

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO  
E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

**GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA**  
SECRETARIA DA INDÚSTRIA,  
COMÉRCIO E MINERAÇÃO



**PROGRAMA  
RECURSOS MINERAIS  
DO BRASIL**

**LITOGEOQUÍMICA**

**PROJETO  
IBITIARA - RIO DE CONTAS**

Estado da Bahia

Salvador

2005



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
*CPRM- Serviço Geológico do Brasil*

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA  
SECRETARIA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E MINERAÇÃO  
*CBPM- Companhia Baiana de Pesquisa Mineral*

PROGRAMA RECURSOS MINERAIS DO BRASIL

# PROJETO IBITIARA – RIO DE CONTAS

## RELATÓRIO TEMÁTICO DE LITOGEOQUÍMICA

*Autor*

Léo Rodrigues Teixeira

SALVADOR, 2005

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>Integridade dos dados .....</b>	<b>02</b>
<b>3</b>	<b>Rochas vulcânicas e subvulcânicas do Grupo Rio dos Remédios .....</b>	<b>05</b>
3.1	Introdução .....	05
3.2	Caracterização geoquímica .....	06
	<i>Elementos maiores.....</i>	06
	<i>Elementos traços .....</i>	07
	<i>Conclusões .....</i>	11
<b>4</b>	<b>Rochas plutônicas e ortognaisses da região de Jussiape .....</b>	<b>13</b>
4.1	Introdução .....	13
4.2	Caracterização geoquímica do Complexo Caraguataí.....	13
	<i>Elementos maiores.....</i>	13
	<i>Elementos traços .....</i>	14
	<i>Conclusões.....</i>	15
4.3	Caracterização geoquímica do granito de Jussiape .....	16
	<i>Elementos maiores.....</i>	16
	<i>Elementos traços.....</i>	16
	<i>Conclusões .....</i>	17
4.4	Caracterização geoquímica do Complexo Gavião .....	17
<b>5</b>	<b>Granitóides de Ibitiara, Queimada Nova e Matinos .....</b>	<b>20</b>
5.1	Introdução .....	20
5.2	Caracterização geoquímica dos granitóides de Ibitiara e Queimada Nova .....	20
	<i>Elementos maiores .....</i>	20
	<i>Elementos traços .....</i>	21
	<i>Conclusões .....</i>	22
5.3	Caracterização geoquímica dos granitóides de Matinos .....	22
	<i>Elementos maiores .....</i>	22
	<i>Elementos traços .....</i>	23
	<i>Conclusões .....</i>	24
<b>6</b>	<b>Magmatismo máfico .....</b>	<b>26</b>
6.1	Introdução .....	26
6.2	Caracterização geoquímica .....	26
	<i>Elementos maiores.....</i>	26
	<i>Elementos traços .....</i>	27
	<i>Conclusões .....</i>	30
<b>7</b>	<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>32</b>

<b>Apêndice 1</b>	<b>Localização das amostras</b>
<b>2</b>	<b>Resultados analíticos do GEOSOL</b>
<b>3</b>	<b>Resultados analíticos do ACME</b>

A litogeoquímica foi utilizada no Projeto Ibitiara-Rio de Contas para caracterizar as principais unidades ígneas presentes. O principal foco dos estudos foram as rochas vulcânicas ácidas do Grupo Rio dos Remédios. Outras unidades também estudadas foram os diques máficos que cortam a Chapada Diamantina, os granitóides da região de Ibitiara e os plutonitos intrusivos no embasamento arqueano da região de Jussiape. A abordagem geoquímica procurou definir a natureza das rochas ígneas, suas características evolutivas, e na medida do possível, mostrar as relações porventura existentes entre elas.

A área já foi objeto de inúmeros trabalhos onde a geoquímica foi um componente importante. A maioria deles focalizou as rochas vulcânicas do Grupo Rio dos Remédios (Conceição, 1974; Sighinolfi & Conceição, 1974; McReath et al., 1981; Oga, 1997; Teixeira, 2000 entre outros). Alguns trabalhos estudaram os diques máficos, inclusive com geocronologia (Sighinolfi et al., 1974; Fróes & Souza, 1989; Babinsky, et al., 1999; Menezes Leal et al., 2002). Nas demais unidades presentes, os trabalhos se referem basicamente à sua geologia. As conclusões de tais trabalhos serão citadas nos capítulos onde essas unidades forem descritas.

Para atingir os objetivos propostos, os dados foram interpretados de maneira a se observar quais características refletiam a história magmática original e quais poderiam ter sido causadas por processos posteriores, pois as rochas vulcânicas, via de regra, apresentam algum tipo de modificação pós-magmática, devido ao forte hidrotermalismo que afetou a área.

A apresentação dos resultados procurou, na medida do possível, utilizar procedimentos e diagramas clássicos. A ordem em que as unidades serão descritas não seguirá a cronologia natural, mas sim uma seqüência que facilite o entendimento da evolução do magmatismo na área: (i) vulcânicas, com 1740 Ma, (ii) granitóides da região de Jussiape, com pelo menos 2100 Ma; (iii) Granitóides de Ibitiara (2090 Ma) e Matinos (provavelmente 1740 Ma) e (iv) diques máficos, com idades em torno de 1500 Ma.

Foram analisadas 83 amostras, englobando todas as unidades ígneas da área. Algumas amostras dos gnaisés do embasamento da região de Jussiape (Complexo Gavião) e da região de Varzinha-Ibiajara (Complexo Paramirim), foram coletadas apenas para confirmar sua natureza, pois tais unidades do embasamento arqueano têm características bastante conhecidas.

As análises foram realizadas em dois laboratórios: Geosol e ACME.

O Geosol dosou elementos maiores por química agrupada; Rb, Cs, Ba, Sr, Ga, Ta, Nb, Hf, Zr, Y, Th, U, W, Sn, Cl e S por fluorescência de raios X; Cr, Ni, Co, V, Pb, Zn, Cu, Mo por Absorção atômica; F por eletrodo de íon específico e 11 ETR por ICP. Este laboratório analisou todas as amostras.

O laboratório ACME analisou Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y e 14 ETR por ICP/MS a partir de fusão de  $\text{LiBO}_2$ . Neste laboratório foram analisadas 50 amostras.

Na interpretação utilizou-se os dados de elementos maiores, F, Cr, Ni, Co, Pb, Zn, Cu, Mo originais do Geosol e todo o pacote de elementos analisados pelo ACME. Nas amostras não analisadas pelo ACME e utilizadas durante a interpretação não foram considerados os dados de ETR, pois a diferença de padrões entre os laboratórios comprometeria as conclusões.

Os dados analíticos das amostras utilizadas na caracterização de cada unidade estão contidos em tabelas ao longo do texto. Os valores dos óxidos foram ajustados para 100%, anidro, seguindo procedimento comum em trabalhos de geoquímica. Todavia, todos os dados originais, tanto das amostras utilizadas, quanto das não utilizadas, por estarem com balanço químico prejudicado pela atuação de processos pós-magmáticos, estão relacionados nos apêndices 2 e 3 colocados no final deste relatório.

Supondo-se que o leitor tenha acesso ao relatório final do projeto, a geologia das unidades será descrita de maneira sumária.

Antes da apresentação dos dados interpretativos da geoquímica da área, é necessário fazer algumas considerações sobre a confiabilidade dos dados analíticos, sobretudo os das rochas vulcânicas, pois todas elas foram, com maior ou menor intensidade, afetadas por algum tipo de hidrotermalismo. O hidrotermalismo foi muito intenso na área e o mais generalizado é a sericitização; contudo outros processos como fengitização, potassificação e greinsenização, também são importantes e ocorrem com frequência.

Neste capítulo serão tecidos alguns comentários sobre o efeito do hidrotermalismo sobre o balanço químico das rochas e suas conseqüências na interpretação dos dados. A geoquímica do hidrotermalismo é um tema muito complexo e, aqui, sua abordagem não será profunda, pois se aterá mais às suas características na área e como evitar seus efeitos na interpretação regional dos dados. O leitor poderá obter mais informações sobre o hidrotermalismo no capítulo referente a metalogenia no relatório final do projeto.

O que se observa, na área, é que o hidrotermalismo pode ter um efeito devastador sobre a mineralogia, porém, o mesmo não ocorre, necessariamente, sobre o quimismo das amostras. Quando todas as amostras de um conjunto são interpretadas juntas, mesmo que um determinado elemento sofra algum distúrbio em algumas amostras em outras isto não ocorre, o que pode compensar os efeitos, permitindo então definir o padrão ou *trend* original ainda que de uma maneira não muito clara.

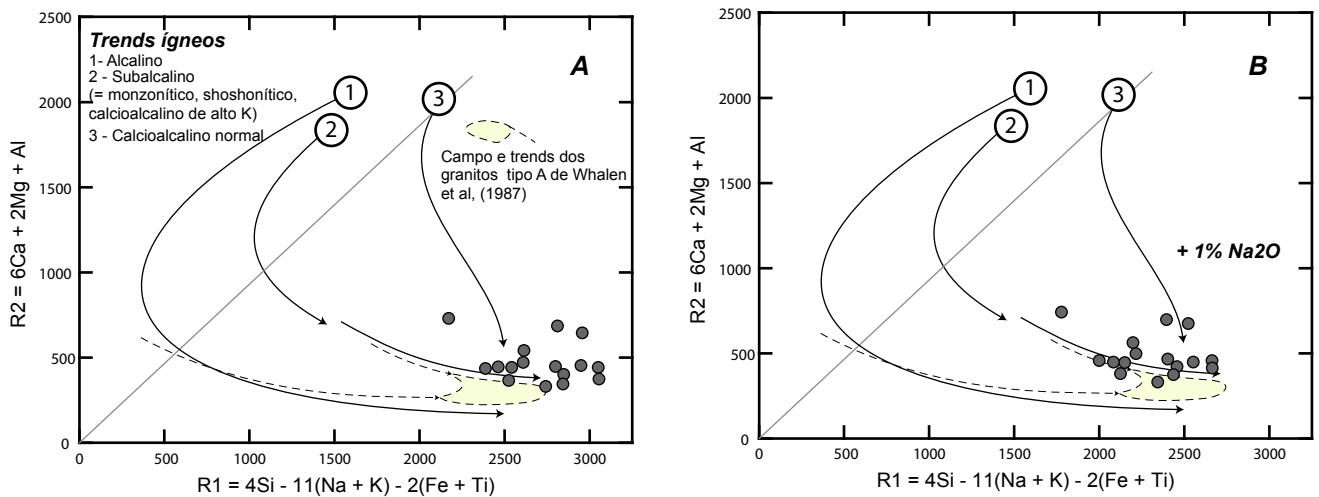
Os dacitos e riolitos da área têm características de magmatismo subalcalino a alcalino (Sighinolfi & Conceição, 1974; McHeath et al., 1981; Oga, 1997; Teixeira, 2000) gerado em rifte continental. A partir destas informações os possíveis desvios podem ser detectados, tanto quando uma amostra apresentar teores discrepantes em relação aos das demais, quanto através de comparações com teores de rochas análogas não afetadas por hidrotermalismo ou intemperismo, presentes em ambientes semelhantes de outros locais.

As alterações mais visíveis são as que afetaram os elementos maiores. São indícios destas alterações, os freqüentes valores altos de perda ao fogo (P.F.). Todavia o elemento que evidencia maior sensibilidade á presença de processos hidrotermais é o  $\text{Na}_2\text{O}$ . Quando comparados com teores de rochas de outros locais seus teores são sistematicamente inferiores. Os teores normais para o óxido estariam na faixa entre 4 e 5% e nas vulcânicas da área mal atingem 3%. Nas amostras mais alteradas os teores de  $\text{Na}_2\text{O}$  chegam a menos de 1%.

Outro elemento que também mostra distúrbios é o K. Apesar da freqüente presença de “frentes de feldspatização”, os teores de  $\text{K}_2\text{O}$ , não são altos: ou tem valores compatíveis com a litologia amostrada (entre 4 e 6%) ou são mais baixos que o esperado. O hidrotermalismo, assim, se mostra muito mais eficiente na subtração de álcalis do que no seu enriquecimento.

Uma forma de visualizar os distúrbios causados pela perda de  $\text{Na}_2\text{O}$  está mostrada na figura 2.1 A e B. A figura 2.1A, que será mostrada também no capítulo 3, mostra a distribuição das amostras utilizadas na caracterização das vulcânicas. O diagrama R1R2 modificado de La Roche et al.(1980) mostra, além dos pontos representativos das amostras, os principais *trends* ígneos, os campos e *trends* dos granitóides de tipo A de Whalen et al (1987) e o campo de predominância das amostras de Sighinolfi & Conceição (1974). As amostras destes autores, provavelmente coletadas na região de Novo Horizonte, definem um padrão bastante consistente com uma série sub-alcalina. Já as amostras do presente trabalho embora mostrem uma tendência sub-alcalina, exibem um espalhamento razoável na direção dos valores mais elevados de R1. Assim tendem a ficar fora do domínio ígneo normal delimitado pelo final das setas representativas dos *trends* alcalinos e sub-alcalinos.

No diagrama R1R2 da figura 2.1B, foi utilizado um artifício para caracterizar o efeito da perda de  $\text{Na}_2\text{O}$  nas amostras. Como os dados analíticos se apresentam sistematicamente menores que os esperados, foi acrescentado, apenas para visualização, 1% de  $\text{Na}_2\text{O}$  a todas as amostras envolvidas e seus teores recalculados para 100%. Os dados assim “distorcidos” foram lançados no diagrama. Os pontos, neste caso, apresentam espalhamento muito mais compacto ao longo do *trend* sub-alcalino e muito mais próximos ao campo do magmatismo de tipo A de Whalen et al. (1987).

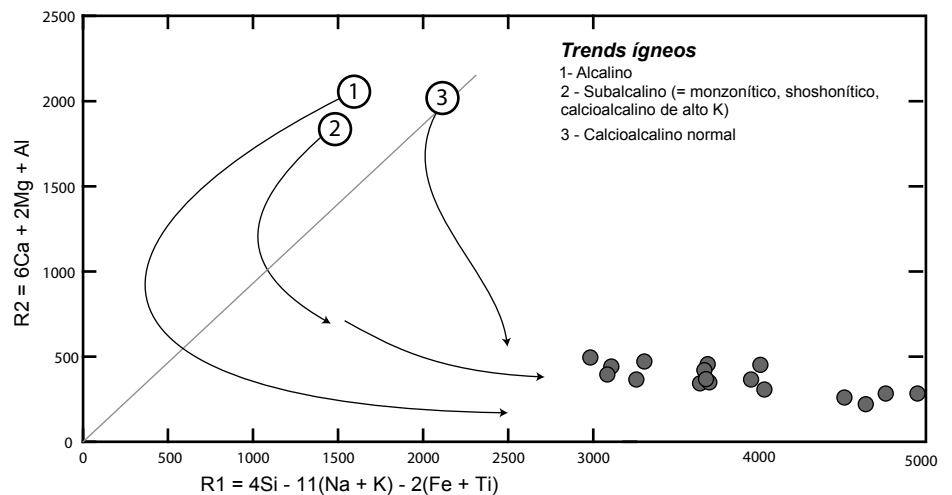


**Figura 2.1** – A: Diagrama R1R2 com as composições originais das rochas vulcânicas; B: Diagrama R1R2 com as composições recalculadas, após o acréscimo de 1% de Na<sub>2</sub>O em todas as amostras. O acréscimo de Na<sub>2</sub>O trouxe as amostras para o campo normal das rochas ígneas.

Os dois diagramas mostram um exemplo do efeito da perda de álcalis e, conseqüentemente, o que pode ocorrer com índices que são obtidos a partir destes óxidos. Quando ocorre a perda de álcalis o Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, proporcionalmente, se eleva e o índice de peraluminosidade (A/C+N+K) tende a aumentar e imprimir nas rochas características mais peraluminosas. Outro índice afetado é o índice agpático (K+N/A), que define a alcalinidade das rochas. A alteração deste índice, para valores mais baixos, poderá levar rochas alcalinas a apresentarem índices compatíveis com rochas sub-alcalinas e serem, assim, mal interpretadas.

O diagrama R1-R2 da figura 2.2 mostra a distribuição das amostras que não foram utilizadas para a interpretação por estarem com quimismo altamente comprometido, tanto por intemperismo, quanto por hidrotermalismo, ou atuação dos dois processos. Os pontos representativos dessas amostras se posicionam tão afastados dos campos ígneos normais que não deixam dúvidas sobre a inconveniência de seu uso para fins petrológicos.

A região norte do projeto foi afetada por um hidrotermalismo caracterizado pela presença de inúmeros veios de quartzo contendo quartzo rutilado. Tal processo, que ocorre quase sempre associado às rochas vulcânicas, aparentemente não retirou nem acrescentou TiO<sub>2</sub> as rochas, conforme se vê na tabela 3.1 do capítulo 3. Os teores entre 0,1 e 0,7%, observados, são normais para rochas riolíticas/dacíticas.

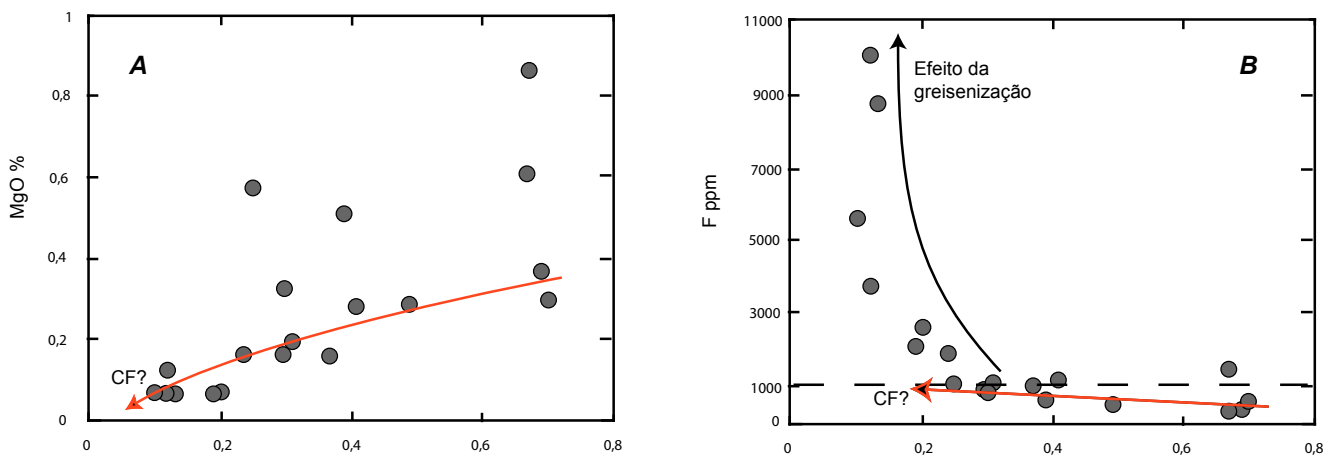


**Figura 2.2** – Diagrama R1R2. Amostras com fortes desvios composicionais, causados por processos pós-magmáticos caem fora dos trends ígneos normais.

