



## GEOQUÍMICA DAS ROCHAS GRANÍTICAS PÓS-TRANSCORRENTES DA REGIÃO DE PORTO ALEGRE E VIAMÃO, RS

L.D. de Oliveira<sup>1</sup>; E. Koester<sup>1</sup>; E. Soliani Jr.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91500, Porto Alegre, RS.

<sup>2</sup>Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Caixa Postal 15001, CEP 91500, Porto Alegre, RS.

Recebido em 04/01; aprovado para publicação em 07/02

### ABSTRACT

*In Porto Alegre and Viamão region, northeastern of Sul-Rio-Grandense Shield, outcropped 12 post-tectonic granites to Porto Alegre Strike-slip Shear Zone. Geochemical and geological data allowed to group them into 3 suites. Viamão Intrusive Suite, the oldest, is calc-alkaline with low Fe/Mg and Ga/Al ratios and high Ba, Sr contents. Porto Alegre Intrusive Suite is highly fractionated, calc-alkaline, and shows characteristics that vary from calc-alkaline to alkaline. Itapuã Intrusive Suite, the youngest, is alkaline with high Fe/Mg ratios and Ga/Al contents, high Agpaite Index and SiO<sub>2</sub> and F contents and low Ba, Sr and V concentrations. This wide magmatism origin can be by crustal melt of basement granulite in distinct stages or by mantle lithosphere and asthenosphere melts, but it is probable the interaction of both two sources.*

### RESUMO

*Na região de Porto Alegre e Viamão, nordeste do Escudo Sul-Rio-Grandense, afloram 12 corpos graníticos pós-tectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente de Porto Alegre. A caracterização geoquímica aliada à geologia permitiu agrupá-los em três suítes. A Suíte Intrusiva Viamão, mais antiga, é cálcio-alcalina com baixas razões Fe/Mg e Ga/Al e teores elevados de Sr, Ba. A Suíte Intrusiva Porto Alegre, é cálcio-alcalina diferenciada, exibindo características cálcio-alcalinas a alcalinas. A Suíte Intrusiva Itapuã, mais nova, é alcalina com altas razões Fe/Mg e Ga/Al, alto I.A. e baixos teores de Ba e Sr e V. A origem deste magmatismo pode ter sido por fusão de uma crosta granulítica em diversas etapas ou por fusão de manto em diferentes níveis, mas provavelmente seja por interação entre ambas as fontes.*

## INTRODUÇÃO

A região de Porto Alegre e Viamão, situada na região leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, é marcada por uma grande área onde ocorrem rochas de composições graníticas, tonalíticas e granodioríticas. Afloram gnaisses e granitóides deformados, com uma idade provável transamazônica (Koester *et al.*, 2001a), intrudidos por granitóides brasileiros sin e pós-transcorrentes (Menegat *et al.*, 1998). Trabalhos anteriores (Schneider *et al.*, 1974; Philipp, 1995) identificaram vários corpos graníticos na região de Porto Alegre. Philipp *et al.* (1998), em um estudo geoquímico, identificaram, na região, um magmatismo granítico cálcio-alcálico alto-K, que evolui para termos diferenciados e rochas de afinidade alcalina. Este trabalho aborda as rochas graníticas pós-transcorrentes da região de Porto Alegre e Viamão, discutindo suas características geoquímicas, através de novos dados geoquímicos e dados da literatura.

### GEOLOGIA DOS GRANITÓIDES PÓS-TRANSCORRENTES DA REGIÃO DE PORTO ALEGRE E VIAMÃO

Na região leste do Escudo Sul-Rio-Grandense aflora uma grande quantidade de corpos graníticos com ampla variação composicional, textural e estrutural, com características sin-, tardi- e pós-tectônicas à orogênese brasileira (Fragoso-César *et al.*, 1986; Soliani Jr., 1986; Figueiredo *et al.*, 1990; Frantz & Nardi, 1992; Fernandes *et al.*, 1995; Philipp, 1998), e ortognaisses de idade transamazônica, que fizeram parte do anteparo cratônico dessa orogênese. Os granitos brasileiros mais antigos do leste, com idades variando de 840 a 790 Ma (Koester *et al.*, 2001a), são relacionados a um arco magmático, desenvolvido pela colisão dos Crátons Rio de la Plata e Kalahari (Fernandes *et al.*, 1995), a qual gerou o Cinturão Dom Feliciano, e correspondem a granodioritos e tonalitos deformados durante os movimentos colisionais. Granitos cálcio-alcálicos e peraluminosos têm o posicionamento vinculado à movimentação de zonas de cisalhamento transcorrentes (Frantz & Nardi, 1992; Menegat *et al.*, 1998; Fernandes & Koester, 1999), geradas após a colisão, entre 670 e 630 Ma (Koester *et al.*, 1997; Bitencourt & Nardi, 2000; e Koester *et al.*, 2001a). Um volumoso magmatismo

granítico pós-tectônico à movimentação transcorrente ocorre na porção leste do escudo durante a fase extensiva, estando o posicionamento vinculado a reativações de falhamentos NE (Frantz & Fernandes, 1994). A composição é monzogranítica a granodiorítica, ocorrendo, subordinadamente, sienitos e álcali-feldspato granitos, com características cálcio-alcálicas, evoluindo para termos com características indicativas de afinidade alcalina (Frantz & Nardi, 1992) e correspondem aos granitóides da Fase 3 de Frantz & Remus (1986), aos granitóides da Etapa Tardia de Soliani Jr. (1986), à Suíte Dom Feliciano de Fragoso-César *et al.* (1986), Suíte Granítica Dom Feliciano de Philipp (1998) ou aos granitos pós-tectônicos de Fernandes *et al.* (1995). Dados isotópicos de Rb-Sr (Soliani Jr., 1986; Fragoso-César, 1991; Vasques, 1997) e U-Pb (Koester *et al.*, 2001b) indicam idades que variam de 600 a 550 Ma, para o posicionamento desses granitos.

Na área em estudo (Fig. 1), a rocha mais antiga é o Gnaisse Ponta Grossa, de origem parametamórfica, encontrada como xenólitos no Gnaisse Chácara das Pedras e no Granodiorito Três Figueiras. Essas 3 unidades constituem o embasamento do Proterozóico Inferior, que foi intrudido, primeiramente, por um granitóide sin-transcorrente (Granodiorito Lomba do Sabão) à Zona de Cisalhamento de Porto Alegre e, posteriormente, por 12 granitos pós-tectônicos à transcorrência (Menegat *et al.*, 1998).

Os granitos pós-tectônicos foram agrupados em 3 suítes graníticas (Oliveira *et al.*, 2001), sendo que os dados modais plotados para esses granitóides, representados em diagramas QAP, são apresentados nas Figuras 2a, 2b e 2c.

A Suíte Intrusiva Viamão (SIV) é composta pelos granitos Saint Hilaire e Pitinga, monzogranitos e granodioritos porfiríticos com megacristais de feldspato alcálico (1 a 10 cm), imersos em matriz equigranular média a fina, com estrutura maciça e, localmente, com foliação ígnea marcada pelo alinhamento dos megacristais. Na matriz, ocorrem feldspatos alcálicos peritéticos, além de plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda. A titanita é o principal mineral acessório e, subordinadamente, aparecem apatita, zircão, opacos e allanita.

A Suíte Intrusiva Porto Alegre (SIPA) é formada pelos granitos Independência, São Caetano, Feijó, Lami, São Pedro e Restinga. Variam de monzogranitos a sienogranitos com textura equigranular média a porfirítica média, com coloração cinza rosada. O feldspato alcálico é ge-

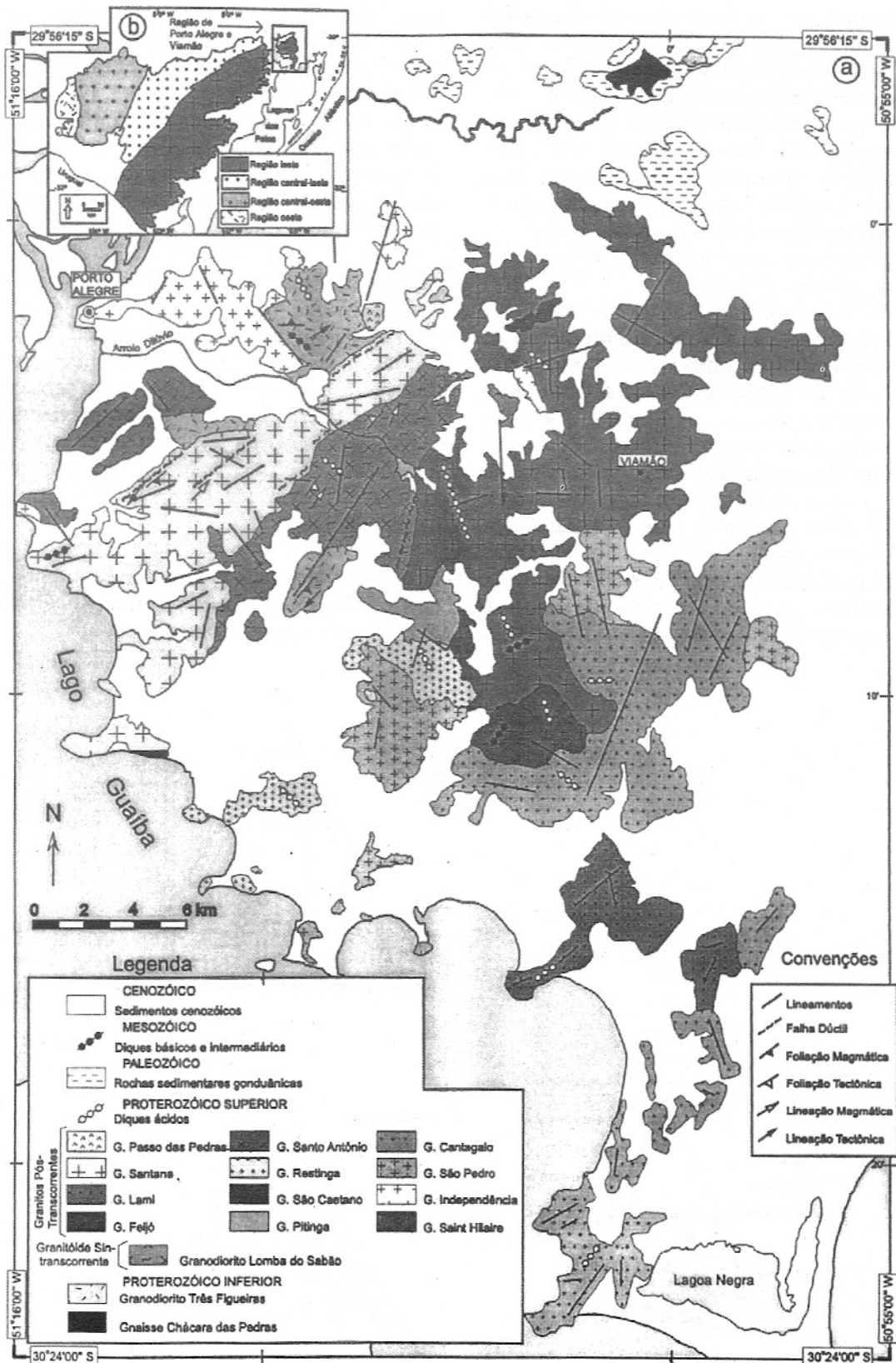


Figura 1 – (a) Mapa geológico da região de Porto Alegre e Viamão; (b) Localização da área em estudo no Escudo Sul-Rio-Grandense.

ralmente pertítico. O plagioclásio varia de oligoclásio a andesina. A biotita, principal mineral máfico, aparece de forma disseminada e, por vezes, marcando foliações ígneas, como é o caso do É granitos São Caetano e Feijó. O anfibólio é restrito aos granitos Independência, São Caetano e São Pedro. Alteração clorítica, nas biotitas, e sericítica, nos feldspatos, são comuns em todos os granitos dessa suíte. Titanita e opacos são os principais minerais acessórios, ocorrendo, ainda, zircão, allanita e apatita.

A Suíte Intrusiva Itapuã (SII) é formada por rochas sienograníticas e, subordinadamente, álcali-feldspato granitos, ambos de coloração rosa avermelhada. Os granitos Santana, Cantagalo, Santo Antônio e Passo das Pedras, que compõem a suíte, ocorrem como intrusões aproximadamente circulares ou alongadas na direção NE-SW e como maciços com textura equigranular com raros fenocristais de feldspato alcalino, ou como pequenos *stocks* com texturas subvulcânicas. Diques riolíticos que cortam as duas suítes mais antigas e injeções pegmatíticas e aplíticas são relacionados à fase final desse

magmatismo. No Granito Santana, ocorrem vários afloramentos com enclaves microgranulares máficos com diferentes graus de mistura. A mistura mecânica, por vezes, foi efetiva, gerando produtos híbridos ou ainda *schlierens*. Além disso, algumas feições como fenocristais de feldspato alcalino dentro dos enclaves máficos e o aumento do teor da biotita no granito podem indicar que ocorreu processo de *mixing* entre os magmas máficos e félsicos. Na mineralogia, o feldspato alcalino pertítico é mais abundante que o plagioclásio e, por vezes, marca um fluxo magmático ou forma bandas junto com o quartzo estirado nas porções mais deformadas. A biotita é disseminada com teores geralmente menores que 5%. Alteração sericítica e clorítica ocorre nos feldspato e biotitas, respectivamente. Titanita, zircão, opacos, allanita, apatita e fluorita são os acessórios observados nessas rochas.

As rochas do embasamento metamórfico ocorrem como xenólitos nas rochas graníticas da SII, SIV e SIPA, porém, a contaminação/assimilação é observada nas proções de contato.

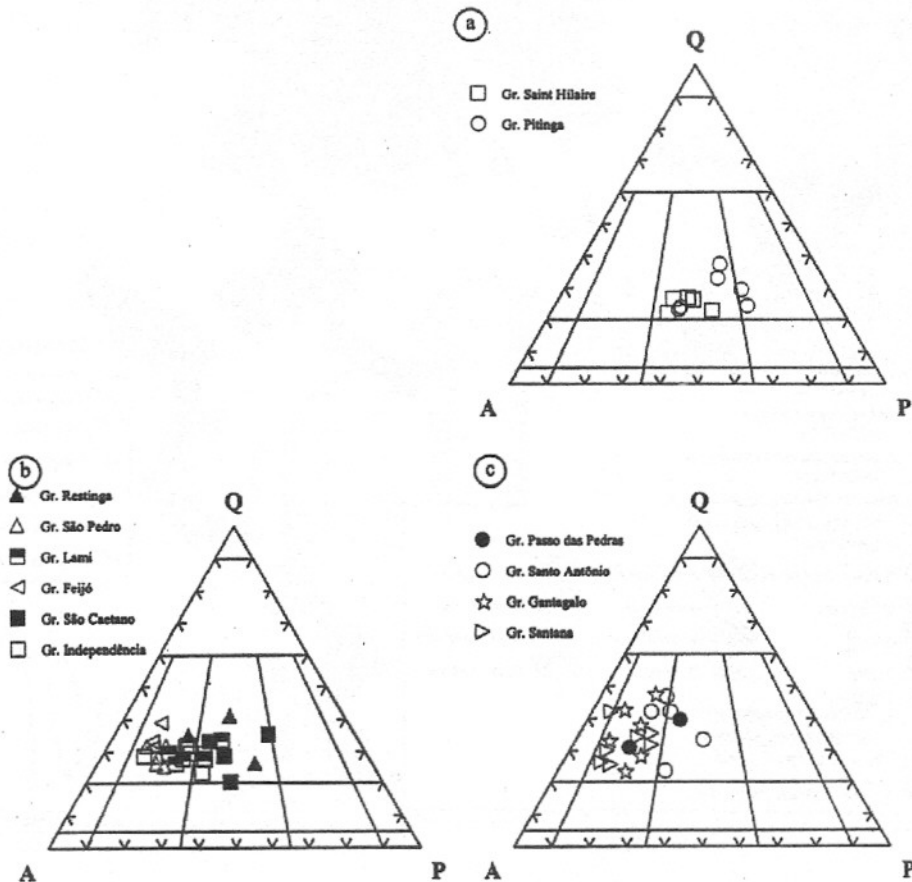


Figura 2 – Diagramas QAP (Streckeisen, 1976), com a composição das rochas graníticas da (a) SIV, (b) SIPA, e (c) SII.



## GEOQUÍMICA DOS GRANITÓIDES PÓS-TRANSCORRENTES

Neste trabalho, são apresentadas 59 novas análises químicas em rocha-total dos granitóides pós-transcorrentes da região de Porto Alegre e Viamão. As análises de elementos maiores e de Ba, Rb, Sr, Zr, Nb, Y, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Pb, Cd, Mo, Hf, Ta, Th foram realizadas por fluorescência de raios X, no Laboratório de Geoquímica do Instituto de Geociências da UFRGS e nos laboratórios da Geosol Lakefield, onde também foram feitos os Elementos Terras Raras, por ICP.

