a tabela 10 apresenta os resultados analíticos dos cristais de zircão analisados. As amostras foram coletadas próximo ao contato com o Maciço Massangana.

O tonalito foi coletado no limite sudeste com o maciço Massangana. Os grãos de zircão dessa amostra são na forma de prismas alongados (entre 0,4 e 0,5 mm de comprimento) com as bordas bipiramidais ou arredondadas, são geralmente incolores e apresentam zonação oscilatória e faturamento interno. Para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 67), foram utilizados 17 *spots* que apresentam valores concordantes das razões entre 96 e 103%. A idade obtida para esta amostra foi de  $1557.7 \pm 8.4$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização.

A amostra BD-MA-35, pertencente à fácies com biotita, foi coletada no limite noroeste com o Maciço Massangana. Os cristais de zircão são em prismas (0,3 mm de comprimento) de formato ovalado, mais comum, ou alongado (0,5 mm de comprimento), sem inclusões e sem fraturas internas e cores variando do incolor ao rosado. A maioria dos grãos analisados, apresenta zonação oscilatória, típica de grãos magmáticos. Foram selecionados catorze *spots* para a confecção do diagrama concórdia (Fig. 68), que apresentam valores das razões concordantes entre 99 e 105%. A idade obtida para esta amostra foi de  $1525 \pm 5.6$  Ma no intercepto superior e foi interpretada como idade de cristalização.

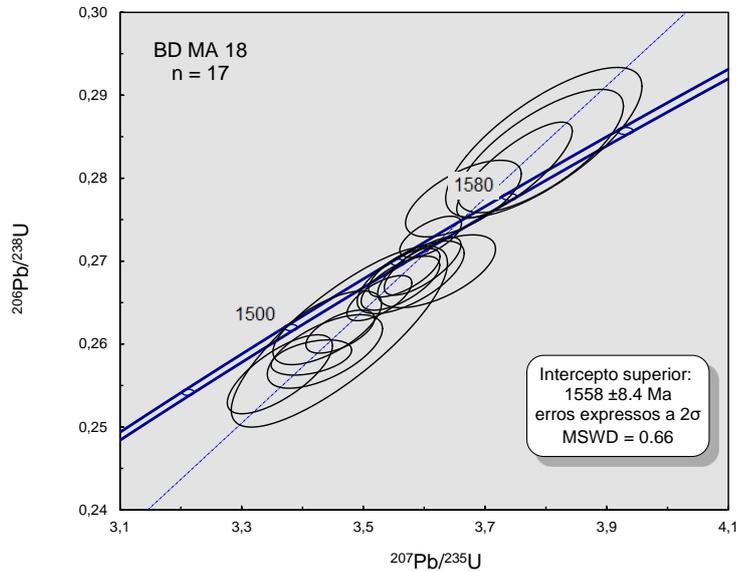
A amostra BD-MA-41, pertencente à fácies com anfibólio foi coletada no limite norte do maciço Massangana e apresenta cristais de zircão prismáticos finos (0,1 mm) a espessos (0,3 mm), de bordas piramidais e tamanhos que variam entre 0,3 a 0,6 mm de comprimento. As cores variam entre caramelo, incolor e rosado. Para a confecção da concórdia (Fig. 69), foram utilizados oito *spots* que apresentam concordância entre as razões de 97 a 112%. A idade obtida para essa amostra foi de  $1540 \pm 5,7$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização

A última amostra datada da Suíte Serra da Providência, BD-MA-06 pertence à fácies com anfibólio foi coletada no limite sul do Maciço Massangana. Apresenta cristais de zircão finos prismáticos e alongados (0,5-0,6 mm de comprimento) em sua maioria, com zonação oscilatória, grande quantidade de fraturas internas e cores variando entre incolor, amarelado e avermelhado. Foram utilizados dezessete *spots* para a confecção do diagrama concórdia (Fig.

70), que apresentam concordância das razões entre 98 e 108%. A idade obtida para esta amostra foi de  $1573,7 \pm 6,6$  Ma e foi interpretada como idade de cristalização.

As idades obtidas neste estudo estão de acordo com as idades reportadas na literatura para os maciços da suíte Serra da Providência (1,60 a 1,53 Ga, Scandolaro et al., 2013) e confirmam que esta suíte compõe boa parte da encaixante do Maciço Massangana.

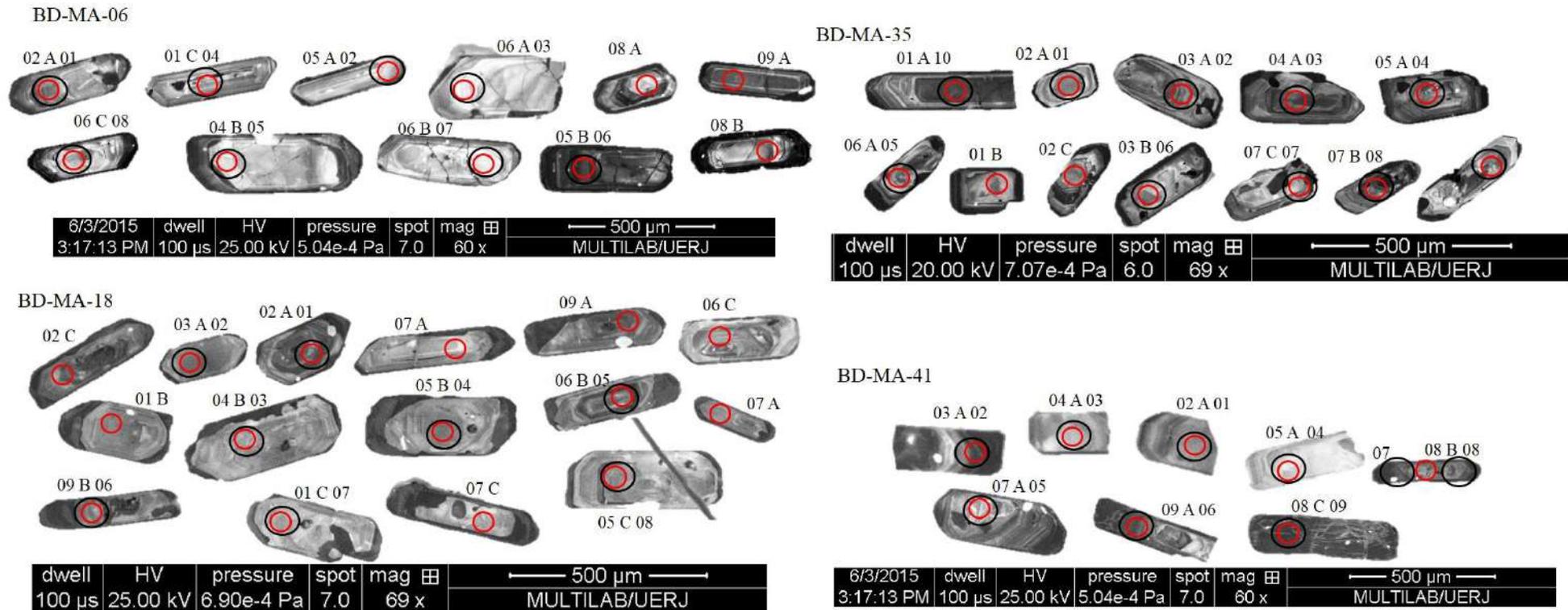
Figura 66 - Diagrama Concórdia da amostra BD-MA-18 da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra da fácies com piroxênio da SSP. A idade obtida é de  $1558 \pm 8,4$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 67 - Imagem de elétrons retro-espalhados obtidas em MEV dos grãos de zircão das amostras da Suíte Serra da Providência analisadas neste estudo.



Legenda: amostras BD-MA-06, BD-MA-18, BD-MA-35 e BD-MA-41 de maciços pertencentes à Suíte Serra da Providência, analisados pelos métodos U-Pb e Lu-Hf por LA-ICP-MS. Círculos vermelhos: *spot* da análise U-Pb e círculo preto *spot* da análise Lu-Hf.

Fonte: Multilab UERJ, 2016.

Tabela 10: Resultados das análises de U-Th-Pb por LA-ICP-MS em grãos de zircão das amostras BD-MA-18, BD-MA-35, BD-MA-41 E BD-MA-06

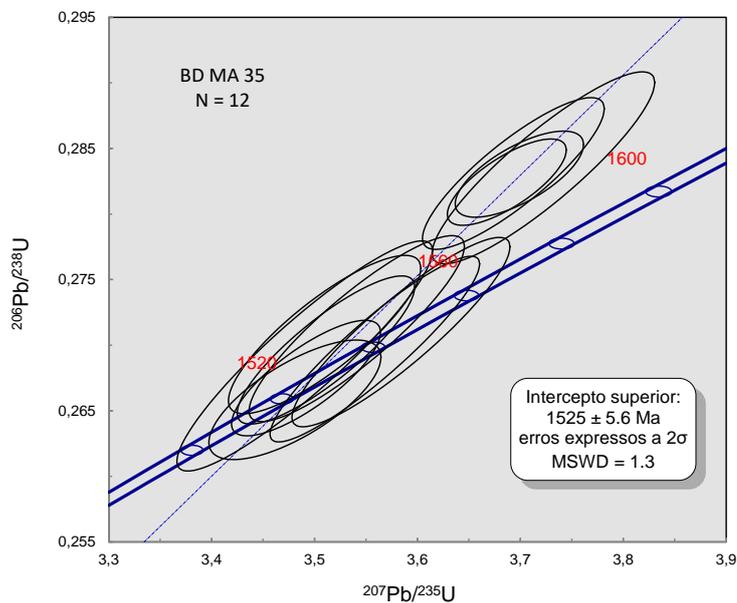
Suíte Serra da Providência: BD-MA-18															
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
003-Sample1 A	0,40	3,796771383	3,5	0,284315007	2,60	0,75	0,09685307	2,3	1613,1	41,9	1592,1	55,3	1564,4	36,1	103,1
004-Sample 2 A	0,46	3,664540951	2,1	0,277538112	1,36	0,64	0,095762544	1,6	1579,0	21,5	1563,7	33,2	1543,1	25,1	102,3
005-Sample 3 A	0,41	3,791383445	2,9	0,283274681	2,14	0,73	0,097070815	2,0	1607,8	34,5	1590,9	46,7	1568,6	31,5	102,5
009-Sample 7 A	0,41	3,362855182	2,1	0,25635651	1,52	0,72	0,095139867	1,5	1471,2	22,3	1495,8	31,4	1530,8	22,2	96,1
011-Sample 9 A	0,44	3,460637245	4,2	0,260884189	3,41	0,81	0,096207082	2,4	1494,4	51,0	1518,3	63,7	1551,8	37,9	96,3
003-Sample1 B	0,43	3,436878366	2,3	0,259102344	1,40	0,62	0,096203649	1,8	1485,2	20,7	1512,9	34,1	1551,8	27,4	95,7
004-Sample 2 B	0,45	3,620489043	2,2	0,268772223	1,34	0,61	0,097697079	1,7	1534,6	20,5	1554,0	34,0	1580,6	27,4	97,1
006-Sample 4 B	0,39	3,577834491	2,0	0,268040815	1,34	0,66	0,096809514	1,5	1530,8	20,4	1544,6	31,0	1563,5	23,5	97,9
007-Sample 5 B	0,51	3,597510934	1,4	0,269389409	1,06	0,74	0,096854617	1,0	1537,7	16,3	1549,0	22,2	1564,4	15,1	98,3
008-Sample 6 B	0,46	3,748526499	2,1	0,280965046	1,68	0,81	0,096762486	1,2	1596,2	26,9	1581,8	32,8	1562,6	18,8	102,2
009-Sample 7 B	0,36	3,52646797	1,2	0,265536571	0,84	0,68	0,096319524	0,9	1518,1	12,7	1533,2	19,0	1554,0	14,1	97,7
010-Sample 8 B	0,44	3,461948976	1,3	0,261497509	0,81	0,61	0,096017818	1,1	1497,5	12,1	1518,6	20,2	1548,1	16,4	96,7
011-Sample 9 B	0,38	3,561029521	1,5	0,267339066	0,99	0,67	0,096607729	1,1	1527,3	15,2	1540,9	22,8	1559,6	17,2	97,9
003-Sample1 C	0,37	3,61067022	1,1	0,272927939	0,74	0,65	0,09594858	0,9	1555,6	11,6	1551,9	17,8	1546,8	13,5	100,6
007-Sample 5 C	0,31	3,56731038	1,3	0,268607434	0,89	0,66	0,096321136	1,0	1533,7	13,7	1542,3	20,8	1554,0	15,7	98,7
008-Sample 6 C	0,32	3,41461528	1,6	0,25837455	0,67	0,42	0,095849703	1,4	1481,5	9,9	1507,8	23,9	1544,8	22,2	95,9
009-Sample 7 C	0,36	3,440719147	2,1	0,261960757	1,39	0,65	0,095260249	1,6	1499,9	20,8	1513,7	32,1	1533,2	24,6	97,8
BD-MA-35															
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)
003-Sample1 A	0,60	3,722449708	2,4	0,283521612	2,11	0,89	0,095222898	1,1	1609,1	33,9	1576,2	37,4	1532,5	16,7	105,0
004-Sample 2 A	0,54	3,511153632	2,0	0,269635836	1,71	0,85	0,094443255	1,0	1539,0	26,3	1529,7	30,7	1517,0	15,9	101,4
005-Sample 3 A	0,41	3,491772568	1,7	0,267494077	1,34	0,79	0,094673951	1,0	1528,1	20,5	1525,4	25,8	1521,6	15,7	100,4
006-Sample 4 A	0,55	3,686873599	1,3	0,282430955	0,95	0,74	0,094677042	0,9	1603,6	15,3	1568,5	20,1	1521,7	13,0	105,4
007-Sample 5 A	0,46	3,541061208	2,4	0,271263817	2,14	0,88	0,094676085	1,1	1547,2	33,0	1536,4	37,1	1521,6	17,1	101,7
008-Sample 6 A	0,49	3,490550805	2,9	0,269180444	2,66	0,92	0,094047918	1,2	1536,6	40,9	1525,1	44,4	1509,1	17,7	101,8
003-Sample1 B	0,44	3,693242962	2,0	0,283088796	1,67	0,85	0,094620213	1,0	1606,9	26,8	1569,9	30,7	1520,5	15,5	105,7
005-Sample 3 B	0,43	3,480977025	2,0	0,265838713	1,40	0,71	0,094968954	1,4	1519,6	21,3	1522,9	29,9	1527,5	21,0	99,5
009-Sample 7 B	0,44	3,558644725	2,3	0,269703565	2,14	0,92	0,095696636	0,9	1539,3	33,0	1540,4	36,0	1541,8	14,4	99,8
004-Sample 2 C	0,44	3,699082805	1,4	0,283039872	0,95	0,69	0,09478621	1,0	1606,7	15,2	1571,2	21,6	1523,8	15,2	105,4
005-Sample 3 C	0,47	3,509811426	2,2	0,270813248	1,82	0,84	0,093996699	1,2	1544,9	28,1	1529,4	33,3	1508,0	17,9	102,4
009-Sample 7 C	0,36	3,584044956	2,4	0,270998608	2,18	0,90	0,095919104	1,0	1545,9	33,6	1546,0	37,3	1546,2	16,2	100,0

Tabela10: (continuação...)