No SW da área, região de Paramirim, as rochas vulcânicas e subvulcânicas se apresentam afetadas por um processo de graisenização generalizado, cuja intensidade é variável de local para local. A intensidade da graisenização fica bem caracterizada através da elevação nos valores de F, que atingem mais de 1200 ppm, quando os teores normais seriam inferiores a 400 ppm. Em algumas amostras das subvulcânicas de Canabrinha (pedreira Peval) os teores de F atingem a mais de 10000 ppm (tabela 3.1). Em diagramas este efeito fica mais bem caracterizado.

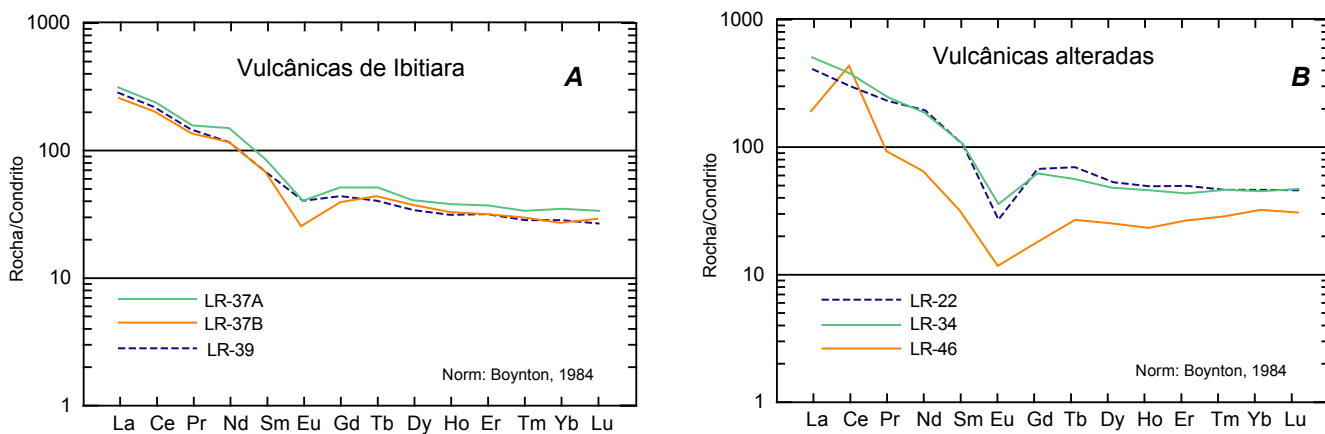
O diagrama 2.3A mostra a distribuição de MgO em relação ao TiO<sub>2</sub>. O espalhamento observado mostra um fracionamento que pode ser atribuído a uma diferenciação magmática. A irregularidade nos conteúdos de

MgO não mascara a presença do *trend*, portanto a variação dos teores de  $\text{TiO}_2$  pode ser utilizada como índice de diferenciação, sem problemas. A figura 2.3B apresenta a distribuição de F em função da variação de  $\text{TiO}_2$ . O padrão de distribuição normal é mostrado pela maioria das amostras, sobretudo as coletadas na região centro-norte da área. Enquanto o fracionamento tem caráter levemente incompatível, nas amostras greisenizadas ocorre forte elevação no teor de F.



**Figura 2.3** — A: Diagrama mostrando a boa correlação positiva entre  $\text{TiO}_2$  e MgO; B: Diagrama mostrando o enriquecimento de F das amostras mais fortemente greisenizadas. Nos dois diagramas a seta vermelha indica uma possível cristalização fracionada (CF?).

Se os elementos maiores, sobretudo os alcalinos, tendem a apresentar distúrbios, o mesmo não ocorre com alguns elementos traços, sobretudo os de elevado campo de força (HFSE), particularmente os ETR. Os ETR só mostram claros desvios composicionais em amostras fortemente alteradas, em particular por caulinição. Nas demais os seus espectros são praticamente iguais aos das amostras consideradas frescas. Exemplos disto estão nas figuras 2.4A e B. Nelas estão os espectros de amostras normais (2.4A) e de algumas amostras com elementos maiores muito alterados (2.4B).



**Figura 2.4** — A: amostras normais das vulcânicas Rio dos Remédios; B: amostras com balanço químico de elementos maiores prejudicado por processos pós-magmáticos.

Assim, a interpretação apresentada nos capítulos subseqüentes, foi fundamentada preferencialmente no comportamento dos elementos traços, pois os mesmos mostram menos sensibilidade aos processos pós-magmáticos, e apoiada pelos elementos maiores, quando estes não se mostraram descaracterizados. Convém salientar que as amostras fortemente alteradas, citadas acima, não foram utilizadas na caracterização geoquímica das unidades.

## Rochas vulcânicas e subvulcânicas do Grupo Rio dos Remédios

### 3.1 - Introdução

O conjunto vulcânico tem ampla distribuição ao longo de toda a borda oeste da Chapada Diamantina, desde Ibitiara até a sul de Itanagé, na região de Rio de Contas, na região entre Paripiranga e Abaira e em vários locais na região NE da área. O presente estudo foi concentrado nos vulcanitos da borda oeste da Chapada, pois nas demais áreas foram coletadas poucas amostras e as que foram analisadas estavam bastante alteradas. Neste caso os dados analíticos obtidos são pouco confiáveis e não foram utilizados na interpretação.

As rochas **vulcânicas** são, quanto a sua petrografia, de dois tipos distintos, com passagem transicional de um para outro:

- a) O mais abundante é porfirítico, constituído por fenocristais de plagioclásio e/ou feldspato alcalino que chegam a ter até um centímetro de comprimento e eventualmente olhos de quartzo azulado, dispostos irregularmente em uma matriz fina de cor cinza a cinza avermelhada. Estas rochas afloram ao longo de toda a área do projeto, com exceção, talvez, da região NE.
- b) O outro tipo, também porfirítico, é caracterizado pela predominância de quartzo arredondado imerso em matriz muito fina. Este tipo ocorre com mais frequência na região entre Paramirim e Itanagé, e suas melhores exposições estão na estrada que liga Paramirim a Érico Cardoso.

As rochas **subvulcânicas** ocorrem predominantemente na parte sul da área, são muito semelhantes às vulcânicas porfiríticas, porém os fenocristais de feldspato são maiores e podem atingir até mais de 5 cm de comprimento. Foram investigados dois tipos:

- a) na região de Caieiras, a NE de Caturama: são rochas semelhantes às vulcânicas porfiríticas grossas, porém com fenocristais maiores. Aparentemente estão relacionadas às vulcânicas, talvez representem zonas mais profundas dos derrames ou canais de abastecimento destes.
- b) na região de Canabrinha: rochas com textura frequentemente pegmatóide, com cristais de feldspato que chegam a ter mais de 5 cm que dão a rocha o aspecto de um granito róseo escuro extremamente grosso. Localmente é possível observar o contato intrusivo desta rocha com as encaixantes.

Foram analisadas 32 amostras, porém as análises químicas se mostraram confiáveis em apenas 21, que estão listadas na tabela 3.1. Na tabela 3.1 as amostras com números de ordem de 1 a 8 são de vulcânicas do norte, ou seja, coletadas em toda a região a norte do paralelo de Paramirim. As vulcânicas do sul, com números de 9 até 17, são vulcânicas e subvulcânicas coletadas a sul do paralelo de Paramirim. As amostras com número de ordem entre 18 e 21 foram pouco utilizadas, pois não foram analisadas para elementos traços, no laboratório ACME.

Na figura 3.1 estão os locais de amostragem aproximados, sobre a geologia simplificada da área.

Segundo Sighinolfi & Conceição (1974) as rochas vulcânicas são riolitos alcalinos, contudo reconhecem que o caráter alcalino não é marcante. McReath et al (1981) concluíram, a partir do estudo dos elementos maiores, que as vulcânicas são ácidas sub-alcalinas, com tendência metaluminosa, definição que foi posteriormente confirmada por Oga (1997). Teixeira (2000) estudou um pequeno número de amostras e as considerou como cálcio-alcalina de alto K, em função da composição dos elementos maiores; todavia reconheceu o forte caráter alcalino exibido pelos teores dos elementos traços.

Os dados das rochas vulcânicas e subvulcânicas em foco exibem algumas características que são peculiares a cada local em particular, porém, em conjunto os dados sugerem uma origem comum. As amostras numeradas de 1 a 15 (tabela 3.1), ricas em fenocristais de plagioclásio e feldspato alcalino representam as vulcânicas mais comuns da área. Os dados de elementos maiores das vulcânicas do norte (amostras de 1 a 8) são muito semelhantes aos apresentados por Sighinolfi & Conceição (1974).



O único tipo litológico diferente são as vulcânicas denominadas *vulcânicas 1*. Petrograficamente elas são análogas as demais, porém, quimicamente têm uma peculiaridade: exibem anomalias de Eu fortemente negativas e valores elevados de ETR pesados. No trabalho de Oga (1997), executado na região de Paramirim, várias amostras apresentam essas mesmas características.

### 3.2 – Caracterização geoquímica

#### Elementos maiores

Como o número de amostras foi elevado e a variação relativamente pequena, os teores de  $\text{SiO}_2$  podem ser considerados consistentes. O mesmo ocorre com o  $\text{TiO}_2$ , cujos teores abaixo de 0,7% são compatíveis com os teores de  $\text{SiO}_2$  verificados. São rochas peraluminosas a metaluminosas cujos teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  são inferiores a 14 %. As razões  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  ficam em torno de 2,5 e os teores de  $\text{K}_2\text{O}$  em torno de 5%. As razões  $\text{FeO}/(\text{FeO}/\text{MgO})$  são sistematicamente superiores a 0,9. O índice agpático ( $\text{IA} = \text{razão } (\text{Na}+\text{K})/\text{Al}$ , molar) varia entre 0,68 e 0,79.

Os índices de Shand elevados e índices agpáticos baixos, refletem a carência de  $\text{Na}_2\text{O}$  (eventualmente, também de  $\text{CaO}$ ) e o conseqüente enriquecimento de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nas amostras. Como a maioria das definições de alcalinidade está baseada nos teores destes elementos, existe sempre alguma dúvida, quanto a sua exatidão.

Quando as amostras são observadas individualmente, algumas podem ter teores de determinados elementos discrepantes daqueles observados nas demais amostras, porém tais discrepâncias não são sistemáticas. Como conseqüência, se as amostras são tratadas em conjunto tais discrepâncias são minimizadas e as observações são mais consistentes. Assim, os dados foram tratados através do diagrama R1R2 (modificado de La Roche et al, 1980) da figura 3.2. Como o ambiente tectônico da Chapada é tido com de rifte, nesta figura estão delimitados, também, os campos composicionais dos granitóides definidos por Whalen et al (1987) como do tipo A (Loiselle &

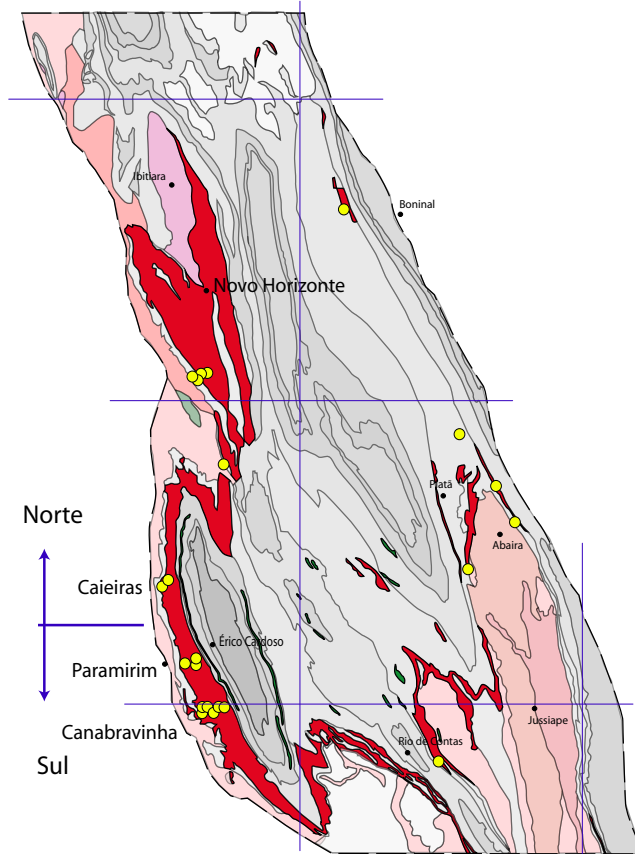


Figura 3.1 — Localização aproximada das estações de amostragem sobre a geologia simplificada da área. Algumas estações têm mais de uma amostra.

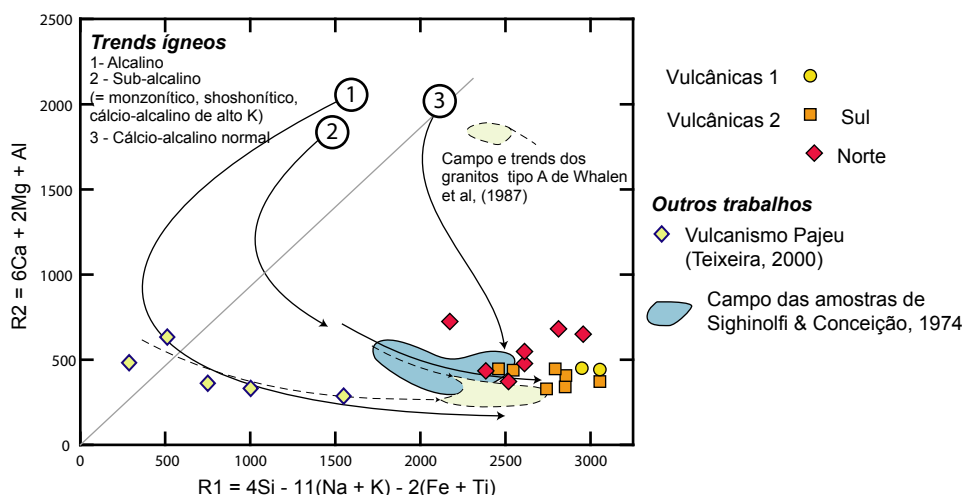
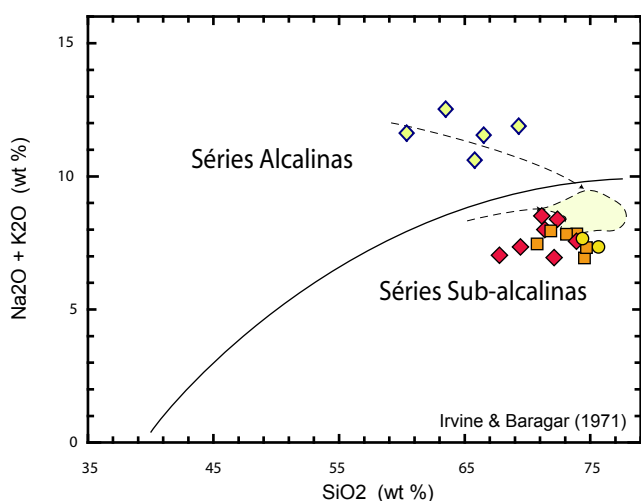


Figura 3.2 — Diagrama R1R2, modificado de La Roche et al. (1980).



**Figura 3.3** — Diagrama TAS. Mesmos símbolos da figura 3.2.

Wones, 1979) e seus dois *trends* principais: o alcalino e o sub-alcálico. Está delimitado, ainda, o campo de predominância dos dados de Sighinolfi & Conceição (1974). Na figura também estão algumas amostras representativas do vulcanismo da formação Pajeú (Teixeira, 2000; Arcanjo et al., 2000), único representante peralcalino conhecido na região. Todos os campos e amostras lançados permitem uma comparação mais imediata entre os dados aqui estudados e os daqueles autores citados. Em que pese o acentuado deslocamento no sentido dos valores altos de R1, o conjunto se caracteriza como dacitos e riolitos dentro de um *trend* sub-alcálico, próximo ao campo dos granitos A. O posicionamento das amostras de Sighinolfi & Conceição (1974) realçam o caráter sub-alcálico da unidade.

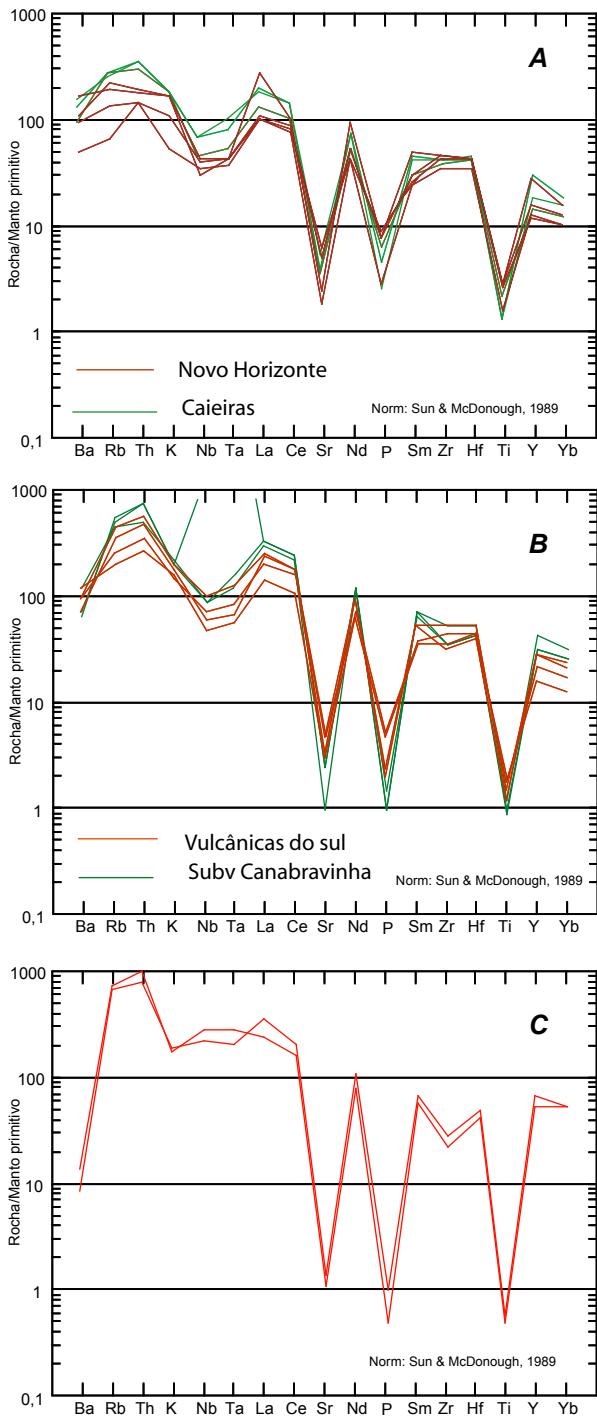
A distinção entre granitos do tipo A, I e S quando não se tem um amplo espectro composicional é bastante problemático, pois os três magmas tendem a ter as mesmas composições nos termos mais evoluídos (Eby, 1990). Isto pode ser visto no diagrama TAS de Irvine & Baragar (1971) mostrado na figura 3.3. No diagrama TAS o *trend* alcalino definido com as amostras de Whalen et al (1987) termina dentro do campo sub-alcálico, onde está a maioria das análises dos granitos do tipo A, sejam eles alcalinos ou sub-alcálicos. Assim a definição clara da linhagem petrogenética neste diagrama, só é possível quando houver uma ampla variação composicional, pois os termos mais diferenciados cairão sempre no campo sub-alcálico.