No estudo geoquímico, foram utilizadas também 21 análises químicas em rocha-total e ETRs publicadas por Philipp *et al.* (1998). Correspondem a 11 amostras do Granito Independência, 7 amostras do Granito Santana e 3 amostras de diques riolíticos, em um estudo abrangendo parte da área abordada neste trabalho.

As composições químicas, com elementos maiores e alguns elementos traço, da Suíte Intrusiva Viamão, Suíte Intrusiva Porto Alegre e Suíte Intrusiva Itapuã são apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3. Os teores de SiO<sub>2</sub> dos granitos abrangem um amplo intervalo, variando de 65,9 a 74,1% para a SIV, de 68,7 a 76,0% para a SIPA e de 71,0 a 77,7% para a SII. Os padrões observados para os elementos estudados, representados nos diagramas de Harker (Figs. 3a e 3b), apesar de similares, o que sugere uma evolução semelhante para os granitos das três suítes, definem grupos químicos distintos que refletem os corpos graníticos identificados por Oliveira *et al.* (2001).

De modo geral, os teores de TiO<sub>2</sub> decrescem com a diferenciação na SIV e SIPA. Esse padrão de decréscimo não é evidente nas amostras da SII, o que pode ser, em parte, decorrente dos baixos teores e da sua menor variabilidade. Comportamento semelhante ocorre para FeO(T), MnO e MgO. Essa feição é indicativa de uma maior participação de titanita e óxidos de Fe e Ti (ilmenita e/ou magnetita) entre as fases fracionadas durante a evolução dos magmas geradores da SIV e SIPA em relação a SII.

O CaO decresce regularmente com a diferenciação, porém de forma mais acentuada nos granitos da SIV do que nos granitos da SIPA. Os granitos da SII mostram pouca variação no teor deste elemento durante a diferenciação. Tal feição é indicativa de fracionamento de plagioclásio, anfibólio cálcico e titanita durante a evolução dos magmas geradores da SIV e SIPA, sendo tal processo mais restrito na SII.

O caráter incompatível do K<sub>2</sub>O é evidente nas amostras da SIV e em parte da SIPA, com o aumento do teor durante a diferenciação, o que não acontece com as amostras da SII, que exibem um padrão dispersivo. Esse padrão dispersivo também ocorre para os teores de Na<sub>2</sub>O dos granitóides das três suítes. Os teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> decrescem regularmente com a diferenciação, ocorrendo um decréscimo mais acentuado nos granitos da SII.

A natureza metaluminosa à fracamente peraluminosa dos granitóides das 3 suítes é notada pelos valores do Índice de Shand com valores entre 0,9 e 1,2 (Fig. 4), assim como pelos valores de coríndon na norma CIPW entre 0 a 2 %.

No diagrama AFM (Fig. 5), os granitóides da SIV definem um *trend* cálcio-alcálico similar ao das rochas cálcio-alcálicas de arco magmático (Brown, 1981), mas próximos do limite do campo dos granitóides alcálicos. Os granitos da SIPA e da SII situam-se no campo dos granitóides alcálicos.

As relações de CaO e álcalis (Fig. 6), nos granitóides estudados, definem um comportamento semelhante ao observado por Brown *et al.* (1984) para *trends* de rochas intrusivas de arco magmático cálcio-alcálico. Porém, amostras da SII situam-se no campo dos granitos metaluminosos da associação alcálica sugerido por Nardi (1991).

A razão FeO(T)/(FeO(T)+MgO) vs SiO<sub>2</sub>, ilustrada na Figura 7 (Tabelas 1, 2 e 3), mostra, para a SIV, valores compatíveis com os observados em granitos cálcio-alcálico (Ewart, 1979), enquanto a SIPA e a SII apresentam valores compatíveis aos observados em granitos alcálicos, como discutido por Whalen *et al.* (1987), Sylvester (1989) e Nardi (1991).

Valores do Índice Agpáítico (I.A.) (Tabelas 1, 2 e 3), em geral abaixo de 0,88 nas amostras da SIV e SIPA, condizem com valores de granitos cálcio-alcálicos. Os valores do I.A. acima de 0,9 e próximos a 1 são característicos das rochas da série alcálica, como observado por Whalen *et al.* (1987) e Bonin (1987). A afinidade cálcio-alcálica da SIV fica evidente pelo comportamento das razões (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CaO)/(FeO(T)+Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) vs 100(MgO+FeO(T)+TiO<sub>2</sub>)/SiO<sub>2</sub> (Fig. 8) dos granitóides, plotadas no diagrama proposto por Sylvester (1989), para diferenciar granitos alcálicos de granitóides cálcio-alcálicos e leucogranitóides fortemente peraluminosos. As amostras das rochas da SII, plotadas em tal diagrama, dispõem-se no campo dos granitos alcálicos. Já as amostras das rochas da SIPA apresentam uma dispersão maior, posicionando-se entre os campos dos granitos alcálicos e dos granitóides cálcio-alcálicos.

**Tabela 1** – Análises químicas de amostras representativas da Suíte Intrusiva Viamão. O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido e elementos traço em ppm.  $Fe\# = FeO_T / (FeO_T / MgO)$ .

| Suíte Intrusiva Viamão          |                 |          |        |         |                       |        |        |        |         |         |         |  |
|---------------------------------|-----------------|----------|--------|---------|-----------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
| Amostras                        | Granito Pitinga |          |        |         | Granito Saint Hilaire |        |        |        |         |         |         |  |
|                                 | PMP-53          | PMP-65-B | PMP-90 | PMP-112 | PMP-58                | PMP-66 | PMP-67 | PMP-87 | PMP-118 | PMP-122 | PMP-123 |  |
| SiO <sub>2</sub>                | 66,90           | 67,90    | 66,99  | 68,00   | 65,85                 | 68,97  | 66,03  | 67,26  | 70,50   | 71,60   | 74,14   |  |
| TiO <sub>2</sub>                | 0,61            | 0,61     | 0,68   | 0,64    | 0,71                  | 0,52   | 0,60   | 0,71   | 0,49    | 0,47    | 0,21    |  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 15,20           | 15,01    | 15,66  | 15,13   | 16,44                 | 15,80  | 16,41  | 15,12  | 14,72   | 13,92   | 13,96   |  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub> | 4,03            | 3,95     | 4,21   | 3,98    | 4,58                  | 3,08   | 3,68   | 4,64   | 2,82    | 3,25    | 1,82    |  |
| MnO                             | 0,06            | 0,05     | 0,06   | 0,06    | 0,08                  | 0,06   | 0,07   | 0,08   | 0,06    | 0,05    | 0,06    |  |
| MgO                             | 0,81            | 0,73     | 0,87   | 0,75    | 1,38                  | 0,81   | 1,05   | 1,48   | 0,88    | 0,68    | 0,31    |  |
| CaO                             | 2,63            | 2,35     | 2,63   | 2,52    | 3,38                  | 2,66   | 3,10   | 2,71   | 1,85    | 2,28    | 1,61    |  |
| Na <sub>2</sub> O               | 3,98            | 3,82     | 3,84   | 3,88    | 3,90                  | 3,99   | 4,11   | 3,23   | 2,86    | 2,94    | 3,07    |  |
| K <sub>2</sub> O                | 3,97            | 4,25     | 3,90   | 3,87    | 3,47                  | 4,20   | 3,89   | 4,18   | 4,79    | 4,24    | 5,05    |  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,19            | 0,19     | 0,22   | 0,20    | 0,24                  | 0,15   | 0,18   | 0,23   | 0,10    | 0,17    | 0,07    |  |
| H <sub>2</sub> O                | 0,34            | 0,50     | 0,39   | 0,09    | 0,25                  | 0,15   | 0,19   | 0,20   | 0,01    | 0,26    | 0,14    |  |
| P,F                             | 0,85            | 0,58     | 1,13   | 0,80    | 0,70                  | 0,50   | 0,80   | 0,60   | 0,70    | 0,60    | 0,60    |  |
| Total                           | 99,57           | 99,95    | 100,57 | 99,91   | 100,98                | 100,85 | 100,12 | 100,43 | 99,78   | 100,48  | 101,03  |  |
| Ba                              | 846             | 909      | 367    | 789     | 1565                  | 18     | 1580   | 657    | 712     | 444     | 398     |  |
| Rb                              | 126             | 142      | 294    | 132     | 103                   | 109    | 105    | 236    | 228     | 234     | 286     |  |
| Sr                              | 437             | 435      | 106    | 425     | 491                   | 383    | 529    | 297    | 271     | 175     | 146     |  |
| Zr                              | 230             | 227      | 176    | 237     | 214                   | 169    | 189    | 178    | 163     | 163     | 96      |  |
| Nb                              | 13              | 13       | 25     | 15      | 10                    | 11     | 9      | 21     | 17      | 13      | 13      |  |
| Y                               | 28              | 29       | 56     | 32      | 25                    | -      | -      | 25     | -       | -       | -       |  |
| V                               | 63              | 64       | 17     | 68      | 69                    | 39     | 61     | 78     | 50      | 47      | 13      |  |
| Cr                              | 39              | 50       | 25     | 26      | <5                    | <5     | <5     | 25     | 25      | <5      | <5      |  |
| Co                              | 7               | 3        | nd     | 7       | 45                    | 60     | 55     | 49     | 58      | 55      | 45      |  |
| Ni                              | 3               | 3        | 3      | 2       | <5                    | 10     | 5      | 14     | 13      | 1       | <5      |  |
| Cu                              | 8               | 5        | 4      | 11      | 10                    | 5      | 5      | 17     | 12      | 3       | 3       |  |
| Zn                              | 67              | 62       | 25     | 71      | 75                    | 58     | 69     | 85     | 50      | 69      | 40      |  |
| Ga                              | 20              | 20       | 19     | 20      | 19                    | 18     | 19     | 22     | 19      | 18      | 16      |  |
| Pb                              | 19              | 16       | 27     | 17      | 10                    | 20     | 13     | 27     | 37      | 25      | 35      |  |
| Cd                              | 0,051           | 0,054    | 0,040  | 0,049   | 0,070                 | -      | 0,070  | 0,070  | 0,060   | -       | -       |  |
| Mo                              | 0,243           | 0,666    | 0,867  | 0,334   | 1,100                 | -      | nd     | nd     | 0,400   | -       | -       |  |
| Hf                              | -               | -        | -      | -       | 5                     | -      | -      | 5      | -       | -       | -       |  |
| Ta                              | -               | -        | -      | -       | 5                     | -      | -      | 5      | -       | -       | -       |  |
| Th                              | -               | -        | -      | -       | <5                    | -      | -      | <5     | -       | -       | -       |  |

Tabela 1 – (continuação)

| Suíte Intrusiva Viamão |                 |          |        |         |                       |        |        |        |         |         |         |  |
|------------------------|-----------------|----------|--------|---------|-----------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|--|
| Amostras               | Granito Pitinga |          |        |         | Granito Saint Hilaire |        |        |        |         |         |         |  |
|                        | PMP-53          | PMP-65-B | PMP-90 | PMP-112 | PMP-58                | PMP-66 | PMP-67 | PMP-87 | PMP-118 | PMP-122 | PMP-123 |  |
| La                     | -               | -        | -      | -       | 42,41                 | -      | -      | 53,48  | -       | -       | -       |  |
| Ce                     | -               | -        | -      | -       | 86,66                 | -      | -      | 118,00 | -       | -       | -       |  |
| Nd                     | -               | -        | -      | -       | 33,54                 | -      | -      | 47,07  | -       | -       | -       |  |
| Sm                     | -               | -        | -      | -       | 4,572                 | -      | -      | 6,903  | -       | -       | -       |  |
| Eu                     | -               | -        | -      | -       | 1,016                 | -      | -      | 1,077  | -       | -       | -       |  |
| Gd                     | -               | -        | -      | -       | 2,471                 | -      | -      | 3,476  | -       | -       | -       |  |
| Dy                     | -               | -        | -      | -       | 1,83                  | -      | -      | 2,184  | -       | -       | -       |  |
| Ho                     | -               | -        | -      | -       | 0,317                 | -      | -      | 0,405  | -       | -       | -       |  |
| Er                     | -               | -        | -      | -       | 0,608                 | -      | -      | 0,931  | -       | -       | -       |  |
| Yb                     | -               | -        | -      | -       | 0,439                 | -      | -      | 0,597  | -       | -       | -       |  |
| Lu                     | -               | -        | -      | -       | 0,046                 | -      | -      | 0,053  | -       | -       | -       |  |
| ΣETR                   | -               | -        | -      | -       | 173,9                 | -      | -      | 234,2  | -       | -       | -       |  |
| Fe#                    | 0,82            | 0,83     | 0,81   | 0,83    | 0,75                  | 0,77   | 0,76   | 0,74   | 0,74    | 0,81    | 0,84    |  |
| I.A.                   | 0,71            | 0,73     | 0,67   | 0,70    | 0,62                  | 0,70   | 0,67   | 0,65   | 0,67    | 0,68    | 0,75    |  |
| Ga/Al                  | 2,49            | 2,52     | 2,29   | 2,50    | 2,18                  | 2,15   | 2,19   | 2,75   | 2,44    | 2,44    | 2,17    |  |

O diagrama R1-R2 (De La Roche *et al.*, 1980), modificado por Batchelor & Bowden (1985) (Fig. 9), mostra que as amostras dos granitos da SII posicionam-se entre os campos das rochas anorogênicas e rochas pós-orogênicas coerentes com seu caráter alcalino. Já as rochas da SIPA ocupam os campos das rochas colisionais e rochas tardi-orogênicas. Entre o campo das rochas tardi-orogênicas e o campo das rochas pós-colisionais, distribuem-se as rochas da SIV.

Diagramas de Harker (Fig. 3b), para os elementos traço das 3 suítes exibem um forte decréscimo nos teores de Ba e Sr, sendo tal comportamento coerente com o fracionamento de feldspatos e biotita. O V tem comportamento semelhante, coerente com o fracionamento de ilmenita e/ou magnetita. O Ga mostra *trends* de diferenciação aproximadamente paralelos entre as três suítes indicando que, partindo de composições diferentes, a evolução foi semelhante nas três suítes

para esse elemento. O Zr mostra um padrão irregular, porém, de forma geral, exibe um decréscimo durante a diferenciação, principalmente nos granitóides da SIV e SIPA. O Rb tem comportamento distinto, com uma suave diminuição do teor durante a diferenciação nos granitos da SIPA e da SII e um enriquecimento nos granitos da SIV.

Teores elevados para alguns elementos litófilos de grande raio iônico (LILE), como o Rb, Ba, Sr e elementos terras raras leves (ETRL), e teores baixos para elementos de alto potencial iônico (HFSE), como Nb, Y, e elementos terras raras pesados (ETRP), são encontrados nas amostras da SIV e da SIPA. Este comportamento é notado pelas anomalias positivas de Rb e Ce nos diagramas multielementares (Figs. 10a e 10b). Nas amostras SII, os teores de alguns HFSE são elevados, enquanto que LILE assim como Ba e Sr mostram teores baixos. Isso é notado pela anomalia positiva do Y e anomalia negativa de Ba (Fig. 10c).