BD-MA-41																
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)	
004-Sample 2	0,31	3,651219705	1,5	0,27899631	0,95	0,61	0,094915739	1,2	1586,3	15,1	1560,8	24,2	1526,4	18,7	103,9	
005-Sample 3	0,26	3,886474967	1,1	0,295229219	0,80	0,73	0,09547623	0,8	1667,6	13,4	1610,9	17,7	1537,5	11,6	108,5	
006-Sample 4	0,41	3,636131214	2,3	0,274314682	2,10	0,93	0,096136702	0,8	1562,7	32,8	1557,5	35,1	1550,4	12,6	100,8	
007-Sample 5	0,38	3,603300997	1,0	0,273464961	0,50	0,48	0,095564717	0,9	1558,4	7,8	1550,3	16,1	1539,2	14,0	101,2	
011-Sample 9	0,39	3,769802775	1,4	0,286241676	1,23	0,87	0,095517839	0,7	1622,7	19,9	1586,3	22,4	1538,3	10,6	105,5	
010-Sample 8	0,31	3,485734779	1,3	0,263845675	0,66	0,52	0,095817114	1,1	1509,5	9,9	1524,0	19,2	1544,2	16,6	97,8	
010-Sample 8	0,66	3,82564789	2,1	0,289988053	1,88	0,90	0,095680539	0,9	1641,5	30,9	1598,2	33,5	1541,5	14,3	106,5	
009-Sample 7	0,35	4,051440214	1,4	0,308119497	0,97	0,70	0,095364993	1,0	1731,4	16,8	1644,6	22,7	1535,3	15,1	112,8	
BD-MA-06																
Grão	Th/U	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]		<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	<sup>206</sup> Pb/ <sup>238</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>235</sup> U	2σ erro [%]	<sup>207</sup> Pb/ <sup>206</sup> Pb	2σ erro[%]	Concord. (%)	
004-Sample 2 A	0,28	3,700339371	1,4	0,273603227	0,98	0,71	0,09808872	1,0	1559,1	15,3	1571,4	21,8	1588,1	15,6	98,2	
005-Sample 3 A	0,31	3,808335645	2,3	0,284806513	1,99	0,86	0,096980412	1,2	1615,5	32,1	1594,5	36,7	1566,8	18,3	103,1	
007-Sample 5 A	0,32	3,808474345	1,7	0,284450972	1,21	0,70	0,097105167	1,2	1613,7	19,6	1594,5	27,7	1569,2	19,5	102,8	
008-Sample 6 A	0,27	3,686533855	2,0	0,274838184	1,33	0,68	0,097283656	1,4	1565,3	20,9	1568,5	30,9	1572,7	22,8	99,5	
009-Sample 7 A	0,41	4,035861732	4,4	0,301367254	4,06	0,92	0,097126769	1,8	1698,1	68,9	1641,5	72,5	1569,7	27,5	108,2	
003-Sample1 B	0,39	3,971786674	2,6	0,296114491	2,33	0,88	0,097280317	1,2	1672,0	38,9	1628,5	42,9	1572,6	19,5	106,3	
005-Sample 3 B	0,24	3,994385283	3,9	0,298031494	3,62	0,92	0,097204533	1,5	1681,5	60,9	1633,1	64,2	1571,2	24,0	107,0	
006-Sample 4 B	0,27	3,726407712	2,2	0,277877278	1,57	0,73	0,097260402	1,5	1580,7	24,7	1577,1	34,0	1572,2	23,2	100,5	
007-Sample 5 B	0,23	3,813041624	2,4	0,284444348	2,22	0,92	0,097223883	0,9	1613,7	35,7	1595,5	38,3	1571,5	14,5	102,7	
008-Sample 6 B	0,27	3,678927832	2,1	0,273942917	1,77	0,85	0,097400216	1,1	1560,8	27,6	1566,8	32,5	1574,9	17,2	99,1	
010-Sample 8 B	0,38	3,837351746	2,1	0,289598864	1,89	0,89	0,096102234	1,0	1639,5	31,0	1600,6	34,1	1549,8	15,3	105,8	
011-Sample 9 B	0,25	3,678214955	2,2	0,275403727	1,90	0,87	0,096864807	1,1	1568,2	29,8	1566,7	34,2	1564,6	16,7	100,2	
003-Sample1 C	0,40	3,85800185	2,1	0,287430871	1,94	0,91	0,09734816	0,9	1628,7	31,7	1604,9	34,3	1573,9	14,0	103,5	
004-Sample 2 C	0,27	3,801555887	1,5	0,283748426	1,17	0,78	0,097168756	0,9	1610,2	18,8	1593,1	23,8	1570,5	14,6	102,5	
007-Sample 5 C	0,22	4,096973264	2,4	0,305949284	2,08	0,86	0,097120836	1,3	1720,7	35,8	1653,7	40,2	1569,5	19,6	109,6	
008-Sample 6 C	0,27	3,753438172	2,4	0,278931733	2,08	0,87	0,097595561	1,2	1586,0	32,9	1582,8	37,9	1578,7	18,9	100,5	
010-Sample 8 C	0,47	3,891002301	3,6	0,291406729	3,06	0,86	0,096841306	1,8	1648,6	50,5	1611,8	57,3	1564,1	28,2	105,4	
011-Sample 9 C	0,25	3,811608738	2,4	0,286116492	1,85	0,78	0,096619358	1,5	1622,1	30,0	1595,2	38,0	1559,8	23,4	104,0	

Determinação feita no laboratório Multilab da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Valores do condrito de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,336$  e  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0,282785$  (Bouvier et al., 2008).

Figura 68 - Diagrama Concórdia da amostra BD-MA-35 da Suíte Serra da Providência.

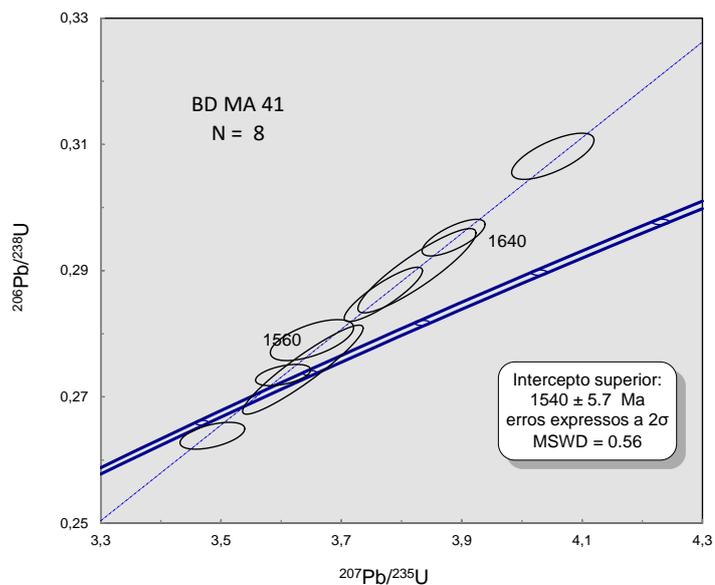


Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representante da fácies com biotita da Suíte Serra da Providência.

A idade obtida é de 1525 ± 5.6 Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

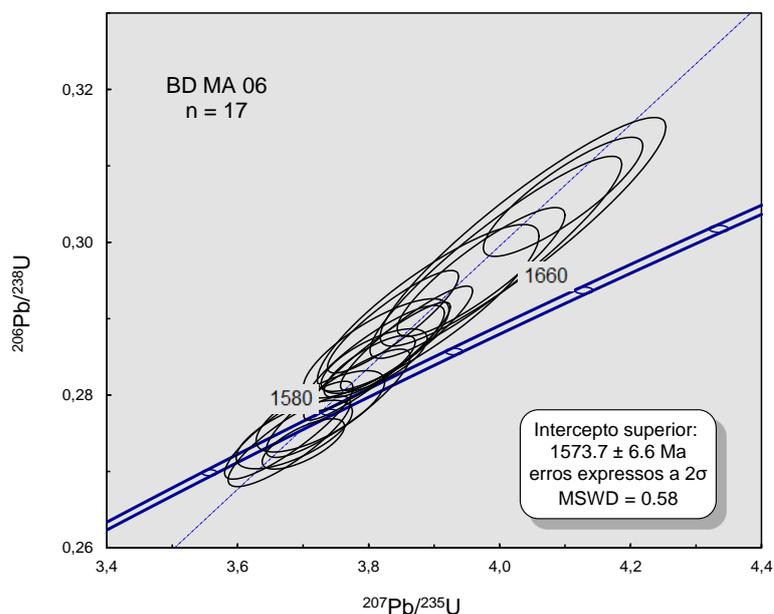
Figura 69 - Diagrama Concórdia da amostra BD-MA-41 da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representante da fácies com anfibólio como máfico predominante da SSP. A idade obtida é de 1540 ± 5.7 Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

Figura 70 - Diagrama Concórdia da amostra BD-MA-18 da Suíte Serra da Providência.



Legenda: Diagrama Concórdia para a amostra representativa da fácies com anfibólio como máfico predominante da SSP. A idade obtida é de  $1573,7 \pm 6,6$  Ma no intercepto superior e é interpretada como idade de cristalização.

Fonte: A autora, 2016.

#### 4.4 Análises Isotópica Lu-Hf da Suíte Serra da Providência

Foram determinadas as composições isotópicas de Hf de quatro amostras (BD-MA-06, BD-MA-18, BD-MA-35 E BD-MA-41) da Suíte Serra da Providência, todas coletadas próximo ao contato com o Maciço Massangana e previamente datadas pelo método U-Pb. As composições isotópicas de Lu-Hf das amostras estão na tabela 11. As rochas da Suíte Serra da Providência apresentam ampla variação na composição de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  iniciais, entre 0,2815459 a 0,2823301 (Figura 71), valores representados pelas amostras BD-MA-18 e BD-MA-41 respectivamente. Esses valores correspondem a uma variação do  $\epsilon_{\text{Hf}}$  de  $-9,6$  a  $+18,3$  (Figura 72)

A amostra BD-MA-18 (tonalito) com idade de cristalização de  $1558 \pm 8,4$  Ma, apresenta todos os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  negativos com pouca variação, entre  $-9,6$  e  $-7,4$ . A idade de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ) obtida fica entre 2,63 e 2,52 Ga, exclusivamente do Paleoproterozóico.

A amostra BD-MA-06 da fácies com anfibólio e idade de cristalização de  $1573,7 \pm 6,6$  Ma, apresenta todos os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  positivos (+3,2 a +4,9), com exceção de um grão de zircão (-0,7) e idade  $T_{\text{DM}}$  entre 2,18 e 1,89 Ga

A amostra BD-MA-41 também da fácies com anfibólio, e idade de cristalização de  $1540 \pm 5,7$  Ma, apresenta apenas valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  positivos (+0,43 a +1,36). Os valores obtidos para a idade  $T_{\text{DM}}$  variam entre 2,05 a 2,10 Ga, mostrando derivação de fonte Paleoproterozóica

A amostra BD-MA-35, da fácies com biotita, com idade de cristalização de  $1525 \pm 5,6$  Ma, apresenta apenas valores positivos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  (+2 a +5,4) e idade  $T_{\text{DM}}$  entre 2,0 e 1,83 Ga.

As idades apresentadas neste estudo para as rochas da Suíte Serra da Providência mostram uma diferença de, pelo menos, 40 milhões de anos entre as idades mais jovem e mais velha obtidas nos litotipos estudados. Esse fato, aliado à variação nos valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , mostram que fontes distintas foram responsáveis pela formação dessas rochas.

Scandolara et al. (2013) propõem um modelo que integra processos de interação entre magmas predominantemente crustais e, de forma subordinada, contribuição mantélica para a formação das rochas da Suíte Serra da Providência. Os autores defendem que o Complexo Jamari, que compõe boa parte da encaixante, deve ter sido a principal fonte para as rochas dessa suíte. O Complexo Jamari, composto principalmente por anfibolitos, quartzo dioritos, tonalitos/enderbitos e granodioritos/charnoquitos, além de gnaisses graníticos subordinados, apresenta características que podem ter gerado granitos do tipo A2 como os da Serra da Providência. Scandolara *et al.* (2013) afirmam que os gnaisses com idade Paleoproterozóica e composição intermediária à ácida devem ter sido a fonte crustal dominante e que rochas máficas tiveram apenas papel secundário.

As rochas estudadas neste trabalho diferenciam-se umas das outras tanto na composição química de rocha total, quanto na composição isotópica. A amostra BD-MA-18 (tonalito), com idade de cristalização de  $1558 \pm 8,4$  Ga, é a única que apresenta apenas valores negativos de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  (-9,6 e -7,4), mostrando que sua fonte é essencialmente crustal e de uma crosta Paleoproterozóica, anterior à formação das rochas do Complexo Jamari.

As amostras da fácies com anfibólio apresentam, em sua maioria, valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  positivos, variando entre +0,43 e +1,20, na amostra BD-MA-41 e entre +3,19 e +4,88, na amostra BD-MA-06, valores que correspondem a uma idade de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ) de 2,10 a 2,05 Ga e de 1,98 a 1,89 Ga respectivamente, evidenciando uma derivação, quase exclusiva, de fontes mantélicas e que provavelmente processos de cristalização fracionada

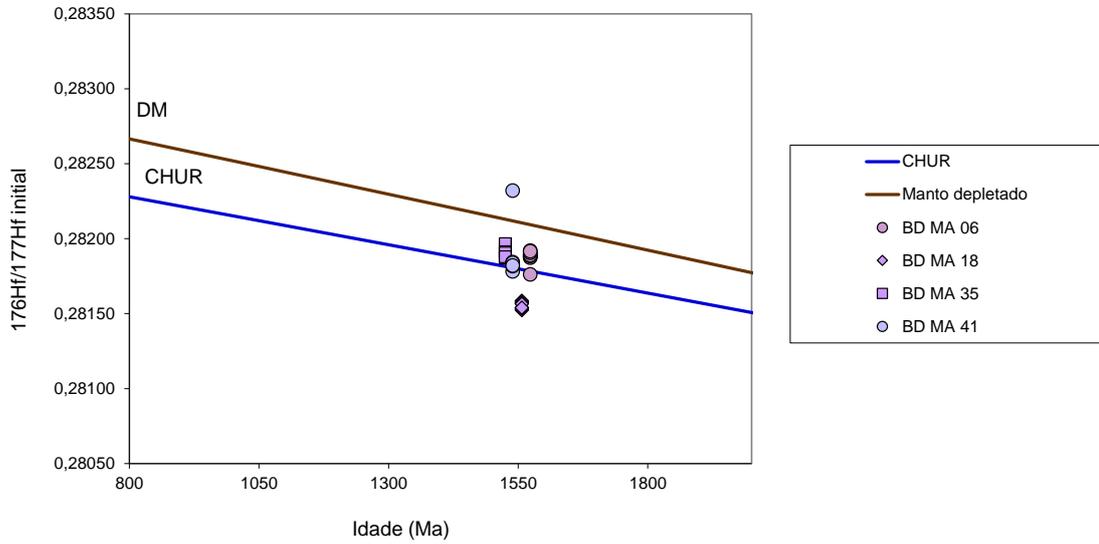
com ou sem mudança na assembleia fracionante, foram dominantes na formação dessas rochas. Dois grãos de zircão, um em cada amostra da fácies com anfibólio, apresentam valor negativo para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  de -0,73 e -0,82, o que talvez possa ser um indício de que houve assimilação, de forma subordinada, da encaixante.