Considerando o valor de IA de 0,87 como o limite inferior para as rochas alcalinas (Liégeois et al., 1998) as vulcânicas do Grupo Rio dos Remédios também são caracterizadas como sub-alcálicas, pois os valores do índice estão entre 0,68 e 0,79, distantes do limite proposto. Se os índices definidos  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$  e  $K_2O$  estão pouco consistentes, o índice Fe#, baseado nos teores de Fe e Mg, usado na definição dos granitóides do tipo A, apresentam valores sempre acima de 0,9, que é o limite inferior para granitóides desse tipo. Em diagrama de Frost et al. (2001), que discrimina granitóides magnesianos do tipo I cordilheiriano dos tipo A ricos em Fe, não mostrado neste relatório, as rochas vulcânicas são caracterizadas como do tipo A.

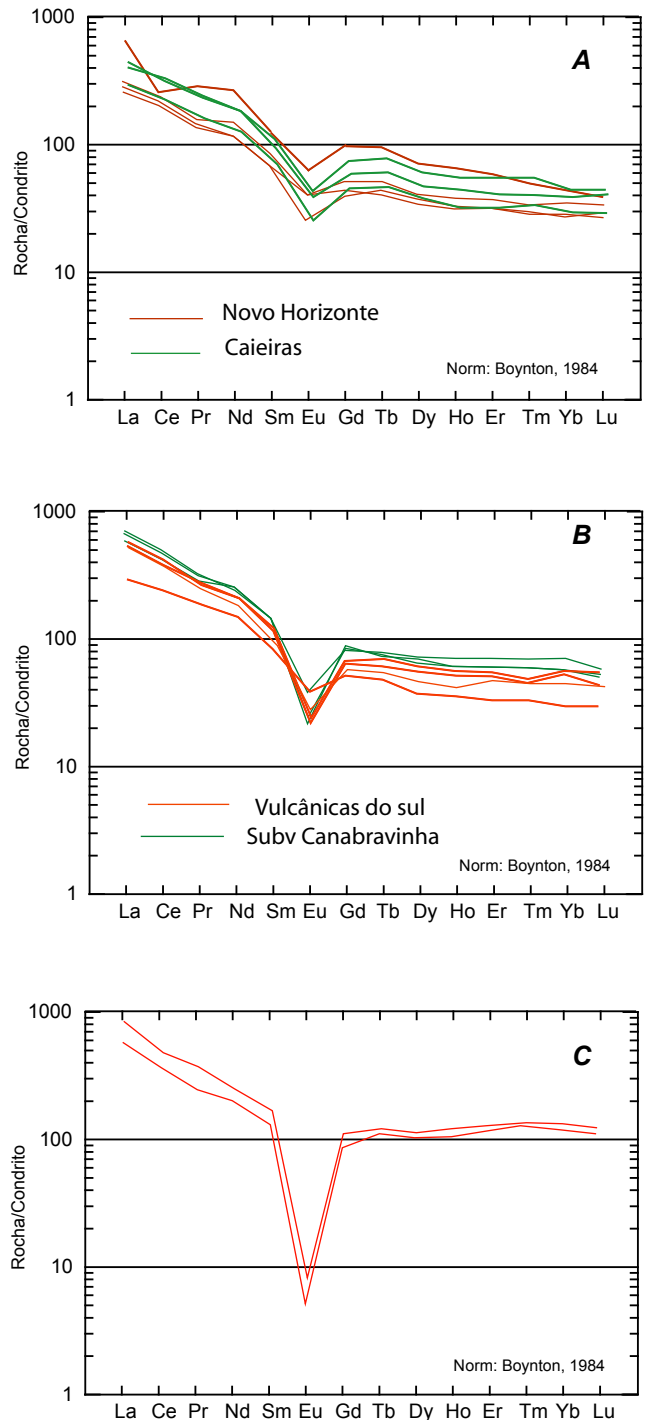
### Elementos traços

Os elementos traços, ao contrário dos maiores, apresentam variações de teores mais consistentes e, sobretudo, menos afetadas pelos processos pós-magmáticos (tabela 3.1). Uma visão geral dos elementos traços está mostrado nas figuras 3.4 A, B e C, com os diagramas multielementares para as vulcânicas/sub-vulcânicas do norte (A), do sul (B) e vulcânicas 1 (C). Nos três diagramas observam-se:

- Notáveis anomalias negativas de Sr, P e Ti. Existe uma evolução desde o norte até o sul onde as anomalias são mais pronunciadas. Este tipo de comportamento é comum em produtos de magmatismo do tipo A e são causadas por um dos processos: (i) reflexo da fonte onde se originaram, com resíduo rico em plagioclásio, apatita e provavelmente ilmenita, ou (ii) refletem uma cristalização fracionada onde tais minerais foram preponderantes.
- A similaridade entre as vulcânicas de Novo Horizonte e as subvulcânicas de Caieiras sugere que estas subvulcânicas podem ter sido um dos condutos abastecedores dos derrames de vulcânicas.
- O formato dos espectros é bem consistente e homogêneo nos grupos do norte e do sul. Apenas no segmento esquerdo dos diagramas (Ba, Rb, Th) existem algumas irregularidades. Tais irregularidades se devem, provavelmente, a maior mobilidade dos elementos, não relacionadas diretamente a um processo petrogenético específico. Já a regularidade dos demais elementos é sugestiva de evolução por cristalização fracionada, onde os termos do norte, mais ricos em P e Ti, seriam os mais primitivos e as subvulcânicas de Canabrinha (sul) seriam os mais evoluídos.
- As vulcânicas 1 (fig 3.4 C) exibem espectros diversos das demais. As anomalias de Sr, P e Ti são fortemente negativas, os teores de Y atingem até 70 x o manto e estão enriquecidas em Rb, Th, Nb e Ta. Estas características



**Figura 3.4** — Diagramas multielementares. A: vulcânicas do norte; B: vulcânicas do sul; C: vulcânicas 1.



**Figura 3.5** — Espectros de ETR. A: vulcânicas do norte; B: vulcânicas do sul; C: vulcânicas 1.

difícilmente seriam atingidas por uma cristalização fracionada originada nos termos vulcânicos menos evoluídos do norte. Assim é possível que se trate de um outro líquido produzido pela fusão parcial, com taxas mais baixas, da mesma fonte (ou de fonte análoga) das demais vulcânicas da área.

e) No diagrama da figura 3.4 B, os elementos Rb e Th das vulcânicas e subvulcânicas do sul lembram mais as Vulcânicas 1 que as vulcânicas do norte. Seus valores se colocam em posições intermediárias entre estes dois termos, sugerindo que houve alguma mistura entre os líquidos das vulcânicas e o das Vulcânicas 1. Como alguns elementos mostram mudanças mais acentuadas que outros, o quadro é favorável a um processo de AFC, ou seja, cristalização fracionada das vulcânicas em geral com assimilação de alguma porcentagem das Vulcânicas 1.

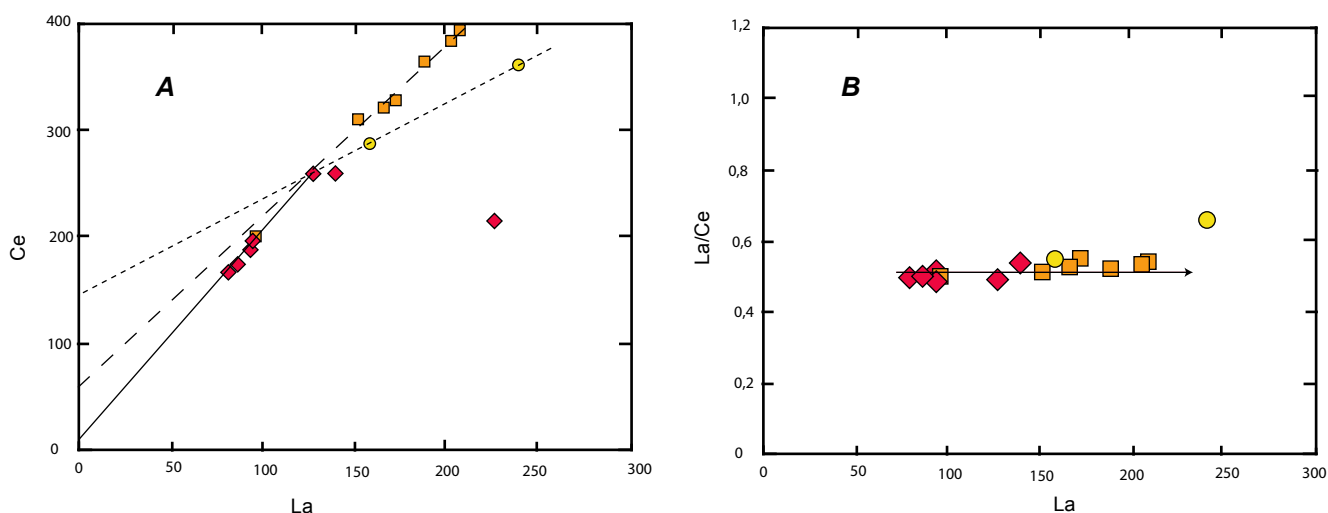
Os diagramas de ETR das figuras 3.5A e B realçam a semelhança entre os espectros das amostras do norte e as do sul. Contudo:

- a) As anomalias negativas de Eu são mais fortes no sul, em relação às do norte.
- b) O aumento dos teores de ETR leves e pesados de norte para sul provoca uma queda relativa de Eu e acentua a sua anomalia negativa. Estas características mostram que numa cristalização fracionada os elementos terras raras tiveram comportamento incompatível, com exceção do Eu que foi compatível. Uma cristalização fracionada de plagioclásio justificaria o empobrecimento do Eu e também do Sr, visto nos diagramas anteriores.
- c) O diagrama da figura 3.5C mostra os espectros das Vulcânicas 1. É notável o enriquecimento de todas as ETR, sobretudo as pesadas, aliado a queda acentuada de Eu. Os conteúdos de ETR mostram, também, que é improvável que estes líquidos tenham sido produzidos pela mesma cristalização fracionada das demais vulcânicas. O mecanismo de AFC fica bastante visível através da forma dos espectros e, sobretudo, pelo aumento da anomalia negativa de Eu das vulcânicas do sul, que não atinge, todavia, a mesma ordem de grandeza das Vulcânicas 1.

Nas considerações feitas a seguir as amostras serão consideradas em três grupos: (i) Vulcânicas 1, já mencionado anteriormente, são as de números de ordem 16 e 17 na tabela 3.1; (ii) Vulcânicas 2 sul, números 9 a 15, composto pelas rochas vulcânicas e subvulcânicas do sul e (iii) Vulcânicas 2 norte, números 1 a 8, composto pelas vulcânicas do norte e subvulcânicas de Caieiras.

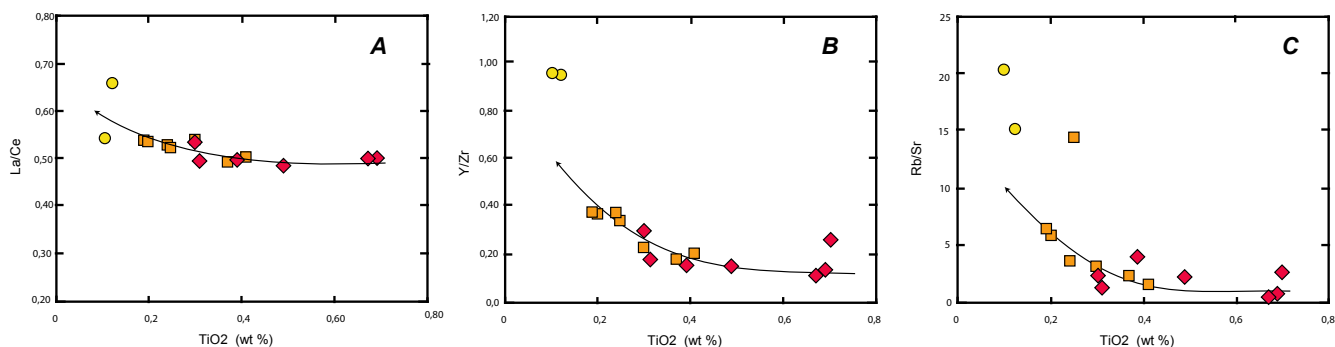
Para definir o mecanismo evolutivo atuante foram realizados alguns testes em função das características apresentadas pelos elementos traços nos vários mecanismos petrogenéticos possíveis. Razões entre HFSE são particularmente úteis, desde que não haja grandes variações, normalmente causadas por hidrotermalismo intenso (Eby, 1990).

Na figura 3.6 são mostradas as razões entre ETR. A figura 3.6A mostra a correlação perfeita entre La e Ce nas vulcânicas 2 norte, sugestiva de rochas comagmáticas. As vulcânicas 2 sul são mais enriquecidas nos dois elementos e apresentam uma pequena inflexão que afasta a reta de regressão da sua posição original, no sentido dos valores mais altos de La, embora haja ainda forte correlação positiva entre os elementos. O deslocamento do *trend* se dá na direção das amostras das vulcânicas 1, numa situação de possível mistura entre as vulcânicas 2 norte e as vulcânicas 1. No diagrama 3.6B as razões La/Ce são confrontadas com os teores de La. As amostras se colocam sobre uma linha praticamente horizontal, isto é, como ambos são incompatíveis, não há variação na razão devido à elevação do teor de um dos elementos. Este tipo de distribuição caracteriza a atuação de cristalização fracionada nas vulcânicas-2. As vulcânicas 1, por não se colocarem no mesmo *trend*, devem pertencer a um outro líquido.



**Figura 3.6** — Diagramas com elementos incompatíveis. Mesmos símbolos da figura 3.2.

Os diagramas das figuras 3.7A, B,C mostram o padrão evolutivo da cristalização fracionada em função da variação de  $TiO_2$ . As razões La/Ce (figura 3.7A) mostram um *trend* que é inicialmente horizontal, mas, no seu final, sofre uma pequena inflexão para cima, na direção das amostras das vulcânicas 1, só evidenciada porque a escala do eixo Y do diagrama foi ampliada. Mais acentuadas são as inflexões das razões Y/Zr e Rb/Sr das figuras 3.7B e C, respectivamente. Este comportamento sugere, ou o fracionamento diferenciado entre os elementos, ou a mistura entre dois líquidos. Como o *trend* sofre uma inflexão na direção das Vulcânicas 1, mas não atinge seus valores, deve estar ocorrendo uma cristalização fracionada das vulcânicas 2 com assimilação das Vulcânicas 1, num mecanismo de AFC - cristalização fracionada com assimilação (DePaolo, 1981). Alguns testes de modelos efetuados em programa especializado (Teixeira, 2005) mostraram que o mecanismo de AFC é mais efetivo que



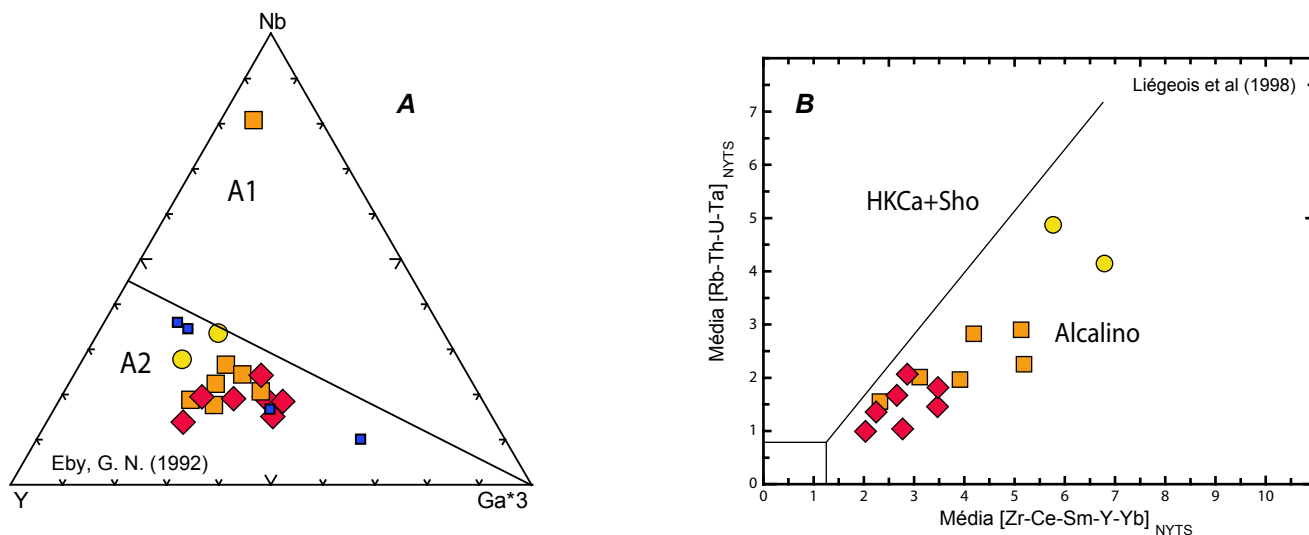
**Figura 3.7** — Diagramas de TiO<sub>2</sub> contra razões de elementos incompatíveis que mostram a evolução de uma possível cristalização fracionada com assimilação (AFC). Mesmos símbolos da figura 3.2.

uma cristalização fracionada simples. Em resumo, as evidências mostram que o líquido que produziu as vulcânicas 2 evoluiu por cristalização fracionada, e na região sul assimilou material com a composição das Vulcânicas 1, o que originou as composições verificadas nas Vulcânicas 2 sul.

No diagrama Y+Nb x Rb (não mostrado neste relatório) de Pearce et al. (1984) os pontos representativos dessas rochas vulcânicas se posicionam no campo dos granitóides intra-placas (WPG), compatível com o ambiente de rifte assumido para a Chapada Diamantina. Nos diagramas de Whalen et al. (1987), também não mostrados neste relatório, as amostras são relacionadas ao magmatismo de tipo A (Loiselle & Wones, 1979).

As características observadas no parágrafo anterior são pré requisito para se utilizar os diagramas de Eby (1992). Este autor através da relação entre vários elementos traços, definiu dois tipos de magmatismo do tipo A: (i) A1, cuja origem é eminentemente mantélica e (ii) A2, produzido por fusão parcial de crosta continental. Os produtos de mistura entre material mantélico e crustal também são enquadrados nesta categoria.

A figura 3.8A contém o diagrama Y-Nb-3Ga, no qual as amostras se posicionam todas no campo dos produtos do tipo A2, ou seja são produtos de um líquido com forte componente crustal.



**Figura 3.8** — Diagramas discriminantes. A: Diagrama que discrimina o magmatismo do tipo A1 - mantélico do A2 - crustal; B: Diagrama que discrimina entre magmatismos alcalinos e sub-alcalinos. Mesmos símbolos da figura 3.2. Quadrados azuis no diagrama A: amostras 18, 19, 20 e 21 da tabela 3.1.