**Tabela 2** - Análises químicas de amostras representativas da Suíte Intrusiva Porto Alegre. O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido e elementos traço em ppm.  $Fe\# = FeO_T / (FeO_T / MgO)$ .

| Suíte Intrusiva Porto Alegre    |                       |        |        |         |         |         |               |         |           |              |         |         |           |
|---------------------------------|-----------------------|--------|--------|---------|---------|---------|---------------|---------|-----------|--------------|---------|---------|-----------|
| Amostras                        | Granito Independência |        |        |         |         |         | Granito Feijó |         |           | Granito Lami |         |         |           |
|                                 | PMP-10                | PMP-15 | PMP-17 | PMP-104 | PMP-121 | PMP-127 | PMP-33        | PMP-102 | PMP-121-B | PMP-77       | PMP-124 | PMP-125 | PMP-126-A |
| SiO <sub>2</sub>                | 71,30                 | 71,00  | 73,73  | 73,58   | 72,00   | 68,74   | 70,70         | 71,00   | 71,50     | 73,00        | 74,00   | 75,10   | 75,35     |
| TiO <sub>2</sub>                | 0,16                  | 0,15   | 0,10   | 0,18    | 0,29    | 0,54    | 0,30          | 0,29    | 0,28      | 0,24         | 0,23    | 0,17    | 0,25      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 14,75                 | 14,48  | 13,65  | 14,00   | 14,35   | 14,83   | 14,28         | 14,36   | 14,57     | 13,81        | 13,64   | 13,33   | 12,58     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub> | 2,8                   | 2,68   | 2,07   | 1,79    | 2,25    | 3,48    | 2,96          | 2,59    | 2,94      | 2,03         | 1,87    | 1,48    | 2,03      |
| MnO                             | 0,06                  | 0,05   | 0,05   | 0,03    | 0,03    | 0,06    | 0,04          | 0,07    | 0,05      | 0,05         | 0,06    | 0,03    | 0,04      |
| MgO                             | nd                    | nd     | nd     | 0,11    | 0,24    | 0,66    | 0,24          | 0,13    | 0,17      | 0,09         | 0,07    | nd      | 0,11      |
| CaO                             | 1,12                  | 1,22   | 0,92   | 1,41    | 1,18    | 2,18    | 1,20          | 1,01    | 1,15      | 1,15         | 0,95    | 0,58    | 0,84      |
| Na <sub>2</sub> O               | 3,44                  | 3,62   | 3,86   | 3,00    | 3,32    | 2,84    | 2,84          | 3,21    | 2,66      | 4,07         | 3,65    | 3,44    | 3,34      |
| K <sub>2</sub> O                | 5,52                  | 5,56   | 4,67   | 5,41    | 4,99    | 5,38    | 6,08          | 5,28    | 5,99      | 4,82         | 5,02    | 5,29    | 4,83      |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,03                  | 0,03   | 0,03   | 0,05    | 0,21    | 0,12    | 0,09          | 0,09    | 0,09      | 0,05         | 0,05    | 0,03    | 0,07      |
| H <sub>2</sub> O                | 0,40                  | 0,37   | 0,43   | 0,15    | 0,02    | 0,01    | 0,42          | 0,18    | 0,12      | 0,26         | 0,08    | 0,12    | 0,11      |
| P.F.                            | 0,62                  | 1,1    | 1,02   | 0,74    | 1,02    | 0,75    | 1,23          | 2,05    | 0,97      | 0,92         | 0,6     | 0,54    | 0,63      |
| Total                           | 100,19                | 100,26 | 100,53 | 100,45  | 99,90   | 99,60   | 100,38        | 100,25  | 100,48    | 100,49       | 100,21  | 100,11  | 100,18    |
| Ba                              | 914                   | 943    | 509    | 266     | 263     | 561     | 332           | 407     | 328       | 451          | 319     | 238     | 289       |
| Rb                              | 269                   | 282    | 246    | 249     | 380     | 274     | 353           | 410     | 357       | 202          | 242     | 240     | 188       |
| Sr                              | 147                   | 151    | 116    | 128     | 81      | 170     | 104           | 87      | 95        | 124          | 101     | 57      | 98        |
| Zr                              | 187                   | 195    | 146    | 92      | 122     | 171     | 185           | 214     | 190       | 120          | 122     | 89      | 125       |
| Nb                              | 12                    | 11     | 12     | 5       | 10      | 14      | 20            | 27      | 17        | 20           | 17      | 14      | 14        |
| Y                               | 51                    | 53     | 54     | 38      | 58      | 52      | 67            | 69      | 65        | -            | 49      | 43      | 35        |
| V                               | 2                     | 6      | 4      | 15      | 32      | 52      | 28            | 23      | 18        | 18           | 18      | 7       | 17        |
| Cr                              | 49                    | 48     | 36     | 49      | 30      | 41      | 36            | 20      | 33        | 45           | 44      | 49      | 40        |
| Co                              | nd                    | nd     | 1      | 2       | nd      | 5       | 2             | nd      | nd        | 2            | nd      | nd      | 1         |
| Ni                              | 2                     | 2      | 2      | 3       | 3       | 2       | 2             | 3       | 4         | 4            | 2       | 1       | 2         |
| Cu                              | 11                    | 9      | 11     | 7       | 7       | 5       | 2             | 1       | 4         | 2            | 3       | 4       | 3         |
| Zn                              | 58                    | 62     | 58     | 27      | 83      | 55      | 66            | 74      | 64        | 38           | 32      | 21      | 27        |
| Ga                              | 18                    | 18     | 20     | 16      | 25      | 20      | 22            | 22      | 20        | -            | 15      | 15      | 14        |
| Pb                              | 28                    | 28     | 28     | 48      | 27      | 40      | 52            | 43      | 53        | 19           | 20      | 18      | 15        |
| Cd                              | 0,044                 | 0,043  | 0,044  | 0,042   | 0,046   | 0,047   | 0,044         | 0,041   | 0,043     | -            | 0,044   | 0,041   | 0,043     |
| Mo                              | 0,604                 | 0,621  | 0,900  | 1,680   | 1,255   | 0,606   | 0,324         | 0,069   | 0,320     | -            | 1,279   | 1,635   | 1,369     |
| Fe#                             | 1,00                  | 1,00   | 1,00   | 0,94    | 0,89    | 0,83    | 0,92          | 0,95    | 0,94      | 0,95         | 0,96    | 1,00    | 0,94      |
| I.A.                            | 0,79                  | 0,83   | 0,84   | 0,77    | 0,76    | 0,71    | 0,79          | 0,77    | 0,75      | 0,86         | 0,84    | 0,85    | 0,85      |
| Ga/Al                           | 2,31                  | 2,35   | 2,77   | 2,16    | 3,29    | 2,55    | 2,91          | 2,90    | 2,59      | -            | 2,08    | 2,13    | 2,10      |



Tabela 2 – (continuação)

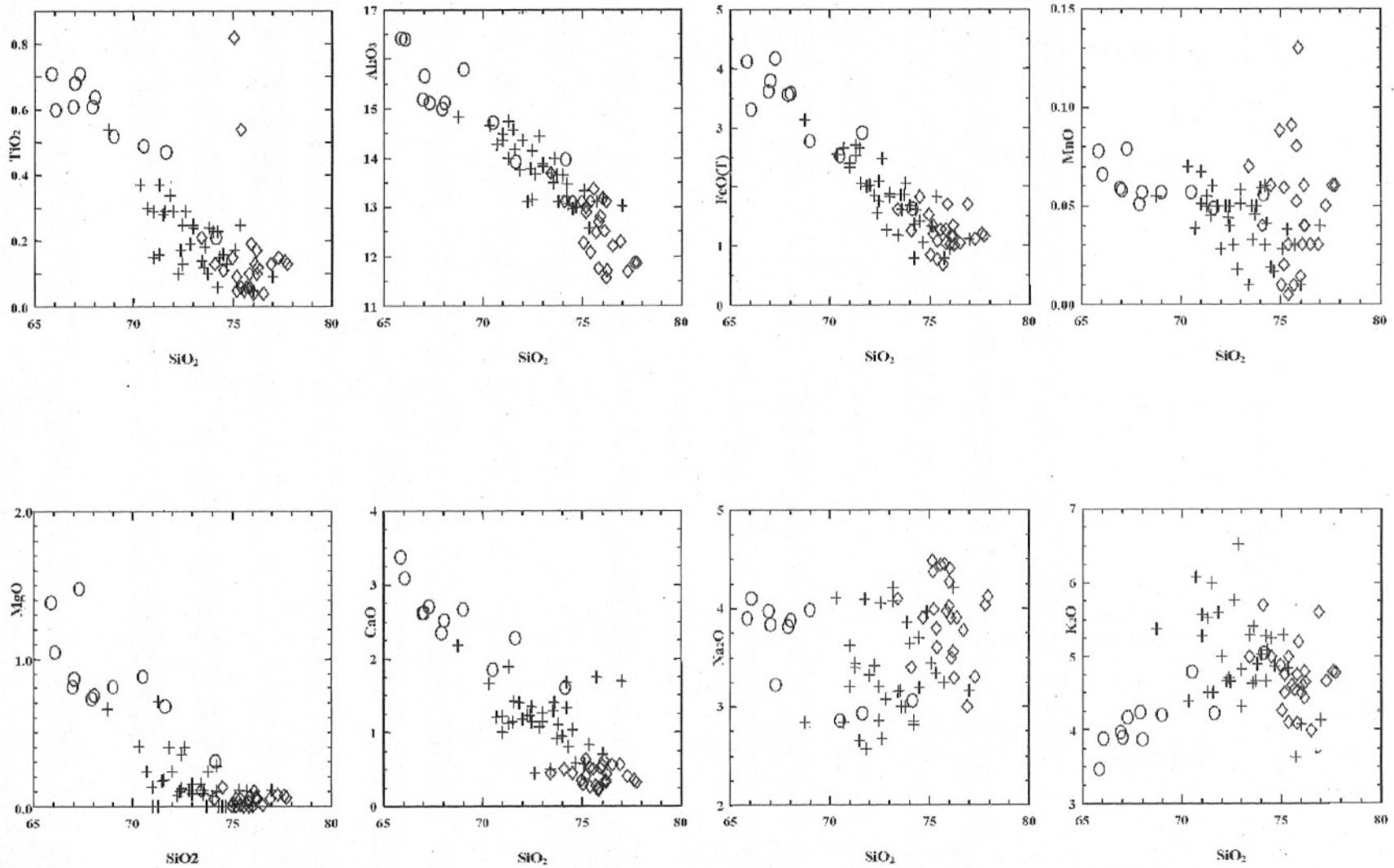
| Suíte Intrusiva Porto Alegre    |                   |        |        |        |        |         |         |             |        |        |               |
|---------------------------------|-------------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------------|--------|--------|---------------|
| Amostras                        | Granito São Pedro |        |        |        |        |         |         | G. Restinga |        |        | G. S. Caetano |
|                                 | PMP-51            | PMP-61 | PMP-65 | PMP-79 | PMP-93 | PMP-98b | PGP-142 | PMP-50      | PMP-70 | PMP-52 | PGP-100-B     |
| SiO <sub>2</sub>                | 71,58             | 73,00  | 74,51  | 74,30  | 70,32  | 72,85   | 73,8    | 72,39       | 76,00  | 74,68  | 71,3          |
| TiO <sub>2</sub>                | 0,29              | 0,25   | 0,16   | 0,15   | 0,37   | 0,19    | 0,24    | 0,17        | 0,05   | 0,13   | 0,37          |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 14,17             | 13,88  | 12,95  | 13,06  | 14,65  | 14,44   | 13,1    | 13,78       | 13,17  | 13,00  | 14,00         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub> | 2,30              | 2,10   | 1,58   | 1,79   | 2,82   | 1,41    | 2,30    | 1,73        | 1,07   | 1,18   | 3,01          |
| MnO                             | 0,06              | 0,06   | 0,02   | 0,04   | 0,07   | 0,02    | 0,05    | 0,04        | 0,01   | 0,02   | 0,05          |
| MgO                             | 0,18              | 0,15   | nd     | nd     | 0,41   | 0,11    | 0,24    | 0,1         | nd     | nd     | 0,71          |
| CaO                             | 1,42              | 1,27   | 1,03   | 0,80   | 1,67   | 1,08    | 1,10    | 1,23        | 0,70   | 0,59   | 1,90          |
| Na <sub>2</sub> O               | 4,10              | 4,21   | 3,19   | 3,70   | 4,11   | 3,08    | 3,00    | 4,05        | 4,22   | 3,97   | 3,40          |
| K <sub>2</sub> O                | 4,50              | 4,32   | 5,25   | 5,08   | 4,39   | 6,53    | 4,90    | 4,70        | 4,07   | 4,87   | 4,50          |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,07              | 0,07   | 0,03   | 0,03   | 0,11   | 0,08    | 0,048   | 0,05        | 0,01   | 0,03   | 0,10          |
| H <sub>2</sub> O                | 0,40              | 0,42   | 0,38   | 0,32   | 0,29   | 0,12    | -       | 0,40        | 0,35   | 0,38   | -             |
| P.F.                            | 0,83              | 0,37   | 0,34   | 0,83   | 0,64   | 0,54    | 0,54    | 1,02        | 0,94   | 0,79   | 0,65          |
| Total                           | 99,91             | 100,10 | 99,43  | 100,10 | 99,86  | 100,46  | 99,32   | 99,68       | 100,60 | 99,63  | 99,98         |
| Ba                              | 429               | 436    | 1205   | 219    | 660    | 659     | 548     | 377         | 58     | 270    | 503           |
| Rb                              | 143               | 209    | 150    | 270    | 214    | 290     | 213     | 243         | 268    | 300    | 302           |
| Sr                              | 74                | 172    | 334    | 48     | 247    | 221     | 118     | 150         | 30     | 58     | 261           |
| Zr                              | 212               | 123    | 112    | 117    | 147    | 115     | 149     | 88          | 49     | 83     | 154           |
| Nb                              | 27                | 11     | 5      | 18     | 16     | 6       | 8       | 4           | 12     | 20     | 9             |
| Y                               | 50                | 32     | 23     | 61     | 46     | 50      | 30      | 36          | 43     | 54     | 25            |
| V                               | 19                | 15     | 10     | 10     | 35     | 15      | 12      | 16          | 3      | 54     | 32            |
| Cr                              | 30                | 49     | 50     | 44     | 32     | 33      | -       | 34          | 53     | 41     | -             |
| Co                              | nd                | 1      | nd     | nd     | 3      | 6       | -       | 0           | 0      | 0      | -             |
| Ni                              | nd                | 2      | 2      | 1      | 3      | 3       | -       | 1           | 2      | 2      | -             |
| Cu                              | 3                 | 5      | 6      | 5      | 5      | 4       | -       | 3           | 7      | 3      | -             |
| Zn                              | 68                | 42     | 19     | 37     | 60     | 25      | -       | 29          | 12     | 21     | -             |
| Ga                              | 19                | 19     | 15     | 18     | 19     | 16      | 19      | 18          | 18     | 18     | 22            |
| Pb                              | 20                | 21     | 17     | 32     | 24     | 42      | -       | 28          | 34     | 26     | -             |
| Cd                              | 0,045             | 0,046  | 0,043  | 0,042  | 0,045  | 0,042   | -       | 0,046       | 0,042  | 0,042  | -             |
| Mo                              | 0,411             | 1,388  | 1,685  | 1,273  | 1,143  | 1,319   | -       | 1,706       | 1,975  | 1,753  | -             |
| Fe#                             | 0,92              | 0,93   | 1,00   | 1,00   | 0,86   | 0,92    | 0,90    | 0,94        | 1,00   | 1,00   | 0,79          |
| I.A.                            | 0,82              | 0,84   | 0,84   | 0,89   | 0,79   | 0,84    | 0,78    | 0,85        | 0,86   | 0,91   | 0,75          |
| Ga/Al                           | 2,53              | 2,59   | 2,19   | 2,60   | 2,45   | 2,09    | 2,74    | 2,47        | 2,58   | 2,62   | 2,97          |

**Tabela 3** – Análises químicas de amostras representativas da Suíte Intrusiva Itapuã (em negrito, amostra da zona de mistura). O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido e elementos traço em ppm.  $Fe\# = FeO_T / (FeO_T + MgO)$ .

| Suíte Intrusiva Itapuã          |        |        |        |         |          |        |        |        |        |
|---------------------------------|--------|--------|--------|---------|----------|--------|--------|--------|--------|
| Granito Santana                 |        |        |        |         |          |        |        |        |        |
| Amostras                        | PGP-15 | PGP-41 | PGP-45 | PGP-152 | PMP-PAIM | PMP-36 | PMP-43 | PMP-44 | PMP-46 |
| SiO <sub>2</sub>                | 75,90  | 75,40  | 74,10  | 73,40   | 75,57    | 71,67  | 70,89  | 71,11  | 72,40  |
| TiO <sub>2</sub>                | 0,19   | 0,06   | 0,13   | 0,21    | 0,05     | 0,27   | 0,32   | 0,36   | 0,31   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12,80  | 13,10  | 13,10  | 13,70   | 13,36    | 13,49  | 13,96  | 14,39  | 13,66  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub> | 1,90   | 1,20   | 1,40   | 1,80    | 1,42     | 2,15   | 2,39   | 2,45   | 2,15   |
| MnO                             | 0,13   | 0,01   | 0,04   | 0,07    | 0,09     | 0,09   | 0,07   | 0,08   | 0,08   |
| MgO                             | 0,07   | 0,05   | 0,05   | 0,11    | nd       | 0,13   | 0,21   | 0,20   | 0,09   |
| CaO                             | 0,52   | 0,52   | 0,51   | 0,45    | 0,51     | 0,95   | 1,04   | 1,13   | 0,98   |
| Na <sub>2</sub> O               | 3,90   | 3,60   | 3,40   | 4,10    | 4,45     | 4,19   | 4,27   | 4,02   | 5,09   |
| K <sub>2</sub> O                | 5,20   | 5,00   | 5,70   | 5,00    | 4,60     | 5,02   | 5,1    | 5,3    | 3,7    |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,02   | 0,01   | 0,01   | 0,03    | 0,01     | 0,07   | 0,08   | 0,09   | 0,05   |
| H <sub>2</sub> O                | -      | -      | -      | -       | 0,05     | 0,39   | 0,33   | 0,4    | 0,41   |
| P.F.                            | 0,16   | 0,26   | 0,60   | -       | 0,51     | 1,25   | 1,03   | 0,75   | 0,78   |
| Total                           | 100,79 | 99,20  | 99,04  | 98,87   | 100,62   | 99,67  | 99,71  | 100,27 | 99,69  |
| Ba                              | 36     | 101    | 106    | 179     | nd       | 392    | 427    | 536    | 596    |
| Rb                              | -      | 239    | 205    | 210     | 177      | 295    | 242    | 239    | 204    |
| Sr                              | -      | 46     | 22     | 53      | 3        | 105    | 131    | 130    | 216    |
| Zr                              | 240    | 89     | 129    | 244     | 82       | 165    | 176    | 188    | 158    |
| Nb                              | 19     | 5      | 7      | 17      | 8        | 29     | 22     | 25     | 12     |
| Y                               | 75     | 20     | 27     | 71      | -        | 60     | 55     | 55     | 33     |
| V                               | 5      | 5      | 5      | 5       | nd       | 20     | 24     | 22     | 20     |
| Cr                              | -      | -      | -      | -       | 65       | 35     | 41     | 46     | 36     |
| Ni                              | -      | -      | -      | -       | nd       | 4      | 3      | 3      | 2      |
| Zn                              | -      | -      | -      | -       | 42       | 42     | 55     | 55     | 42     |
| Ga                              | 20     | 23     | 24     | 23      | -        | 19     | 19     | 18     | 17     |
| Pb                              | -      | -      | -      | -       | 24       | 20     | 22     | 22     | 22     |
| Cd                              | -      | -      | -      | -       | -        | 0,04   | 0,045  | 0,043  | 0,044  |
| Mo                              | -      | -      | -      | -       | -        | 0,758  | 0,699  | 0,778  | 1,022  |
| F                               | -      | -      | -      | 680     | -        | -      | -      | -      | -      |
| Hf                              | -      | -      | -      | 5       | -        | -      | -      | -      | -      |
| Ta                              | -      | -      | -      | 5       | -        | -      | -      | -      | -      |
| Th                              | -      | -      | -      | <5      | -        | -      | -      | -      | -      |
| Fe#                             | 0,96   | 0,96   | 0,96   | 0,94    | 1,00     | 0,94   | 0,91   | 0,92   | 0,96   |
| I,A,                            | 0,94   | 0,87   | 0,90   | 0,89    | 0,92     | 0,91   | 0,90   | 0,86   | 0,91   |
| Ga/Al                           | 2,95   | 3,32   | 3,46   | 3,17    | -        | 2,66   | 2,57   | 2,36   | 2,35   |