Tabela 11: Resultados das análises de Hf nos grãos de zircão das amostras da Suíte Serra da Providência

Amostra	Grão zircão	Idade U-Pb (Ma)	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$	±	$^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ dias atuais	±	$^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ inicial	epsilon Hf	±	T(dm) Hf Idade modelo félsico (Ga)
BD MA 06	1	1573,7	5,7	0,281900	0,000032	0,000697	0,000008	0,281879	3,4	0,052	1,97
BD MA 06	2	1573,7	5,7	0,281949	0,000045	0,000941	0,000038	0,281921	4,9	0,219	1,89
BD MA 06	3	1573,7	5,7	0,281891	0,000031	0,000572	0,000002	0,281873	3,2	0,027	1,98
BD MA 06	4	1573,7	5,7	0,281810	0,000086	0,001581	0,000149	0,281763	-0,7	0,072	2,18
BD MA 06	5	1573,7	5,7	0,281904	0,000032	0,000617	0,000010	0,281885	3,6	0,073	1,96
BD MA 06	6	1573,7	5,7	0,281923	0,000032	0,000923	0,000004	0,281895	4,0	0,035	1,94
BD MA 06	7	1573,7	5,7	0,281910	0,000032	0,000671	0,000009	0,281890	3,8	0,069	1,95
BD MA 06	8	1573,7	5,7	0,281932	0,000041	0,000872	0,000019	0,281906	4,4	0,114	1,92
BD MA 06	9	1573,7	5,7	0,281939	0,000039	0,000723	0,000013	0,281917	4,7	0,107	1,90
BD MA 18	1	1558	8,4	0,281603	0,000029	0,000685	0,000006	0,281583	-7,5	0,109	2,52
BD MA 18	2	1558	8,4	0,281614	0,000049	0,000969	0,000026	0,281585	-7,4	0,242	2,52
BD MA 18	3	1558	8,4	0,281596	0,000035	0,000705	0,000019	0,281575	-7,8	0,251	2,53
BD MA 18	4	1558	8,4	0,281570	0,000042	0,001001	0,000013	0,281541	-9,0	0,163	2,60
BD MA 18	5	1558	8,4	0,281551	0,000033	0,000958	0,000043	0,281523	-9,6	0,486	2,63
BD MA 18	6	1558	8,4	0,281588	0,000072	0,000604	0,000013	0,281570	-7,9	0,222	2,54
BD MA 18	7	1558	8,4	0,281546	0,000043	0,000492	0,000003	0,281531	-9,3	0,116	2,61
BD MA 18	8	1558	8,4	0,281581	0,000030	0,000566	0,000008	0,281565	-8,1	0,165	2,55
BD MA 18	9	1558	8,4	0,281563	0,000055	0,000823	0,000026	0,281539	-9,1	0,339	2,60
BD MA 35	1	1525	5,6	0,282002	0,000046	0,001281	0,000018	0,281965	5,3	0,095	1,83
BD MA 35	2	1525	5,6	0,281914	0,000041	0,001208	0,000091	0,281879	2,3	0,182	1,99
BD MA 35	3	1525	5,6	0,281976	0,000047	0,001380	0,000014	0,281936	4,3	0,061	1,88
BD MA 35	4	1525	5,6	0,282006	0,000049	0,001359	0,000118	0,281967	5,4	0,490	1,83
BD MA 35	5	1525	5,6	0,281930	0,000046	0,001435	0,000119	0,281889	2,6	0,229	1,97
BD MA 35	6	1525	5,6	0,281906	0,000048	0,001213	0,000090	0,281871	2,0	0,158	2,00
BD MA 35	7	1525	5,6	0,281940	0,000057	0,001121	0,000050	0,281908	3,3	0,161	1,94
BD MA 35	8	1525	5,6	0,281970	0,000091	0,001997	0,000111	0,281913	3,5	0,207	1,93
BD MA 35	9	1525	5,6	0,281937	0,000051	0,001138	0,000044	0,281904	3,2	0,134	1,94
BD MA 35	10	1525	5,6	0,281910	0,000045	0,001050	0,000052	0,281879	2,3	0,122	1,99
BD MA 41	1	1540	5,7	0,281843	0,000035	0,000609	0,000010	0,281826	0,7	0,014	2,08
BD MA 41	2	1540	5,7	0,281858	0,000037	0,000796	0,000003	0,281835	1,1	0,009	2,06
BD MA 41	3	1540	5,7	0,281817	0,000038	0,001189	0,000103	0,281782	-0,8	0,074	2,16
BD MA 41	4	1540	5,7	0,281843	0,000037	0,000623	0,000009	0,281825	0,7	0,013	2,08
BD MA 41	5	1540	5,7	0,281859	0,000032	0,000508	0,000010	0,281844	1,4	0,032	2,05
BD MA 41	6	1540	5,7	0,281847	0,000033	0,000710	0,000011	0,281826	0,7	0,014	2,08
BD MA 41	7	1540	5,7	0,281864	0,000037	0,000844	0,000012	0,281839	1,2	0,021	2,06
BD MA 41	8	1540	5,7	0,281839	0,000042	0,000744	0,000008	0,281818	0,4	0,006	2,10
BD MA 41	9	1540	5,7	0,281849	0,000035	0,000943	0,000002	0,281821	0,6	0,003	2,09

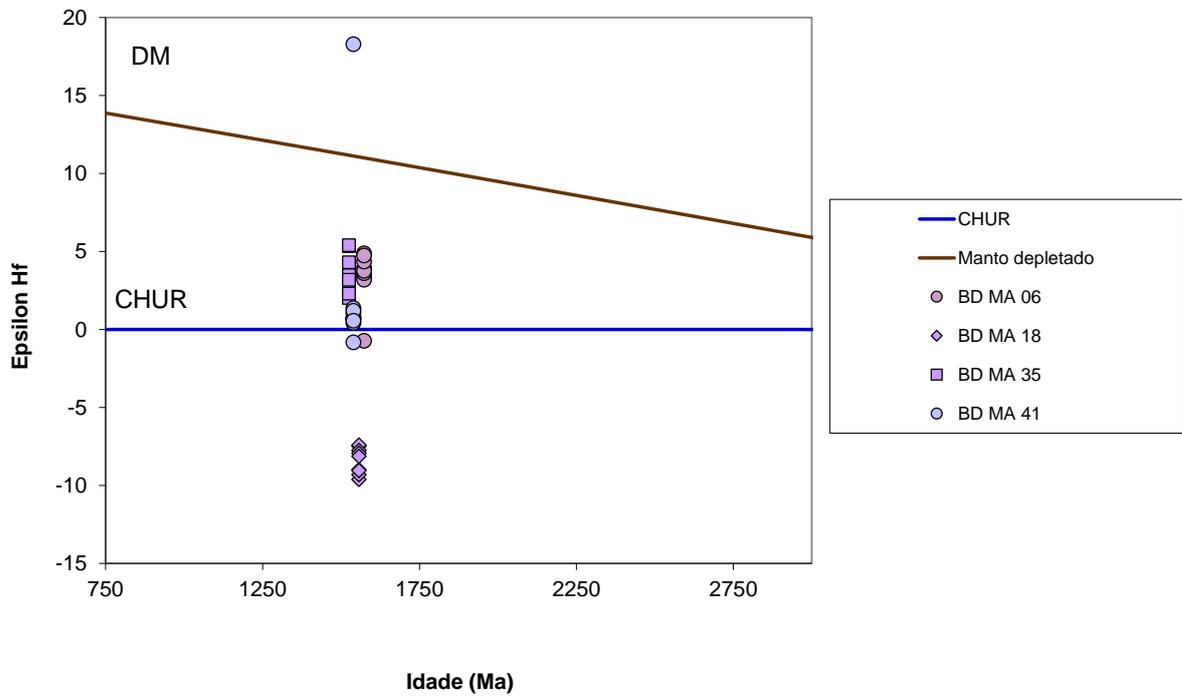
Determinação feita no laboratório Multilab da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Valores do condrito de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf} = 0,336$  e  $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf} = 0,282785$  (Bouvier et al., 2008).

Figura 71 - Diagrama com valores de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  inicial vs. idade U-Pb das amostras da Suíte Serra da Providência.



Fonte: A autora, 2016.

Figura 72 - Valores de Epsilon Hf vs. idade U-Pb das amostras da Suíte Serra da Providência.



Fonte: A autora, 2016.

A amostra BD-MA-35 da fácies com biotita, a mais jovem de todas, com idade de cristalização de  $1525 \pm 5,6$  Ma, apresenta apenas valores positivos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  (+2 a +5,4) evidenciando também uma fonte, predominantemente mantélica. A idade de extração do manto,  $T_{\text{DM}}$ , varia entre 2,00 e 1,83 Ga, também no Paleoproterozóico.

Levando em consideração, as características químicas e o padrão observados nos diagramas bivariantes de  $\text{SiO}_2$  versus elementos maiores, que mostram *trends* lineares e sem *gaps*, é possível interpretar que as amostras da fácies com biotita e com anfibólio devem ter evoluído por processos de cristalização fracionada a partir de uma mesma fonte mantélica.

O tonalito (amostra BD-MA-18), apesar de seguir alguns *trens* nos diagramas o que pode estar relacionado a processos evolutivos semelhantes, apresenta classificação química distinta das demais amostras. A idade  $T_{\text{DM}}$  entre 2,63 e 2,52 Ga e os valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  negativos (entre -9,6 e -7,4), mostram que essa rocha tem origem essencialmente crustal, diferente das demais amostras estudadas e, possivelmente, de uma crosta muito profunda, provavelmente a crosta inferior com idade Paleoproterozóica, anterior à formação do Complexo Jamari, que apresenta idade de cristalização entre 1,76 e 1,65 Ga (Scandolara, 2006). A falta de registros de uma crosta antiga pode estar relacionada à grande profundidade em que este material está alojado, logo não aflora na região de estudo; ou devido à escassez de estudos de mapeamento geológico de detalhe, que identifiquem essas rochas; ou ainda, devido a processos de retrabalhamento crustal que podem ter consumido toda essa crosta mais antiga.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Este capítulo é dividido em seções (petrografia, litogeoquímica e análises geocronológicas e isotópicas) para facilitar a leitura e entendimento de cada tópico estudado. Desse modo, as conclusões a respeito da Suíte Intrusiva Rondônia serão abordadas primeiramente e, em seguida, as conclusões e considerações finais a respeito da Suíte Serra da Providência.

### *Suíte Intrusiva Rondônia*

As análises petrográficas dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas mostram similaridades ente si com variações geralmente no conteúdo de minerais máficos e no tipo de feldspato alcalino predominante. O maciço Massangana apresenta duas fácies muito semelhantes, que se distinguem, predominantemente, pela presença de hornblenda em uma delas. A fácies biotita-granito fino a médio apresenta variação petrográfica, principalmente no conteúdo de plagioclásio, que em algumas amostras é maior que nas outras. As amostras deste Maciço, plotam em campos diferentes no diagrama de classificação Q-A-P, principalmente, devido à variação no conteúdo de quartzo, sendo classificadas como sienogranitos e quartzo-sienitos.

As variações porfíricas, classificadas como piterlitos, são representadas por duas amostras, as quais são agrupadas nas fácies biotita-granito e biotita-hornblenda-granito devido às similaridades petrográficas e químicas destas amostras.

O Maciço São Carlos não apresenta grande variação na composição de suas rochas. A granulação varia de grossa a muito grossa e a distinção das fácies consistiu na presença de biotita em maior quantidade em algumas amostras e no feldspato predominante, que na fácies álcali-granito foi o ortoclásio e, na fácies biotita-granito, foi a microclina.

O Maciço Caritianas apresenta apenas a biotita como mineral máfico e textura inequigranular média a grossa podendo ser comparada à fácies álcali-granito do Maciço São Carlos.

A distribuição das litofácies no Maciço Massangana, o mais complexo de todos, é difícil de ser determinada, pois boa parte da porção centro-oeste do maciço não foi amostras, área correspondente às fases magmáticas Bom Jardim e Taboca, delimitadas por Romanini

(1982). Entretanto é possível verificar que os biotita-granitos ocorrem preferencialmente nas bordas do maciço, enquanto que os biotita-hornblenda-granitos ocorrem nas porções mais centrais. As rochas porfíricas (piterlitos) ocorrem na porção centra-norte (amostra BD-MA-34 da fácies biotita-granito) e centro-sul (BD-MA-28) da fácies biotita-hornblenda-granito. As amostras que correspondem à fase São Domingos de Romanini (1982), são predominantemente biotita-granitos e os tipos de granulação média e fina (raro) ocorrem intrudidos nas fácies grossa a porfírica, tanto nas rochas da fase Massangana, quanto nas da fase São Domingos.

A litogeoquímica dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas mostra ampla variação no conteúdo de  $\text{SiO}_2$  do Maciço Massangana (65,2 a 76,5%), e nos demais Maciços, São Carlos (71,6 a 74,7%) e Caritianas (74,1 a 76,2%) maior homogeneidade. Os valores da razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{NaO}_2$  variam entre 1.36 e 2.10.

No diagrama ternário de O'Connor (1965), são classificadas com granitos *sensu stricto* e nos diagramas de classificação de Middlemost (1985) e R1-R2 (De la Roche et al. 1980), plotam nos campos entre granito e álcali-granito, com algumas exceções no campo de quartzo-monzonitos, representados por amostras da fácies biotita-hornblenda granito (BHG) do Maciço Massangana.

Os óxidos ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) mostram correlação negativa com o  $\text{SiO}_2$ , exceto o  $\text{NaO}_2$ , que mostra certa dispersão de dados, e do  $\text{TiO}_2$ , que apesar de mostrar tendência à uma correlação negativa, apresenta um certo *gap* com relação a algumas amostras da fácies BHG.

Com relação aos elementos menores, foi observada correlação negativa do  $\text{SiO}_2$  com Ba, Sr, Zr e Ce e positiva com Rb, Pb, Nb e Sn. No diagrama de  $\text{SiO}_2$  versus A/CNK, é observada uma diminuição no teor de alumina que está diretamente relacionada com o aumento de  $\text{SiO}_2$ , o que indica a cristalização de minerais ricos em alumínio, provavelmente os feldspatos, que são geralmente os primeiros a cristalizar-se na série evolutiva.

Nos diagramas normalizados para o condrito, anomalias negativas acentuadas de Ba, Sr e Ti, comum em granitos do tipo-A, são observadas em todos os maciços, indicando que esses elementos entraram na cristalização de minerais como titanita, e feldspatos que se cristalizaram precocemente, a partir de processos de fusão parcial associado a cristalização fracionada. A cristalização precoce de titanita é evidenciada pelas feições desses minerais observada na petrografia, como cristais eudrais bem formados.

Nos diagramas de multielementos normalizados para o ORG de Pearce et al (1984), as amostras de todos os maciços mostram comportamento similar, com anomalias negativas em

Ba acentuadas (principalmente nas fácies BHG e BGFM do Maciço Massangana), que pode ser resultado da ocorrência de biotita, que tem mais afinidade com Ba do que o anfibólio, como único mineral máfico nestas fácies.

O maior enriquecimento em Rb e Th com relação a Ta e Nb, e em Ce e Sm com relação aos demais elementos, feição que ocorre em praticamente todas as amostras dos maciços estudados indicam, segundo Pearce et al. (1984), o envolvimento predominante da crosta na fonte desses granitos.

Os Maciços apresentam características de granitos do tipo-A, com alto teor de Zr, Ga, Nb, Y, Ce e ETR (exceto Eu) (Whalen et al., 1987).

Nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico, as amostras da Suíte Intrusiva Rondônia plotam nos campos de granitos intraplaca (Pearce et al., 1984), do tipo-A (Whalen et al., 1987) e, preferencialmente no campo de granitos do tipo A2 (Eby, 1992). Segundo Eby (1992), granitos do tipo A2 são derivados de litosfera subcontinental ou crosta inferior, gerados em ambiente pós-orogênico/anorogênicos. Duas amostras do Maciço Caritianas e duas da fácies BGFM do Massangana plotam no campo delimitado para granitos do tipo A1, que segundo Eby (1992) são formados a partir de diferenciação de magmas basálticos de fonte do tipo OIB (basaltos de ilhas oceânicas), associados a *hotspots*, plumas ou zonas de rift continentais.

No diagrama de discriminação tectônica  $\text{SiO}_2$  versus  $\text{FeOt} / (\text{FeOt} + \text{MgO})$  de Frost et al. (2011), os granitoides analisados foram classificados, principalmente como do tipo *ferroan* e álcali-cálcicos ( $\text{SiO}_2$  versus  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}$ ) (Forst et al., 2011), com algumas amostras, principalmente da fácies biotita-hornblenda-granito, plotando no campo de alcalino e outras poucas, que incluem amostras de todos os maciços, no campo de cálcio-alcalino. Com relação à aluminosidade ( $\text{ASI}$  versus  $\text{A/NK}$ ), os granitoides foram classificados como metaluminosos a fracamente peraluminosos. As amostras peraluminosas são todas do Maciço Caritianas, uma do São Carlos e duas da fácies BGFM do Maciço Massangana.

Segundo Frost e Frost (2010), granitoides do tipo *ferroan* alcalinos e álcali-cálcicos são geralmente formados pela fusão de rochas basálticas, enquanto granitoides *ferroan* cálcio-cálcicos são geralmente formados por fusão crustal ou que tenha incorporado grandes quantidades da crosta.

Nos diagramas que diferenciam granitos do tipo-A de granitos cálcio-alcalinos e granitos do tipo-A oxidados de reduzidos (Dall'Agnol e Oliveira, 2007 e Frost et al., 2001), as rochas estudadas concentram-se nos campos de granitos do tipo-A reduzidos. Granitos do tipo-A reduzidos são relacionados a fontes ígneas quartzo-feldspáticas por Anderson e

Morrison, (2005), com provável incorporação de componentes metassedimentares (Dall'Agnol et al. 2005), ou por diferenciação de fontes toleíticas associada ou não à fusão de crosta inferior (Frost e Frost, 1997, Frost et al., 1999).