Finalmente, através dos elementos traços foi possível definir, de forma mais consistente, a natureza alcalina deste magmatismo. No diagrama de Liégeois et al. (1998) que discrimina os produtos sub-alcalinos (cálcio-alcalinos e shoshoníticos) dos alcalinos, as amostras se posicionam no campo alcalino (figura 3.8B). Tal definição é bastante consistente, pois a abordagem é feita a partir da distribuição de vários elementos traços de alto potencial iônico (HFSE) e de raio iônico grande (LILE), o que minimiza eventuais desvios composicionais de algum elemento, ocorridos em algumas amostras.

## ***Conclusões***

As rochas vulcânicas da Chapada Diamantina compõem um extenso pacote de dacitos e riolitos pertencentes a um magmatismo alcalino potássico do tipo A2 (Eby, 1992), freqüentemente peraluminoso. Tal magmatismo tem dois representantes: um (Vulcânicas 2), com maior extensão de diferenciação, é o responsável pela maioria dos corpos vulcânicos e subvulcânicos mapeados na região oeste do projeto; um outro (Vulcânicas 1) é composto por rochas petrograficamente análogas as anteriores, porém com anomalias negativas de Eu muito pronunciadas. Este segundo tipo está, aparentemente, mais presente na região a SE de Paramirim.

A evolução se deu por cristalização fracionada com assimilação (AFC). Os termos mais primitivos são as vulcânicas da parte norte do projeto, e os mais evoluídos são as subvulcânicas da região de Canabrinha (SE de Paramirim). O material assimilado durante o processo de AFC tinha composição semelhante ao das Vulcânicas 1, com forte anomalia negativa de Eu.

Toda a caracterização feita diz respeito apenas às vulcânicas presentes na borda oeste da Chapada Diamantina. Os demais corpos vulcânicos presentes nas regiões sul e leste do Projeto, por deficiência de afloramentos com rochas não intemperizadas, não puderam ser estudadas. Todavia, as poucas informações obtidas sugerem que se trate de um magmatismo semelhante, se não igual, ao verificado no oeste da Chapada.



## Rochas plutônicas e ortognaisses da região de Jussiape

### 4.1 - Introdução

A região de Jussiape é a única extensão do projeto que não está inserida no contexto da Chapada Diamantina. Sua geologia é caracterizada por um embasamento arqueano composto pelo complexo Gavião e por fragmentos do Complexo Brumado intrudidos por ortognaisses (Caraguataí) e por granitóide pouco deformado ou isotrópico (granito de Jussiape). A idade do granito de Jussiape determinada por U-Pb em zircões foi de  $2121 \pm 2,2$  Ma.

O Complexo Caraguataí é constituído por ortognaisses mapeados segundo três tectonofácies. Sob a denominação de granito de Jussiape estão agrupados um conjunto de granitos e leucogranitos com estruturas de fluxo e que localmente contêm tênue foliação concordante com as encaixantes. São intrusivos tanto no Complexo Caraguataí, quanto no Complexo Gavião.

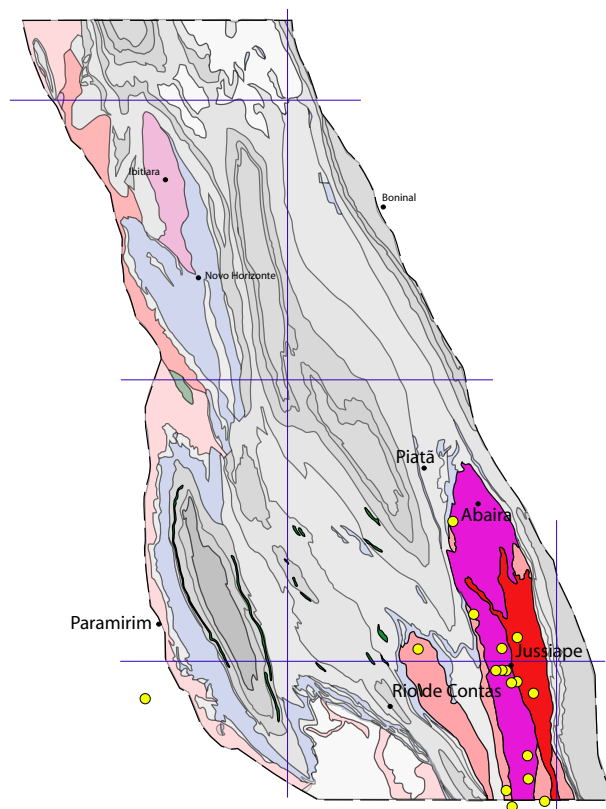
A amostragem cobriu os seguintes tipos litológicos:

a) *Complexo Caraguataí* — Foram amostradas as três tectonofácies, contudo a interpretação foi feita no conjunto todo, sem discriminar tais unidades.

b) *Granitóide de Jussiape* — As amostras de leucogranitos e granitos foram tratadas em conjunto, sem separar granitos de leucogranitos.

a) *Complexo Gavião* — Foram coletadas apenas quatro amostras de ortognaisses migmatíticos desta unidade. O objetivo foi apenas registrar os teores desta unidade no contexto presente, sem entrar em maiores considerações, pois a mesma já foi bastante estudada em outros locais (p. ex. Martin et al. 1997, Bastos Leal, 1998).

Na figura 4.1 estão os locais de amostragem aproximados sobre a geologia simplificada da área.



**Figura 4.1** — Localização aproximada das estações de amostragem sobre a geologia simplificada da área. Algumas estações têm mais de uma amostra.

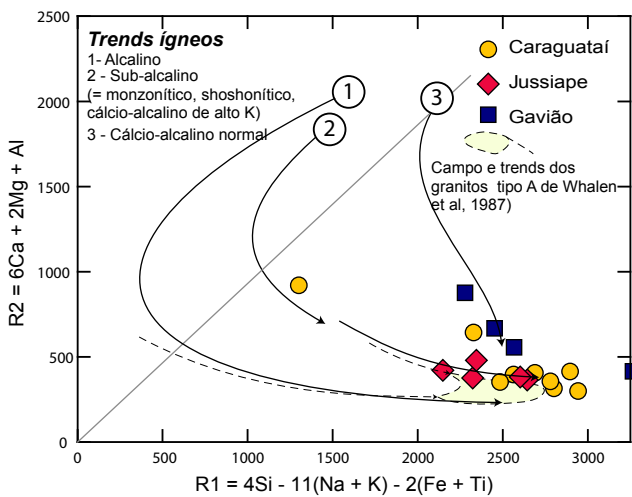
### 4.2 - Caracterização geoquímica do Complexo Caraguataí

Os termos litológicos que compõem o Complexo Caraguataí são petrográfica e quimicamente muito semelhantes aqueles da Suíte Ígnea de Lagoa Real (Arcanjo et al, 2000), presente no vale do Paramirim, com idade aproximada de 1740 Ma. Todavia, a idade de 2121 Ma do granito de Jussiape, intrusivo nessa unidade, mostra que os ortognaisses de Caraguataí são bem mais velhos que Lagoa Real. Talvez sejam mais bem correlacionados com um ortognaisse alcalino inserido no Complexo Paramirim (gnaisses graníticos-1 de Teixeira, 2000) não individualizado, contudo, em mapa geológico.

#### *Elementos maiores*

Os teores de  $\text{SiO}_2$  variam de 67 a 76%, porém apenas uma amostra tem teor inferior a 73% (tabela 4.1).





**Figura 4.2** — Diagrama R1R2, modificado de La Roche et al. (1980).

traz no diagrama AFM (figura 4.3), paralelos ao eixo A-F apontam também no sentido de rochas de afinidade alcalina, pois freqüentemente tais rochas se posicionam nesta região do diagrama.

Em diagramas de Harker, não mostrados neste relatório, a distribuição dos teores sugerem que houve a atuação de cristalização fracionada na evolução destas rochas.

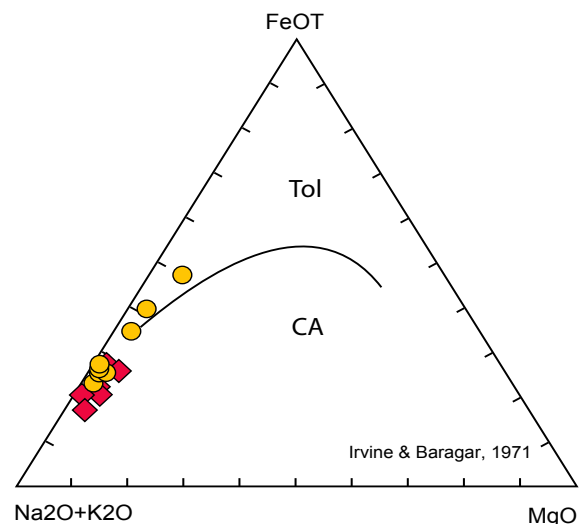
### Elementos traços

O diagrama multielementar (figura 4.4A) coloca em evidência algumas informações úteis para a caracterização dos protólitos do Complexo Caraguataí. O notável empobrecimento de Sr acompanhado de enriquecimento de Y indica uma gênese a partir de uma fusão parcial em região onde o plagioclásio era estável, ou seja, a pressão inferior a 10 Kbar (menos de 30 km de profundidade). Conseqüentemente, indica também que o gradiente geo-

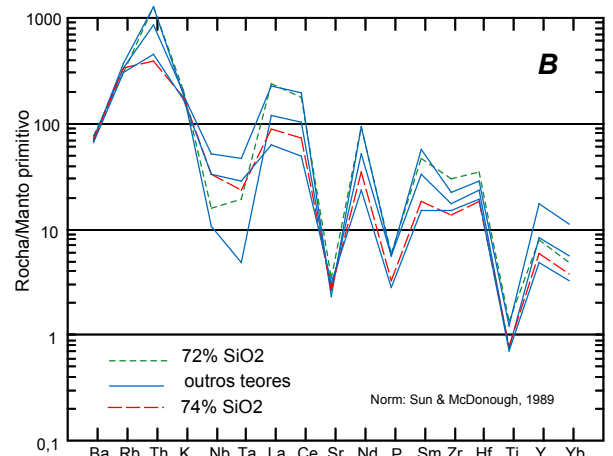
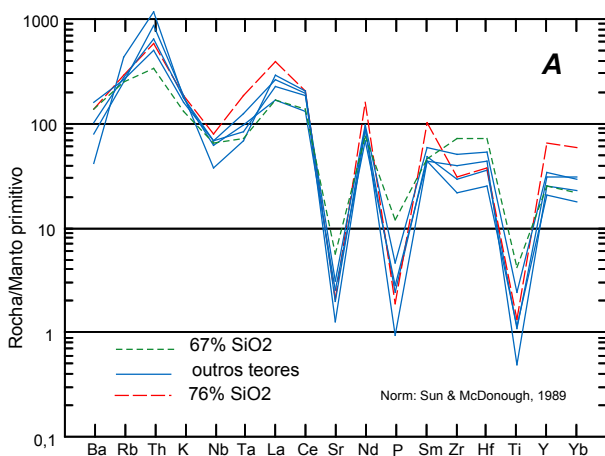
Um enclave (LR-13A), com 59% de SiO<sub>2</sub>, poderia representar um termo menos evoluído, porém, a falta de amostras com teores entre 60 e 70% torna isto pouco provável.

São rochas peraluminosas a metaluminosas (razões A/CNK em torno de 1), com razões K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O entre 1,3 e 2,4 e razões (Na+K)/Al, molar) em torno de 0,80. As razões FeO\*/(FeO\*+MgO) em torno de 0,90 chegando a 0,96 em uma amostra, são características de magmatismo do tipo A.

Sua evolução é sub-alcálica no diagrama modificado de La Roche et al. (1980) da figura 4.2, porém a presença de minerais característicos, como Fe-hastingsita, aponta para uma linhagem alcalina. As amostras se posicionam muito próximas ou dentro do campo dos granitóides do tipo A de Whalen et al. (1987). O posicionamento dos pontos representativos das amo-



**Figura 4.3** – Diagrama AFM. Mesmos símbolos da figura 4.2.

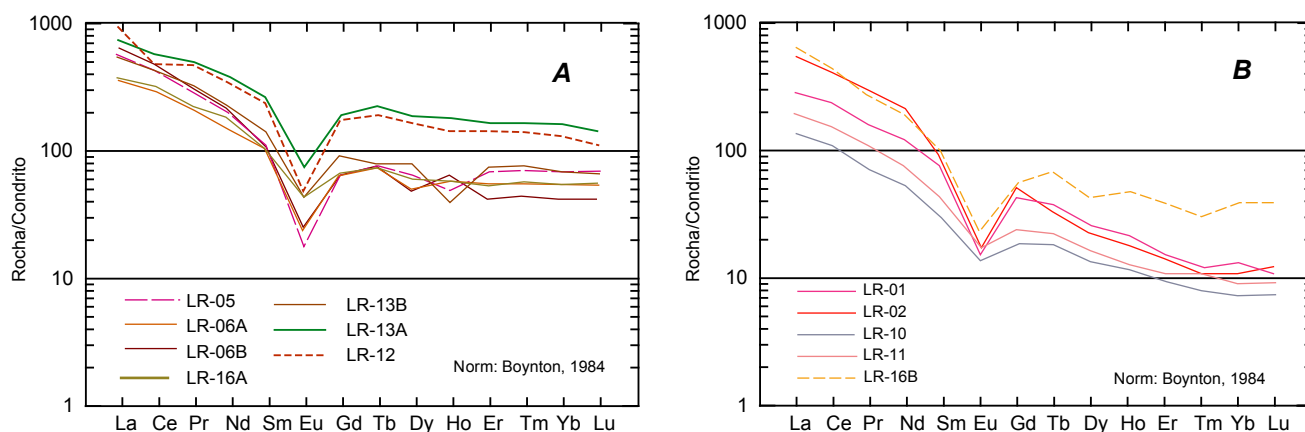


**Figura 4.4** — A: diagrama multielementar para as amostras do Complexo Caraguataí; B: diagrama multielementar para as amostras do Granito Jussiape. A variação observada nos dois diagramas não reflete qualquer mecanismo evolutivo. Para realçar este fato as amostras com teores extremos de SiO<sub>2</sub> foram destacadas nos dois diagramas.

térmico crustal era maior que 30°/km, ou seja, bem maior que o normal para a crosta, que é de 15°/km. Gradientes geotérmicos elevados são característicos de ambientes extensionais ou áreas com presença marcante de intrusivas máficas. Como as anomalias negativas de Sr mostram uma certa variação de uma amostra para outra, é de se supor que houve também uma cristalização fracionada de plagioclásio, ainda que de pouco extensão.

A fusão incongruente, com desidratação, de tonalito e granodiorito em ambientes de pressão baixa ou moderada, produz líquidos cujos conteúdos baixos de determinados elementos maiores e traços (por exemplo: Al, Ca, Mg, Sr e Eu) são similares aos do magmatismo do tipo A (Patiño Douce, 1997). No diagrama multielementar se destaca o empobrecimento extremo de Sr, P e Ti aliado ao enriquecimento de La, Ce, Nd e Y, também característico dos granitos de tipo A.

Os ETR (figura 4.5A) são muito enriquecidos e os espectros têm os segmentos de pesados pouco fracionados. Fortes anomalias negativas de Eu e enriquecimento de leves. A distribuição dos espectros é bastante irregular e não deixa clara a presença de cristalização fracionada. O espectro mais enriquecido pertence ao enclave intermediário (LR-13A), contudo a amostra LR-12, com 75% de SiO<sub>2</sub> (tabela 4.1) tem espectro praticamente idêntico. Portanto os conteúdos de ETR não estão refletindo a atuação de uma cristalização fracionada desde rochas com a composição do enclave, até os termos mais ricos em SiO<sub>2</sub>.



**Figura 4.5** — Espectros de ETR. A: Complexo Caraguataí e B: Granitos de Jussiape.

A confirmação do que foi sugerido ao longo do texto pode ser vista através dos três diagramas que compõem a figura 4.6. No diagrama (Y+Nb) x Rb (Pearce et al., 1984), figura 4.6A, os pontos representativos dos ortognaisses de Caraguataí se posicionam no campo dos granitóides intraplacas (WPG). Amostras com tais características podem ser lançadas no diagrama de Eby (1992), figura 4.6B, que distingue granitóides do tipo A1 (mantélico) de granitóides do tipo A2 (crustais ou com forte contribuição crustal). Os ortognaisses de Caraguataí se posicionam no campo dos granitóides A2.

No diagrama da figura 4.6C de Liégeois et al (1998), que separa os granitóides cálcio-alcálicos ou sub-alcálicos dos alcálicos, os protólitos do Caraguataí são caracterizados como alcálicos.

### Conclusões

O complexo Caraguataí é composto por ortognaisses cujos protólitos eram metaluminosos a peraluminosos, ricos em ferro, integrantes de um magmatismo de tipo A2, caracterizado como alcalino através da mineralogia e do conteúdo de elementos traços. São produtos da fusão parcial de crosta continental em ambiente de grau geotérmico elevado e baixa pressão (menos de 30 Km de profundidade) onde o plagioclásio era uma fase estável. Tal cenário é compatível com ambientes extensionais, com a presença de intenso magmatismo máfico. Sua idade é superior a 2100 Ma, uma vez que está intrudido pelo granito de Jussiape, que tem esta idade.

### 4.3 - Caracterização geoquímica do Granito de Jussiape

#### Elementos maiores

Os granitos e leucogranitos de Jussiape são muito diferenciados, peraluminosos, com teores de  $\text{SiO}_2$  entre 72 e 74% e de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pouco maiores que 13%. As razões  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ , pouco maiores que dois e os teores de  $\text{K}_2\text{O}$  entre 5 e 6,5% (tabela 4.1). Os valores da razão molar  $(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})/\text{Al}_2\text{O}_3$ , (Índice Agpaítico) ficam entre 0,76 e 0,81, típicas de rochas sub-alcálicas.