Tabela 3 – (continuação)

| Suíte Intrusiva Itapuã          |                   |         |         |         |                  |          |          |        |
|---------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|------------------|----------|----------|--------|
| Amostras                        | Granito Cantagalo |         |         |         | G. Santo Antônio |          | Enclaves |        |
|                                 | PGP-91-A          | PGP-127 | PGP-148 | PGP-188 | PMP-29           | PGP-20-A | PGP-55-B | PMP-45 |
| SiO <sub>2</sub>                | 76,90             | 76,20   | 76,10   | 74,50   | 76,00            | 75,20    | 55,30    | 57,40  |
| TiO <sub>2</sub>                | 0,13              | 0,10    | 0,13    | 0,11    | 0,04             | 0,05     | 1,10     | 1,30   |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 12,30             | 13,10   | 12,50   | 13,10   | 13,18            | 13,00    | 19,40    | 18,50  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3T</sub> | 1,90              | 1,30    | 1,30    | 2,03    | 1,14             | 1,50     | 6,80     | 6,90   |
| MnO                             | 0,03              | 0,04    | 0,03    | 0,06    | 0,01             | 0,02     | 0,32     | 0,38   |
| MgO                             | 0,05              | 0,05    | 0,10    | 0,13    | nd               | 0,05     | 2,20     | 2,20   |
| CaO                             | 0,56              | 0,35    | 0,62    | 0,45    | 0,55             | 0,63     | 4,00     | 3,80   |
| Na <sub>2</sub> O               | 3,00              | 3,90    | 3,50    | 3,90    | 4,41             | 3,80     | 7,10     | 6,00   |
| K <sub>2</sub> O                | 5,60              | 4,80    | 4,60    | 5,00    | 4,50             | 4,50     | 1,80     | 1,80   |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>   | 0,01              | 0,01    | 0,01    | 0,01    | 0,01             | 0,01     | 0,49     | 0,51   |
| H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>   | -                 | -       | -       | -       | 0,33             | -        | -        | -      |
| P.F.                            | 0,20              | 0,52    | 0,49    | -       | 0,50             | 1,15     | -        | -      |
| Total                           | 100,62            | 100,31  | 99,37   | -       | 100,67           | 99,85    | -        | -      |
| Ba                              | 31                | 104     | 167     | 119     | 36               | 33       | 173      | -      |
| Rb                              | 164               | 234     | 298     | 260     | 300              | 551      | 299      | -      |
| Sr                              | 28                | 21      | 48      | 38      | 9                | 20       | 234      | -      |
| Zr                              | 181               | 116     | 112     | 147     | 91               | 128      | 134      | -      |
| Nb                              | 9                 | 16      | 14      | 25      | 36               | 25       | 65       | -      |
| Y                               | 34                | 60      | 75      | 71      | 70               | 92       | 84       | -      |
| V                               | 5                 | 5       | 5       | 5       | nd               | 5        | 68       | -      |
| Cr                              | -                 | -       | -       | -       | 57               | -        | -        | -      |
| Ni                              | -                 | -       | -       | -       | 2                | -        | -        | -      |
| Zn                              | -                 | -       | -       | -       | 33               | -        | -        | -      |
| Ga                              | 19                | 24      | 22      | 24      | 20               | 30       | 40       | -      |
| Pb                              | -                 | -       | -       | -       | 30               | -        | -        | -      |
| Cd                              | -                 | -       | -       | -       | 0,04             | -        | -        | -      |
| Mo                              | -                 | -       | -       | -       | 1,58             | -        | -        | -      |
| F                               | -                 | -       | -       | 960     | -                | -        | -        | -      |
| Hf                              | -                 | -       | -       | 5       | -                | -        | -        | -      |
| Ta                              | -                 | -       | -       | 5       | -                | -        | -        | -      |
| Th                              | -                 | -       | -       | <5      | -                | -        | -        | -      |
| Fe#                             | 0,97              | 0,96    | 0,92    | 0,93    | 1,00             | 0,96     | 0,74     | 0,74   |
| I,A                             | 0,89              | 0,89    | 0,86    | 0,90    | 0,92             | 0,86     | 0,70     | 0,64   |
| Ga/Al                           | 2,92              | 3,46    | 3,33    | 3,46    | 2,87             | 4,36     | 3,90     | -      |



**Figura 3** – Diagramas Harker para (a) elementos maiores e (b) elementos traço dos granitóides da Suíte Intrusiva Viamão (SIV) (O), Suíte Intrusiva Porto Alegre (SIPA) (+) e Suíte Intrusiva Itapuã (SII) (◇).



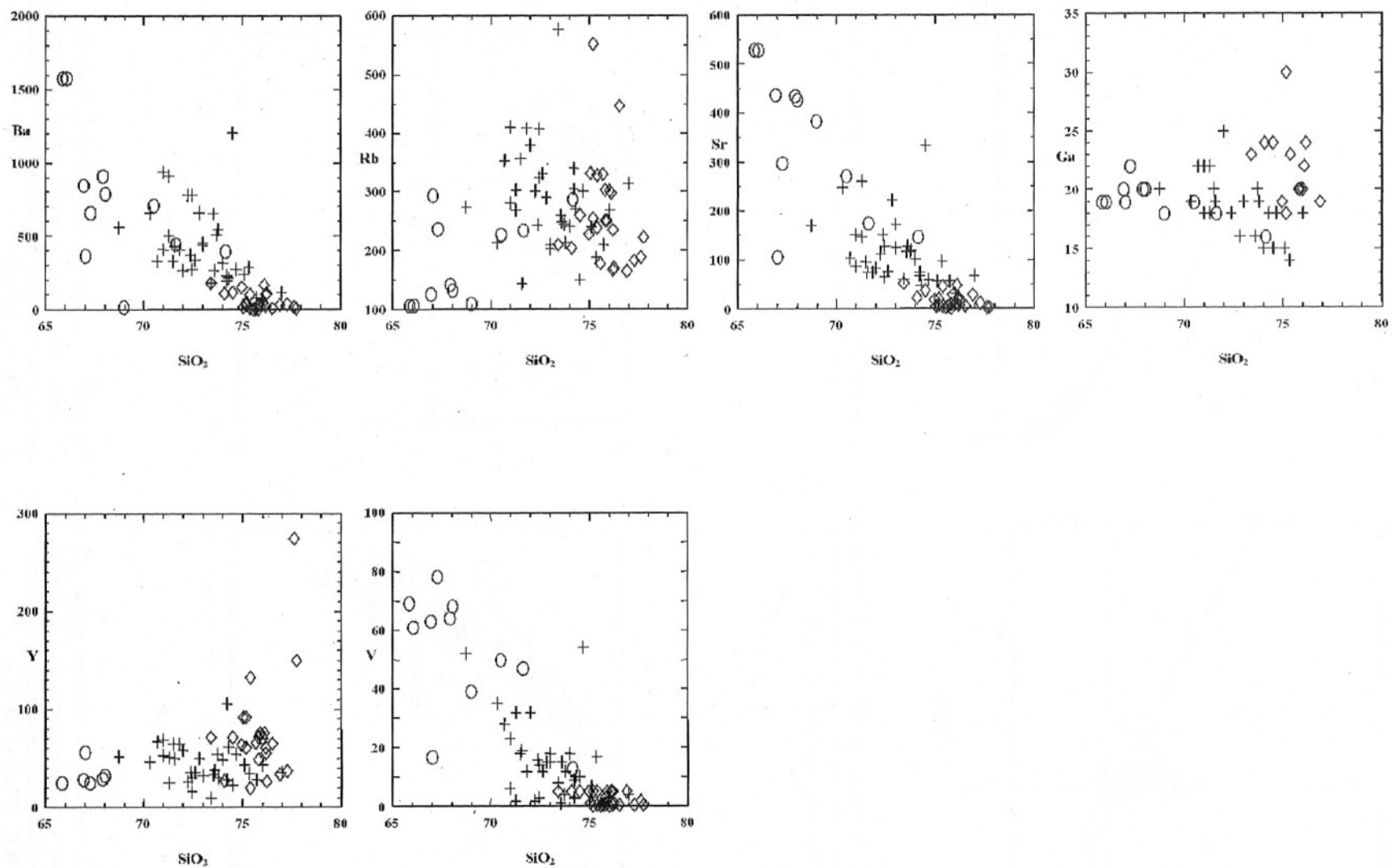
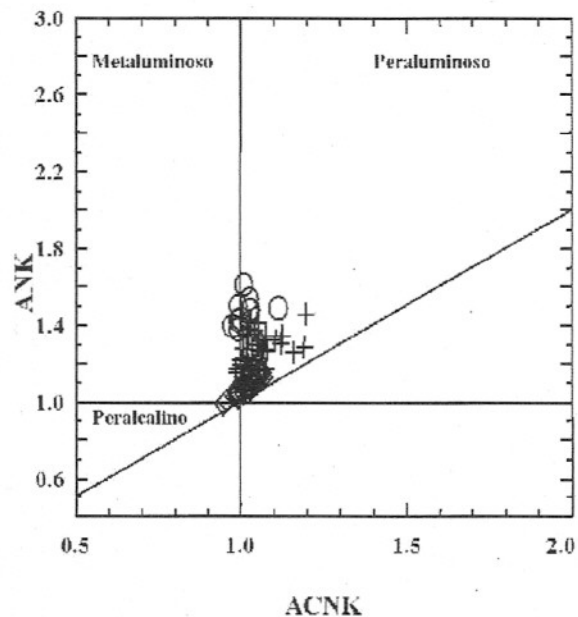
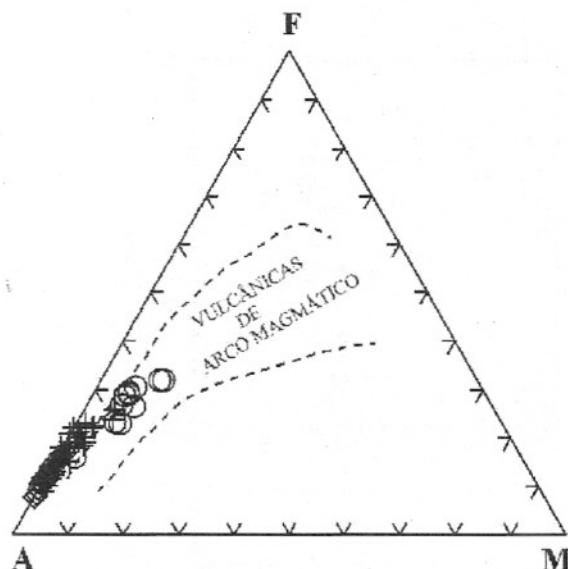


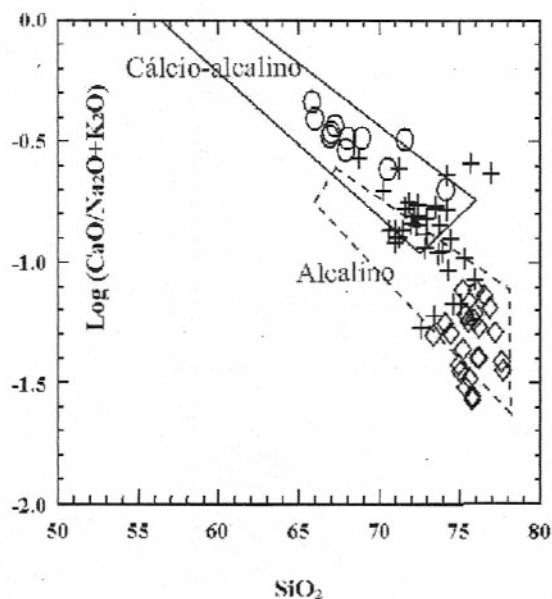
Figura 3 – (continuação)



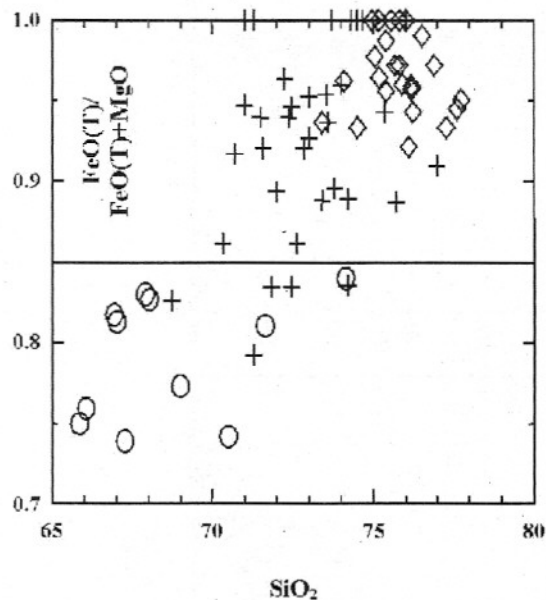
**Figura 4** – Diagrama ACNK vs CNK (Maniar & Piccoli, 1989) das rochas pós-transcorrentes da região de Porto Alegre e Viamão, (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



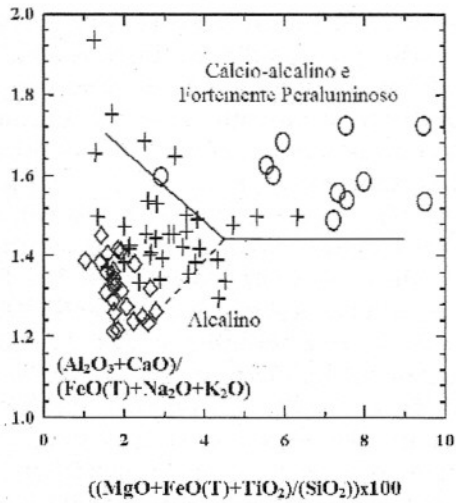
**Figura 5** – Diagrama de AFM dos granitos estudados (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



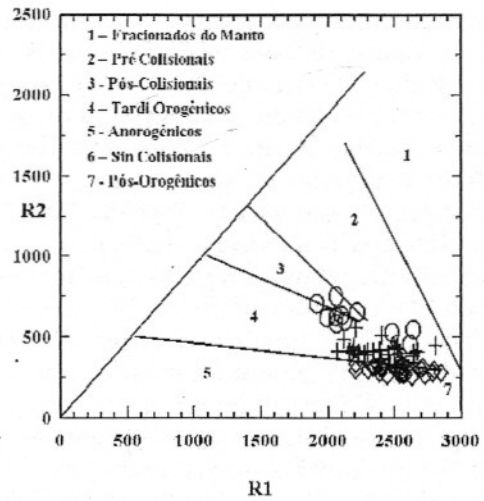
**Figura 6** – Diagrama de índice alcalino (Brown, 1981), com o campo dos granitos cálcio-alcalinos e campo dos granitos alcalinos, sugerido por Nardi (1991) (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