Nesse contexto, é possível verificar que os granitoides estudados se formaram a partir de uma mistura de fontes de processos diferentes. Fato que se confirma nas análises isotópicas de Lu-Hf que mostraram valores negativos e positivos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  e para as idades  $T_{\text{DM}}$ .

### *Geocronologia e Geologia Isotópica da Suíte Intrusiva Rondônia*

Os resultados das análises geocronológicas U-Pb realizadas em zircões do Maciço Massangana foram de:  $998 \pm 12$  Ma para o biotita-granito da fase São Domingos; de:  $995.7 \pm 9.5$  Ma,  $1005 \pm 10$  Ma e  $1010 \pm 12$  Ma para os biotita-granitos da fase Massangana e de  $1026 \pm 16$  Ma para o hornblenda-biotita granito, também correlacionados à fase Massangana de Romanini (1982).

As idades U-Pb obtidas para o Maciço São Carlos foram de:  $986 \pm 14$  Ma e  $974 \pm 10$  Ma, para as amostras das fácies álcali-granito, coletadas nas porções centrais do maciço, e  $992.5 \pm 7.7$  Ma e  $996 \pm 8$  Ma, para amostras da fácies álcali-granito e biotita-granito respectivamente, coletadas nas bordas sudoeste do maciço, mostrando que a cristalização desse maciço ocorreu primeiro nas bordas em direção ao núcleo.

Para o Maciço Caritianas as idades obtidas foram de:  $999 \pm 12$  Ma e de  $1001 \pm 9.8$  Ma, para os biotita-granitos. A primeira, coletada na porção mais a sudeste do maciço, e a segunda, na porção mais central.

As idades obtidas neste estudo são concordantes com as idades reportadas por Bettencourt *et al.* (1999), para os Maciços: São Carlos de  $995 \pm 73$  Ma e  $974 \pm 6$  Ma e Massangana, de  $991 \pm 4$  Ma. As idades obtidas para o Maciço Massangana mostram ampla variação no período de cristalização (cerca de 30 milhões de anos). Desse modo, sugere-se que, pelo menos dois pulsos magmáticos foram responsáveis pela formação das fases Massangana e São Domingos, sendo a primeira a mais antiga do complexo granitoide, como já havia sugerido Romanini (1982).

Para um melhor entendimento da evolução das fases magmáticas do Complexo Massangana, é importante que se faça uma aquisição de mais dados geocronológicos da fase São Domingos e das fases Bom Jardim e Taboca, que não foram amostradas neste estudo.

Os dados isotópicos de Lu-Hf revelam fontes distintas para a formação das rochas da Suíte Intrusiva Rondônia. Os valores de  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$  variam entre 0,281786 e 0,2823071, para as amostras do Maciço Massangana, entre 0,281617 e 0,282479 para o Maciço São Carlos e entre 0,282205 e 0,282383 para o Maciço Caritianas, indicando fonte predominantemente crustal.

No Maciço Massangana, a amostra da fase São Domingos apresenta apenas valores negativos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  entre (-14,10 a -10,84) e idade  $T_{\text{DM}}$  entre 2,40 a 2,24 Ga, com exceção de um grão de zircão que apresenta valor positivo de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  (+5,14) e idade  $T_{\text{DM}}$  de 1,41 Ga. As demais amostras desse maciço apresentam, em sua maioria valores negativos, entretanto a presença de valores positivos na amostra BD-MA-32 (3 grãos de zircão), BD-MA-27 (4 grãos de zircão) e BD-MA-21 (2 grãos zircão), indica o envolvimento, mesmo que subordinado de fontes mantélicas. A amostra BD-MA-14 da fácies biotita-granito, apresenta apenas valores negativos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  (-6,24 a -1,63) evidenciando proveniência exclusivamente crustal com idade  $T_{\text{DM}}$  entre 1,77 e 2,00 Ga, anterior a cristalização das rochas da Suíte Serra da Providência e, portanto, provavelmente correlacionadas às rochas do Complexo Jamari, que podem ter sido as principais fontes crustais e que processos ligados à fusão parcial em diferentes proporções são os prováveis mecanismos que geraram as rochas do Maciço/Complexo Massangana.

No maciço São Carlos, os cristais de zircão analisados apresentaram tanto valores positivos quanto negativos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , sendo que duas amostras coletadas nas bordas do maciço apresentam apenas valores negativos, evidenciando derivação essencialmente crustal, e outras duas, coletadas nas porções centrais, valores positivos e negativos, evidenciando mistura de fontes mantélicas e crustais. As idades de extração mantélica ( $T_{\text{DM}}$ ), obtidas para essas rochas mostram valores do Paleoproterozóico (2,65 a 2,03 Ga) para as amostras BD-SC-45 e BD-SC-46. As amostras coletadas nas porções centrais do Maciço mostram valores de  $T_{\text{DM}}$  entre 1,67 e 2,09 Ga, para as fontes crustais, e entre 1,62 a 1,08 Ga) para as fontes mantélicas.

Nas rochas do Maciço Caritianas, os valores obtidos para o parâmetro  $\epsilon_{\text{Hf}}$  são negativos e positivos, sendo a maioria dos valores positivos, o que pode ter relação com

predomínio de fontes mantélicas ou não. As idades de extração mantélica ( $T_{DM}$ ) ficaram entre 1,46 a 1,76 Ga, apenas no Mesoproterozóico.

As rochas do Maciço Caritianas, diferente das demais, apresentam significativamente mais valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos (+0,19 a +8,22), com apenas três grãos de zircão em cada amostra com valor negativo (-0,04 a -1,53). As idades  $T_{DM}$  variam entre 1,69 a 1,76 Ga, para os valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos, e entre 1,46 a 1,68 Ga, para os valores negativos que representam os componentes crustais e mantélicos respectivamente.

A fonte mantélica, que teve menor contribuição na formação das rochas dos Maciços Massangana e São Carlos e maior contribuição no Maciço Caritianas, pode estar relacionada à fusão do manto superior, que pode ter sido possibilitada por fluxos de calor de zonas de subducção distais, correlacionadas temporalmente à orogenia Rondoniana-San Ignácio entre 1,45 a 1,30 Ga e também à Orogenia Sunsás (1,25 a 1,06 Ga) que ocorreram na região SW do Cráton Amazonas. Essas orogenias criaram, segundo Santos *et al.* (2007) zonas de cisalhamento rúptil-ductil nas regiões cratônicas, com movimentações transtensivas, que permitirem o alojamento das rochas graníticas e podem ter permitido a entrada de magmas mantélicos originados a partir de fusão do manto superior depletado, que interagiu com a crosta para formar as suítes graníticas bimodais da Província Estanífera de Rondônia.

#### *Conclusões sobre a Evolução Petrológica dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas*

Levando em consideração os dados obtidos neste estudo e os dados presentes na literatura, a autora conclui que os maciços estudados nesta dissertação, pertencentes à Suíte Intrusiva Rondônia ou *Younger Granites of Rondonia*, evoluíram a partir de duas ou mais fontes distintas e que cada Maciço possui uma história evolutiva diferente do outro através de processos de fusão parcial de fontes crustais e mantélicas associadas a processos de mistura magmática e cristalização fracionada.

No Maciço Massangana, as amostras que foram coletadas na porção que compreende a fase Massangana de Romanini (1982), (BD-MA-14, BD-MA-21, BD-MA27 e BD-MA-32) mostram uma variação no parâmetro  $\epsilon_{Hf}$  de valores positivos (+0,23 a + 5,24) e negativos (-13,73 a -0,24) com predomínio de valores negativos. Essa variação indica que as rochas da fase Massangana evoluíram a partir de fontes predominantemente crustais, com mistura de crostas diferentes e provável contribuição subordinada de material mantélico. As possíveis

fontes crustais podem estar relacionadas às encaixantes da região: Complexo Jamari, com idade de cristalização de 1,76 a 1,68 Ga, (Scandolara, 2006) e à Suíte Serra da Providência com idade de cristalização entre 1,60 e 1,53 Ga, (Scandolara *et al.*, 2013).

As idades de extração mantélicas ( $T_{DM}$ ), obtidas para os grãos de zircão da amostra BD-MA-08, pertencente à fase São Domingos de Romanini (1982), mostram valores do Paleoproterozóico, superiores aos das outras amostras desse maciço (entre 2,40 e 2,24 Ga), o que indica o envolvimento de crosta mais antiga na formação das rochas dessa porção do maciço Massangana, que, apesar de apresentar aspectos petrográficos e idade de cristalização muito semelhante às rochas da fase Massangana, são originadas a partir de uma fonte crustal diferente.

No Maciço São Carlos, os cristais de zircão das amostras coletadas nas bordas (BD-SC-45 e BD-SC-46), assim como os da amostra BD-MA-08, do Maciço Massangana, mostram fonte essencialmente crustal, com valores de idade  $T_{DM}$  entre 2,65 e 2,06 Ga, anteriores à formação das encaixantes, ou seja, são pré-Complexo Jamari e correspondem a uma variação de  $\epsilon_{Hf}$  de -19,15 a -11,64.

As amostras coletadas nas porções centrais do Maciço São Carlos (CN-MG 10C e CN-MG-12) mostram tanto valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos (+11,28 a +0,81) quanto negativos (-0,20 a -8,14), evidenciando uma mistura de componentes crustais e mantélicos. O processo de cristalização do Maciço São Carlos teve início a partir das bordas, (amostras BD-SC-45 e BD-SC-46 com idades de cristalização de  $996 \pm 8,2$  Ga e  $992,5 \pm 7,7$  Ma, respectivamente) através de processos de fusão parcial da rocha fonte, e no decorrer desse processo, pode ter havido uma mistura com material mantélico para a formação das porções mais centrais do Maciço São Carlos, conclusões evidenciadas pelos valores positivos de  $\epsilon_{Hf}$ , apenas nessas amostras (CN-MA-10C e CN-MG-12 com idades de cristalização de  $986 \pm 12$  Ma e  $974 \pm 10$  Ma, respectivamente).

As idades  $T_{DM}$  entre 2,65 e 2,06 Ga, anteriores a formação das encaixantes da região, rochas do Complexo Jamari (1,76 a 1,64 Ga), devem estar relacionadas a fontes crustais mais profundas, provavelmente da crosta inferior, a qual não há registros na região. A falta de registros dessa crosta mais antiga pode estar relacionada à profundidade em que ela está alojada, logo não aflora na região; à falta de mapeamentos de detalhe na região ou ao fato desta crosta ter sido consumida por processos de retrabalhamento crustal.

O Maciço Caritianas é o único que apresenta, em sua maioria, valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos (entre +0,19 e +8,22) em detrimento dos valores negativos (entre -0,04 e -1,53). As idades de

extração do manto depletado ( $T_{DM}$ ) variam entre 1,68 e 1,46 Ga para o componente mantélico e 1,76 a 1,69 Ga para o crustal. A concentração de valores de  $\epsilon_{HF}$  (+) indica que a fonte envolvida na formação do Maciço Caritianas pode ter sido principalmente mantélica e que a fonte crustal deve ter contribuído em menor proporção.

A maior contribuição de material mantélico na formação do Maciço Caritianas também é evidenciada pela sua classificação no diagrama ternário de Eby (1992), como granitos do tipo A1, os quais são relacionados pelo autor a fontes diferenciadas de magmas basálticos do tipo OIB, associados à *hotspots*, plumas ou zonas de rift continentais localizados em ambiente anorogênico. No caso dessas amostras, provavelmente relacionados a zonas de rifts continentais, que são descritos por Santos *et al* (2007) na região. Anomalias negativa em Y, em uma das amostras e altas concentração de Ta e Nb também são indicativos de fonte mantélica. O caráter peraluminoso, dessas rochas, pode indicar contribuição de fontes crustais, provavelmente de fontes metassedimentares como os paragneisses do Complexo Jamari, encaixante do Maciço Caritianas.

A determinação precisa das possíveis fontes de granitos do tipo-A deve levar em consideração a grande variedade de forma de ocorrência destes, tanto em áreas continentais como em áreas oceânicas. Uma conclusão que pode ser tomada, segundo Bonin (2007), é que a natureza da crosta perfurada por magmas do tipo-A pode não ter tanta influencia em termos de composição modal e elementos maiores. Por outro lado, pode influenciar nas composições isotópicas e de elementos traços.

Segundo Bonin (2007), “end-members” do manto enriquecido podem ser reinterpretados como uma mistura de manto residual depletado e reciclagem de crostas de vários tamanhos, idades e composições. Essa teoria explica, segundo o autor, a grande variedade de assinaturas encontradas em suítes de granitos do tipo-A, evidenciando heterogeneidades composicionais, adicionados a um pequeno percentual de fusão parcial e geração de pequenos volumes de magmas primários. A heterogeneidade é uma característica comum a granitos do tipo-A.

A fusão parcial de fontes para granitos do tipo-A requer, segundo Bonin (2007) uma grande quantidade de calor. Entretanto, rochas classificadas como anorogênicas, ocorrem geralmente em regiões estáveis e frias, de espessamento litosférico. Segundo Black e Liègeois, (1993) a entrada de calor, independente de sua origem, resulta em erosão e/ou mecanismos de delaminação de litosfera inferior. Os possíveis cenários propostos que

resultariam na delaminação da litosfera envolvem o calor vindo de plumas mantélicas ou através de movimentos ao longo de zonas de cisalhamento.

Santos et al. (2007), por meio de estudos com imagens de sensoriamento remoto, dados de campo, geocronológicos, petrográficos, etc, identificaram, na porção SW do Cráton Amazonas, três fases de deformação/movimentação, que se desenvolveram em um regime predominantemente compressivo durante todo o Proterozóico. A tectônica, com características transtensivas, criou condições favoráveis ao alojamento de corpos graníticos de diversas idades, através do adelgaçamento crustal e da formação de estruturas de afastamento de tipo *rhomb-chams*, *releasing bends*, *pull-apart*, etc.

O controle da litosfera por zonas de cisalhamento de grande escala é evidenciado, segundo Azzouni-Sekkal et al. (2003), pela percolação de fluidos de longa duração, que alteram a composição de rochas primárias e perturbam as assinaturas isotópicas, além de serem associados à concentração de metais de interesse econômico como Sn-W-Mo, Au, U-Th, Nb, Ta e elementos terras raras.

As perturbações isotópicas nos dados de Hf, principalmente das amostras dos Maciços Massangana e São Carlos, aliado ao fato da região ser rica em minerais de interesse econômico com Sn, W, Nb, Ta e ETRs podem ser evidências de que realmente houve delaminação da crosta inferior para a formação desses granitos, possibilitada por zonas de cisalhamento, como atestado por Santos et al., (2007).

O ponto mais crítico é definir qual era a crosta inferior. Os dados isotópicos indicam idade de extração mantélica que varia do Paleo ao Mesoproterozóico, mostrando que houve uma mistura de fontes crustais diferentes na formação dos granitos que compõem a Suíte Intrusiva Rondônia.

Na literatura, existem algumas hipóteses para a formação de granitos do tipo-A. Segundo Loiselle e Wones, (1979) granitos do tipo-A podem ser derivados a partir de fracionamento direto de magmas derivados do manto. Já Collins et al., (1982) e Whalen et al., (1987) defendem que a fusão parcial de rochas da crosta de vários tipos, incluindo granulitos anidros da crosta inferior seja o mecanismo provável para a formação desse tipo de rochas. Outros autores defendem a hipótese de diferenciação de rochas máficas (Frost e Frost, 1997) ou de rochas graníticas intermediárias variando de tonalito a granodiorito (Anderson, 1983; Sylvester, 1989; Creaser et al., 1991), ou ainda numa combinação de fontes crustais e mantélicas, através da mistura e/ou de cristalização fracionada com assimilação da encaixante (AFC) (Collins et al., 1982; Clemens et al., 1986; Whalen et al., 1987).

No caso das rochas da Suíte Intrusiva Rondônia, a hipótese de combinação de fontes crustais (dominante) com fontes mantélicas, a partir de uma mistura de processos, que envolvam a fusão parcial, como principal processo, associada a processos de mistura magmática e cristalização fracionada, parece ser o modelo mais adequado.