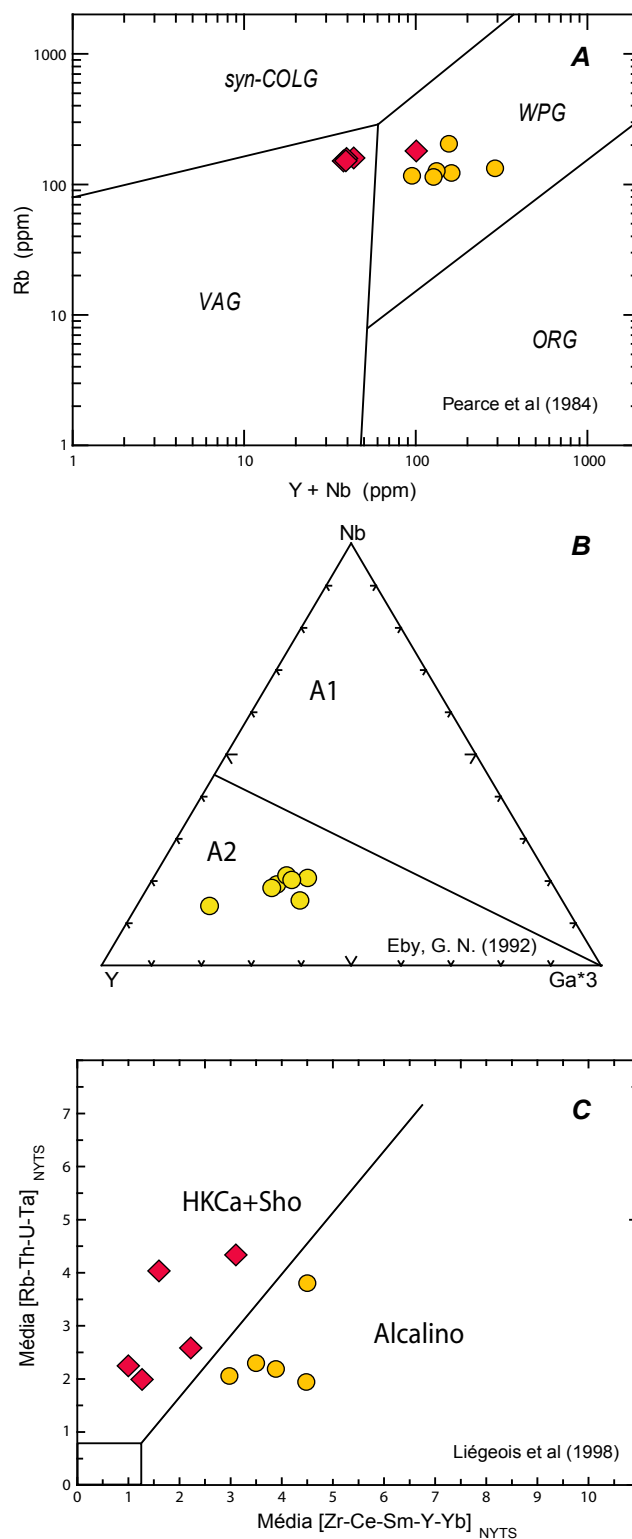
Os índices apresentados mostram que o granito de Jussiape embora seja composicionalmente semelhante aos ortognaisses de Caraguataí, eles não são iguais. A natureza sub-alcálica está mais bem definida e as razões  $\text{FeO}/(\text{FeO}+\text{MgO})$  entre 0,85 e 0,93 mostram características mais próximas dos granitos do tipo I.

No diagrama R1R2 (figura 4.2) os pontos representativos do granito de Jussiape mostram uma aderência muito consistente ao *trend* sub-alcálico, numa posição que não permite supor que o mesmo represente os diferenciados finais do líquido que produziu Caraguataí. No diagrama AFM (figura 4.3) as amostras se agrupam em um mesmo local do gráfico, mostrando apenas que são rochas muito evoluídas.

Em diagramas de Harker, não mostrados neste relatório, onde os ortognaisses de Caraguataí mostram características de cristalização fracionada — em função da evolução de vários elementos, como, por exemplo, a queda contínua dos teores de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$  enquanto  $\text{K}_2\text{O}$  se enriquece —, o granito de Jussiape apresenta um aglomerado de pontos, quase sempre com distribuição aleatória, sem qualquer tendência evolutiva clara. Se mostra ainda empobrecido em  $\text{CaO}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$  e mais enriquecido em  $\text{K}_2\text{O}$  que os ortognaisses de Caraguataí. Aparentemente, a cristalização fracionada no Jussiape foi um mecanismo incipiente.

#### Elementos traços

Comparado com os ortognaisses de Caraguataí o Jussiape exibe conteúdo de elementos de alto potencial iônico (HFSE), como Zr, Y e ETR, bem mais baixos. Outros elementos como Th, U e Rb são enriquecidos. Os teores de Th e U são bem maiores que aqueles típicos de granitos de tipo A destacados por Anderson & Morrison (1992). No diagrama multielementar (figura 4.4b) alguns pontos devem ser destacados: (i) as importantes anomalias negativas de Nb; (ii) a diminuição da anomalia negativa de P e (iii) a queda sensível nos teores de Y. Isto mostra que os granitos de Jussiape tiveram origem em ambiente diferente, ou são produtos de fusão parcial distinta daquela que originou os protólitos de Caraguataí.



**Figura 4.6** — A: Os pontos das amostras do granito de Jussiape se colocam no campo dos granitos pós-colisionais; B: Este diagrama mostra que os protólitos do Complexo Caraguataí eram granitóides do tipo A2, com forte contribuição crustal em sua composição; C: As amostras do Caraguataí são alcalinas enquanto as do granito de Jussiape são definidas como sub-alcálicas compatíveis com a série cálcio-alcálica de alto K.

A forma exibida pelos espectros são mais compatíveis com granitos I.

No diagrama da figura 4.5B os espectros de ETR realçam a diferença entre estes granitos e os ortognaisses de Caraguataí. São muito fracionados, pobres em ETR pesados e com anomalias negativas de Eu bastante acentuadas. A disposição dos espectros sugere algum tipo de fracionamento que não é percebido através dos elementos maiores, devido a pouca variação no teor de SiO<sub>2</sub>. Os espectros da figura 4.5B têm formatos semelhantes aos dos granitos potássicos pós-colisionais (tipo I, cálcio-alcálicos de alto K).

Apesar da semelhança composicional com os granitos do tipo A, os conteúdos de elementos de alto campo de força (HFSE) e de raio iônico grande (LILE) apontam para um magmatismo do tipo I. Na figura 4.6A, diagrama (Y+Nb) x Rb de Pearce et al. (1984), os pontos representativos das amostras de Jussiape se colocam numa posição indicativa de granitos pós-colisionais, dentro do campo de influencia de arcos vulcânicos. Em diagramas de Whalen et al (1987), não mostrados aqui, eles se posicionam no campo dos granitos do tipo I, sobre as linhas limítrofes com o campo dos granitos do tipo A. No diagrama de Liégeois et al (1998) da figura 4.6C as amostras plotam no campo das séries cálcio-alcálica de alto K (HKCa) e Shoshonítica (Sho).

### Conclusões

Os granitos de Jussiape são peraluminosos, potássicos, sub-alcálicos cujos teores de elementos maiores e as razões entre elementos traços LILE e HFSE apontam para um magmatismo do tipo I (cálcio-alcálico de alto K), pós-orogênico, cujas características químicas são, contudo, bem próximas as de magmatismo tipo A. Estas características e sua idade de 2121 Ma sugerem a existência de um arco magmático, ativo nesta área durante o Riáciano. A sugestão é reforçada pela idade de 2090 Ma obtida para as rochas plutônicas cálcio-alcálicas de Ibiatiara - Queimada Nova, descritas no capítulo seguinte.

## 4.4 - Caracterização geoquímica do Complexo Gavião

O complexo Gavião foi amostrado apenas para que se obter informações complementares sobre o quimismo desta unidade nesta região, pois sua natureza foi definida de maneira bastante eficiente em outros locais (Martin et al, 1997; Bastos Leal, 1998). A interpretação apenas confirmou o caráter cálcio-alcálico sódico da unidade, embora a maioria das amostras exibissem algum tipo de contaminação devido a presença próxima dos ortognaisses de Caraguataí e do granito de Jussiape.

Apenas quatro amostras foram analisadas e seus resultados químicos estão na tabela 4.1. No diagrama R1R2 ( figura 4.2), três amostras exibem padrão evolutivo cálcio-alcálico e uma delas, a LR-9, mostra claro distúrbio no balanço químico que motivou a elevação do valor de R1.

Os elementos traços são mostrados nas figuras 4.7A e 4.7B. Uma amostra (LR-8) exhibe composição típica da série cálcio-alcálica de baixo K, com espectro de ETR fortemente empobrecido em ETR, comum no Complexo Gavião e em outros terrenos gnáissicos arqueanos. As outras amostras têm características que mostram distúrbios

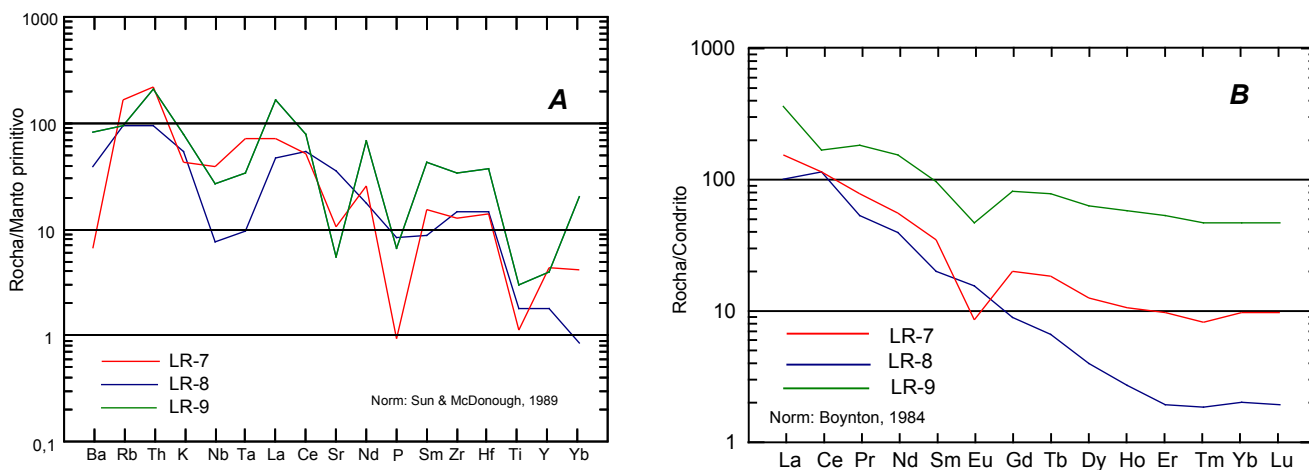


Figura 4.7 – Complexo Gavião. A: diagrama multielementar e B: espectros de elementos terras raras.

causados pela presença das intrusões graníticas potássicas: a amostra LR-7 apresenta fortes anomalias negativas de P e Ti, semelhantes às dos ortognaisses de Caraguataí (comparar com a figura 4.4A), e ETR que lembram os espectros do Jussiape; a LR-9 mostra enriquecimento em HFSE, porém não exhibe anomalias negativas de Sr e P tão realçadas como no Caraguataí e seu espectro de ETR é muito semelhante aos dos ortognaisses de Caraguataí.

Embora não reste dúvida quanto à natureza do material amostrado, a intensa atividade intrusiva ácida que atuou na área causou importantes modificações no conteúdo químico original dos ortognaisses do Complexo Gavião. Assim, para se ter uma definição mais precisa desta unidade, em trabalhos futuros, será necessário uma amostragem bastante criteriosa, em locais estratégicos, para evitar ao máximo o efeito da presença das intrusões potássicas, que como visto acima, é muito acentuado.



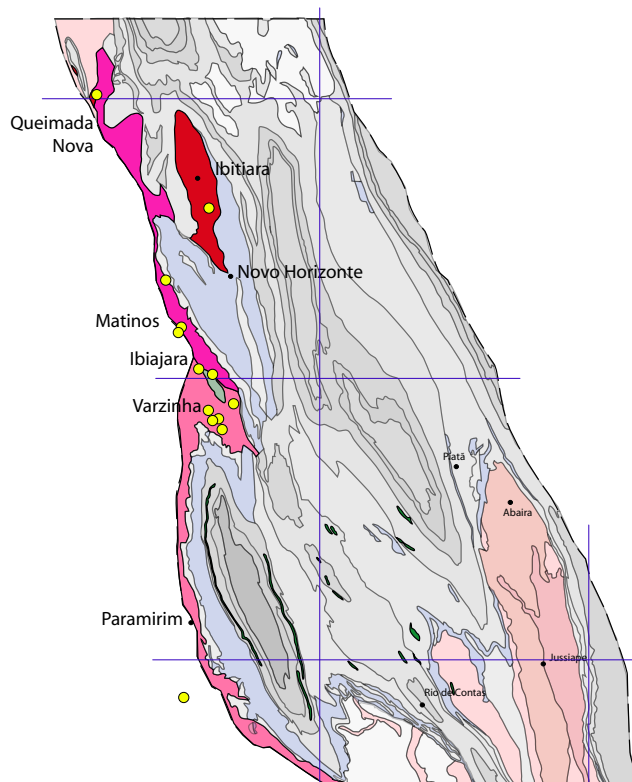
## Granitóides de Ibitiara, Queimada Nova e Matinos

### 5.1 - Introdução

O granitóide de Ibitiara está colocado entre as rochas sedimentares e vulcânicas da Chapada, na região de Ibitiara-Novo Horizonte, onde foi considerado por Barreto et al. (1975) como uma janela do embasamento. O de Queimada Nova aflora no vale do Paramirim, próximo a serra do Itapicuru, na região norte do projeto. São granodioritos, tonalitos e granitos, de coloração cinza claro; equigranulares finos a médios (Ibitiara) ou porfíricos (Queimada Nova) com deformação tectônica nem sempre evidente. Uma datação U-Pb, realizada em zircões do granitóide de Ibitiara, forneceu idade de  $2091 \pm 6,6$  Ma.

O granitóide de Matinos engloba um conjunto de granitos e granodioritos de cor rósea ou cinza, porfíricos, que afloram desde a região de Ibiajara, a sul, até próximo a BR-242, a norte, na região limítrofe entre o vale do Paramirim e a Chapada Diamantina. Os dados aqui apresentados são originais de Teixeira (2000) e como se perceberá a seguir, as poucas amostras tratadas foram insuficientes para caracterizá-lo com segurança.

Os dados químicos estão na tabela 5.1 e na figura 5.1 estão os locais de amostragem aproximados. Na tabela estão, também, várias amostras coletadas no chamado corredor da Varzinha, mapeado como ortognaisses do Complexo Paramirim e duas amostras da região de Ibiajara – mina de Baixa Funda. Tais amostras apresentam-se bastante alteradas por hidrotermalismo e também intemperismo e só estão sendo relacionadas para mostrar que, apesar disto, os conteúdos de alguns elementos são compatíveis com rochas do embasamento na região de Varzinha e com Matinos nas intrusões graníticas em Ibiajara e nas imediações de Baixa Funda, junto a Chapada Diamantina.



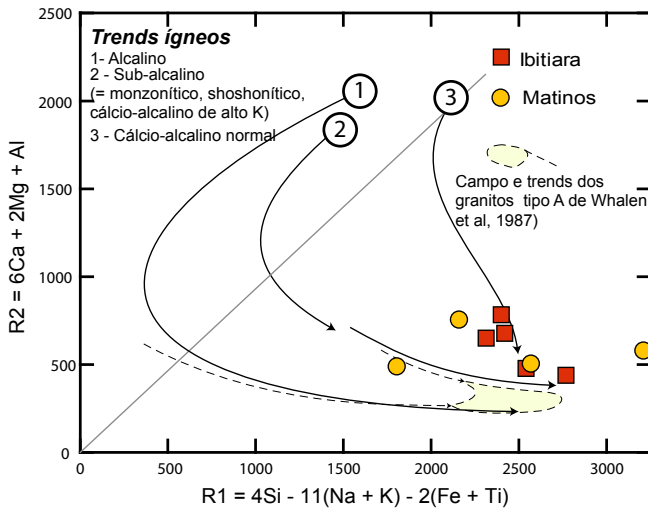
**Figura 5.1** — Localização aproximada das estações de amostragem sobre a geologia simplificada da área. Algumas estações têm mais de uma amostra.

### 5.2 - Caracterização geoquímica dos granitóides de Ibitiara e Queimada Nova

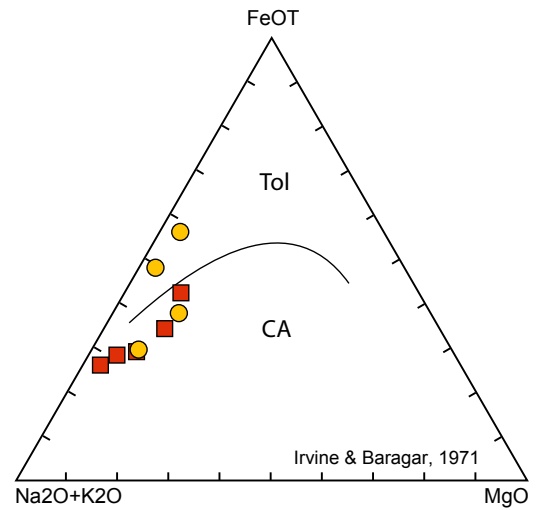
#### *Elementos maiores*

Nos granitóides de Ibitiara-Queimada Nova os teores de  $\text{SiO}_2$  variam entre 66 e 73% e os de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 14,5 e 16,5%. As razões A/CNK molares, pouco maiores que 1, caracterizam as amostras como peraluminosas. Exibem razões  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  menores que um, com teores de  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$  em torno de 3% e média de CaO de 2,6%. É, portanto, o único conjunto de granitóides caracterizado como sódico na área do projeto e também o único que claramente não é do tipo A (tabela 5.1).

A variação composicional dos elementos maiores, mostrada no diagrama R1R2, modificado de La Roche et al. (1980), na figura 5.2, são compatíveis com a série cálcio-alcálica normal. O posicionamento dos pontos



**Figura 5.2** — Diagrama R1R2, modificado de La Roche et al. (1980).



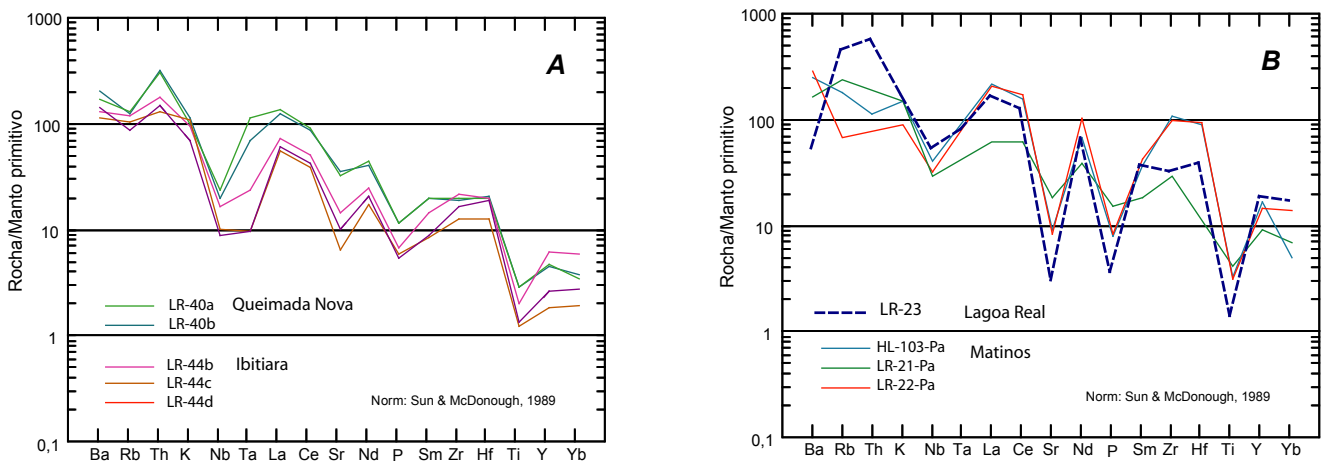
**Figura 5.3** — Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971). Mesmos símbolos da figura 5.2.

representativos das amostras no diagrama AFM (figura 5.3), também apontam para a presença de uma série cálcio-alcálica.