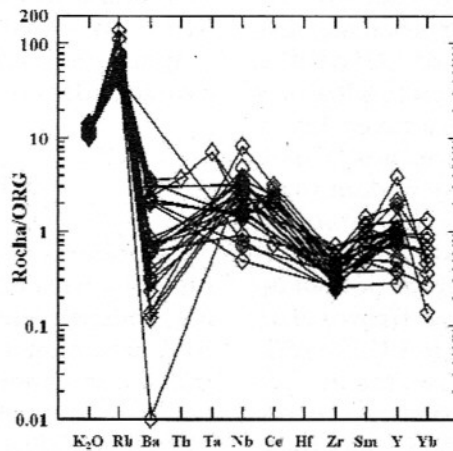
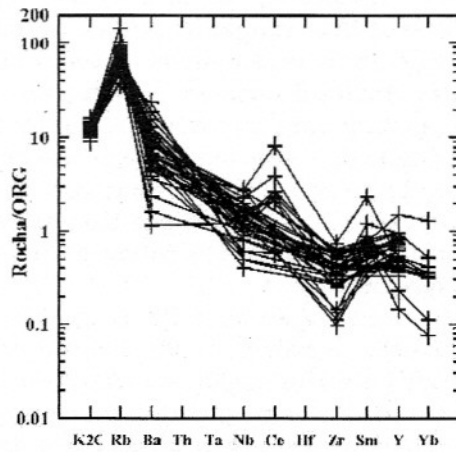
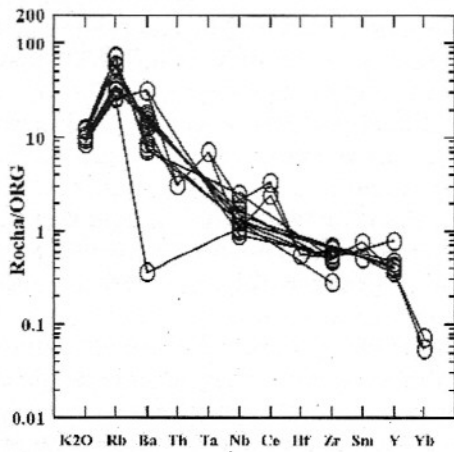
**Figura 7** – Diagrama de  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{FeOT}/(\text{FeOT}+\text{MgO})$ , mostrando um campo superior para rochas alcalinas e um campo inferior para rochas cálcio-alcalinas (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



**Figura 8** – Diagrama de Sylvester (1989), diferenciando rochas cálcio-alcálicas e fortemente peraluminosas das rochas alcalinas (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



**Figura 9** – Diagrama R1-R2 (De La Roche *et al.*, 1980), modificado por Batchelor & Bowden (1985), mostrando diversos ambientes tectônicos (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



**Figura 10** – Diagramas multielementares de Pearce *et al.* (1984), mostrando (a) SIV; (b) SIPA; (c) SII.

Os teores de Ba, Sr, F e Ga dos granitos da SII são compatíveis com teores descritos para granitos alcalinos (Whalen *et al.*, 1987; Eby, 1990 e Nardi, 1991). Whalen *et al.* (1987) propuseram vários diagramas para a identificação de granitos Tipo-A (alcalinos), em relação a granitos do Tipo-I (cálcio-alcalinos), Tipo-S, Tipo-M e granitos félsicos fracionados (granitos cálcio-alcalinos altamente diferenciados), utilizando a razão Ga/Al e o somatório de Zr, Nb, Ce e Y vs vários elementos maiores e menores. As análises plotadas nesses diagramas mostraram que os granitóides da SIV posicionam-se no campo dos granitos cálcio-alcalinos, enquanto que os granitos da SII posicionam-se no campo dos granitos alcalinos (Figs. 11a e 11b). Já os granitos da SIPA por vezes posicionam-se entre os campos dos granitos alcalinos e dos granitos cálcio-alcalinos (Fig. 11b), situando-se, também, no campo dos granitos cálcio-alcalinos altamente diferenciados.

As concentrações de Rb, Sr e Ba são elevadas na SIV e SIPA e comparáveis às de intrusões graníticas de arcos magmáticos maduros ou de margem continental espessa. O magmatismo granítico, gerado em arcos magmáticos de menor maturidade ou em ausência de crosta continental, apresenta concentrações menores destes elementos, como observados por Rogers *et al.* (1980), Brown *et al.* (1984) e Silver e Chappell (1988), entre outros.

No diagrama (Y+Nb) x Rb (Fig. 12), de Pearce (1996), modificado de Pearce *et al.* (1984), para a discriminação dos ambientes tectônicos, as amostras dos granitos estudados situam-se no campo dos granitóides pós-orogênicos.

Os altos teores de LILE, como Ba, Rb e Sr, podem indicar uma influência de processos orogênicos na geração dos magmas da SIV e SIPA. Bonin (1990) distingue os granitos alcalinos pós-orogênicos de anorogênicos através dos teores de Ba e Sr, que seriam maiores nos primeiros. Estas características também podem sugerir uma contribuição crustal nos magmas parentais desses granitos. Contudo, os significativos teores de HFSE nos granitos podem indicar uma contribuição mantélica. Brown *et al.* (1984) atribuem os altos teores de LILE e relativa abundância de HFSE nos granitos de arco magmáticos maduros a uma contribuição de fonte mantélica intraplacas na geração dos magmas.

Os padrões de elementos terras raras (ETR), normalizados pelos valores condriticos, de

Haskin *et al.* (1968), em amostras dos granitos estudados, são apresentados nas Figuras 13a, 13b e 13c. Os ETR, nos granitóides estudados, apresentam um comportamento variável, de modo geral, com enriquecimento de ETRL em relação aos ETRP, sendo esta tendência mais evidente nos granitóides da SIV. A falta de anomalia de Eu é descrita como característica dos granitos cálcio-alcalinos do leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, estudados por Frantz & Nardi (1992). O padrão de ETR assemelha-se aos de rochas cálcio-alcalinos similares às rochas estudadas por Frantz & Nardi (1992). Os padrões da SIPA e SII são semelhantes aos descritos por Nardi (1991), como típicos dos granitos alcalinos pós-orogênicos. As anomalias de Eu são negativas, o que pode representar um fracionamento de feldspatos.

Através do estudo dos elementos maiores e menores dos granitóides abordados, pode-se constatar que a SIV apresenta várias características dos granitóides cálcio-alcalinos, enquanto que a SII exibe características de rochas graníticas de associação alcalina. Já a SIPA apresenta algumas características cálcio-alcalinas, como baixos Índice Agpaítico, teores de LILE e razões de Ga/Al, mas mostra, também, características de granitos alcalinos, como altos teores de SiO<sub>2</sub>, razões de FeO(T)/MgO e anomalias de Eu. Essas características são associadas, por Whalen *et al.* (1987), a granitos félsicos diferenciados de granitos cálcio-alcalinos ou Tipo-I que, para Sylvester (1989), podem ser variações dos granitos alcalinos. Através da interpretação do comportamento dos elementos maiores e traço pode ser constatado que, apesar de quimicamente similares, os granitóides das três suítes evoluíram de modo distinto, principalmente em relação a SIV e SII, o que é sugestivo da participação de magmas parentais possivelmente distintos na evolução dessas suítes.

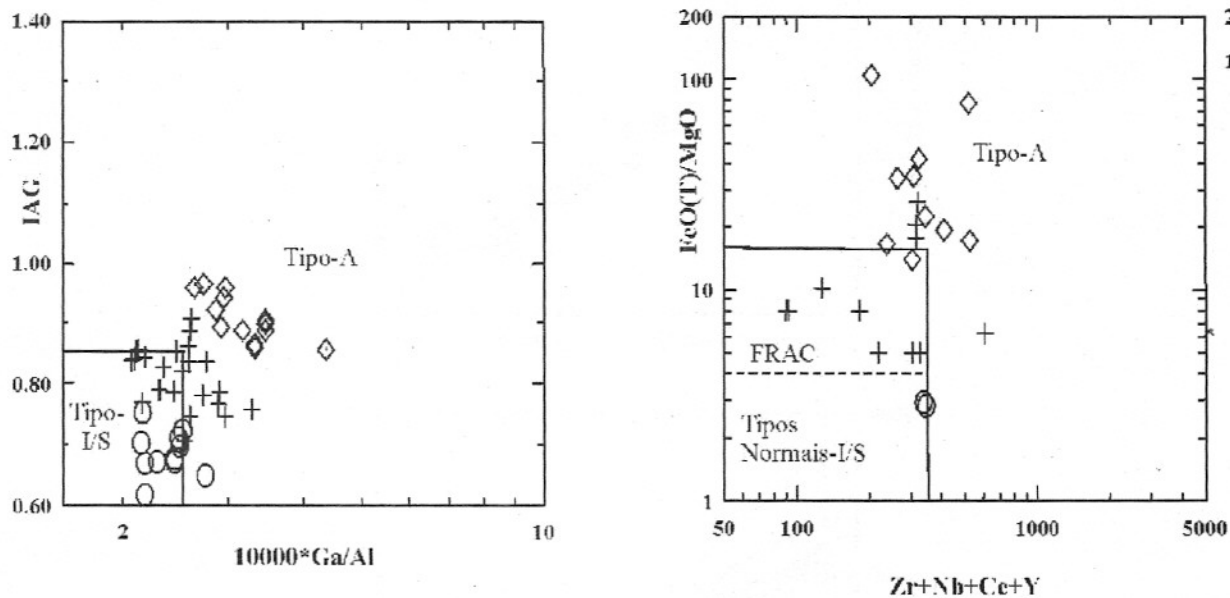
## QUÍMICA MINERAL

A composição química das principais fases minerais pertencentes aos granitos Santana da SII, Independência da SIPA e Saint Hilaire da SIV, determinadas através de microsonda eletrônica, são apresentadas na Tabela 4, 5 e 6. As análises foram obtidas junto aos laboratórios do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica (CPGq) do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em uma microsonda CAMECA SX 50. Foram feitas

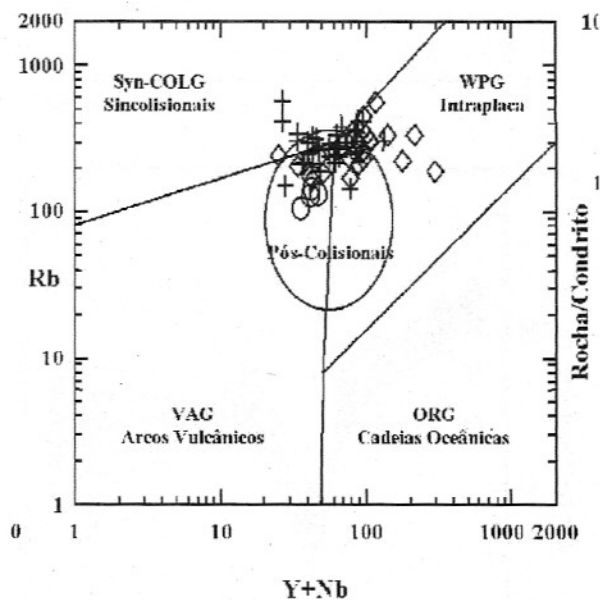


análises quantitativas WDS (*wavelength-dispersive spectrometer*), para determinação dos diferentes óxidos presentes nas fases minerais analisadas: anfibólios, biotitas, plagioclásios e

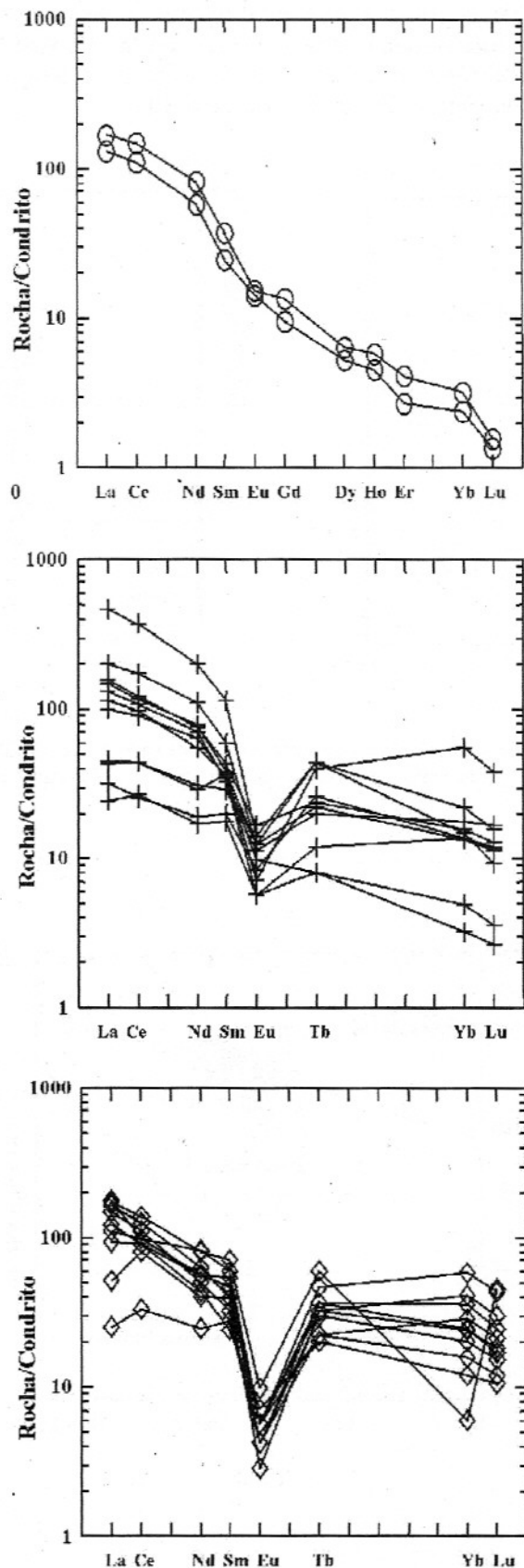
feldspatos alcalinos. As condições de trabalho da microsonda eram de 15 KV, 10 nA, diâmetro do feixe de 3 a 5 µm e com tempo de contagem de 10 a 20 s.



**Figura 11** – Diagramas de Whalen *et al.* (1987) para diferenciar granitos tipo-A de granitos tipo-I/S e granitos diferenciados, usando (a) Índice Agpático vs 10.000 Ga/Al; (b) FeO(T)/MgO vs Zr+Nb+Ce+Y, (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



**Figura 12** – Diagrama Rb vs Nb+Y, de Pearce (1996), para indicar ambiente tectônico (SIV [O], SIPA [+], SII [◇]).



**Figura 13** – Diagramas de elementos terras raras para (a) SIV; (b) SIPA; (c) SII. Normalização rocha/condrito por Haskin *et al.* (1968).

No Granito Saint Hilaire, os anfibólios têm a composição de magnésio-hornblenda. As razões  $\text{FeO(T)}/(\text{FeO(T)}+\text{MgO})$  variam de 0,62 até 0,81, valores compatíveis com os de anfibólios de rochas graníticas cálcio-alcálicas (Nardi, 1991).

As biotitas do Granito Saint Hilaire apresentam valores de magnésio compatíveis com biotitas de granitos cálcio-alcálicos, assim como razões de  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$  que se situam entre 0,6 e 0,7. O granito Independência apresenta biotitas com composições próximas à anita, mas apresentando variação nos teores de  $\text{Al}^{\text{IV}}$  e nas razões  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$ . As biotitas do Granito Santana apresentam valores dessa razão entre 0,5 e 0,6, inferiores aos apresentados por biotitas dos granitos alcálicos anorogênicos (Anderson *et al.*, 1980 e Nardi, 1991). Abdel-Rahman (1994) utilizou a composição das biotitas para distinguir suítes alcálicas anorogênicas, cálcio-alcálicas orogênicas e as peraluminosas colisionais (Fig. 14). As composições das biotitas do Granito Saint Hilaire assemelham-se às das suítes cálcio-alcálicas, enquanto as biotitas do Granito Independência assemelham-se às das suítes peraluminosas. Porém, as amostras do Granito Santana, que se assemelham às das suítes cálcio-alcálica, apresentam um fechamento analítico (Tabela 4) não satisfatório, em relação às outras duas suítes.

O plagioclásio no Granito Saint Hilaire tem teores de  $\text{An}_{31}$  a  $\text{An}_{36}$ . Já os feldspatos alcálicos apresentam valores de ortoclásio entre  $\text{Or}_{94}$  e  $\text{Or}_{97}$ . O plagioclásio no Granito Independência tem composição variando entre  $\text{An}_{15}$  e  $\text{An}_{18}$ , caracterizando uma zonação normal. Nos feldspatos alcálicos, a composição varia de  $\text{Or}_{90}$  a  $\text{Or}_{95}$ . O plagioclásio no Granito Santana tem conteúdo de An variável, constituindo desde albíta até oligoclásio ( $\text{An}_{04}$  a  $\text{An}_{15}$ ). Já o feldspato alcálico apresenta o componente ortoclásio variando de  $\text{Or}_{94}$  a  $\text{Or}_{99}$ . Nos feldspatos alcálicos dos granitos Independência e Santana, pela presença de pertitas de exsolução, apenas a hospedeira potássica foi analisada, não sendo possível analisar as lamelas sódicas.

A aplicação do geobarômetro que utiliza o teor de  $\text{Al}^{\text{total}}$  nas hornblendas, proposto por Hammarstrom & Zen (1986) e revisto por Vyhnał *et al.* (1991) e Schmidt (1992), forneceram valores entre 2 a 4 kbar para a pressão de cristalização. São assumidas as características cálcio-alcálicas do granito e a existência de uma assembléia mineral em equilíbrio composta por quartzo + plagioclásio + feldspato alcálico + hornblenda + biotita + titanita + magnetita (Oliveira *et al.*, 2001), requisitos para a validade do geobarômetro. As análises químicas de anfibólio da amostra utilizada na aplicação do geobarômetro (PMP-58) estão na Tabela 4.