Os valores de Hf obtidos para a amostra da fase São Domingos mostram que o magma a partir do qual ela se cristalizou deriva de fonte exclusivamente crustal mais antiga e profunda que as encaixantes, Complexo Jamari, com idades entre 1,76 a 1,68 Ga, (Scandolara, 2006) e Suíte Serra da Providência, entre 1,6 e 1,53 Ga, (Scandolara et al., 2013), as quais podem ter sido as possíveis fontes crustais para as rochas que compõem a fase Massangana desse maciço e dos Maciços Caritianas e São Carlos. Este último também apresenta valores de idade  $T_{DM}$  mais antigos do que as da encaixante, mostrando que uma crosta mais antiga e mais profunda deve ter tido grande contribuição na formação dessas rochas.

#### *Conclusões: Suíte Intrusiva Serra da Providência*

As amostras estudadas da Suíte Serra da Providência foram divididas em três litofácies principais de acordo com a variação no mineral máfico presente em: fácies com piroxênio, fácies com anfibólio e fácies com biotita.

A fácies com piroxênio é representada por uma amostra isotrópica de granulação média que possui apenas o clinopiroxênio como máfico, além de quartzo e plagioclásio como mineralogia principal, classificada como tonalito no diagram QAP, com fase em estimativa visual de minerais principais. Como minerais acessórios são descritos zircão, grande quantidade de minerais opacos anédricos e titanita, também anédrica; e como mineralogia secundária, clorita. A amostra BD-MA-15 definida como monzogranito apresenta granulação grossa e clinopiroxênio em pequena quantidade (< 5%), além de biotita e hornblenda como máficos predominantes. O feldspato principal também é representado pelo plagioclásio e os acessórios representados por zircão e titanita.

A fácies com anfibólio apresenta coloração acinzentada, algumas isotrópicas e outras com minerais máficos apresentando certa orientação e granulação grossa com tendência porfirítica. A microclina representa o feldspato predominante, em detrimento do ortoclásio e apresenta em algumas amostras intercrescimento perítico incipiente, quartzo ocorre na forma de grandes cristais, por vezes deformados, e ainda plagioclásio em ripas subédricas intersticiais que formam textura mirmequítica com o quartzo. Os minerais acessórios são

representados por titanita euédrica, zircão e opacos anédricos que se concentram nos aglomerados de minerais máficos.

As amostras da fácies com biotita apresentam coloração amarelada a rosada e estrutura maciça, ou com leve estiramento de minerais máficos. A mineralogia principal é composta por microclina, quartzo, plagioclásio intersticial e biotita, único máfico desta fácies. Os minerais acessórios são zircão, titanita e minerais opacos. Também é observada textura mirmequítica.

Com relação à litogeoquímica, as rochas da Suíte Serra da Providência mostram ampla variação entre os litotipos amostrados. O conteúdo de  $\text{SiO}_2$  fica entre 63,2 e 68,3%, para as amostras da fácies com piroxênio, entre 65,8 e 80,6%, para as amostras da fácies com anfibólio e entre 74,4 e 75,7%, para as amostras da fácies com biotita. A razão  $\text{K}_2\text{O}/\text{NaO}_2$  varia entre 1,27 e 2,59, exceto para a amostra BD-MA-18 (tonalito) com 0,08, mostrando a maior concentração de Na desta amostra, em detrimento do K.

Nos diagramas de classificação as amostras das fácies com anfibólio e com biotita plotam preferencialmente nos campos de granito e álcali-granito (O'Connor, 1965 e De la Roche et al. 1980), e as amostras da fácies com piroxênio plotam nos campos de trondhjemitó e quartzo-monzonito (BD-MA-18) e quartzo-monzonito (BD-MA-15) no diagrama de O'Connor, (1965), e no campo de tonalito (de De la Roche et al., 1980).

Os diagramas bivariantes de  $\text{SiO}_2$  versus óxidos mostram correlação negativa dos óxidos  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}_{(t)}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MnO}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$  e dispersão de dados com relação aos álcalis. Com relação aos elementos menores, Zr, Sc, Sr e Ba mostram tendência a uma correlação negativa, com *trends* não tão definidos. A correlação negativa da sílica com os elementos maiores sugere que processos ligados à cristalização fracionada e/ou fusão parcial devem ter sido os responsáveis pela a formação das rochas dessa suíte e que a provável assembleia fracionante é composta por feldspatos, hornblenda, titanita e apatita, este último não é descrito na petrografia.

Nos diagramas multielementares, normalizados para o condrito, ocorrem anomalias negativas acentuadas em Sr, P e Ti em todas as amostras estudadas e, menos acentuadas em Ba, nas rochas da fácies com anfibólio. Além de ausência de anomalia nesse elemento na amostra BD-MA-15, da fácies com piroxênio. Nos diagramas normalizados para o ORG de Pearce et al. (1984), as amostras da fácies com piroxênio mostram anomalias positivas em Th e Ce e não mostram anomalia significativa nos demais elementos, com exceção da amostra da BD-MA-18, que apresenta anomalia negativa em Rb, o que não é comum em granitos intraplaca (Pearce et al., 1984).

Com relação aos diagramas de ETR, normalizados para o condrito de Boynton, (1984), todas as amostras mostram anomalias negativas em Eu, com grande variação nos valores de  $[Eu/Eu^*]_N$  para a fácies com biotita (0,06 a 0,33), variação intermediária (0,18 a 0,46) para a fácies com anfibólio e pequena variação (0,45 a 0,5) para as amostras da fácies com piroxênio. As amostras mostram enriquecimento fraco a moderado em ETR leves com relação a pesados, com valores de  $[(La/Yb)_N]$  entre 1,81 a 25,23.

Nos diagramas de discriminação de ambiente tectônico, as amostras da Suíte Serra da Providência plotam preferencialmente no campo de granitos intraplaca de Pearce et al. (1984), exceto algumas amostras da fácies com anfibólio que plotam no campo de granitos de arco vulcânico e sin-colisional em todos os diagramas propostos, e uma amostra da fácies com piroxênio (BD-MA-18) que plota no campo de granitos de crista oceânica nos diagramas de  $Y+Nb$  versus  $Rb$  e  $Ta+Yb$  versus  $Rb$ . Nos diagramas que distinguem granitos do tipo-A de Whalen et al. (1987), as amostras plotam preferencialmente no campo de granitos do tipo-A, com exceção de duas amostras da fácies com anfibólio que plotam nos campos de granitos fracionados (diagramas de  $Zr+Nb+Ce+Y$  versus  $FeOt/MgO$  e versus  $(NaO_2+K_2O)/CaO$ ).

Nos diagramas  $SiO_2$  vs.  $FeO_t / (FeO_t + MgO)$ , ASI vs. A/NK e MALI de Frost e Frost (2001), as amostras foram classificadas como do tipo *ferroan*, exceto a amostra BD-MA-18 da fácies com piroxênio, que foi classificada como do tipo *magnesian*, como metaluminosas a fracamente peraluminosas (apenas as amostras da fácies com biotita), e como álcali-cálcicas e cálcio-alcalinas (amostras das fácies com biotita, com anfibólio e uma da fácies com piroxênio), exceto a amostra BD-MA-18, que plota no campo de rochas cálcicas e uma amostra da fácies com anfibólio que plota no campo alcalinas.

Nos diagramas que diferenciam granitos do tipo-A de granitos cálcio-alcalinos e granitos do tipo-A reduzidos de granitos do tipo-A oxidados, as amostras plotam preferencialmente no campo de granitos do tipo-A, com algumas amostras plotando nos campos sobrepostos entre granitos do tipo-A e cálcio-alcalinos (amostras das fácies com anfibólio e biotita) e outra (BD-MA-15), plotando no limite e fora dos campos estipulados para granitos do tipo-A. A amostra BD-MA-18 não plota nos campos delimitados em nenhum dos diagramas propostos por Dall'Agnol e Oliveira (2005). As amostras têm amplo espalhamento no diagrama  $Al_2O_3$  vs.  $FeOt/(FeOt+MgO)$  e concentram-se nos campos coincidentes entre granitos do tipo-A reduzidos e granitos do tipo-A oxidados.

A análise dos dados litogeoquímicos associada aos diagramas mostra claramente que fontes distintas foram responsáveis pela formação das rochas da Suíte Serra da Providência, principalmente ao que se refere à amostra BD-MA-18, que se destacou das demais em

praticamente todos os diagramas apresentados e pode estar relacionada a fontes e ambiente tectônico diferente das demais.

### *Geocronologia e geologia isotópica*

Quatro amostras, coletadas nos limites entre o Maciço Massangana e a encaixante, foram selecionadas para análise geocronológica U-Pb e análise de geoquímica isotópica Lu-Hf. As amostras mostram idade de cristalização de  $1557,7 \pm 8,4$ , Ma para a amostra BD-MA-18 da fácies com piroxênio; de  $1540 \pm 5,7$  Ma e  $1573,7 \pm 6,6$  Ma para as amostras BD-MA-41 e BD-MA-06 da fácies com anfibólio e idade de  $1525 \pm 5,6$  Ma a amostra BD-MA-35 da fácies com biotita, mostrando que a encaixante das porções norte, noroeste e sudeste do Maciço Massangana são representadas, principalmente, por rochas da Suíte Serra da Providência.

Os valores de Epsilon Hf para as amostras da Suíte Serra da Providência variam significativamente. Os valores obtidos para a amostra BD-MA-18 são apenas negativos (-9,6 a -7,4) e a idade de extração mantélica ( $T_{DM}$ ) é exclusivamente do Paleoproterozóico, entre 2,63 e 2,52, mostrando que essa rocha tem origem exclusivamente crustal, possivelmente a crosta inferior com idade anterior à formação do Complexo Jamari.

As amostras da fácies com anfibólio e biotita mostram apenas valores positivos para parâmetro  $\epsilon_{Hf}$  (valores entre +0,43 a +5,40) com idades de extração mantélicas ( $T_{DM}$ ) concentradas no Paleoproterozóico (2,10 a 1,83 Ga). Exceto duas amostras da fácies com anfibólio, que apresentaram, cada uma, um grão de zircão com valor negativo (-0,82 e -0,73).

A ocorrência de valores, quase que exclusivamente, positivos, indica que a formação das rochas das fácies com anfibólio e com biotita tiveram uma maior contribuição de material mantélico juvenil, formadas provavelmente, por meio de processos de cristalização fracionada com pequena contribuição de material crustal.

### *Evolução petrológica proposta para as rochas da Suíte Serra da Providência*

Santos et al. (2007) atribuem o *emplacement* da Suíte Serra da Providência à segunda de três fases de movimentação que ocorreram na porção SW do Cráton Amazonas, correlacionada à Orogenia Rondoniana-São Ignácio (1,45 a 1,30 Ga). Entretanto as idades reportadas na literatura, entre 1,60 e 1,53 Ga (Scandolaro, 2006) e idades adquiridas no

presente estudo (entre  $1525 \pm 5,6$  Ma e  $1557,7 \pm 8,4$  Ma) mostram que a cristalização das rochas da Suíte Serra da Providência é anterior à Orogenia Rondoniana-São Ignácio, sendo mais provável uma correlação com a primeira fase de movimentação proposta por esse autor, relacionada aos estágios finais da Orogenia Rio-Negro Juruena (1,80 -1,55 Ga).

Scandolara et al. (2013) relacionam a formação da Suíte Serra da Providência a fontes, predominantemente Paleoproterozóicas, representadas por gnaisses de composição intermediária a ácida do Complexo Jamari, associadas a menores proporções de rochas máficas. Essa associação não se aplica as rochas analisadas neste trabalho.

A amostra BD-MA-18, com idade de cristalização de  $1557,7 \pm 8,4$  Ma, concordante com as idades reportadas na literatura para a Suíte Serra da Providência, não se encaixa nas características de granitos do tipo-A. A idade de extração mantélica ( $T_{DM}$ ) entre 2,27 e 2,35 Ga e os valores de  $\epsilon_{Hf}$  desta amostra (-9,62 a -7,41) indicam fonte exclusivamente crustal Paleoproterozóica, anterior à formação das encaixantes, rochas do Complexo Jamari. As características dessa amostra como: ser um tonalito, do tipo *magnesian*, cálcico (Frost e Frost, 2001), plotar no campo de granitos de crista oceânica, nos diagramas de Pearce et al. (1980), além de baixa concentração de Rb (4 ppm), indicam uma formação possivelmente relacionada a ambiente orogênico. Essa conclusão pode ser um indicativo que as rochas da Suíte Serra da Providência não são exclusivamente pós-orogênicas/anorogênicas ou que a amostra BD-MA-18 representa uma rocha que não pertence a essa Suíte, mas que é correlacionada temporalmente a ela.

As demais amostras apresentam características de rochas definidas como do tipo-A (tabela 14) e suas fontes mostram-se predominantemente mantélicas, fato evidenciado pela grande maioria de valores de  $\epsilon_{Hf}$  positivos (+0,43 a +5,40), com apenas dois valores negativos para as amostras da fácies com anfibólio, o que sugere contribuição crustal diminuta. As idades de extração mantélicas ( $T_{DM}$ ) entre 2,10 e 1,83 Ga, exclusivamente no Paleoproterozóico, indicam que as prováveis fontes mantélicas (predominante) devem ter origem a partir de processos de fusão parcial do manto depletado com pequena assimilação das rochas encaixantes, representadas pelo Complexo Jamari e/ou de fontes crustais mais antigas.

*Perspectivas para o entendimento da evolução das Suítes Intrusivas Rondônia e Serra da Providência*

Suítes Intrusivas de Granitos Rapakivi tem sido amplamente estudadas nas últimas décadas (Dempster et al. 1994; Bettencourt et al. 1995a, 1995b, 1999; Dall' Agnol et al. 1999; Frost et al. 2001; Dall' Agnol e Oliveira, 2005; Anderson e Morrison, 2006; Heinonen et al, 2010; Frost e Frost 2010; entre outros). Apesar de serem caracterizadas principalmente como anorogênicas, novos estudos (Ahall et al. 2001, Sadowski e Bettencourt et al. 1996; Geraldtes et al. 2004) tem mostrando que relações distais com eventos orogênicos podem ter um importante papel na formação dessas suítes. O caráter bimodal, que antes era apenas sugerido, através de feições petrográficas e litogeoquímicas; com o advento de novas técnicas de análise isotópica, principalmente a união de dados geocronológicos U-Pb e isotópicos Lu-Hf em cristais de zircão, agora pode ser confirmado. A união dessas técnicas tem se mostrando uma importante ferramenta na definição de fontes para granitos Rapakivi.

Nas Suítes Intrusivas Serra da Providência e Rondônia, que são as representates mais velha e mais jovem do magmatismo rapakivítico que ocorreu no território de Rondônia, o bimodalismo é confirmado pelas análises isotópicas de Lu-Hf, as quais mostram grande variação nos valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , entre positivos e negativos, sendo que algumas amostras de um mesmo maciço apresentam apenas valores positivos e outras, apenas negativos, evidencia que a mistura de fontes crustais e mantélicas é um processo comum nessas rochas.

Feições petrográficas e litogeoquímicas, como *clots* de minerais máficos, presença de enclaves de microgranito, além de variação no conteúdo de ETR são mais indicativos de que mistura de fontes contrastantes pode ter sido o principal processo na formação dessas suítes.

Entretanto, ainda é difícil definir o grau de envolvimento crosta/manto na formação dessas rochas, visto que a técnica Lu-Hf em análises pontuais de cristais de zircão (LA-ICP-MS) ainda é nova e ainda não existem parâmetros comparativos publicados que possam elucidar variações de  $\epsilon_{\text{Hf}}$  em cristais de zircão de uma mesma amostra. Desse modo, o advento de novos dados isotópicos na área de estudo, será muito importante para definir o grau de envolvimento de fontes mantélicas e se, estas realmente foram as principais responsáveis pela formação de algumas amostras aqui estudadas, como as do Maciço Caritianas e as amostras das fácies com anfibólio e biotita da Suíte Serra da Providência, as quais apresentaram valores de  $\epsilon_{\text{Hf}}$ , em sua maioria, positivos, indicando fonte predominantemente mantélica.