### Elementos traços

Uma característica que distingue estas rochas das demais plutônicas da área, além da sua natureza sódica, são os baixos teores de elementos de alto campo de força (HFSE), como por exemplo, Zr, Y, Nb e ETR. Alguns elementos de grande raio iônico (LILE), por outro lado, exibem teores elevados. O Ba chega a 1400 ppm em Queimada Nova e o Sr chega a 760 ppm. Os teores elevados de Ba são uma característica notável de todas as rochas ígneas da parte norte da área, se comparadas com as do sul, sejam elas do embasamento, intrusivas ou vulcânicas.

O diagrama multielementar (figura 5.4A) realça algumas características importantes destes granitóides. A forma dos espectros é muito diferente daquelas vistas até aqui, nos capítulos anteriores. As anomalias de Sr e P negativas, tão marcantes no magmatismo tipo A, são pouco pronunciadas; as anomalias fortemente positivas de Y e outros HFSE também não ocorrem. Porém aparece uma forte anomalia negativa de Nb. O enriquecimento de Sr aliado a teores pouco expressivos de Y apontam para um líquido gerado em fonte profunda, onde o plagioclásio não era estável, mas a granada era. Isto liberou o Sr para o líquido e reteve o Y entre os minerais residuais. Isto é coerente com a fusão parcial do manto, melhor que de uma fonte crustal. O lado esquerdo do gráfico mostra elementos enriquecidos, como Rb e Ba, aliados a uma forte anomalia negativa de Nb. A anomalia negativa de Nb é classicamente atribuída a atuação de uma zona de subdução durante a geração da rocha. Enriquecimentos de



**Figura 5.4** — Diagramas multielementares. A: Ibitiara e Queimada Nova; B: Matinos.



Rb e Ba podem ocorrer pela ação de fluidos hidrotermais que metassomatizam o manto na cunha acima da zona de subducção. Desta forma, o quadro mostrado pelo diagrama sugere rochas de linhagem cálcio-alcina normal geradas a partir da fusão parcial de um manto metassomatizado em ambiente de arco magmático.

Os espectros de ETR (figura 5.5A) fortemente fracionados, com empobrecimento nos elementos pesados e ausência de anomalia de Eu também são características de rochas cálcio-alcinas. O forte empobrecimento de pesados nos termos mais evoluídos lembra até os espectros de rochas da série cálcio-alcina de baixo K.

A amostra LR-44B tem um espectro fracionado no segmento de leves e plano do Eu até os pesados e foge um pouco do padrão das demais amostras. Em afloramento esta amostra representa uma zona de grande interação entre o líquido magmático e um enclave de uma rocha fina e de cor escura, definida petrograficamente como um possível metassedimento (LR-44A, na tabela 5.1). O espectro de ETR do enclave (xenólito) é análogo ao da

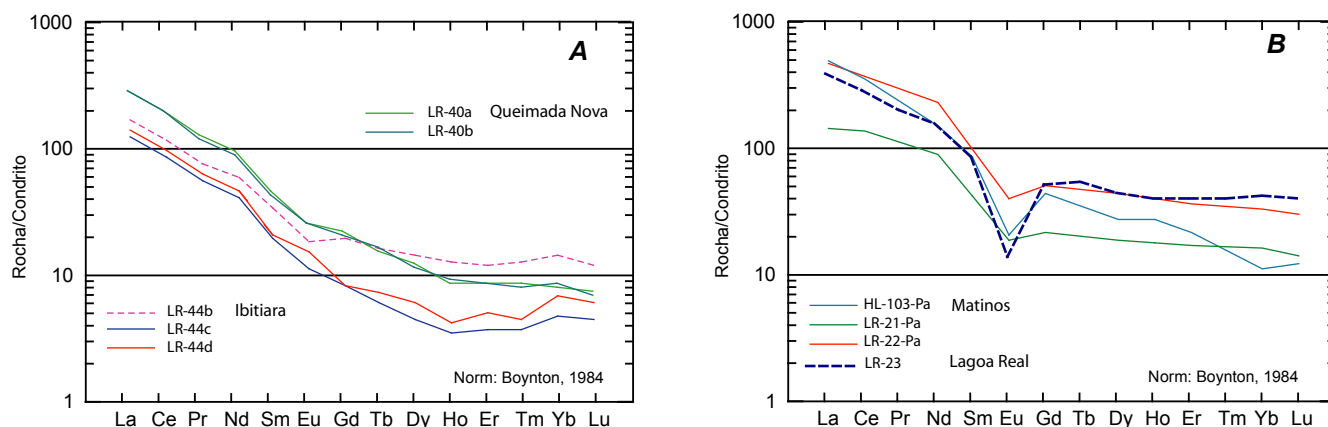


Figura 5.5 — Espectros de ETR. A: Ibitiara e Queimada Nova; B: Matinos.

amostra LR-44B e também muito semelhante aos de rochas sedimentares pelíticas. Assim a amostra LR-44B, até melhor avaliação, pode ser considerada como o produto da mistura entre um líquido magmático e um xenólito metapelítico que estava sendo assimilado.

Para complementar as informações dadas até o momento, e servir para comparação com as demais unidades ígneas da área são apresentados os diagramas da figura 5.6. No diagramas (Y+Nb) x Rb (Pearce et al, 1984), figura 5.6A, as amostras de Ibitiara e Queimada Nova se posicionam no campo dos granitos de arco vulcânico (VAG) e no 5.6B de Liégeois et al (1998), se colocam no campo cálcio-alcino.

## Conclusões

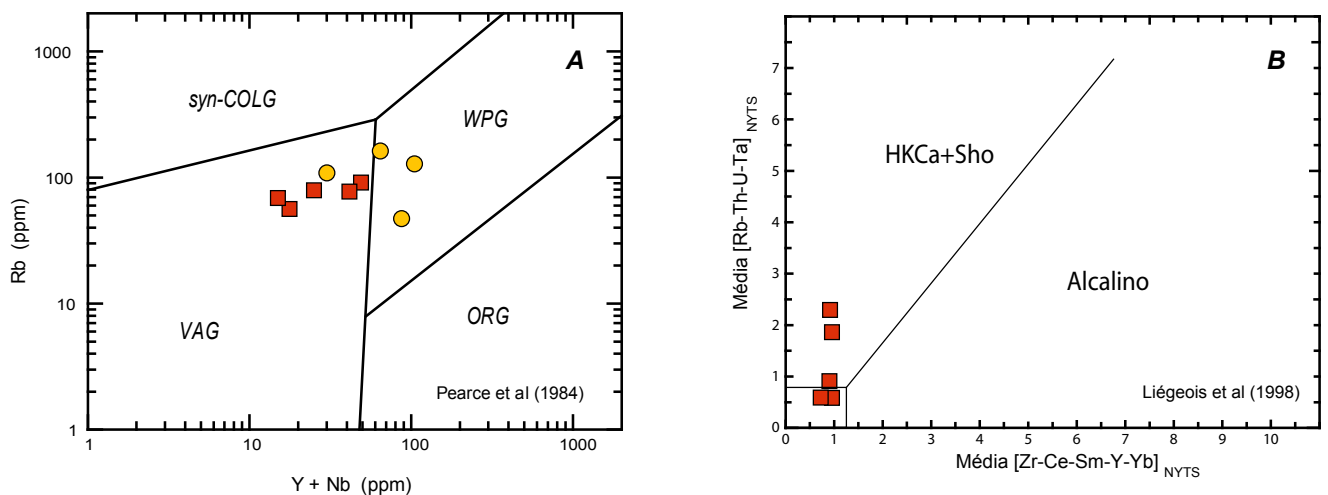
Os granitóides de Ibitiara e Queimada Nova são granodioritos, tonalitos e granitos cálcio-alcinos, sódicos e peraluminosos. A idade de 2091 Ma destes granitóides aliada a de outros, também com características cálcio-alcinas e idades semelhantes, como o de Veredinha (Arcanjo et al, 2000) com 2103 Ma, e o de Jussiape com 2121 Ma, mostra que durante o Riáciano, neste segmento do Cráton do São Francisco havia um arco magmático ativo cujas dimensões e localização são ainda desconhecidas.

## 5.3 - Caracterização geoquímica dos granitóides de Matinos

### Elementos maiores

São granitóides com teores de  $\text{SiO}_2$  inferiores a 70% e  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bastante variável (Tabela 5.1). As razões A/CNK molares são pouco menores que um, caracterizando-os como meta a peraluminosos. As razões  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  são bastante variadas, todavia tendem a ser maior que um, dando ao conjunto um caráter levemente potássico.

No diagrama R1R2, modificado de La Roche et al. (1980) na figura 5.2, as amostras apresentam um espalhamento muito acentuado ao longo, tanto do *trend* sub-alcino, como do cálcio-alcino normal. Aparentemente, a tendência mais correta é a sub-alcina, ou seja, são diferentes dos granitóides de Ibitiara e Queimada Nova. No diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971), figura 5.3, os pontos representativos das amostras se colocam em



**Figura 5.6** — Diagramas discriminantes. A: de ambientes tectônicos; B: de linhagens petrogenéticas alcalinas e sub-alcalinas. O pequeno campo no canto inferior esquerdo do diagrama B define a posição das rochas cálcio-alcalinas tanto normais quanto de baixo K. Mesmos símbolos da figura 5.2.

posições pouco coerentes entre si. Duas amostras estão colocadas próximas ao eixo A-F, semelhante ao que ocorre com os magmatismos de Caraguataí (Capítulo 4), Rio dos Remédios (Capítulo 3) e também de Lagoa Real (Teixeira, 2000), indicativo de uma possível natureza alcalina. Duas outras amostras se posicionam dentro do *trend* cálcio-alcalino, junto das amostras dos granitóides de Ibitiara. Este comportamento sugere que podem existir rochas dos dois tipos dentro da extensa área mapeada como Matinos, ou pode também ter ocorrido algum distúrbio no balanço químico dos elementos maiores que deslocou, de alguma forma, os pontos dentro do diagrama.

### Elementos traços

Como apenas três amostras foram analisadas para ETR (tabela 5.1) a caracterização da unidade fica bastante precária, pois somente estas amostras podem ser plenamente consideradas na interpretação, já que o comportamento dos ETR têm sido priorizado ao longo deste relatório.

No diagrama multielementar da figura 5.4B o padrão geral mostrado é semelhante ao padrão dominante na área, ou seja, presença de fortes anomalias negativas de Sr, P e Ti, enriquecimento em ETR leves, etc. Tais características sugerem a presença do mesmo magmatismo das vulcânicas do Rio dos Remédios. Duas amostras (LR-22PA e HL-103PA) têm espectros muito semelhantes aos das vulcânicas do norte (comparar com a figura 3.4A).

Para ratificar a semelhança com o magmatismo estateriano da área, no diagrama foi colocada a amostra LR-23 (ortognaisse da Suíte Lagoa Real), coletada em afloramento situado alguns quilômetros a SW da cidade de Paramirim. Matinos e Lagoa Real são muito semelhantes; apenas Matinos é bem mais enriquecido em Ba — o que é normal, já que as rochas da região norte são enriquecidas neste elemento em relação as do sul —, Zr e Hf. Uma amostra (LR-21PA), contudo, foge deste padrão. Aparentemente ela está mais coerente com o magmatismo de Ibitiara do que o de Rio dos Remédios.

Os espectros de ETR (figura 5.5B), lembram os de Lagoa Real, também mostrado no diagrama, porém a amostra HL-21PA se mostra sem anomalia negativa de Eu e com teores relativamente baixos de ETR, lembrando uma das amostras de Ibitiara (ver figura 5.5B), sugerindo que realmente existe mais de um tipo de magmatismo presente no conjunto amostrado.

Os teores de Nb e Y nos granitóides de Matinos não são tão elevados como nas vulcânicas de Rio dos Remédios, porém são suficientemente elevados para posicionar a maioria de suas amostras no campo dos granitos intraplaca (WPG) do diagrama (Nb+Y) x Rb (figura 5.6A). Podem, portanto ser considerados como do tipo A, provavelmente alcalinos em sua maioria. Uma amostra, contudo, no mesmo diagrama se posiciona junto às de Ibitiara, no campo dos arcos vulcânicos, mais uma vez mostrando que existem rochas do Ibitiara dentro da área de predominância do Matinos.

### ***Conclusões***

Os granitóides de Matinos são granitos e granodioritos metaluminosos a peraluminosos, potássicos, do tipo A, provavelmente relacionados ao mesmo magmatismo que originou as vulcânicas de Rio dos Remédios e as plutônicas da Suíte Lagoa Real (Arcanjo et al., 2000). A pequena quantidade de amostras não permite uma melhor avaliação. Pelo menos uma amostra, contudo, parece ser cálcio-alcalina normal, o que mostra que a área de ocorrência dos granitóides de Ibitiara pode adentrar partes da área atualmente considerada como Matinos.



## 6.1 - Introdução

O magmatismo máfico tem grande expressão ao longo da área mapeada da Chapada Diamantina, em particular junto ao limite W do Projeto. É constituído por diques de composição gabrítica, isotrópicos de granulação média a grossa (MP $\beta$ 2) e corpos de rochas máficas foliadas (MP $\beta$ 1). Nos corpos de MP $\beta$ 2, que foram melhor caracterizados quimicamente, os minerais ígneos estão preservados na maioria dos afloramentos, mas em alguns locais pode ocorrer alteração da augita primária para actinolita-tremolita. Brito (2005) destaca ainda a importante presença de alteração de augita para hornblenda. Tais feições são mais proeminentes na parte norte da área.

As amostras isotrópicas foram coletadas nos seguintes regiões do projeto: (i) região norte: Serra da Mangabeira e Lagoa do Dionísio; (ii) região de Novo Horizonte – Ibitiara; (iii) região sul: Caieras, Brejo de Santa Tereza e Paramirim das Crioulas; (iv) região leste: Piatã; (v) região de Jussiape, fora do contexto da Chapada. Foi, também, amostrado um dique deformado (MP $\beta$ 1) na região de Canabravinha. Na amostra de Lagoa do Dionísio foi obtida a idade de  $1496 \pm 3,2$  Ma por U-Pb em zircões.

Os dados químicos estão na tabela 6.1 e a localização aproximada dos pontos de amostragem está na figura 6.1. As amostras estão agrupadas nos diagramas da seguinte forma: (i) as do norte (incluindo Novo Horizonte e a de Piatã), (ii) as do sul e (iii) as de Jussiape. Como será mostrado a seguir, estes três conjuntos mantêm características químicas semelhantes, sugestivas de que todos sejam produtos de um mesmo magmatismo, com idade de 1500 Ma, que marcou um importante evento distensivo na área. Apenas as amostras da Serra da Mangabeira fogem um pouco do padrão geral.

O dique deformado tem composição diferente dos demais e como existe apenas uma amostra, serão feitos comentários ao longo do texto, de maneira sucinta.

## 6.2 – Caracterização geoquímica

### *Elementos maiores*

Os teores de SiO<sub>2</sub> nos gabros isotrópicos variam entre 47 e 50% e o teor médio de MgO é de cerca de 8%. Os valores de mg# (=100Mg/(Mg+Fe) [molar]) variam de 63 a 47. Em que pese os baixos valores de SiO<sub>2</sub>, que sugerem a presença de pouco fracionamento, os valores de mg# inferiores a 63, caracterizam magmas diferenciados, diferentes de um magma primitivo, no qual os valores deveriam ser pouco menores que 80.

Os teores de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> são relativamente altos, porém nas amostras do norte os teores chegam até cerca de 19%. Estes teores elevados de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> refletem a presença de plagioclásio, que chega a 60 % nestas amostras, sugestivo da presença de acumulação importante deste mineral.

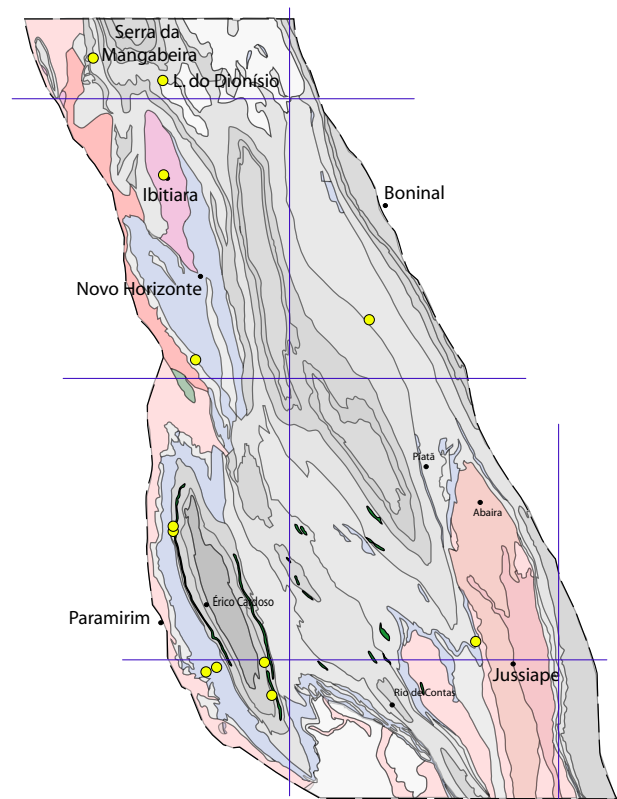


Figura 6.1 — Localização aproximada das estações de amostragem sobre a geologia simplificada da área. Algumas estações têm mais de uma amostra.

No diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) da figura 6.2A, as amostras exibem um padrão toleítico, pouco diferenciado. No diagrama de Jensen (1976) da figura 6.2B, as amostras se posicionam no campo toleítico magnésiano, setor inicial da linhagem toleítica. Nos dois diagramas a amostra LR-42 (Lagoa do Dionísio) cai um pouco fora do conjunto geral, se desviando para as composições cálcio-alcálicas: no diagrama AFM reflete o enriquecimento de  $K_2O$  e  $Na_2O$  em relação às demais amostras; no diagrama de Jensen (1976) reflete o enriquecimento de  $Al_2O_3$ , o que ocorre também com outra amostra da Serra da Mangabeira. Não há motivos para se supor que pertençam à outra linhagem petrogenética que não a toleítica.

O conjunto dos demais elementos vistos na tabela 6.1 são compatíveis com a linhagem toleítica intraplacas (comparar com Wilson, 1989, entre outros).