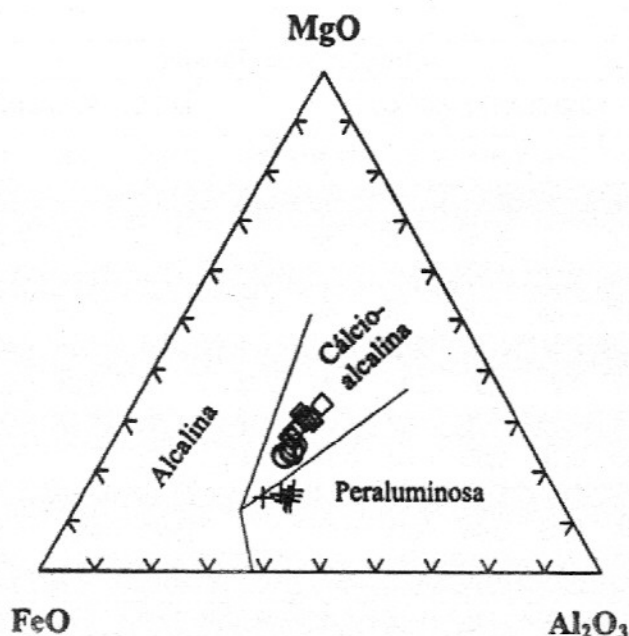


Figura 14 – Diagrama de  $\text{FeO(T)} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3$  para biotitas, discriminando suítes alcálicas, cálcio-alcálicas e peraluminosas (SIV [O], SIPA [+], SII {O}).

**Tabela 4** – Composição química (WDS) de fases minerais representativas do Granito Saint Hilaire (SIV). Determinações pontuais, -B (borda) e -N (núcleo). O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido. H<sub>2</sub>O (c)= H<sub>2</sub>O calculado. Fe# = FeO<sub>T</sub>/(-FeO<sub>T</sub>/MgO).

| Granito Saint Hilaire          |                  |       |       |       |       |       |       |       |                |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | ANFIBÓLIO PMP-58 |       |       |       |       |       |       |       | BIOTITA PMP-58 |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | A01-B            | A02-B | A03-N | A04-B | A05-N | A06-N | A07-N | A08-B | B01-N          | B02-B | B03-N | B04-B | B05-N | B06-B | B07-N | B08-N |
| SiO <sub>2</sub>               | 45,67            | 45,17 | 45,13 | 45,12 | 43,66 | 45,86 | 45,24 | 45,12 | 36,25          | 36,42 | 36,65 | 36,14 | 36,84 | 36,53 | 36,80 | 36,84 |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,05             | 1,25  | 1,23  | 0,85  | 1,45  | 0,56  | 1,66  | 1,67  | 3,17           | 3,22  | 3,17  | 2,75  | 2,63  | 3,17  | 2,44  | 2,81  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 8,24             | 8,51  | 8,09  | 8,54  | 9,52  | 8,02  | 8,38  | 8,36  | 14,76          | 14,52 | 14,53 | 14,92 | 15,33 | 15,00 | 15,14 | 14,93 |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | nd               | 0,03  | nd    | 0,02  | 0,03  | nd    | nd    | nd    | nd             | 0,01  | 0,03  | nd    | 0,03  | nd    | nd    | 0,02  |
| FeO <sub>T</sub>               | 17,81            | 18,27 | 18,13 | 18,06 | 19,00 | 18,02 | 17,22 | 17,52 | 20,52          | 20,54 | 20,73 | 19,67 | 20,21 | 19,80 | 19,36 | 20,07 |
| MnO                            | 0,76             | 0,72  | 0,73  | 0,74  | 0,73  | 0,82  | 0,72  | 0,71  | 0,49           | 0,46  | 0,44  | 0,46  | 0,57  | 0,52  | 0,52  | 0,54  |
| MgO                            | 10,63            | 10,34 | 10,26 | 10,33 | 9,49  | 10,66 | 11,07 | 10,96 | 10,57          | 10,67 | 10,70 | 10,77 | 11,53 | 10,86 | 11,57 | 11,22 |
| BaO                            | -                | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0,46           | 0,41  | 0,23  | 0,72  | 0,08  | 0,65  | nd    | nd    |
| CaO                            | 11,76            | 12,04 | 12,00 | 12,05 | 11,95 | 11,63 | 11,59 | 11,91 | nd             | nd    | nd    | 0,01  | nd    | 0,01  | nd    | nd    |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,00             | 0,84  | 0,85  | 0,99  | 1,07  | 0,74  | 0,95  | 0,92  | nd             | nd    | 0,04  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| K <sub>2</sub> O               | 0,85             | 0,89  | 0,98  | 0,92  | 1,12  | 0,68  | 0,91  | 0,92  | 9,43           | 9,30  | 9,63  | 9,29  | 9,45  | 9,69  | 9,71  | 9,76  |
| F                              | 0,11             | 0,12  | 0,15  | 0,11  | 0,15  | 0,18  | 0,11  | 0,12  | 0,24           | 0,27  | 0,28  | 0,39  | 0,15  | 0,19  | 0,28  | 0,20  |
| Cl                             | 0,01             | 0,04  | 0,05  | 0,05  | 0,03  | 0,01  | 0,08  | 0,08  | 0,03           | 0,02  | 0,04  | 0,02  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,02  |
| H <sub>2</sub> O (c)           | 1,94             | 1,92  | 1,89  | 1,92  | 1,90  | 1,89  | 1,92  | 1,92  | -              | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| O <sub>F</sub>                 | 0,05             | 0,05  | 0,06  | 0,04  | 0,06  | 0,08  | 0,05  | 0,05  | 0,10           | 0,12  | 0,12  | 0,16  | 0,06  | 0,08  | 0,12  | 0,08  |
| O <sub>CL</sub>                | nd               | 0,01  | 0,01  | 0,01  | 0,01  | nd    | 0,02  | 0,02  | 0,01           | 0,01  | 0,01  | nd    | 0,01  | 0,01  | 0,01  | nd    |
| Total                          | 99,78            | 100,1 | 99,42 | 99,65 | 100,0 | 98,99 | 99,78 | 100,1 | 99,57          | 99,46 | 100,1 | 98,64 | 100,7 | 100,2 | 99,50 | 100,2 |
| Fe#                            | 0,63             | 0,64  | 0,64  | 0,64  | 0,67  | 0,63  | 0,61  | 0,62  | 0,66           | 0,66  | 0,66  | 0,65  | 0,64  | 0,65  | 0,63  | 0,64  |

| GRANITO SAINT HILAIRE          |                     |       |       |       |       |       |       |       |                        |       |       |       |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
|                                | PLAGIOCLÁSIO PMP-58 |       |       |       |       |       |       |       | FELDS. ALCALINO PMP-58 |       |       |       |
|                                | P01-N               | P02-B | P03-N | P04-N | P05-N | P06-B | P07-N | P08-N | F01-N                  | F02-N | F03-N | F04-N |
| SiO <sub>2</sub>               | 61,18               | 62,66 | 60,83 | 60,55 | 61,02 | 60,05 | 59,93 | 59,91 | 65,25                  | 65,38 | 65,38 | 65,40 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,14                | 0,07  | 0,13  | nd    | 0,05  | nd    | nd    | nd    | nd                     | nd    | 0,04  | nd    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 25,10               | 24,38 | 25,28 | 25,07 | 25,02 | 25,27 | 25,18 | 25,52 | 18,59                  | 18,27 | 18,50 | 18,38 |
| MgO                            | nd                  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,01  | nd                     | nd    | nd    | nd    |
| CaO                            | 6,44                | 5,76  | 6,59  | 6,70  | 6,43  | 6,85  | 6,83  | 6,63  | nd                     | nd    | 0,01  | nd    |
| FeO <sub>T</sub>               | 0,19                | 0,18  | 0,12  | 0,21  | 0,07  | 0,13  | 0,20  | 0,04  | nd                     | 0,04  | 0,03  | 0,03  |
| SrO                            | nd                  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd                     | nd    | nd    | nd    |
| BaO                            | 0,02                | 0,04  | nd    | 0,15  | 0,32  | nd    | 0,19  | 0,06  | 0,32                   | 0,17  | 0,43  | 0,09  |
| Na <sub>2</sub> O              | 7,37                | 6,95  | 6,74  | 6,64  | 6,97  | 6,76  | 6,54  | 6,91  | 0,45                   | 0,68  | 0,83  | 0,32  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,24                | 0,20  | 0,26  | 0,35  | 0,08  | 0,23  | 0,31  | 0,12  | 16,48                  | 15,85 | 15,18 | 16,62 |
| Total                          | 100,7               | 100,2 | 99,95 | 99,67 | 99,96 | 99,29 | 99,18 | 99,20 | 101,1                  | 100,4 | 100,4 | 100,8 |
| Ab                             | 66,5                | 67,7  | 63,9  | 62,8  | 65,9  | 63,2  | 62,2  | 64,9  | 4,0                    | 6,1   | 7,7   | 2,8   |
| An                             | 32,1                | 31,0  | 34,5  | 35,0  | 33,6  | 35,4  | 35,9  | 34,4  | 0,0                    | 0,0   | 0,1   | 0,0   |
| Or                             | 1,4                 | 1,3   | 1,6   | 2,2   | 0,5   | 1,4   | 1,9   | 0,7   | 96,0                   | 93,9  | 92,3  | 97,2  |



**Tabela 5** – Composição química (WDS) de fases minerais representativas do Granito Independência (SIPA). Determinações pontuais, -B (borda) e -N (núcleo). O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido.  $Fe\# = FeO_T / (-FeO_T / MgO)$ .

| Granito Independência          |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BIOTITA PMP-25                 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | B01-B | B02-N | B03-B | B04-N | B05-N | B06-B | B08-N | B09-B |
| SiO <sub>2</sub>               | 36,51 | 36,01 | 36,43 | 35,49 | 35,81 | 36,17 | 36,08 | 36,27 |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,97  | 2,38  | 2,90  | 1,86  | 2,64  | 3,04  | 1,07  | 2,84  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 17,54 | 17,53 | 17,20 | 17,02 | 17,05 | 17,17 | 17,61 | 17,07 |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,02  | nd    | 0,02  | nd    | 0,01  | 0,03  | 0,02  | 0,04  |
| FeO <sub>T</sub>               | 22,53 | 22,44 | 22,95 | 23,79 | 22,92 | 23,37 | 22,20 | 22,38 |
| MnO                            | 0,36  | 0,30  | 0,26  | 0,37  | 0,35  | 0,36  | 0,28  | 0,39  |
| MgO                            | 6,59  | 7,11  | 6,61  | 7,41  | 6,62  | 6,82  | 7,64  | 7,00  |
| BaO                            | 0,11  | 0,09  | nd    | nd    | 0,05  | nd    | nd    | nd    |
| CaO                            | nd    | 0,07  | 0,04  | nd    | 0,05  | 0,02  | 0,17  | 0,08  |
| Na <sub>2</sub> O              | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,06  | nd    |
| K <sub>2</sub> O               | 9,59  | 8,98  | 9,64  | 9,18  | 9,40  | 9,33  | 9,22  | 9,45  |
| F                              | 0,28  | 0,43  | 0,32  | 0,40  | 0,13  | 0,38  | 0,47  | 0,34  |
| Cl                             | nd    | 0,02  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,01  |
| O_F                            | 0,12  | 0,18  | 0,13  | 0,17  | 0,06  | 0,16  | 0,20  | 0,14  |
| O_CL                           | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| Total                          | 98,12 | 96,82 | 97,95 | 97,00 | 96,75 | 98,22 | 96,24 | 97,43 |
| Fe#                            | 0,77  | 0,76  | 0,78  | 0,76  | 0,78  | 0,77  | 0,74  | 0,76  |

| Granito Independência          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PLAGIOCLÁSIO PMP-25            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | P01-B | P02-N | P03-B | P04-N | P05-N | P06-B | P07-N | P08-N | P09-B | P10-N | P11-B |
| SiO <sub>2</sub>               | 58,91 | 58,20 | 61,80 | 59,74 | 59,41 | 63,76 | 62,86 | 61,73 | 59,54 | 58,84 | 60,37 |
| TiO <sub>2</sub>               | nd    | 0,11  | nd    | nd    | 0,07  | nd    | 0,01  | nd    | nd    | 0,07  | nd    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 26,75 | 27,46 | 24,93 | 26,93 | 26,52 | 23,81 | 24,24 | 25,54 | 26,63 | 26,90 | 26,02 |
| MgO                            | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,01  | nd    | nd    | nd    |
| CaO                            | 8,02  | 9,21  | 5,88  | 8,43  | 8,18  | 4,72  | 5,33  | 6,12  | 8,21  | 8,31  | 7,55  |
| FeO <sub>T</sub>               | nd    | 0,06  | nd    | 0,05  | nd    | 0,06  | 0,07  | nd    | nd    | 0,01  | 0,07  |
| SrO                            | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| BaO                            | 0,13  | 0,04  | nd    | 0,09  | 0,09  | 0,04  | 0,04  | 0,04  | 0,11  | 0,04  | nd    |
| Na <sub>2</sub> O              | 6,75  | 5,80  | 7,79  | 6,37  | 6,04  | 8,49  | 7,71  | 7,75  | 6,28  | 6,48  | 7,21  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,16  | 0,17  | 0,10  | 0,11  | 0,11  | 0,13  | 0,18  | 0,14  | 0,15  | 0,15  | 0,16  |
| Total                          | 100,7 | 101,1 | 100,5 | 101,7 | 100,4 | 101,0 | 100,4 | 101,3 | 100,9 | 100,8 | 101,4 |
| Ab                             | 59,8  | 52,7  | 70,2  | 57,4  | 56,8  | 75,9  | 71,6  | 69,0  | 57,5  | 58,0  | 62,8  |
| An                             | 39,3  | 46,3  | 29,3  | 42,0  | 42,5  | 23,3  | 27,3  | 30,1  | 41,6  | 41,1  | 36,3  |
| Or                             | 0,9   | 1,0   | 0,6   | 0,7   | 0,7   | 0,8   | 1,1   | 0,8   | 0,9   | 0,9   | 0,9   |

**Tabela 5** – (continuação)

| Granito Independência          |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FELDSPATO ALCALINO PMP-25      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | F01-N | F02-N | F03-B | F04-B | F05-N | F06-N | F07-B | F08-N | F09-N |
| SiO <sub>2</sub>               | 64,23 | 65,90 | 65,84 | 66,04 | 65,37 | 65,50 | 65,20 | 65,96 | 65,30 |
| TiO <sub>2</sub>               | nd    | 0,03  | nd    | nd    | 0,08  | nd    | nd    | 0,06  | nd    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 19,08 | 18,81 | 18,72 | 18,80 | 18,79 | 18,77 | 18,69 | 18,75 | 18,73 |
| MgO                            | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| CaO                            | 0,11  | 0,01  | nd    | nd    | 0,01  | nd    | nd    | 0,04  | 0,01  |
| FeO <sub>T</sub>               | nd    | 0,07  | nd    | nd    | 0,01  | nd    | 0,03  | nd    | nd    |
| SrO                            | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| BaO                            | 0,92  | 0,13  | nd    | nd    | nd    | 0,28  | 0,09  | nd    | 0,09  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,39  | 0,49  | 0,45  | 0,55  | 0,26  | 0,25  | 0,25  | 1,20  | 0,31  |
| K <sub>2</sub> O               | 15,79 | 15,81 | 16,10 | 16,19 | 16,38 | 16,28 | 16,44 | 14,90 | 16,23 |
| Total                          | 100,5 | 101,3 | 101,1 | 101,6 | 100,9 | 101,1 | 100,7 | 100,9 | 100,7 |
| Ab                             | 3,6   | 4,5   | 4,1   | 4,9   | 2,3   | 2,3   | 2,3   | 10,9  | 2,8   |
| An                             | 0,6   | 0,1   | 0     | 0     | 0,1   | 0     | 0     | 0,2   | 0,1   |
| Or                             | 95,8  | 95,5  | 95,9  | 95,1  | 97,6  | 97,7  | 97,7  | 88,9  | 97,1  |

**Tabela 6** – Composição química (WDS) de fases minerais representativas do Granito Santana (SII). Determinações pontuais, -B (borda) e -N (núcleo). O termo (nd) é para elementos não detectados e (-) é para elementos não analisados. Elementos maiores em % peso de óxido. Fe# = FeO<sub>T</sub>/(-FeO<sub>T</sub>/MgO).