A fonte mantélica deve ter sido, provavelmente, originada a partir de processos de fusão parcial do manto superior depletado, que também favoreceu, através do fornecimento de calor, a fusão da crosta inferior. O Complexo Jamari e a Suíte Serra da Providência podem ter sido fontes crustais para a formação das rochas, principalmente do Maciço Massangana e de forma subordinada do Caritianas. O Maciço São Carlos parece ter uma fonte crustal predominantemente anterior á formação das encaixantes com contribuição restrita destas.

A ocorrência de uma amostra (BD-MA-18) com idade correlacionada à Suíte Serra da Providência (SSP),  $1557,7 \pm 8,4$  Ma, porém com características químicas de uma rocha relacionada à orogênese, indica que, ou essa amostra não faz parte da SSP, ou essa suíte não é estritamente anorogênica.

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, J.L.; MORRISON, J. 2005. Ilmenite, Magnetite, and peraluminous Mesoproterozoic Anorogenic granites of Laurentia as Baltica. *Lithos*, [S.I.], v. 80, p. 45-60.
- ANDERSON, J.L.; BENDER, E. E. 1989. Nature and origin of Proterozoic A-type granitic magmatism in the southwestern United States of America, *Lithos*, [S.I.], v. 23, p 19-52.
- ALMEIDA F.F., HASUI, Y., BRITO NEVES, B.B. 1976. The Upper Precambrian of South America. *Boletim IG*, Instituto de Geociências da USP., 7:45-80.
- ÁLLEGRE, C. 2005. *Géologie isotopique*. Editora Belin, Paris. 285p.
- BATCHELOR, R. A.; BOWDEN, P. Petrogenetic interpretation of granitoids series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, [S.I.], v. 48, p. 43-55. 1985.
- BETTENCOURT, J. S., TOSDAL R. M., LEITE W. B. JR., PAYOLLA B. L. 1995. The Rapakivi Granites of Rondônia Tin Province and Associated Mineralization. In: Symposium Rapakivi Granites and Related Rocks, 6, Belém, Brazil, Excursion Guide, 5- 16.
- BETTENCOURT, J. S., LEITE JR., W. B., PAYOLLA, B. L., SCANDOLARA J. E., MUZZOLON R., VIAN J. A. J. 1997. The rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, northern Brazil. In: International Symposium on Granites and Associated Mineralizations (ISGAM II). Salvador: Excursions Guide. 31p.
- BETTENCOURT J. S., TOSDAL R. M., LEITE W. B. JR., PAYOLLA B. L. 1999. Mesoproterozoic rapakivi granites of the Rondônia Tin Province, southwestern border of the Amazonian craton, Brazil – I. Reconnaissance U-Pb geochronology and regional implications. *Precambrian Research*, [S.I.], v. 95, p. 41-67.
- BIZZI L. A. SCHOBENHAUS C., VIDOTTI R. M. E GONÇALVES J. H. *Geologia, Geotectônica e Recursos Minerais do Brasil*. CPRM, Brasília, 2003 (pgs169 a 195).
- BONIN, B. 2007. A-type Granites and related Rocks: Evolution of a concept, problems and prospects. *Lithos*, [S.I.], v. 97, p. 1-29.
- COLOMBO F., LIRA R., MINER E. V. P. 2009. Mineralogical Characterization of topaz from miarolitic pegmatites and w-bearing greisen in the A-Type El Portezuelo granite, Papachacra (Catamarca Province). *Rev. Asoc. Geol. Argentina*. Vol. 64 n.2 Buenos Aires.

CORDANI U. G.; TASSIMARI C. C. G, TEIXEIRA W, BASEI M. A. S, KAWASHITA K. 1979. Evolução tectônica da Amazônia com base nos dados geocronológicos. *In: Congresso Geológico Chi- leno, 2., Arica, 1979. Actas. Arica, v. 4, p.137-148*

COUTINHO M. G. DA NOBREGA. 2008. Província Mineral do Tapajós: geologia, metalogenia e mapa previsional para Ouro Preto em Sig. *In: CPRM, Geologia e Recursos Minerais do estado de Rondônia. Programa Geologia do Brasil. Porto Velho – RO, 2007. Págs. 13, 45 e 68-79.*

CPRM, SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. 2007. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Rondônia – Sistema de Informações Geográficas – SIG. Programa Geologia do Brasil – Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil. Mapas Geológicos Estaduais Escala 1:1.000.000. pgs 13 e 45-46

CHAPPEL, B.W.; WHITE, A.J.R. 1974. Two contrasting granites types. *Pac. Ged., [S.I.], v. 8, p. 173-174.*

DALL'AGNOL, R.; OLIVEIRA, D.C. 2007. Oxidized, magnetite-series, rapakivi-type granites of Carajás, Brasil: implications for classification and petrogenesis of A-type granites. *Lithos, [S.I.], v. 93, p.215-233.*

DALL'AGNOL, R.; TEIXEIRA, N. P.; RAMO, O. T.; MOURA, C. A. V.; MACAMBIRA, M. J.B.; OLIVEIRA, D. C. de. 2005. Petrogenesis of the Paleoproterozoic rapakivi, A-type granites of the Archean Carajás Metallogenic Province, Brasil. *Lithos, [S.I.], v. 80, n 1-4, p. 101-129.*

DALL'AGNOL, R., COSTI, H. T., LEITE, A. A. da S., MAGALHÃES, M. S. de, TEIXEIRA, N. P. 1999. Rapakivi granites from Brazil and adjacente áreas. *Precambrian Research, [S.I.], v. 95, p. 9-39.*

EBY, G. N. 1992. Chemical subdivision of A-type granitoids: Petrogenetic and Tectonic Implications. *Geology, [S.I.], v. 20, p. 641-644.*

FAURE, G., 1986. Principles of Isotope geology (2nd Ed.), John Wiley & Sons, 589p.

FROST, C. D., FROST, B. R. 1997. Reduced rapakivi-type granites: the tholeiite connection. *Geology, [S.I.], v. 25, p. 647-650*

FROST, B. R., ARCULUS, R. J., BARNES, C. G., COLLINS, W. J., ELLIS, D. J., FROST, C. D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology, [S.I.], v. 42, p. 2033-2048.*

FROST, C. D., FROST, B. R. 2010. On Ferroan (A-type) Granitoids: Their compositional variability and models of origin. *Jornal of Petrology, [S.I.], v. 52, p. 39-53.*

GERALDES, M. C., TEIXEIRA, W., HEILBRON, M. 2004 Lithospheric versus asthenospheric source of the SW Amazonian craton A-Types granites: the role of the Paleo and Mesoproterozoic accretionary belts for their coeval continental suites. *Episodes*, v. 27, n.3, p. 1-5.

GERALDES M. C., NOGUEIRA C. C. 2013. Rondonia Tin Province, SW Amazonian Craton Revised: Geochronology, Magmatic Processes and Tectonic Setting. In SGA, Simp. Geologia da Amazônia, 13, Anais.

ISOTTA C. A. L., CARNEIRO, J. M., KATO H. T., BARROS R. J. L. 1978. *Projeto Província Estanífera de Rondônia*. Porto Velho. DNPM/CPRM. Vols. 1-3.

KLOOSTERMAN, J.B. A tin province of the Nigerian type in southern Amazônia. In: TECHNICAL CONFERENCE ON TIN, 2, 1968, London. p.381-400. 1968.

LARIN, A.M. Rapakivi granites in the geological history of the earth. Part 1, magmatic associations with rapakivi granites: Age, geochemistry, and tectonic setting. **Stratigraphy and Geological Correlation**, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 235-258. 2009.

O'CONNOR, J. T. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. In: US GEOLOGICAL SURVEY PROFESSIONAL PAPER **B525**. USGS, 1965, p. 79–84.

SANTOS, A. R; VENEZIANI, P; OKIDA, R; BETTENCOURT, J. S. Contribuição do Sensoriamento Remoto e da Aerogeofísica na caracterização dos controles estruturais no alojamento de granitos proterozóicos em zonas de cisalhamento em parte do estado de Rondônia (Brasil). Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE. P. 2163-2170. 2007.

PEARCE, P.O.; HARRIS, N.B.W.; TINDLE, A.G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. **Journal of Petrology**, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 956-983. 1984.

PAYOLLA, B.L. **As rochas graníticas e sieníticas das cachoeiras Teotônio e Santo Antônio, rio Madeira, Porto Velho, Rondônia: geologia, petrografia e geoquímica**. 1994. 145 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1994.

PATIÑO DOUCE, A.E. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. **Geology**, [S.l.], v. 25, p.743-746. 1997.

PIETRANIK, A. B., HAWKESWORTH, C. J., STOREY, C. D., KEM, A. I. S., SIRCOMBE, K. N., WHITEHOUSE, M. J. & BLEEKER, W. 2008. Episodic, mafic crust formation from

4.5 to 2.8 Ga: New evidence from detrital zircons, Slabe craton, Canada. *The Geological Society of America*, v. 36 (11): p.875-878.

QUADROS, M. L. do E. S., RIZZOTO, G. J. (Org.). 2007. Geologia e Recursos minerais do Estado de Rondônia: Sistema de Informações Geográficas – SIG: Texto explicativo do mapa geológico e de Recursos Minerais do Estado de Rondônia. Porto Velho: CPRM, 153 F. Escala 1:1.000.000

RIZZOTTO G.J., QUADROS, M.L. DO E. S. 2004. Geologia da Amazonia Ocidental. *In: SBG Cong. Brasileiro de Geologia*, 42, Araxá. Anais. Araxá: SBG-Núcleo Minas Gerais. 1 CD-Rom.

RIZZOTTO, G.J.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA, C.R.; DALL'AGNOL, R.; BETTENCOURT, J.S.; MORAIS, P.R. Geology and preliminary geochemistry of the middle proterozoic Serra da Providencia rapakivi granite-Rondonia, Brazil. *In: SYMPOSIUM ON RAPAKIVI GRANITES AND RELATED ROCKS*, 1995b, Belém. **Abstract Volume**. Belém: Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará., 1995, p.5-16.

ROMANI, S. J. 1982. Geologia e Geoquímica do Complexo Granitóide de Massangana e sua relação com as mineralizações de estanho. Dissertação de Mestrado, Curso de pós-graduação em geociências, Salvador – Bahia, 85p.

RUIZ A.S. 2005. Evolução Geológica do Sudoeste do Cráton Amazônico Região Limítrofe Brasil-Bolívia - Mato Grosso. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

SADOWSKI, G.R. e BETTENCOURT, J.S. Mesoproterozoic tectonic correlations between eastern Laurentia and the western border of the Amazonian Craton. **Precambrian Research**, [S.l.], v. 76, p. 213-227. 1996.

SANTOS J.O.S., HARTMAN L.A., GAUDETTE H.E; GROVES D.I., MCNAUGHTON N.J., FLECHER I.R. 2000. New understanding of the Amazon Craton provinces, based on field work radiogenic isotope data, *Gondwana Research*.

SANTOS, A. R., VENEZIANI, P., OKIDA, R. E BETTENCOURT, J. S. 2007. Contribuição do sensoriamento remoto e da aerogeofísica na caracterização dos controles estruturais no alojamento de granitos proterozóicos em zonas de cisalhamento, em parte do Estado de Rondônia (Brasil) *In: Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2163-2170.

SANTOS, J.O.S; RIZZOTTO, G.J.; POTTER, P.E.; MCNAUGHTON, N.J.; MATOS, R.S.; HARTMANN, L.A.; CHEMALE Jr., F.; QUADROS, M.E.S. Age and autochthonous evolution of the Sunsás Orogen in west Amazon Craton based on mapping and U-Pb geochronology. **Precambrian Research**, [S.l.], v. 165, p. 120-152. 2008.

SCANDOLARA J. E. 2006. Geologia e Evolução do Terreno Jamari, Embasamento da Faixa Sunsás/Aguapeí, Centro Leste de Rondônia, Sudoeste do Cráton Amazônico. Tese de doutorado nº 78 - Universidade de Brasília, Instituto de Geociências.

SCANDOLARA, J. E., FUCK R. A., DALL'AGNOL, R. DANTAS, E. L., 2013 Geochemistry and origin of the early Mesoproterozoic mangerite-charnokite-rapakivi granite association of the Serra da Providência suite and associated gabbros, central-eastern Rondônia, SW Amazonian Craton, Brasil. *Journal of South America Earth Sciences*, Elsevier, v. 45, p. 166-193.

STRECKEISEN, A.L. Classification and nomenclature of igneous rocks. **Neus Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen**, [S.l.], v. 107, p. 144-240. 1976.

TASSINARI C.C.G. 1996. O mapa geocronológico do Cráton Amazônico no Brasil: revisão dos dados isotópicos. 139p. Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, São Paulo. Tese de Livre-docência.

TASSINARI, C.C.G., CORDANI, U.G., NUTMAN, A.P., VAN SCHMUS, W.R., BETTENCOURT, J.S., TAYLOR, P.N. Geochronological systematics on basement rocks from the Rio Negro-Juruena Province (Amazonian Craton), and tectonic implications. **International Geology Review**, [S.l.], v. 38, n. 2, p. 161-175. 1996.

TEIXEIRA, W., TASSINARI, C.C.G.; CORDANI U.G., KAWASHITA K. 1989. A review of the geochronological of the Amazonian Craton: tectonic implications. *Precambrian Research*,42: 213-227.

THOMPSON, R.N. Magmatism of the British Tertiary province Scottish. **Journal of Geology**, [S.l.], v. 18, p. 49-107. 1982.

WHALEN, J.B.; CURRFFI, K.L.; CHAPPEL, B. W. A-Type granitos: geochemical characteristics, ndiscrimination aod petrogenesis. *Contrib. Meneral Petrol*, [S.I.], v. 95, p. 407-419. 1987.



ANEXO A - Tabelas com dados de análises litogeoquímicas das amostras dos Maciços Massangana, São Carlos e Caritianas pertencentes à Suíte Intrusiva Rondônia e de amostras da Suíte Serra da Providência

	Maciço Massangana											
	Fácies Porfírica			Fácies biotita-granito fina a média					Fácies biotita-granito			
	BD-MA- 28	BD-MA- 34	BD-MA- 07	BD-MA- 25	BD-MA- 11A	BD-MA- 11	BD-MA- 31	BD-MA- 08A	BD-MA- 12A	BD-MA- 14B	BD-MA- 26	BD-MA- 27A
SiO2 (w.t.%)	69,12	71,18	75,78	74,23	72,66	72,19	76,97	73,92	73,34	69,07	76,83	71,6
Al2O3	14,02	13,53	11,98	13,05	13,64	12,68	11,3	12,54	12,52	14,39	11,95	12,57
FeOt	3,24	2,67	1,17	1,43	1,75	3,74	0,77	1,89	2,16	2,85	1,82	3,01
MnO	0,054	0,031	0,014	0,016	0,021	0,069	0,012	0,025	0,026	0,034	0,021	0,044
MgO	0,07	0,04	0,03	0,02	0,03	0,15	0,01	0,03	0,03	0,04	0,02	0,05
CaO	1,45	1,18	0,78	0,4	0,27	1,65	0,52	0,87	0,89	0,93	0,61	1,28
Na2O	3,25	3,32	3,27	3,32	3,88	2,49	3,09	3,38	3,2	3,54	3,23	2,84
K2O	6,39	5,84	4,82	5,8	5,32	4,5	5,09	5,01	5,88	6,62	5,16	5,97
TiO2	0,288	0,189	0,062	0,078	0,113	0,365	0,049	0,108	0,138	0,212	0,106	0,287
P2O5	0,04	n.d.	n.d.	n.d.	0,02	0,04	n.d.	0,02	n.d.	0,02	n.d.	0,02
LOI	0,57	0,66	0,86	0,7	0,84	0,9	0,56	0,83	0,67	0,75	0,6	0,75
TOTAL	98,49	98,66	98,76	99,04	98,54	98,78	98,39	98,6	98,85	98,46	100,3	98,41
Sc (ppm)	4	3	2	2	2	6	1	4	2	3	3	3
Be	4	6	5	8	68	5	5	6	7	7	7	8
V	9	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ba	954	328	84	125	113	881	179	79	88	466	101	636
Sr	117	52	14	23	17	51	25	13	18	57	17	83
Y	125	176	177	79	56	30	90	208	166	159	113	139
Zr	507	317	109	181	288	467	142	258	326	472	242	656
Cr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Co	18	16	n.d.	15	12	15	29	18	14	9	28	18
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	80	80	n.d.	30	40	50	< 30	90	80	90	50	60
Ga	29	30	29	31	37	24	24	40	31	32	31	28
Ge	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	1	2
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rb	190	347	542	445	619	137	257	554	423	366	422	290
Nb	38	64	34	89	112	14	40	115	65	59	93	61
Mo	4	6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3	8	n.d.	n.d.
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,9
In	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sn	2	9	23	9	20	5	3	32	9	10	15	10
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	n.d.	1	1,2	1,4	2,2	0,8	n.d.	1,8	1,1	1,5	2	1,2
La	193	177	65,7	68,4	47,3	51,4	69,8	113	113	199	80,7	332
Ce	403	315	147	105	101	224	136	235	241	420	160	624
Pr	48,1	35,2	17,6	14,7	11,4	12,8	16	27,5	26,2	43,8	17,9	67,8
Nd	172	117	65,3	49,8	38,6	45,5	57,7	98,4	89,8	148	60	221
Sm	30,4	21,5	16,2	10,5	7,4	8,5	12,8	21,7	17,8	26,5	12,4	34,1
Eu	3,14	1,76	0,75	0,78	0,8	1,37	1,17	0,95	0,7	1,71	0,79	2,55
Gd	24,1	20,2	16,4	9,2	6,2	5,9	12,6	19,5	15,5	20,9	11,1	24,5
Tb	3,9	3,5	3,3	1,8	1,2	1,1	2,3	3,7	3	3,6	2,1	3,8
Dy	23,1	23,7	23,7	12,8	8,8	7,1	16	26,9	20	22,7	14,8	23,9