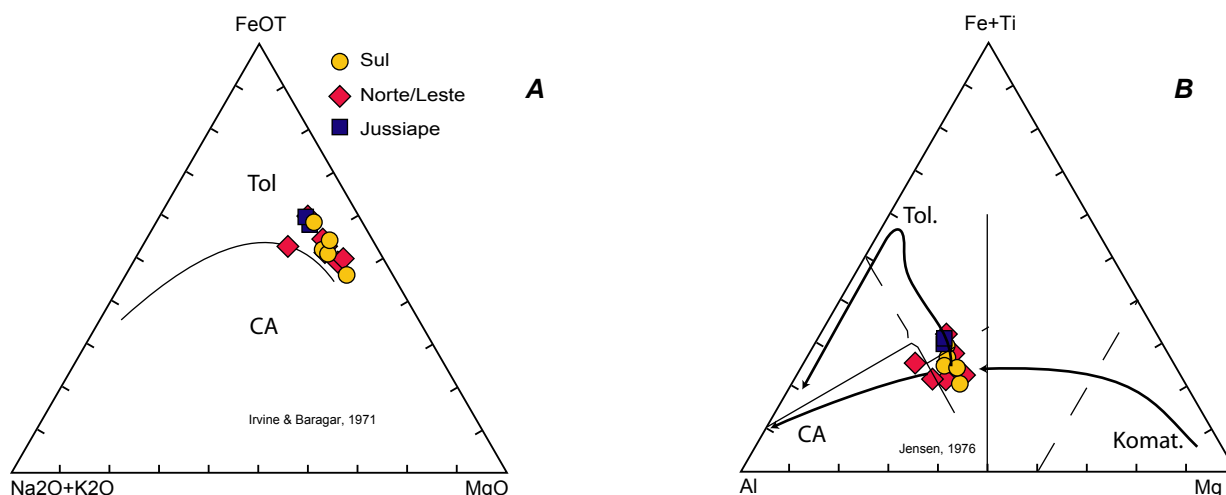


Figura 6.2 — Diagramas A: AFM; B: de Jensen.

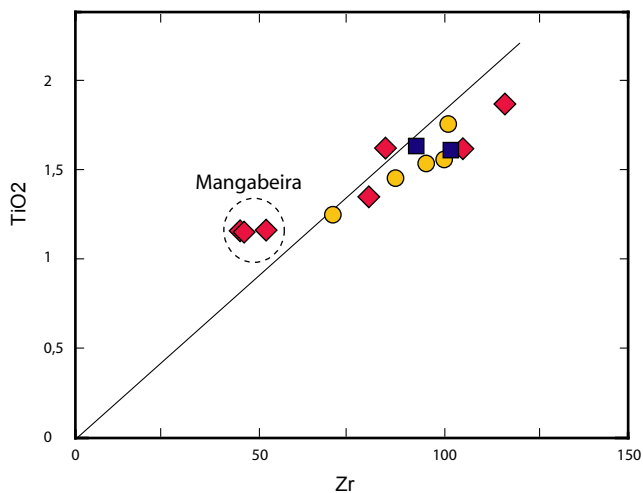
### Elementos traços

Na tabela 6.1 as distribuições de Cr e Ni, elementos compatíveis em magmas básicos, mostram algumas características importantes da evolução do magmatismo em foco. Os teores de Cr não são altos, porém apresentam uma variação muito acentuada, atingindo valores muito baixos nas amostras da serra da Mangabeira e Lagoa do Dionísio. Os teores de Ni também são bastante baixos, mas exibem uma variação bem menor entre as amostras. Seus teores mais elevados estão nas amostras da Serra da Mangabeira.

Este comportamento, aparentemente diverso do que normalmente ocorre com os dois elementos, está a mostrar um importante fracionamento de cpx, cujo kd para Cr é bem maior que para Ni, provocando a queda acentuada nos teores de Cr, enquanto os de Ni pouco se modificam. Esses fatos são mostrados em diagramas de variação, como  $MgO \times Cr$  e  $MgO \times Ni$  por exemplo, onde todas as amostras se alinham de forma coerente, com exceção das da serra da Mangabeira. Assim, o magmatismo máfico da área está caracterizado por fracionamento importante de cpx (augita) ao longo de toda a área, inclusive se considerarmos as amostras dos diques de Jussiape. Variações de elementos maiores como  $Al_2O_3$  e CaO evidenciam, também, que houve fracionamento de plagioclásio. Do exposto se conclui, que, a cristalização fracionada de plagioclásio + cpx foi o principal mecanismo de diferenciação magmática.

Os elementos incompatíveis dão informações importantes da presença de cristalização fracionada e/ou fusão parcial de maneira consistente. Como são incompatíveis, suas razões ao longo de um processo de diferenciação magmática permanecem constantes, pois não são incorporados a nenhuma das fases sólidas envolvidas. As razões Nb/Th, Zr/Nb, Nb/Y e Zr/Y dão indicações sobre a fonte das rochas máficas (Condie, 2005). No presente caso elas são sugestivas da atuação de uma pluma mantélica durante a gênese do líquido que originou as rochas gabróicas.

Outras características do magmatismo máfico e suas relações com o manto são mostradas na figura 6.3. No diagrama Zr x Ti, está lançada a linha equivalente as razões Ti/Zr igual a 100 que é a razão condrítica, ou do manto primitivo presentes em rochas máficas como komatiitos, basaltos toleíticos de fundo oceânico, etc (Ho-

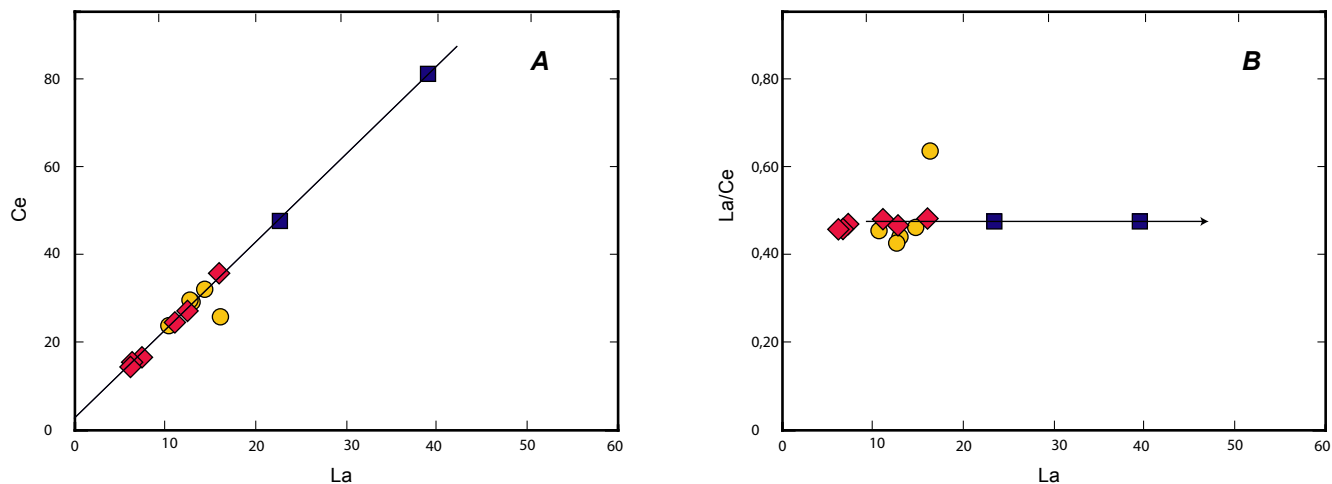


**Figura 6.3** — Diagrama Zr ppm x TiO<sub>2</sub>%. Mesmos símbolos da figura 6.2.

evoluídas do conjunto. Porém como visto acima os teores de Cr são bem mais baixos que os das demais amostras, impedindo que tal fato ocorra. Assim, em relação às demais amostras, as da serra da Mangabeira não refletem composição de líquido. O mais razoável é supor que estas rochas sejam cumuláticas, sem a participação de minerais ricos em Zr e Cr. Como são muito ricas em Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a acumulação mais provável foi de plagioclásio, o que é confirmado pela presença de 60% do mineral em lâmina. As amostras contém, ainda, pequena quantidade de ilmenita, razão pela qual ocorre a elevação no teor de Ti.

Os diagramas das figura 6.4A e B mostram a relação entre La e Ce. No diagrama La-Ce todas as amostras se colocam sobre uma linha reta que marca um lugar de razões La/Ce constantes, pois os dois elementos são incompatíveis. Como a razão é constante o *trend* está marcando a razão entre os elementos na fonte do magma. Disto se depreende que todas as amostras são originadas de uma mesma fonte, ou de fontes diversas com a mesma razão La/Ce. A segunda hipótese, contudo, parece menos provável. É interessante notar que as amostras de Jussiape, bem mais enriquecidas nesses elementos também se posicionam sobre o mesmo *trend*. Na figura 6.4B os valores constantes da razão La/Ce independentes da elevação de La mostram a atuação de cristalização fracionada, apesar do pouco espalhamento dos valores. As amostras de Jussiape, mais afastadas, permitem traçar melhor a reta de diferenciação.

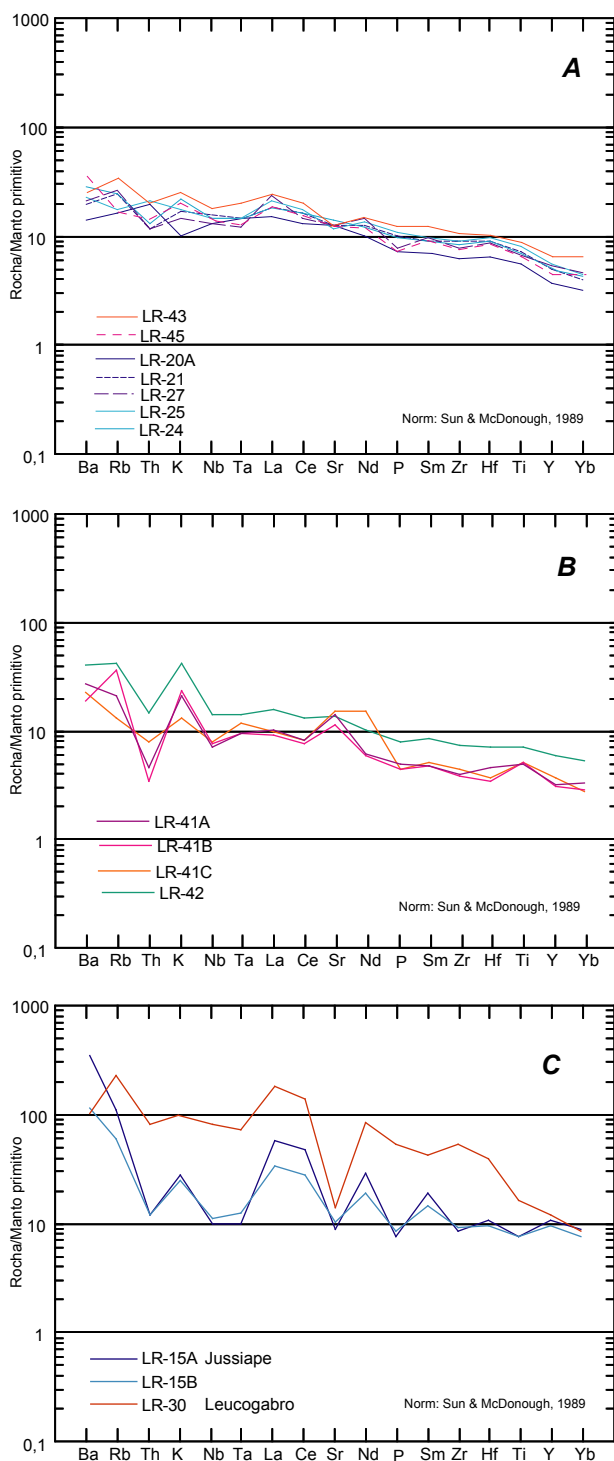
Uma visão ampla do comportamento dos elementos traços incompatíveis é apresentada nos diagramas multielementares da figura 6.5. Na figura 6.5A estão os espectros das amostras coletadas no sul e na região de Novo Horizonte - Ibitiara. Os espectros são relativamente planos, com acentuado empobrecimento nos elementos do lado direito do diagrama. No lado esquerdo dos espectros onde ficam os elementos mais móveis (Ba, Rb,



**Figura 6.4** — Diagramas com razões entre elementos incompatíveis. Mesmos símbolos da figura 6.2.

fman, 1988; Sun & McDonough, 1989; Wilson 1989; Kroner & Tegtmeier, 1994). O principal alinhamento das amostras se inicia junto a linha Ti/Zr = 100, mostrando sua origem mantélica, e a evolução ao longo do mesmo valor, mostra um fracionamento onde Ti e Zr não foram importantes. O pequeno desvio no sentido dos valores maiores de Zr é atribuído à presença de contaminação crustal, que deve ser um processo importante nestas rochas, já que tiveram que atravessar toda a espessura da crosta para atingir o nível atual de afloramento.

As amostras da serra da Mangabeira também diferem das demais nesse diagrama, e se posicionam na região dos teores mais baixos de Ti e de Zr e acima da linha de razão Ti/Zr condritica. Como a evolução da cristalização fracionada evolui no sentido dos valores menores para os maiores dos dois elementos, as amostras da S. da Mangabeira deveriam ser as menos



**Figura 6.5** — Diagramas multielementares. A: amostras do sul e de Novo Horizonte; B: amostras do norte; C: amostras de Jussiape e do leucogabro.

este espectro entra em conflito com o que foi mostrado no diagrama da figura 6.5C, pois Eu e Sr estão associado ao plagioclásio, e o Sr na figura 6.5C mostra o comportamento de um líquido (do qual foi retirado muito plagioclásio) e na figura 6.6C o Eu mostra ou um líquido sem fracionamento importante de plagioclásio ou a presença de um sólido. Assim o resultado mostrado deve ser considerado com reservas, pois com apenas uma amostra não há segurança na interpretação.

Th, K), os espectros mostram oscilações pequenas, sugestivos de pouca ação de processos pós-magmáticos sobre as amostras.

Na figura 6.5B estão as amostras de Lagoa do Dionísio e da serra da Mangabeira. Os espectros das amostras da serra da Mangabeira são bem diferentes daqueles mostrados no diagrama anterior. A maioria dos elementos apresenta teores menores que os das rochas de outros locais. As anomalias positivas de Sr sugerem acumulação de plagioclásio e as pequenas anomalias positivas de Ti, a presença de ilmenita. Os teores de Th e K quebram o padrão relativamente plano dos espectros e não devem estar refletindo qualquer mecanismo de fracionamento normal. Devem estar relacionados a algum processo pós-magmático que atuou mais intensamente nesta região da área, e mobilizou os elementos.

Na figura 6.5C estão os espectros das amostras de Jussiape e do leucogabro. Os padrões são totalmente diferentes dos demais vistos até aqui. Os de Jussiape são muito “quebrados”, de difícil explicação, considerando-se apenas a presença de mecanismo de fusão parcial ou de cristalização fracionada. O leucogabro, cuja composição é bem diferente das demais litologias máficas da área exibe espectro fortemente enriquecido para a maioria dos elementos, porém mostra uma anomalia negativa muito forte de Sr, que provavelmente, não está refletindo apenas a fusão parcial ou uma cristalização fracionada com plagioclásio entre as fases sólidas.

Os diagramas da figura 6.6 mostram a distribuição dos ETR nos vários grupos de diques máficos estudados. A maioria dos espectros são planos e pouco fracionados, com suave enriquecimento de ETR leves (pouco mais de 5 x condrito), sem anomalias de Eu. Tais características são típicas dos gabros e basaltos toleíticos continentais. Já os espectros mostrados na figura 6.6C são bastante diferentes. Apenas um espectro da serra da Mangabeira foi representado porque as três amostras, têm composições idênticas. O conteúdo de ETR é bastante baixo e exibem anomalia positiva de Eu, que é mais um indício de acumulação de plagioclásio.

Os conteúdos dos diques de Jussiape são caracterizados por espectros fracionados e enriquecidos em ETR leves, com pequena anomalia negativa de Eu. A forma dos espectros sugere que sejam termos mais diferenciados do magmatismo máfico presente na Chapada.

O leucogabro tem espectro fortemente fracionado, rico em leves, com pequena anomalia positiva de Eu. Este

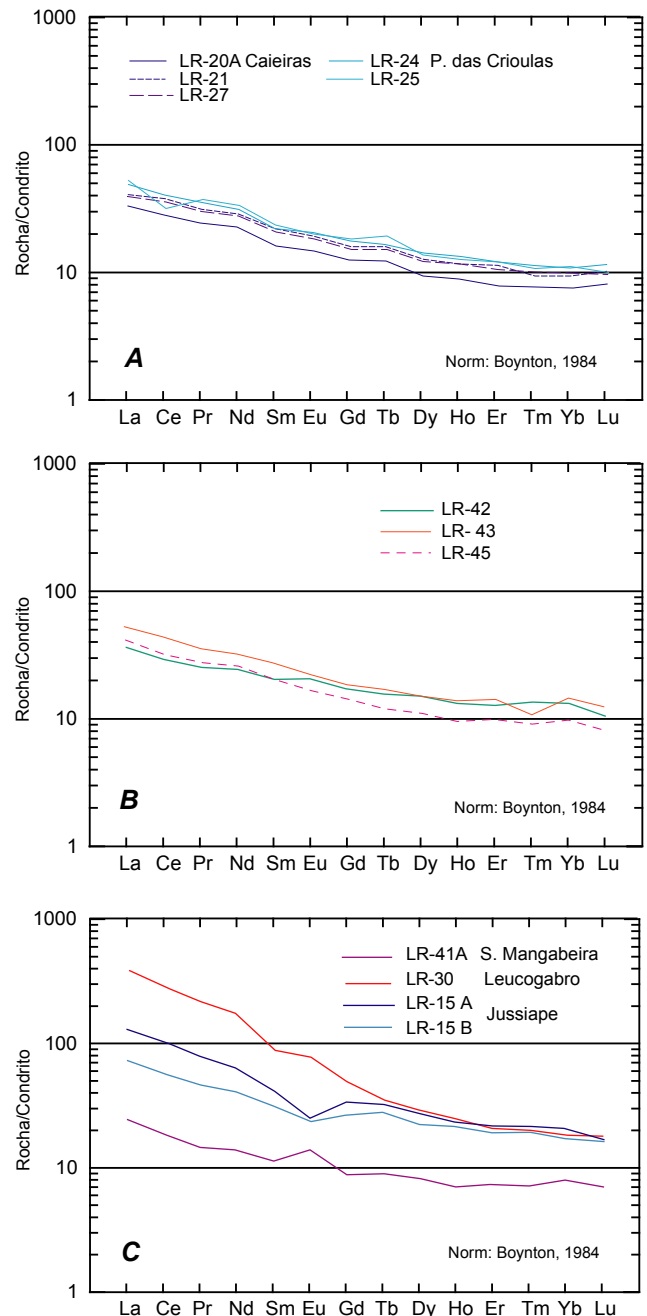


## Conclusões

O magmatismo máfico MP $\beta$ 2 da Chapada é composto por diques e soleiras gabróicas com assinatura toleítica continental típica, cuja idade, definida em amostra da localidade de Lagoa do Dionísio, foi de 1496 Ma. Idades semelhantes (em torno de 1515 Ma) obtidas por outros autores (Babinsky et al., 1999; Battilane et al., 2005) em outros locais, sugerem que a maioria, senão todos, os diques sem foliação evidente, pertençam a um mesmo evento magmático ocorrido há 1500 Ma. Os diques de Jussiape têm algumas características comuns a este magmatismo e outras que não são. Assim não se pode afirmar, com segurança, que sejam os representantes do magmatismo da Chapada presente na região do embasamento de Jussiape. Um trabalho mais detalhado se faz necessário para defini-los melhor.