| Granito Santana                |       |       |       |       |       |                |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| BIOTITA PMP-43                 |       |       |       |       |       | BIOTITA PGP-45 |       |       |       |       |       |       |       |       |
|                                | B01-B | B02-N | B03-B | B04-N | B05-N | B06-N          | B01-B | B02-N | B03-B | B04-N | B05-N | B06-B | B07-N | B08-N |
| SiO <sub>2</sub>               | 38,51 | 37,66 | 37,81 | 38,52 | 36,92 | 38,89          | 39,36 | 39,74 | 38,95 | 39,33 | 39,78 | 39,60 | 39,28 | 39,19 |
| TiO <sub>2</sub>               | 2,49  | 2,23  | 2,48  | 2,26  | 2,20  | 2,15           | 2,32  | 2,06  | 2,53  | 2,28  | 1,97  | 2,32  | 2,41  | 2,17  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 13,29 | 13,79 | 13,29 | 13,27 | 13,85 | 13,28          | 12,92 | 12,67 | 13,35 | 14,18 | 13,46 | 13,74 | 13,27 | 13,41 |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | nd    | 0,04  | nd    | nd    | nd    | nd             | 0,03  | 0,03  | nd    | nd    | 0,01  | 0,01  | nd    | 0,01  |
| FeO <sub>T</sub>               | 18,08 | 18,67 | 18,04 | 17,27 | 18,33 | 17,41          | 12,90 | 15,51 | 16,29 | 15,24 | 15,69 | 15,13 | 15,96 | 15,47 |
| MnO                            | 1,24  | 1,20  | 1,27  | 1,11  | 1,41  | 1,26           | 0,96  | 1,10  | 0,85  | 0,70  | 0,83  | 0,74  | 0,85  | 0,94  |
| MgO                            | 11,42 | 10,99 | 11,55 | 12,05 | 11,47 | 12,01          | 12,90 | 12,89 | 12,53 | 12,50 | 12,41 | 12,53 | 12,89 | 12,81 |
| BaO                            | nd    | 0,04  | nd    | nd    | 0,06  | 0,12           | nd    | nd    | 0,14  | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,05  |
| CaO                            | nd    | 0,03  | 0,04  | 0,03  | 0,12  | nd             | 0,03  | 0,02  | nd    | nd    | nd    | 0,03  | nd    | nd    |
| Na <sub>2</sub> O              | nd    | 0,03  | nd    | 0,02  | 0,02  | nd             | nd    | nd    | 0,01  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| K <sub>2</sub> O               | 10,10 | 9,75  | 9,71  | 9,57  | 8,89  | 9,86           | 9,72  | 9,57  | 9,90  | 9,87  | 9,82  | 9,80  | 9,86  | 9,77  |
| F                              | 0,99  | 0,87  | 0,92  | 0,94  | 0,82  | 0,95           | 1,67  | 1,57  | 1,48  | 1,63  | 1,53  | 1,79  | 1,59  | 1,50  |
| Cl                             | 0,03  | 0,05  | 0,05  | 0,02  | 0,03  | nd             | 0,04  | 0,02  | 0,03  | 0,02  | 0,05  | 0,01  | 0,03  | 0,04  |
| O <sub>F</sub>                 | 0,42  | 0,36  | 0,39  | 0,40  | 0,34  | 0,40           | 0,70  | 0,66  | 0,62  | 0,69  | 0,64  | 0,75  | 0,64  | 0,63  |
| O <sub>CL</sub>                | 0,01  | 0,01  | 0,01  | nd    | 0,01  | nd             | 0,01  | nd    | 0,01  | 0,01  | 0,01  | nd    | 0,01  | 0,01  |
| Total                          | 97,12 | 96,41 | 96,17 | 96,08 | 95,21 | 96,96          | 93,19 | 95,65 | 96,61 | 96,17 | 96,05 | 95,99 | 96,62 | 95,88 |
| Fe#                            | 0,61  | 0,63  | 0,61  | 0,59  | 0,62  | 0,59           | 0,50  | 0,55  | 0,57  | 0,55  | 0,56  | 0,55  | 0,55  | 0,55  |

Tabela 6 – (continuação)

| Granito Santana                |                     |       |       |       |       |       |                     |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | PLAGIOCLÁSIO PGP-45 |       |       |       |       |       | PLAGIOCLÁSIO PMP-43 |       |       |       |       |       |       |
|                                | P01-N               | P02-N | P03-N | P04-N | P05-B | P06-B | P07-B               | P01-B | P02-N | P03-N | P04-B | P05-B | P06-B |
| SiO <sub>2</sub>               | 66,88               | 68,43 | 67,91 | 68,88 | 70,10 | 67,89 | 67,56               | 65,93 | 67,95 | 66,13 | 65,07 | 65,75 | 65,50 |
| TiO <sub>2</sub>               | nd                  | nd    | 0,16  | 0,01  | nd    | nd    | nd                  | 0,05  | 0,01  | nd    | 0,04  | nd    | nd    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 21,35               | 20,84 | 21,06 | 20,98 | 21,33 | 21,79 | 21,27               | 22,13 | 21,41 | 22,02 | 22,12 | 21,76 | 21,92 |
| MgO                            | nd                  | nd    | nd    | 0,01  | nd    | nd    | nd                  | nd    | nd    | nd    | nd    | 0,01  | nd    |
| CaO                            | 1,85                | 0,86  | 1,23  | 0,78  | 1,13  | 2,00  | 1,82                | 2,86  | 1,64  | 2,81  | 2,96  | 2,68  | 2,77  |
| FeO <sub>T</sub>               | 0,15                | 0,21  | 0,15  | 0,16  | 0,15  | 0,21  | 0,19                | 0,23  | 0,10  | 0,07  | 0,15  | 0,15  | 0,03  |
| SrO                            | nd                  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd                  | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| BaO                            | 0,21                | 0,04  | nd    | nd    | 0,06  | 0,02  | 0,06                | nd    | nd    | nd    | 0,06  | 0,30  | nd    |
| Na <sub>2</sub> O              | 9,82                | 10,32 | 10,14 | 10,81 | 9,30  | 9,31  | 9,81                | 8,66  | 9,70  | 8,97  | 9,06  | 9,34  | 8,99  |
| K <sub>2</sub> O               | 0,25                | 0,07  | 0,12  | 0,10  | 0,14  | 0,15  | 0,34                | 0,19  | 0,05  | 0,14  | 0,15  | 0,08  | 0,04  |
| Total                          | 100,5               | 100,8 | 100,8 | 101,7 | 102,2 | 101,4 | 101,1               | 100,1 | 100,9 | 100,1 | 99,61 | 100,1 | 99,25 |
| Ab                             | 89,2                | 95,2  | 93,0  | 95,6  | 92,8  | 88,6  | 88,9                | 83,6  | 91,2  | 84,5  | 83,9  | 85,9  | 85,2  |
| An                             | 9,3                 | 4,4   | 6,2   | 3,8   | 6,2   | 10,5  | 9,1                 | 15,2  | 8,5   | 14,6  | 15,1  | 13,6  | 14,5  |
| Or                             | 1,5                 | 0,4   | 0,7   | 0,6   | 0,9   | 0,9   | 2,0                 | 1,2   | 0,3   | 0,9   | 0,9   | 0,5   | 0,2   |

| Granito Santana                |                           |       |       |       |       |                        |       |       |       |       |       |
|--------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                | FELDSPATO ALCALINO PGP-45 |       |       |       |       | FELDS. ALCALINO PMP-43 |       |       |       |       |       |
|                                | F01-B                     | F02-B | F03-N | F04-B | F05-N | F06-B                  | F01-N | F02-B | F03-N | F04-N | F05-B |
| SiO <sub>2</sub>               | 64,96                     | 65,48 | 64,67 | 66,43 | 65,56 | 64,91                  | 64,53 | 64,44 | 67,49 | 64,54 | 64,75 |
| TiO <sub>2</sub>               | 0,02                      | nd    | nd    | nd    | 0,12  | nd                     | 0,01  | nd    | 0,14  | 0,03  | nd    |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 18,67                     | 18,68 | 18,70 | 18,80 | 18,77 | 18,49                  | 18,46 | 18,37 | 19,27 | 18,41 | 18,30 |
| MgO                            | nd                        | nd    | nd    | nd    | nd    | nd                     | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| CaO                            | nd                        | 0,06  | 0,06  | nd    | 0,02  | nd                     | 0,04  | 0,02  | 0,03  | 0,04  | nd    |
| FeO <sub>T</sub>               | 0,10                      | 0,12  | 0,08  | 0,14  | 0,12  | 0,12                   | 0,09  | 0,16  | 0,10  | 0,15  | 0,16  |
| SrO                            | nd                        | nd    | nd    | nd    | nd    | nd                     | nd    | nd    | nd    | nd    | nd    |
| BaO                            | 0,19                      | nd    | nd    | 0,26  | nd    | nd                     | 0,37  | 0,19  | nd    | 0,49  | nd    |
| Na <sub>2</sub> O              | 0,29                      | 0,32  | 0,51  | 0,09  | 0,47  | 0,27                   | 0,60  | 0,36  | 2,93  | 0,54  | 0,35  |
| K <sub>2</sub> O               | 16,44                     | 16,36 | 16,07 | 16,55 | 16,22 | 15,57                  | 15,63 | 16,51 | 11,79 | 15,85 | 16,51 |
| Total                          | 100,7                     | 101,0 | 100,1 | 102,3 | 101,3 | 99,36                  | 99,73 | 100,1 | 101,8 | 100,1 | 100,1 |
| Ab                             | 2,6                       | 2,9   | 4,6   | 0,8   | 4,2   | 2,6                    | 5,5   | 3,2   | 27,4  | 4,9   | 3,1   |
| An                             | 0,0                       | 0,3   | 0,3   | 0,0   | 0,1   | 0,0                    | 0,2   | 0,1   | 0,2   | 0,2   | 0,0   |
| Or                             | 97,4                      | 96,8  | 95,1  | 99,2  | 95,7  | 97,4                   | 94,3  | 96,7  | 72,5  | 94,9  | 96,9  |



## CONSIDERAÇÕES PETROGENÉTICAS

A maioria dos modelos petrogenéticos vigentes partem de uma origem magmática para as rochas graníticas, centrando a discussão sobre se a fonte do magma é mantélica ou crustal. Atualmente, vários experimentos laboratoriais e métodos de modelagem testam a participação de ambos os componentes no processo de geração e evolução dos magmas graníticos. Por exemplo, Collins *et al.* (1982), Whalen *et al.* (1987) e Sylvester (1989) defendem a gênese dos magmas da associação alcalina (ou Tipo-A) a partir de processos de fusão parcial de rochas da crosta inferior, como granulitos (restitos) e metatonalitos anidros. Contudo, outros pesquisadores como Liégeois & Black (1987), Bonin (1987) e Nardi & Bonin (1991) sustentam uma origem mantélica para granitos, isto é, diferenciados a partir de um magma produzido por fusão mantélica. Barbarin (1990) propõe uma interação entre material mantélico e crustal para a origem de granitoides cálcio-alcalinos. A interação entre manto e crosta também é proposta por Pearce (1996) como fonte para granitos pós-colisionais originados por delaminação de uma litosfera espessa, onde a fusão mantélica, em pequenas quantidades, gera magmas enriquecidos em elementos incompatíveis, que sofrem posterior interação com a crosta.

A necessidade de uma caracterização isotópica, das rochas em estudo, e geoquímica, para rochas do embasamento metamórfico, dificulta uma modelagem por fusão parcial da crosta. Algumas evidências geoquímicas, como abundância de elementos traço de raio iônico grande (LILE), apontam para uma contribuição crustal na geração dos granitos que podem ser produtos da fusão parcial de uma crosta inferior metatonalítica. Por outro lado, os significativos teores de elementos traço de alto potencial iônico (HFSE) e ETR sugerem para os magmas graníticos dessas suítes uma derivação mantélica, acompanhada de contaminação crustal pela assimilação das rochas (Pearce *et al.*, 1984).

A contribuição mantélica como fonte ou componente do magmatismo é marcada pela ocorrência de produtos de mistura com magmas básicos. As falhas e fraturas extencionais da Zona de Cisalhamento de Porto Alegre (ZCPOA) devem ter funcionado como dutos para os magmas gerados em profundidades, que vieram a ascender no final da fase tardia da evolução da ZCPOA, quando predominavam esforços tectônicos transcorrentes, e foram posicionados por

mecanismo de *magmatic stoping* em níveis crustais rasos (~<10km). Nardi & Bonin (1991) propõem uma fonte mantélica para os granitos da Suíte Intrusiva Saibro (região oeste do Escudo Sul-Rio-Grandense), os quais representam um magmatismo alcalino félsico, gerado depois da orogênese brasileira, quando dominava a tectônica extensional.

Uma origem alternativa para a formação do magmatismo da área em estudo pode estar no modelo que Collins *et al.* (1982) propuseram para granitos do tipo-I e tipo-A, parte sudeste do Lachlan Fold Belt, na Austrália. A fusão parcial de uma crosta inferior diorítica geraria um magma tipo-I (cálcio-alcalino), que se separaria do restito progressivamente, posicionando-se na crosta superior. Essa pode ser a origem para a SIV e também para a SIPA, que representaria os últimos pulsos desse magmatismo. O resíduo da fusão, de composição granulítica, daria origem a um magmatismo tipo-A (alcalino), através da fusão total do resíduo em uma temperatura maior do que a da primeira fusão. Essa pode ser a origem para a SII.

Magmatismo proveniente do manto pode ser o propulsor para que tais fusões ocorram. Ele formar-se-ia em decorrência da mudança da tectônica compressiva para distensiva e estaria registrado nos enclaves encontrados nas três suítes.

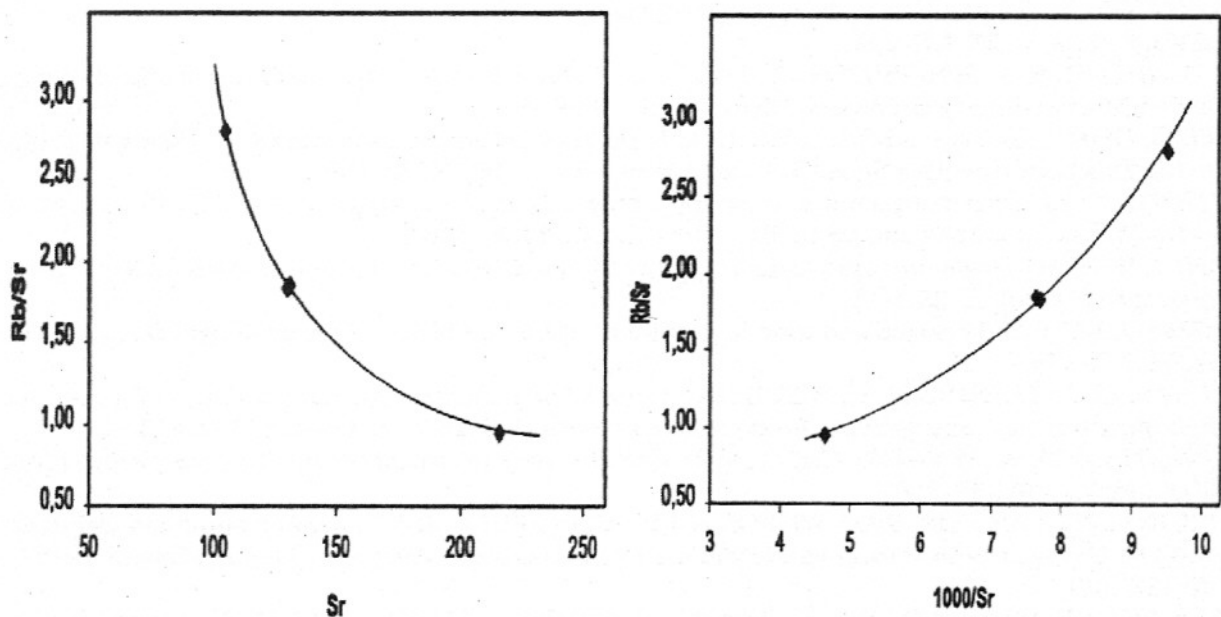
O magmatismo pós-transcorrente da região de Porto Alegre e Viamão mostra contatos intrusivos nas rochas encaixantes, controle no posicionamento por falhamentos de direção NE-SW (para o Granito Santana) e ausência de significativa deformação no estado sólido. Estas características sugerem um posicionamento controlado por mecanismo de intrusão passiva, tipo *magmatic stoping* em níveis epizonais, seguido por reativações tectônicas (Hutton, 1996). Presença de xenólitos de rochas metamórficas de médio grau, indicando feições de teto pendente e de brechas magmáticas, diques aplíticos, cavidades miarolíticas em alguns corpos graníticos desse magmatismo (Oliveira *et al.*, 2001), corroboram com o caráter epizonal do mesmo. A aplicação do geotermômetro  $Al^{total}$  nas hornblendas do Granito Saint Hilaire auxilia tais deduções. Mecanismos de transporte magmático, como propagação de diques e/ou diapirismo (D'Lemos *et al.*, 1992; Clemens & Mawer, 1992), provavelmente foram efetivos na ascensão dos magmas das suítes a partir do local onde foram gerados.