	Fácies Porfírica			Fácies biotita-granito fina a média					Fácies biotita-granito				
	BD-MA- 28	BD-MA- 34	BD-MA- 07	BD-MA- 25	BD-MA- 11A	BD-MA- 11	BD-MA- 31	BD-MA- 08A	BD-MA- 12A	BD-MA- 14B	BD-MA- 26	BD-MA- 27A	
Ho	4,6	5,1	5,4	2,8	2,1	1,5	3,3	6,3	4,5	4,6	3,4	4,7	
Er	13,4	16,9	18,3	9,4	6,9	4,5	10,5	21,3	15,1	14,6	11,4	14,5	
Tm	1,88	2,62	3,1	1,59	1,18	0,72	1,54	3,65	2,39	2,25	1,9	2,1	
Yb	11,3	17,6	21,5	10,5	8,9	5,3	9,5	26,6	16,3	14,8	12,9	13,8	
Lu	1,76	2,86	3,59	1,63	1,49	0,89	1,49	4,41	2,66	2,34	2,14	2,15	
Hf	12,8	15	5,9	8,3	10,7	11,4	5,2	10,9	12,4	14	9,9	18,1	
Ta	2	4,1	5,1	8,8	16,7	1,3	2,6	9,7	4,5	4,9	7,2	3,6	
W	156	135	266	141	105	170	317	143	122	88	268	153	
Tl	1	1,8	3	2,3	3,4	0,9	1,1	3,2	2,5	1,9	2,1	1,6	
Pb	35	56	65	81	75	22	44	60	69	55	60	40	
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Th	23,9	44,8	47,8	56,8	37,9	19,4	19	41,8	41,8	31,5	52,6	41,7	
U	3,6	13,2	16,5	16,1	16,8	3,1	6,4	13,2	11,3	9,1	10,9	5	
FeOt/(FeOt+MgO)	0,98	0,99	0,98	0,99	0,98	0,96	0,99	0,98	0,99	0,99	0,99	0,98	
K2O/NaO2	2,0	1,8	1,5	1,7	1,4	1,8	1,6	1,5	1,8	1,9	1,6	2,1	
Al2O3/(K2O/NaO2)	7,24	7,80	8,23	7,54	10,10	7,10	6,97	8,58	6,89	7,82	7,46	6,08	
CaO/(FeOt+MgO+TiO2)	0,4	0,4	0,6	0,3	0,1	0,4	0,6	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	
CaO+Al2O3	15,7	14,9	12,9	13,6	14,1	14,5	12,0	13,6	13,6	15,6	12,5	14,1	
[(Eu/Eu)*]N	0,35	0,26	0,14	0,24	0,36	0,60	0,28	0,14	0,13	0,22	0,20	0,27	
La/YbN	11,51	6,78	2,06	4,39	3,58	6,54	4,95	2,86	4,67	9,06	4,22	16,22	
A/CNK	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	
Mação Massangana													
Fácies biotita-hornblenda-granito													
	BD-MA- 32/BD-MA- 40A	BD-MA- 20	BD-MA- 13	BD-MA- 21A	BD-MA- 24	BD-MA- 33	BD-MA- 16	BD-MA- 43A	BD-MA- 43B	BD-MA- 29	BD-SC- 45A		
SiO2 (w.t.%)	72	73,73	71,59	73,18	69,07	65,52	66,33	67,23	67,88	66,8	65,19	74,77	
Al2O3	13,06	11,56	13,18	12,27	14,23	15,49	14,29	14,14	14,27	14,61	16,43	11,83	
FeOt	2,13	3,02	3,84	2,75	3,5	4,52	5,32	5,23	4,71	4,83	3,46	2,15	
MnO	0,043	0,033	0,05	0,052	0,07	0,073	0,072	0,078	0,083	0,08	0,086	0,036	
MgO	0,03	0,07	0,03	0,2	0,04	0,16	0,15	0,11	0,12	0,15	0,03	0,05	
CaO	1,06	1,13	1,36	0,78	1,11	2,41	1,9	2,1	1,31	1,71	1,29	0,77	
Na2O	3,6	2,98	3,18	3,28	3,53	3,63	3,4	3,63	3,91	3,41	4,87	3,27	
K2O	5,62	5,35	6,16	5,87	6,35	6,12	6,13	5,14	5,31	6,12	6,59	4,98	
TiO2	0,133	0,282	0,33	0,283	0,276	0,416	0,476	0,492	0,471	0,47	0,303	0,188	
P2O5	0,01	0,03	0,02	0,03	0,02	0,09	0,08	0,06	0,05	0,08	0,03	0,01	
LOI	0,6	0,39	0,3	0,36	0,59	0,34	0,33	0,37	0,67	0,38	0,52	0,61	
TOTAL	98,28	98,57	100	99,07	98,79	98,78	98,48	98,58	98,79	98,64	98,8	98,66	
Sc (ppm)	2	4	3	3	2	7	8	8	5	6	4	2	
M. São Carlos													

	Maciço Massangana											M. São Carlos
	Fácies biotita-hornblenda-granito											
	BD-MA- 32/	BD-MA- 40A	BD-MA- 20	BD-MA- 13	BD-MA- 21A	BD-MA- 24	BD-MA- 33	BD-MA- 16	BD-MA- 43A	BD-MA- 43B	BD-MA- 29	BD-SC- 45A
Be	6	4	5	4	7	4	4	5	6	4	7	8
V	n.d.	n.d.	n.d.	6	n.d.	6	6	n.d.	6	6	n.d.	n.d.
Ba	509	700	616	316	410	1686	1153	818	770	870	625	186
Sr	70	86	70	48	58	236	149	130	116	124	153	27
Y	104	98	144	83	195	69	88	151	431	88	276	163
Zr	444	453	430	447	454	678	702	905	710	820	555	525
Cr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Co	13	28	22	19	18	16	15	13	16	15	13	129
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	190	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	100	80	100	70	130	100	110	140	120	100	60	90
Ga	31	25	26	21	32	28	26	30	32	26	29	26
Ge	2	1	1	1	2	1	2	2	3	1	2	2
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rb	230	150	211	197	208	150	160	150	154	161	223	224
Nb	44	20	45	17	67	38	39	57	56	49	63	41
Mo	6	4	11	3	7	3	2	13	3	5	< 2	3
Ag	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,8	1	0,8	1,7	1,1	1,2	< 0,5	0,6
In	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sn	3	2	5	4	7	4	3	2	3	2	7	6
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	0,6	n.d.	n.d.	n.d.	1,4	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,6	1,4
La	202	160	92,5	74,5	292	94,3	147	241	976	173	468	63,8
Ce	371	270	232	156	574	199	290	555	453	328	654	150
Pr	39,5	39,3	32,1	19,2	78,2	24,8	37,3	61,6	243	38,9	95,1	21,2
Nd	128	146	131	72,1	297	93,9	141	233	869	139	327	89
Sm	19,9	26,1	29,5	14,4	55,6	17,6	25,3	43,8	146	23,6	58,6	23
Eu	2,2	3,15	2,39	0,55	2,73	4,66	3,68	4,38	13,4	3,42	5,11	1,17
Gd	15	20,7	26,6	13,2	48,4	14,8	20	36,1	102	18,7	48,5	24,5
Tb	2,5	3,2	4,6	2,2	7,4	2,3	2,9	5,5	14,3	2,7	8,1	4,3
Dy	15,6	18,8	27,9	13,9	41,3	13,5	17,2	31,9	82,3	16,3	48,9	28,7
Ho	3,3	3,6	5,5	3	7,9	2,7	3,3	6,1	15,1	3,2	9,6	5,9
Er	10,7	10,5	15,9	8,8	21,4	7,9	9,7	17,1	41,6	9,2	28,3	17,8
Tm	1,56	1,39	2,22	1,33	2,74	1,11	1,33	2,3	5,33	1,26	4,25	2,64
Yb	10,4	8,9	13,4	8,3	16,4	7,1	8,4	14,2	31,7	7,9	28,9	16,4
Lu	1,69	1,38	1,97	1,35	2,43	1,17	1,4	2,31	4,8	1,3	4,28	2,48

	Maciço Massangana											M. São Carlos
	Fácies biotita-hornblenda-granito											
	BD-MA- 32/	BD-MA- 40A	BD-MA- 20	BD-MA- 13	BD-MA- 21A	BD-MA- 24	BD-MA- 33	BD-MA- 16	BD-MA- 43A	BD-MA- 43B	BD-MA- 29	BD-SC- 45A
Hf	13,3	11,5	11,4	11,3	14,6	16	15,2	22	20,6	18,5	12,8	16
Ta	2,5	1,5	3,6	1,2	3,2	2	2,1	3	2,7	2,8	4,4	3,6
W	160	274	238	247	146	110	125	97	86	180	91	397
Tl	1	0,8	1	1,6	1	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	1,1	0,8
Pb	45	29	33	49	35	27	29	26	27	31	39	29
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	24,6	13,4	15,4	16,6	30	9,7	9,4	21	16,6	16,8	16,3	15,2
U	4,1	2,4	2,3	7,4	4,6	2	2,1	3,1	2,6	2,2	4,8	4,4
FeOt/(FeOt +MgO)	0,99	0,98	0,99	0,93	0,99	0,97	0,97	0,98	0,98	0,97	0,99	0,98
K2O/NaO2	1,6	1,8	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,4	1,4	1,8	1,4	1,5
Al2O3/(K2O/NaO2)	8,51	6,53	6,80	6,92	8,01	8,05	9,30	10,13	10,51	8,14	12,29	7,87
CaO/(FeOt+MgO+TiO2)	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3
CaO+Al2O3	14,4	12,9	14,5	13,2	15,5	16,4	18,1	16,5	15,6	16,3	17,9	12,8
[(Eu/Eu)*]N	0,39	0,41	0,26	0,12	0,16	0,88	0,50	0,33	0,33	0,50	0,29	0,15
La/YbN	13,09	12,12	4,65	6,05	12,00	8,95	11,79	11,44	20,76	14,76	10,92	2,62
A/CNK	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3
	Maciço São carlos						Maciço Caritianas			Serra da Providência		
	Fácies álcali-granito			Fácies biotita-granito			Fácies biotita-granito			Fácies com piroxênio		F. com biotita
	CN-MG 10E	CN-MG-07A	CN-MG-08	BD-SC- 46A	CN- MG-11B	CN-MG-09	BD-CT- 01	BD-CT- 02A	BD-CT- 03B	BD-MA- 15	BD-MA- 18	BD-MA- 01
SiO2 (w.t.%)	72,52	73,29	73,77	71,59	73,53	73,84	74,17	76,24	76,14	63,61	68,26	74,68
Al2O3	13,35	12,45	12,45	13,62	12,56	12,67	13,03	12,26	12,68	15,29	14,06	12,86
FeOt	2,03	2,2	2	3,31	2,55	3,17	1,73	1,32	1,37	7,33	2,72	1,21
MnO	0,042	0,052	0,03	0,053	0,052	0,063	0,035	0,026	0,021	0,105	0,1	0,019
MgO	0,04	0,03	0,03	0,05	0,03	0,07	0,04	0,02	0,02	1,29	0,8	0,02
CaO	0,84	0,7	0,7	0,53	0,86	1,11	0,38	0,09	0,64	3,55	5,07	0,57
Na2O	3,51	3,37	3,51	3,49	3,39	3,56	3,26	3,21	3,44	3,2	6,11	3,69
K2O	6	5,4	5,32	5,97	5,54	5,25	5,37	4,85	5	4,58	0,51	4,69
TiO2	0,155	0,192	0,164	0,271	0,206	0,275	0,092	0,059	0,074	1,084	0,834	0,039
P2O5	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	0,29	0,22	0,01
LOI	0,51	0,68	0,71	0,54	0,81	0,6	0,64	0,56	0,67	0,29	0,19	0,74
TOTAL	99,02	98,37	98,7	99,46	99,53	100,6	98,76	98,65	100,1	100,6	98,89	98,52
Sc (ppm)	2	2	2	4	2	3	4	3	3	17	13	2
Be	11	11	6	7	13	11	39	7	12	2	5	6
V	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	7	n.d.	n.d.	n.d.	56	32	n.d.
Ba	259	241	204	362	217	238	71	39	72	1769	57	30
Sr	36	29	25	42	29	37	13	9	17	334	228	11
Y	99	138	106	99	148	131	75	9	123	60	126	176
Zr	291	383	307	504	430	463	199	114	155	826	494	81
Cr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	20	n.d.	n.d.
Co	30	33	37	22	26	15	34	21	31	19	18	20

	Maciço São carlos						Maciço Caritianas			Serra da Providência		
	Fácies álcali-granito			Fácies biotita-granito			Fácies biotita-granito			Fácies com piroxênio		F. com biotita
	CN-MG 10E	CN-MG-07A	CN-MG-08	BD-SC- 46A	CN- MG-11B	CN-MG-09	BD-CT- 01	BD-CT- 02A	BD-CT- 03B	BD-MA- 15	BD-MA- 18	BD-MA- 01
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10	n.d.	n.d.
Zn	60	350	110	80	270	130	30	< 30	< 30	90	370	30
Ga	27	31	31	29	31	31	32	30	30	22	22	36
Ge	1	3	3	2	3	3	2	2	2	1	1	2
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rb	309	241	273	305	276	278	697	659	620	113	4	559
Nb	36	35	27	50	36	42	116	110	89	35	24	69
Mo	2	2	2	5	3	0	n.d.	n.d.	5	n.d.	n.d.	n.d.
Ag	n.d.	3,1	2,6	n.d.	3,4	4,1	n.d.	n.d.	n.d.	1,4	n.d.	< 0,5
In	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sn	7	6	9	11	9	10	42	57	26	1	3	16
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	3	2,4	2,1	2,8	2,8	2,5	10,9	8,8	9,9	0,6	n.d.	3,7
La	109	84,4	51,4	60,7	128	135	114	33	112	154	96,3	57,3
Ce	228	185	114	159	247	285	264	89,2	219	305	195	126
Pr	27	23,2	14,5	21,1	29,8	33,3	22,7	5,92	23,6	35,1	25	17,2
Nd	97,8	92,3	60,1	82,2	110	124	67,2	15,8	73,9	126	94,4	63,2
Sm	18,6	21	15,1	19,1	22,5	25,2	11,4	2,2	14,9	20,7	19,1	18,7
Eu	1,09	1,15	0,97	1,39	1,21	1,14	0,34	0,12	0,46	2,86	2,77	0,38
Gd	15,8	19,8	13,6	16,9	20,8	20,8	7,8	1,1	12,2	15,2	18,8	19,2
Tb	2,6	3,7	2,5	2,9	3,8	3,5	1,6	0,3	2,5	2,1	3,2	3,8
Dy	16,4	23,6	16,6	18,8	23,7	20,9	11,6	2,1	18	12	19,8	26,8
Ho	3,4	4,8	3,5	3,7	4,8	4,3	2,6	0,5	4,2	2,2	4,2	5,7
Er	10	14,2	10,3	11	14,3	12,5	9,2	1,8	14,5	6,3	13,1	18,6
Tm	1,47	2,19	1,57	1,6	2,19	1,91	1,64	0,34	2,55	0,84	1,97	3,09
Yb	9,3	13,4	9,9	10,2	13,9	12,2	12,7	2,8	18,6	5	12,4	21,3
Lu	1,47	1,78	1,29	1,62	2	1,7	2,05	0,46	3,04	0,79	1,99	3,41
Hf	9	10,9	9,7	13,5	12,8	14	9,2	5,1	6,9	17,1	12,3	5
Ta	3,6	3,5	2,6	3,8	3,5	3,4	14,5	15,7	10,9	1,5	1,9	10,5
W	253	250	375	219	294	196	277	179	191	124	169	246
Tl	1,3	1,2	1,5	1,1	1,6	1,4	2,4	2,2	2,1	0,5	< 0,1	2,3
Pb	34	38	36	30	37	32	32	31	45	16	34	66
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	24,5	15,8	15,3	15,7	24,7	30,6	50,9	35,3	39,2	13,5	17,6	38,8
U	4,7	4,1	4	3,6	6,1	5,1	16,1	9,3	12,2	1,3	6,2	19,3

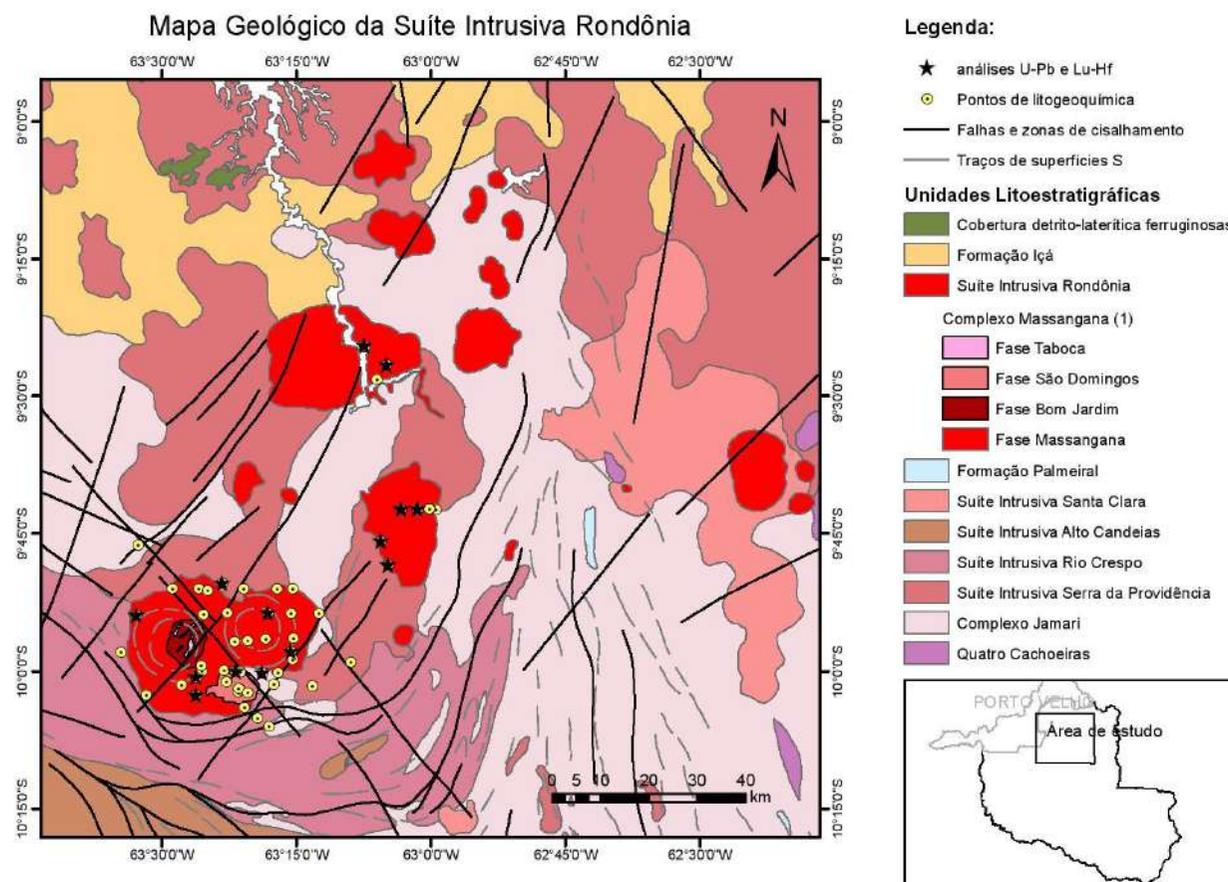
	Maciço São carlos						Maciço Caritianas			Serra da Providência		
	Fácies álcali-granito			Fácies biotita-granito			Fácies biotita-granito			Fácies com piroxênio		F. com biotita
	CN-MG 10E	CN-MG-07A	CN-MG-08	BD-SC- 46A	CN- MG-11B	CN-MG-09	BD-CT- 01	BD-CT- 02A	BD-CT- 03B	BD-MA- 15	BD-MA- 18	BD-MA- 01
FeOt/(FeOt +MgO)	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,99	0,99	0,85	0,77	0,98
K2O/NaO2	1,7	1,6	1,5	1,7	1,6	1,5	1,6	1,5	1,5	1,4	0,1	1,3
Al2O3/(K2O/NaO2)	7,89	7,90	8,32	8,01	7,72	8,54	8,01	8,23	8,72	10,62	168,44	10,12
CaO/(FeOt+MgO+TiO2)	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,4	0,4	1,2	0,4
CaO+Al2O3	14,3	13,4	13,3	14,2	13,5	13,7	13,6	12,5	13,3	18,7	19,1	13,4
[(Eu/Eu)*]N	0.19	0.17	0.21	0.24	0.17	0.15	0.11	0.23	0.10	0.5	0.45	0.06
La/YbN	7.90	4.24	3.50	4.01	6.21	7.46	6.05	7.94	4.06	20.76	5.23	1.81
A/CNK	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,4

	Serra da Providência							
	F. com biotit		Fácies com anfibólio					
	BD-MA- 35/	BD-MA- 41A	BD-MA- 06A	BD-MA- 09	BD-MA- 10	BD-MA- 17	BD-MA- 42	BD-MA- 44
SiO2 (w.t.%)	75,7	72,07	75,66	70,66	75,36	68,44	80,64	65,81
Al2O3	11,77	12,91	12	12,72	11,25	12,81	9,97	13,89
FeOt	2,24	2,72	1,73	4,07	1,87	5,25	1,43	6,54
MnO	0,031	0,035	0,025	0,062	0,037	0,064	0,027	0,12
MgO	0,14	0,26	0,23	0,49	0,17	0,64	0,11	0,21
CaO	0,52	1,47	1,09	1,79	1,15	1,95	0,69	2,32
Na2O	2,43	2,81	2,95	2,87	2,32	2,6	1,97	3,37
K2O	5,58	6,48	5,21	5,01	5,63	5,48	5,11	5,74
TiO2	0,261	0,34	0,2	0,517	0,273	0,668	0,136	0,633
P2O5	0,04	0,08	0,04	0,06	0,03	0,14	0,03	0,11
LOI	0,67	0,33	0,4	0,27	0,41	0,35	0,38	0,49
TOTAL	99,38	99,5	99,54	98,51	98,5	98,4	100,5	99,24
Sc (ppm)	2	8	4	8	3	9	2	9
Be	2	2	2	4	4	4	2	5
V	8	14	9	24	8	43	5	7
Ba	429	957	450	581	346	580	418	749
Sr	60	130	84	86	82	79	68	104
Y	142	59	33	78	84	81	18	114
Zr	444	433	130	502	272	544	184	952
Cr	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Co	24	21	13	14	14	19	21	15
Ni	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn	n.d.	n.d.	n.d.	70	40	70	n.d.	140

Serra da Providência								
	F. com biotit			Fácies com anfibólio				
	BD-MA- 35	BD-MA- 41A	BD-MA- 06A	BD-MA- 09	BD-MA- 10	BD-MA- 17	BD-MA- 42	BD-MA- 44
Ga	22	19	18	23	19	22	14	27
Ge	1	1	n.d.	n.d.	n.d.	1	n.d.	2
As	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Rb	193	219	133	231	226	284	195	161
Nb	32	23	7	21	21	25	4	54
Mo	6	n.d.	n.d.	3	n.d.	6	n.d.	n.d.
Ag	< 0.5	n.d.	n.d.	< 0.5	n.d.	0,7	n.d.	1,6
In	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sn	3	5	1	6	6	8	n.d.	5
Sb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cs	0,9	n.d.	n.d.	1,5	n.d.	2,2	0,7	1,3
La	336	49,2	67,1	66,7	96,3	135	71,1	56,4
Ce	345	117	135	156	193	283	132	147
Pr	60,4	15,4	15,6	18,2	22,1	32,7	14,3	22,2
Nd	209	58,7	54,4	69,1	74,3	115	47	98,3
Sm	35,4	11,3	9,5	14,6	14,2	20,6	7,4	23,7
Eu	3,79	1,56	0,77	1,42	0,78	1,67	0,92	3,17
Gd	35,3	9,4	7	13	12,2	15,8	4,9	21,8
Tb	5	1,5	1,1	2,2	2,1	2,5	0,6	3,5
Dy	25,9	9,5	6,4	14,2	13,7	14,9	3,6	21,2
Ho	4,6	2	1,3	2,9	2,9	2,9	0,6	4,2
Er	12,3	6,2	3,6	8,9	9	8,5	1,9	12,1
Tm	1,63	0,97	0,48	1,31	1,36	1,17	0,28	1,7
Yb	10	6,5	2,8	8,5	8,8	7,6	1,9	11
Lu	1,55	1,08	0,43	1,39	1,38	1,14	0,33	1,83
Hf	13,1	11,2	3,6	11,6	7,7	12,8	4,6	21,7
Ta	2,1	2,3	0,4	1,8	2,7	1,5	0,3	3,2
W	303	249	136	123	188	128	227	161
Tl	1	0,7	1,1	1,6	1,4	1,1	0,7	0,7
Pb	31	19	107	29	50	164	25	29
Bi	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Th	31,8	9,4	10,7	22,1	44	34,2	40,8	6,4
U	4,4	3,3	1,1	4,6	10,1	2,5	11,1	2,3
FeOt/(FeOt +MgO)	0,94	0,91	0,88	0,89	0,92	0,89	0,93	0,97
K2O/NaO2	2,3	2,3	1,8	1,7	2,4	2,1	2,6	1,7
Al2O3/(K2O/NaO2)	5,13	5,60	6,79	7,29	4,64	6,08	3,84	8,15
CaO/(FeOt+MgO+TiO2)	0,2	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,3
CaO+Al2O3	12,3	14,4	13,1	14,5	12,4	14,8	10,7	16,21
[(Eu/Eu)*]N	0,33	0,46	0,29	0,31	0,18	0,28	0,46	0,42
La/YbN	22,65	5,10	16,15	5,29	7,38	11,97	25,23	3,45
A/CNK	1,4	1,2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2

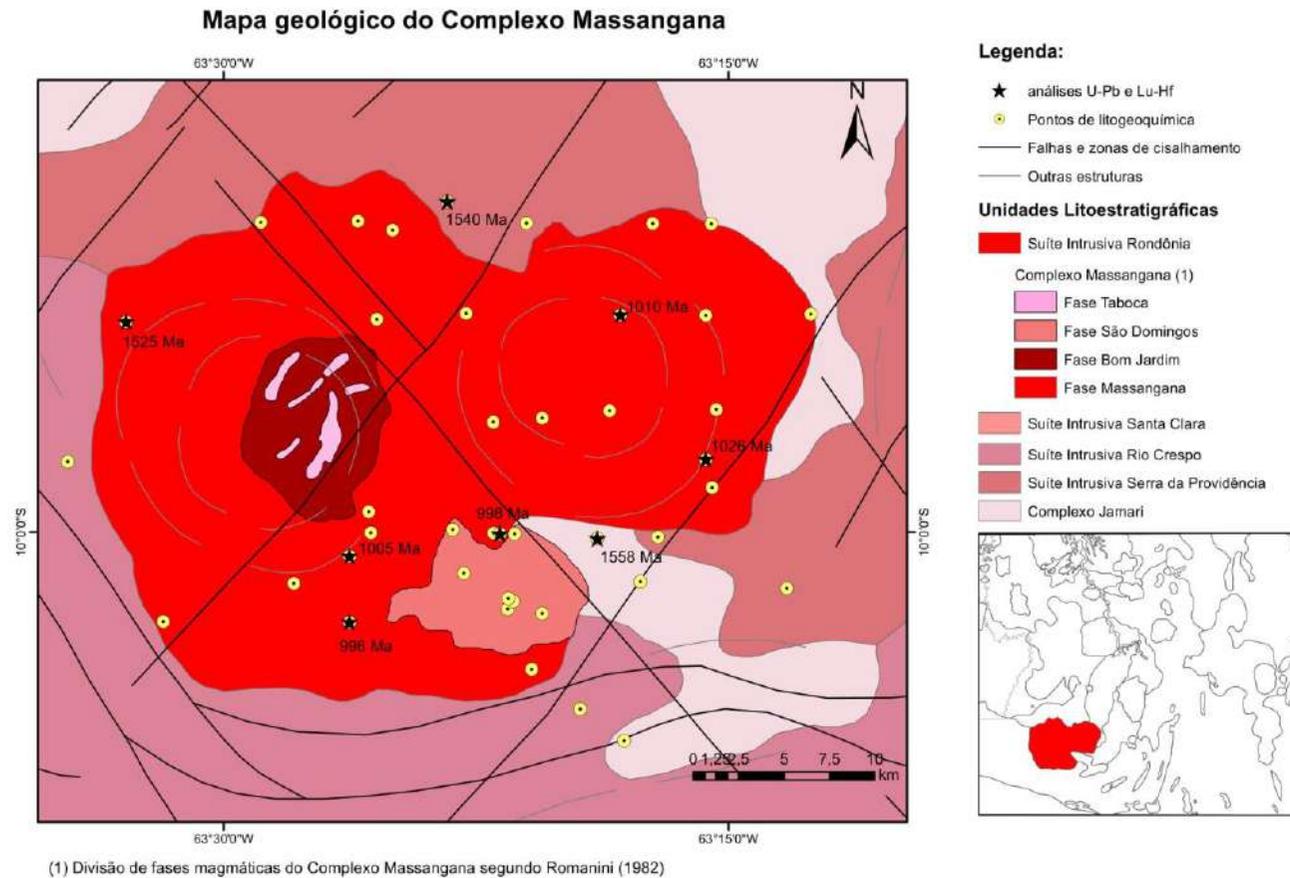
## ANEXO B - Mapa geológico dos Maciços estudados da Província Estanífera de Rondônia



Legenda: Maciço Massangana (esquerda), com subdivisões de fases magmáticas propostas por Romanini, (1982) encaixado em rochas do Complexo Jamari, Suíte Rio Crespo e da Suíte Serra da Providência (idades U-Pb desta encaixante apresentadas neste estudo) e Maciços São Carlos (direita) e Caritianas (topo).

Fonte: Adaptado de Romanini, 1982 e CPRM, 2007.

## ANEXO C- Mapa Geológico do Maciço Massangana



Legenda: Maciço Massangana, com subdivisões de fases magmáticas propostas por Romanini, (1982) encaixado em rochas da Suíte Serra da Providência (dados de U-Pb e Lu-Hf desta encaixante apresentadas neste estudo),Complexo Jamari e Suíte Intrusiva Rio Crespo.

Fonte: Adaptado de Romanini, 1982 e CPRM, 2007.