O estudo de evolução térmica dos magmas graníticos apresenta algumas dificuldades, pois a avaliação precisa da temperatura de cristali-

zação, através de geotermômetro como os pares de feldspatos, utilizados por Fuhrman & Lindsley (1988) e Elkins & Groves (1990), implica numa relação de contemporaneidade entre os dois feldspatos que, nem sempre é verificada nos granitos estudados. Além disso, a composição dos feldspatos alcalinos com o componente ortoclásio superior a 90% ( $>Or_{90}$ ) indica um equilíbrio em condições *subsolidus* ou alteração deutérica, que mascara a sua composição inicial. Dados experimentais referentes à solubilidade de alguns elementos químicos em magmas granitóides (Watson & Harrison, 1983 e Watson & Harrison, 1984) são uma possibilidade de estimativa das temperaturas de cristalização. Em termômetros de saturação, como as curvas de saturação em  $P_2O_5$  versus  $SiO_2$  e concentração de Zr versus índice M ( $(Na+K+2Ca/Si*Al)$ ), os teores dos granitóides em estudo sugerem que seus magmas teriam concentrações desses elementos (P e Zr dissolvidos), em temperaturas superiores a 750 – 800 °C.

A cristalização fracionada constitui um dos principais processos evolutivos das séries magmáticas, sendo, portanto, admissível que este mecanismo de diferenciação responda pelas variações químicas constatadas nos granitóides estudados. Nos diagramas Harker de variação dos gra-

nitos, os *trends* curvilíneos, típicos de magmas diferenciados por cristalização fracionada (e.g. Vieira Jr., 1990 e Wilson, 1993), não são bem claros para todos os elementos, podendo estar refletindo a participação de outro processo magmático (mistura de magmas/assimilação) ou pós-magmático (hidrotermalismo). Assimilação das rochas encaixantes pelos granitos é restrita, não influenciando na composição do magma granítico durante o seu posicionamento e cristalização. O processo de *mixing* entre magmas máficos e félsicos em partes do Granito Santana pode ser demonstrado pela diferença entre a composição química dos produtos de mistura e sua hospedeira granítica. Isso se reflete nos teores elevados de CaO, MgO, FeO,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ , Ba e Sr e baixos de  $SiO_2$ ,  $K_2O$  e Rb, apresentados pela primeira em relação segunda, além dos teores mais baixos em  $Al_2O_3$ , FeO, CaO, MgO, MnO,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$  e mais altos de  $K_2O$  e  $SiO_2$  em relação aos enclaves (Tabela 1c). Rottura *et al.* (1993) sugerem que um mecanismo de mistura em dois componentes com diferentes razões de Rb/Sr geram hipérbolos em diagramas binários. Esses diagramas (Fig. 15), para as amostras do Granito Santana, configuram hipérbolos, sugerindo que, na evolução, em parte do Granito Santana, houve a participação de dois componentes com quimismo diferente.



**Figura 15** – Diagrama de razão de elementos (Rb/Sr) contra concentração de elementos (Sr) para o Granito Santana (amostras em negrito na Tabela 3).



## CONCLUSÕES

O magmatismo granítico estudado apresenta características gerais que permitem distinguir três suítes graníticas com afinidades geoquímicas distintas. A composição geoquímica da Suíte Intrusiva Viamão permite classificá-la como pertencente à associação de rochas graníticas cálcio-alcálicas. As rochas da Suíte Intrusiva Porto Alegre são classificadas como pertencentes a termos diferenciados da associação cálcio-alcálica que, conforme Sylvester (1989), são variações dos granitos alcálicos. As rochas da Suíte Intrusiva Itapuã apresentam características compatíveis com granitos metaluminosos da associação alcálica (Nardi, 1991; Nardi & Bonin, 1991) ou com os granitos alcálicos (Sylvester, 1989) e granitos do Tipo-A (Collins *et al.*, 1982; Whalen *et al.*, 1987).

O quimismo de afinidade cálcio-alcálica dos granitos mais antigos, transicionando para corpos com características alcálicas, marcam, assim, a evolução química do magmatismo pós-tectônico do leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, descrito por Fernandes *et al.* (1995) (granitóides tardios do Batólito de Pelotas, Frantz & Fernandes 1994; Frantz & Nardi, 1992).

A cristalização provavelmente ocorreu a pressões variando entre 2 e 4 kbar e em temperaturas em torno de 750 – 800°C. Cristalização fracionada, mistura com magmas básicos e assimilação de corpos metamórficos foram os principais processos de diferenciação entre os granitos. A fonte para o magmatismo das rochas graníticas em estudo é provavelmente variada, ocorrendo interação manto/crosta, típica de granitóides pós-tectônicos, conforme discutido por Pearce (1996).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-RAHMAN, A.F.M. (1994) Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas. *J. Petrol.*, **35**(2):525-541.
- ANDERSON, J.L.; CULLERS, R.L.; VAN SCHMUS, W.R. (1980) Anorogenic Metaluminous and Peraluminous Granite Plutonism in the Mid-Proterozoic of Wisconsin, USA. *Contr. Mineral Petrol.*, **74**:311-328.
- BARBARIN, B. (1990) Granitoids: main petrogenetic classification in relation to origin and tectonic setting. *Geol. J.*, **25**:227-238.
- BATCHELOR, R.A. & BOWDEN, P. (1985) Petrogenetic Interpretation of Granitoid Rock Series Using Multicationic Parameters. *Chem. Geol.*, **48**:43-55.
- BITENCOURT, M.F. & NARDI, L.V.S. (2000) Tectonic setting and sources of magmatism related to the Southern Brazilian Shear Belt. *Rev. Bras. Geoc.*, **30**(1):186-189.
- BONIN, B. (1987) From orogenic to anorogenic magmatism: A petrological model for the transition calc-alkaline-alkaline complexes. *Rev. Bras. Geoc.*, **17**(4):366-371.
- BONIN, B. (1990) From orogenic to anorogenic settings: evolution of granitoid series after a major orogenesis. *Geol. J.*, **25**:1-11.
- BROWN, G.C. (1981) Space and time in granite plutonism. *Philos. Transac. Royal Soc London*, **A301**:321-336.
- BROWN, G.C.; THORPE, R.S.; WEBB, P.C. (1984) The geochemical characteristics of granitoids in contrasting arcs and comments on magma sources. *J. Geol. Soc. London*, **141**:413-426.
- CLEMENS, J.D. & MAWER, C.K. (1992) Granitic magma transport by fracture propagation. *Tectonoph.*, **204**:339-360.
- COLLINS, W.J.; BEAMS, S.D.; WHITE, A.J.R.; CHAPPELL, B.W. (1982) Nature and Origin of A-Type Granites with Particular Reference to Southeastern Australia. *Contr. Mineral Petrol.*, **80**:189-200.
- DE LA ROCHE, H.; LETERRIER, J.; GRAND CLAUDE, P.; MARCHAL, M. (1980) A classification of volcanic and plutonic rocks using R1-R2 diagrams and major element analyses - its relationships with current nomenclature. *Chem. Geol.*, **29**:183-210.
- D'LEMOIS, R.S.; BROWN, M.; STRACHAN, R.A. (1992) Granite magma generation, ascent and emplacement within a transpressional orogen. *J. Geol. Soc. London*, **149**:487-490.

- EBY, G.N. (1990) The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos*, **26**:115-134.
- ELKINS L. T. & GROVES, T.L. (1990) Ternary feldspar experiments and thermodynamic models. *Amer. Mineral.*, **75**:544-559.
- EWART, A. (1979) A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary-Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic volcanic rocks. *In*: F. BARKER (Ed.) *Trondhjemites, dacites and related rocks*. Elsevier, Oxford, p.13-121.
- FERNANDES, L.A.D. & KOESTER, E. (1999) The Neoproterozoic Dorsal de Canguçu strike-slip shear zone: its nature and role in the tectonic evolution of southern Brazil. *J. Afr. Earth Sci.*, **29**(1):3-24.
- FERNANDES, L.A.D.; MENEGAT, R.; COSTA, A F U ; KOESTER, E.; PORCHER, C.C.; TOMMASI, A.; KRAEMER, G.; RAMGRAB, G E ; CAMOZZATO, E (1995) Evolução tectônica do Cinturão Dom Feliciano no Escudo Sul-rio-grandense: parte I- Uma contribuição a partir do registro geológico *Rev. Bras. Geoc.*, **25**(4):351-374
- FIGUEIREDO, M.C.H.; FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S.; KRONEBERG, B.I. (1990) Litoquímica das principais unidades do Batólito de Pelotas no Rio Grande do Sul. *In*: Congr. Bras. Geol., 36, Belém. SBG., Bol. Res. Exp., **4**:1723-1738.
- FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S. (1991) Tectônica de placas no Ciclo Brasileiro: As orogenias dos Cinturões Dom Feliciano e Ribeira no Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 367 p.
- FRAGOSO-CÉSAR, A.R.S.; FIGUEIREDO M.C.H.; SOLIANI Jr., E.; FACCINI, U.F. (1986) O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio grande do Sul. *In*: Congr. Bras. Geol., 34, Goiania. SBG., Anais, **5**:2879-2892.
- FRANTZ, J.C. & REMUS, M.V.D. (1986) Geologia da região de Canguçu-Torrinhas, RS - Caracterização Petrográfica, Estrutural e Estratigráfica. *In*: Congr. Bras. Geol., 34, Goiania. SBG., Anais, **2**:931-948.
- FRANTZ, J.C. & NARDI, L.V.S. (1992) Litoquímica e Evolução de granitóides cálcio-alcalinos da Região Leste do Escudo Sul-rio-grandense. *Pesquisas*, **19**(1):13-25.
- FRANTZ, J.C. & FERNANDES, L.A.D. (1994) Os granitóides tardi a pós-orogênicos do Ciclo Brasileiro no Cinturão Dom Feliciano. *In*: Congr. Bras. Geol., 38, Camboriú. SBG., Bol. Res. Exp., **1**:150-152
- FUHRMAN, M. & LINDSLEY, D.H. (1988) Ternary feldspar modelling and thermometry. *Amer. Mineral.*, **73**(2/4):201-215.
- HAMMARSTROM, J.M. & ZEN, E. (1986) Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. *Amer. Mineral.*, **71**:1297-1313.
- HASKIN, L.A.; HASKIN, M.A.; FREY, F.A.; WINDEMAN, T.R. (1968) Relative and absolute terrestrial abundances of the rare earths. *In*: L. H. ARHENS (Ed.) *Origin and Distribution of the Elements*. Ed. Pergamon, Oxford. p.889-912.
- HUTTON, D.H.W. (1996) The 'space problem' in the emplacement of granite. *Episodes*, **18**(4):114-119.
- KOESTER, E.; SOLIANI Jr., E.; FERNANDES, L.A.D.; KRAEMER, G.; TOMMASI, A. (1997) Geocronologia Rb/Sr e K/Ar dos granitóides sintectônicos à Zona de Cisalhamento Transcorrente Dorsal de Canguçu. *Pesquisas*, **24**:67-77.
- KOESTER, E.; FERNANDES, L.A.D.; OLIVEIRA, L.D.; CLIFF, R.A.; SOLIANI Jr., E.; MORALES, L.F.G. (2001a) Eventos magmáticos da região leste do Cinturão Dom Feliciano. *Geochim. Brasil.* (submetido).
- KOESTER, E.; SOLIANI Jr., E.; LEITE, J.A.D.; HARTMANN, L.A.; FERNANDES, L.A.D.; Mc NAUGHTON, N.J.; SANTOS, J.O.S.; OLIVEIRA, L.D. (2001b) Zircon SHRIMP U-Pb for the emplacement of Santana Granite and reactivation of the Porto Alegre Suture, southern Brazil. *J. South Am. Earth Sci.*, **14**:91-99.
- LIÉGEOIS & BLACK, R. (1987) Alkaline magmatism subsequent to collision in the Pan-African belt of the Adrar des Iforas (Mali). *In*: J.G. FITTON & B.G.J. UPTON (Ed.) *Alkaline Igneous Rocks*. Ed. Geological Society, p.381-401.
- MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. (1989) Tectonic discrimination of granitoids. *Geol. Soc. Amer. Bul.*, **101**:635-643.

- MENEGAT, R.; FERNANDES, L.A.D.; KOESTER, E.; SCHERER, C.M.S. (1998) Porto Alegre antes do Homem: evolução geológica. In: R. MENEGAT; M.L. PORTO; C.C. CARRARO, L.A.D. FERNANDES (Cords.) Atlas Ambiental de Porto Alegre. Ed. Universidade/UFRGS, p.11-24.
- NARDI, L.V.S. (1991) Caracterização Petrográfica e Geoquímica dos Granitos Metaluminosos da Associação Alcalina: Revisão. *Pesquisas*, **18**(1):44-57.
- NARDI, L.V.S. & BONIN, B. (1991) Post-orogenic and non-orogenic alkaline granite associations: the Saibro intrusive suite, southern Brazil - A case study. *Chem. Geol.*, **92**:197-211.
- OLIVEIRA, L.D.; KOESTER, E.; SOLIANI Jr., E.; MENEGAT, R.; FERNANDES, L.A.D.; KRAEMER, G.; DIAS FILHO, D.C. (2001) Geologia do Pré-Cambriano de Porto Alegre - Viamão, extremo NE do Escudo Sul-rio-grandense. *Rev. Bras. Geoc.*, (submetido).
- PEARCE, J. (1996) Sources and settings of granitic rocks. *Episodes*, **18**(4):120-125.
- PEARCE, J.A.; HARRIS, B.W.; TINDLE, A.G. (1984) Trace Element Discrimination Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks. *Trace Elements of Granitic Rocks. J. Petrol.*, **25**:956-983.
- PHILIPP, R.P. (1995) Condições de posicionamento do plutonismo da Suíte Dom Feliciano na região de Porto Alegre, RS. In: *Simp. Nac. Est. Tect.*, 5, Gramado. SBG., Bol. Res. Exp., :207-209.
- PHILIPP, R.P. (1998) A evolução geológica e tectônica do Batólito de Pelotas, RS. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 371p.
- PHILLIP, R.P.; MACHADO, R.; NARDI, L.V.S. (1998) O Magmatismo Granítico Neoproterozóico tardi a pós-colisional da região de Porto Alegre, RS. In: H. CONCEIÇÃO (Ed.) *Contribuição ao Estudo dos Granitos e Rochas Correlatas*. Publicação Especial nº 5. Ed. Sociedade Brasileira de Geologia, p.129-152.
- ROGERS, J.J.W.; HODGES, K.; GHUMA, M. (1980) Trace-element in continental-margin magmatism: Part II Trace-elements in Ben Ghnema batholith and nature of the precambrian crust in central North africa. *Geol. Soc. Amer. Bul.*, **91**:1742-1788.
- ROTTURA, A.; CAGGIANELI, A.; CAMPANA, R.; DEL MORO, A. (1993) Petrogenesis of peraluminous granites from the Calabrian Arc. *Europ. Journal Mineral.*, **5**:737-754.
- SCHMIDT, M. (1992) Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al-in-hornblende barometer. *Contr. Mineral Petrol.*, **110**:304-310.
- SCHNEIDER, A.W.; LOSS, E. L.; PINTO, J.F. (1974) Mapa Geológico da Folha de Porto Alegre (1:50 000) Porto Alegre, CNPq (mapa 7)
- SILVER, L.T. & CHAPPEL, B.W. (1988) The Peninsular Ranges Batholith: an insight into the evolution of the cordillera batholiths of southwestern North America. *Transac. Royal Soc. Edinburgh*, **79**:105-121.
- SOLIANI Jr., E. (1986) Os dados geocronológicos do Escudo Sul-rio-grandense e suas implicações de ordem geotectônica. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 425 p.
- STRECKEISEN, A. (1976) To each plutonic rock its proper name. *Earth Sci. Rev.* **12**:1-33.
- SYLVESTER, P.J. (1989) Post-Collisional Alkaline Granites. *J. Geol.*, **97**:261-280.
- VASQUEZ, M.L. (1997) Evolução Protogenética dos Granitos da Suíte Intrusiva Encruzilhada do Sul-RS. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 195p.
- VIEIRA Jr., N. (1990) Processos Magmáticos: II - Métodos de Quantificação. *Pesquisas*, **17**(1-2):53-61.
- VYHNAL, C.R.; MCSWEEN Jr., H.Y.; SPEER, J.A. (1991) Hornblende chemistry in southern Appalachian granitoids: Implications for aluminum hornblende thermobarometry and magmatic epidote stability. *Amer. Mineral.*, **76**:176-188.
- WATSON, E.B. & HARRISON, T.M. (1983) Zircon saturation revisited: Temperature and composition effects in a variety of crustal types. *Earth and Plan. Sci. Letters*, **64**:295-304
- WATSON, E.B. & HARRISON, T.M. (1984) Accessory minerals and the geochemical evolution of crustal magmatic systems: a summary and prospectus of experimental approaches. *Phys. Earth Plan. Int.*, **35**:19-30.
- WHALEN, J.B.; CURRIE, K.L.; CHAPPELL, B.W. (1987) A-types granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral Petrol.*, **95**:407-419.
- WILSON, M. (1993) Magmatic Differentiation. *J. Geol. Soc. London*, **150**:511-624.