Os termos amostrados mostram evolução por cristalização fracionada a partir de um magma já diferenciado anteriormente, que manteve as razões condriticas entre elementos traços incompatíveis. Apresentam, contudo, características de contaminação crustal, normais em rochas colocadas em ambientes intra-placa. A maioria dos diques mostra evolução por cristalização fracionada de cpx (augita) e plagioclásio, contudo, amostras coletadas em um corpo máfico na Serra da Mangabeira, exibem características de acumulação de plagioclásio.

Finalmente, uma única amostra de um dique foliado (MP $\beta$ 1), coletada na região sul do projeto, foi caracterizado petrograficamente como um leucogabro e suas características químicas são alcalinas.



**Figura 6.6** — Espectros de ETR. A: amostras do sul; B: amostras de Lagoa do Dionísio e Novo Horizonte; C: amostras da serra da Mangabeira, Jussiape e do leucogabro.

N ID	Sul					Norte						Leste				
	1 LR-20A	2 LR-21	3 LR-27	4 LR-24	5 LR-25	6 LR-45	7 LR-43	8 LR-41A	9 LR-41B	10 LR-41C	11 LR-42	12 EL-164	Média	13*	14*	15**
SiO2	47,92	49,28	49,13	49,01	49,97	48,68	49,54	48,19	47,13	47,79	48,31	48,54	48,62	50,09	50,42	51,23
TiO2	1,23	1,55	1,44	1,52	1,75	1,34	1,84	1,13	1,14	1,15	1,61	1,61	1,44	1,61	1,62	3,50
Al2O3	16,69	15,01	15,62	15,63	14,84	15,75	14,43	18,84	16,86	18,43	18,82	14,77	16,31	14,58	14,38	13,68
Fe2O3	0,01	3,52	3,49	4,36	3,40	4,84	5,12	3,71	3,02	3,02	3,62	4,42	3,54	4,32	5,57	6,17
FeO	9,93	7,76	8,12	6,80	9,48	6,59	8,70	7,41	9,26	8,02	7,95	7,84	8,16	8,75	8,00	7,92
MnO	0,20	0,20	0,21	0,19	0,22	0,25	0,25	0,16	0,20	0,17	0,18	0,18	0,20	0,22	0,21	0,32
MgO	9,62	8,07	7,71	7,61	6,90	7,82	6,76	7,83	10,20	9,06	6,24	7,84	7,97	6,64	6,48	5,25
CaO	12,18	12,11	12,23	12,38	11,02	12,45	10,75	10,30	10,09	10,20	9,26	12,36	11,28	11,26	10,83	5,86
Na2O	1,74	1,76	1,44	1,62	1,65	1,54	1,64	1,65	1,25	1,67	2,52	1,51	1,67	1,61	1,52	2,06
K2O	0,31	0,52	0,44	0,67	0,54	0,59	0,73	0,66	0,75	0,41	1,31	0,73	0,64	0,73	0,81	2,88
P2O5	0,16	0,22	0,17	0,21	0,24	0,15	0,26	0,11	0,10	0,10	0,18	0,19	0,17	0,18	0,16	1,13
PF	2,73	2,09	1,98	2,06	1,89	2,13	2,15	3,05	3,10	3,24	2,59	1,57	2,38	1,02	1,12	2,16
Mg #	63,31	56,83	54,94	55,84	49,52	56,03	47,50	56,47	60,28	60,06	49,80	0,54	50,93	48,34	47,02	40,96
Cr		303	246	234	93	240	106	78	78	73	39	208	154,36	169	156	44
Ni		117	103	115	80	112	76	162	227	198	79	110	125,36	101	65	31
Co	58,3	51,5	47,2	48,4	52,1	45,2	52,1	51,5	64,9	59,2	47,3	50	52,31	65,1	43,6	40,2
V	223	310	290	285	323	249	322	124	125	128	142	278	233,25	358	339	286
Cu	83	100	103	119	100	91	102	38	47	40	33	129	82,08	260	58	42
Pb	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	< 5	3,00	3	3	265
Zn	78	86	100	86	111	96	126	86	91	84	100	92	94,67	104	88	300
Rb	10,4	15,6	16,9	15,9	11,1	10,2	21,3	14,1	23,9	8,8	27,4	< 5	15,96	37,7	67,5	141,6
Cs	0,7	1	0,7	0,7	0,6	0,2	0,3	0,3	1,1	0,1	0,4	< 5	0,55	1	1	3
Ba	99	140,8	146,7	199,7	159,3	245,8	175,7	196,4	137,2	164,2	297,9	148	175,89	795,7	2362	709,3
Sr	264,5	267,3	267	303,8	249,2	252,6	249,4	310,8	253,3	328,7	295,1	252	274,48	213	179	284
Ga	17,3	18,3	17,8	17,8	18,8	16,4	18,3	14,2	14,4	15,7	19,9	11	16,66	19,1	18,3	24,4
Ta	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,8	0,4	0,4	0,5	0,6	< 5	0,55	0,5	0,4	2,9
Nb	9,5	11,3	9,4	10,4	10,5	9,4	12,7	5,2	5,6	5,9	10,6	9	9,13	7,6	6,9	55,8
Hf	2	2,8	2,7	2,8	3	2,5	3,1	1,5	1,1	1,2	2,3	< 8	2,27	2,9	3,2	11,8
Zr	70,2	100	87,3	95	101	80	116,2	45,7	45,2	52,4	84,3	105	81,86	101,6	91,9	584,1
Y	16,9	22,7	24,8	21,6	25,4	19,2	28,5	15,2	14,7	17,3	27,9	20	21,18	41,4	46,9	52,4
Th	1,7	1	1	1,1	1,8	1,2	1,7	0,4	0,3	0,7	1,3	< 5	1,11	1	1	6,7
U	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	< 1	0,1	0,1	0,2	< 10	0,24	0,4	0,4	1,2
La	10,5	12,5	16,2	12,7	14,6	12,7	16,1	7,4	6,6	7	11,1		11,58	22,8	39,1	123,6
Ce	23,3	29,1	25,8	29	31,7	26,6	35,1	15,4	14,2	15,3	24,1		24,51	47,8	81,3	241,7
Pr	2,96	3,7	4,42	3,7	4,15	3,3	4,28	1,86	1,7	1,93	3,02		3,18	5,84	9,6	27
Nd	13,5	17,3	19,8	16,6	18,8	15,7	19,3	8,7	8,4	9,1	14,3		14,68	24,9	37,7	110,5
Sm	3,1	4	4,4	4	4,3	3,9	5,3	2,2	2,2	2,4	3,9		3,61	6,3	8,3	18,3
Eu	1,03	1,38	1,47	1,32	1,56	1,26	1,56	1,04	0,87	1,07	1,54		1,28	1,73	1,84	5,85
Gd	3,29	4,11	4,62	4	4,57	3,72	4,88	2,33	2,36	2,55	4,34		3,71	7,05	9,05	12,94
Tb	0,59	0,75	0,89	0,71	0,79	0,57	0,79	0,42	0,45	0,43	0,74		0,65	1,39	1,59	1,73
Dy	2,99	3,92	4,34	3,77	4,45	3,59	4,88	2,64	2,53	2,93	4,95		3,73	7,46	8,74	9,69
Ho	0,61	0,82	0,89	0,81	0,92	0,69	0,97	0,52	0,55	0,61	0,95		0,76	1,56	1,68	1,81
Er	1,65	2,34	2,46	2,18	2,51	2,14	2,86	1,59	1,53	1,77	2,78		2,16	4,17	4,64	4,67
Tm	0,24	0,3	0,34	0,33	0,37	0,29	0,35	0,24	0,24	0,23	0,43		0,31	0,63	0,69	0,68
Yb	1,57	1,96	2,26	2,09	2,17	2,09	3,04	1,71	1,47	1,44	2,77		2,05	3,67	4,28	4,02
Lu	0,26	0,31	0,3	0,31	0,37	0,27	0,4	0,23	0,21	0,24	0,35		0,30	0,54	0,56	0,58
F	160	200	200	190	240	160	320	100	180	180	110	380	201,67	270	350	1300
Cl	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	145	60	127	58	< 20	< 20	97,50	304	401	< 20
S	444	438	121	288	592	663	1148	212	675	< 50	730	1014	575,00	835	799	92

Obs: Amostras 1 a 12: gabros isotrópicos; 13-14 gabros de Jussiapé; 15: gabro foliado (leucogabro)

Números em cinza: análises de elementos traços realizadas pela Geosol, os demais são do ACME.

**Tabela 6.1 - Dados químicos das rochas máficas**

## Capítulo 7

# Referências bibliográficas

- ANDERSON, J. L. & MORRISON, J. The role of anorogenic granites in the proterozoic crustal development of North America. In: Condie, K. C. (ed) *Proterozoic Crustal Evolution*. Elsevier. p. 263-299. 1992.
- ARCANJO, J. B.; VARELA, P. H. L.; MARTINS, A. A.; LOUREIRO, H. S. C.; NEVES, J. P. Projeto Vale do Paramirim. Convênio CPRM/CBPM. 105 p. 2000
- BABINSKY, M.; PEDREIRA, A. J.; BRITO NEVES, B.B., VAN SCHMUS, W. R. Contribuição à geocronologia da Chapada Diamantina. In: *Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos*, 7, Lençóis. SBG:ABGP. p. 118-120. 1999.
- BARRETO, L. A.; BRUNI, D. C.; EULÁLIO, H. N.; NEVES, J. P.; TOLEDO, L. A. A., MOURÃO, L. M. F.; SILVA, L. C.; AZEVEDO, R. R.; MELO, R. C.; MALUF, R. F. Projeto Rochas Efusivas: geologia e prospecção geoquímica no Sudoeste da Chapada Diamantina, Ba, Salvador.CPRM, v.1. 1975
- BASTOS LEAL, L. R. *Geocronologia U/Pb (SHRIMP) <sup>207</sup>Pb/<sup>206</sup>Pb Rb/Sn, Sm/Nd e K/Ar dos Terrenos Granito-Greenstone do Bloco de Gavião: Implicações para Evolução Arqueana e Proterozoica do Cráton do São Francisco, Brasil*. São Paulo, 1998. 178 p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1998.
- BATTILANE, G. B., VASCONCELOS, P. M., GOMES, N. S., GUERRA, W. J. Geochronological data of dykes and sills intruding proterozoic sequences of the Tombador Formation, Bahia, Brazil. In: *III Simpósio do Cráton do São Francisco*, Anais. CBPM, UFBA,SBG. p. 139-142. 2005
- BOYNTON, W. V. Geochemistry of rare earth elements: meteorite studies. In: Henderson P. (ed.) *Rare earth element geochemistry*. Elsevier. p. 63-114. 1984.
- BRITO, D.C. *Caracterização petrográfica das rochas basálticas da Chapada Diamantina – Bahia*. Monografia de Graduação. IG-UFBA. 2005.
- CONCEIÇÃO, T. M. L. *Petrologia e geoquímica de rochas efusivas de Ibitiara – Bahia*. Salvador, 1974. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia
- CONDIE, K. C. High field strength element ratios in Archean basalts: a window to evolving sources of mantle plumes? *Lithos*, v. 79. p. 491-504. 2005.
- DEPAOLO, D. J. Trace element and isotopic effects of combined wallrock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters*. v. 53. p. 189-202. 1981.
- EBY, G. N. The A-type granitoids: A review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos*, v. 26. p. 115-134. 1990.
- EBY, N. E. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications. *Geology*, v. 20. p. 641-644. 1992.
- FRÓES, R. J. B. & SOUZA, W. S. T. Transformações químico-mineralógicas induzidas por intrusões básicas nos sedimentos proterozóicos da Chapada Diamantina. *II Congr. Bras. Geol., Anais*. SBGq.Rio de Janeiro-RJ. p. 277-284. 1989.
- FROST, B. J.; BARNES, C.J.; COLLINS, W. J.; ARCULUS, R. J.; ELLIS, D. J.; FROST, C. D. A geochemical classification for Granitic Rocks. *Journal of Petrology*, v. 42. p. 2033-2048. 2001
- HOFMAN, A. W. Chemical differentiation of the Earth: the relationship between mantle, continental crust, and oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 90. p. 297-314. 1988.
- IRVINE, T. N.; BARAGAR, W. R. A. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences*, v. 8, p. 523-548, 1971.

- JENSEN, L. S. A new cation plot for classifying subalkalic volcanic rocks. Ontário : Div. of Mines, 1976. 22 p. (Miscellaneous Paper, 66).
- KRONER, A.; TEGTMEYER, A. Gneiss - greenstone relationships in the Ancient Gneiss Complex of southwestern Swaziland, Southern Africa, and implications for early crustal evolution. *Precambrian Research*, v. 67, p. 109-139, 1994.
- LA ROCHE, H. DE; LETERRIER, J.; GRANDCLOUDE, P. et al. A classification of volcanic and plutonic rocks using R1R2 diagram major-elements analyses its relationships with current nomenclature. *Chemical Geology*, v. 29, p. 183-210, 1980.
- LIÉGEOIS, J-P., NAVEZ, J., HERTOGEN, J., BLACK, R. Contrasting origin of post-collisional high-K calc-alkaline and shoshonitic versus alkaline and peralkaline granitoids. The use of sliding normalization. *Lithos*, v.45, p. 1-28. 1998
- LOISELLE, M. C. & WONES, D. R. Characteristics and origin of anorogenic granites. *Geol. Soc. Amer. Abstr. with Prog.* V.11. p. 468. 1979.
- MARTIN, H.; PEUCAT, J.J.; SABATÉ, P. et al. Crustal evolution in the Archaean of South America: example of the Sete Voltas Massif, Bahia State, Brazil. *Precambrian Research*, v. 82, p. 35-62, 1997.
- MCREATH, I.; SÁ, E. F. J.; FRYER, B. J. et al. As vulcânicas proterozóicas da região da Bacia do Rio Paramirim – Ba. In: *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia: textos básicos*. Salvador : CPM, 1981. v. 4, p. 121-134.
- MENEZES LEAL, A. B.; GIRARDI, A. V. A.; BASTOS LEAL, L. R.; SANTOS, J. F.; OLIVEIRA, V; BRITO, D. C.; CRUZ JR, C. S. Aspectos geoquímicos do magmatismo basáltico da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. In: *XLI Congr. Bras. Geol., Anais*. (João Pessoa-PB) SBG, Anais, p. 420. 2002.
- OGA, D. P. *Estudo químico mineralógico e importância das ocorrências de Sn-In das metavulcânicas da região de Paramirim- Ba*. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Brasília, 1997.
- PATIÑO DOUCE, A. E. Generation of metaluminous A-type granites by low-pressure melting of calc-alkaline granitoids. *Geology*, v.25. p. 743-746. 1997.
- PEARCE, J. A.; HARRIS, N. B. W.; TINDLE, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Part 4. *Journal of Petrology*, v. 25, p. 956-983, 1984.
- SIGHINOLFI, G. P. & CONCEIÇÃO, T. M. L. Petrologia e geoquímica de riolitos alcalinos pré-cambrianos do Oeste da Bahia. In: *XXVIII Congr. Bras. Geol., Anais*, v. 5. SBG. p. 89-100. 1974
- SIGHINOLFI, G. P.; LINHARES, P. S.; SANTOS, A. M. Geochemistry of basic dikes from Western Bahia, Brazil. *Rev. Bras. Geoc.*, v.4. p. 114-122. 1974
- SUN, S.S & MCDONOUGH, W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A. D. and Norry, M. J. (eds). *Magmatism in ocean basins*. *Geol. Soc. London Spec. Pub.* v. 42. p. 315-345. 1989
- TEIXEIRA, L. R. Projeto Vale do Paramirim. Relatório Temático de Litogeoquímica. Convênio CPRM/CBPM. 2000.
- TEIXEIRA, L. R. Genesis 4.0 - Modelos Geoquímicos. Software de livre distribuição para modelagem geoquímica. 2005.
- WHALEN, J. B.; CURRIE, K. L.; CHAPPELL, B. W. A-type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contribution to Mineralogy and Petrology*, v. 95. p. 407-419. 1987.
- WILSON, M. *Igneous Petrogenesis*. London. 466 p. 1989.

## Localização das amostras e laboratórios onde foram analisadas

## Relação de amostras analisadas

N	ID	Localização			Rocha	Laboratório	
		X	Y	MC		Geosol	ACME
1	EL-164	191581	8575415	39	Gabro	X	
2	HL-98	806373	8565828	45	Vulcânica félsica	X	
3	JB-47	802057	8553639	45	Gnaiss milonitizado	X	
4	JB-62	801896	8556072	45	Gnaiss milonitizado	X	
5	JB-76	802858	8513158	45	Vulcânica félsica	X	
6	JB-100	809945	8551999	45	Vulcânica félsica	X	
7	JB-202	803409	8552873	45	Gnaiss milonitizado	X	
8	JB-213	802490	8553993	45	Gnaiss milonitizado	X	
9	JB-215	807544	8556502	45	Gnaiss milonitizado	X	
10	LR-01	220936	8503128	39	Granito Jussiape	X	X
11	LR-02	221219	8503085	39	Granito Jussiape	X	X
12	LR-03	225474	8500432	39	Migmatito (borda de intrusão)	X	X
13	LR-04	202179	8495183	39	Vulcânica félsica	X	X
14	LR-05	220093	8480897	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
15	LR-06A	221138	8478509	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
16	LR-06B	221138	8478509	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
17	LR-07	226916	8479851	39	Gnaiss granodiorítico	X	X
18	LR-08	224390	8483584	39	Gnaiss granodiorítico	X	X
19	LR-09	224166	8487999	39	Gnaiss granodiorítico	X	X
20	LR-10	218847	8505058	39	Granito Jussiape	X	X
21	LR-11	218970	8504796	39	Granito Jussiape	X	X
22	LR-12	217288	8504715	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
23	LR-13A	218113	8508890	39	Enclave no ortognaisse Caraguataí	X	X
24	LR-13B	218113	8508890	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
25	LR-15A	212630	8510404	39	Gabro	X	X
26	LR-15B	212630	8510404	39	Gabro	X	X
27	LR-16A	212437	8515714	39	Ortognaisse Caraguataí	X	X
28	LR-16B	212437	8515714	39	Granito fino	X	X
29	LR-17	799177	8528665	45	Subvulcânica	X	X
30	LR-18	799600	8528758	45	Subvulcânica	X	X
31	LR-19	800523	8528982	45	Subvulcânica	X	X
32	LR-20A	801830	8532094	45	Gabro	X	X
33	LR-20B	801830	8532094	45	Filito	X	X
34	LR-21	802363	8533880	45	Gabro	X	X
35	LR-22	805359	8514598	45	Vulcânica félsica	X	X
36	LR-23	796110	8499222	45	Ortognaisse Lagoa Real	X	X
37	LR-24	820888	8500436	45	Gabro	X	X

N	ID	Localização			Rocha	Laboratório	
		X	Y	MC		Geosol	ACME
38	LR-35	820030	8506677	45	Gabro	X	X
39	LR-26	810701	8505330	45	Vulcânica félsica	X	X
40	LR-27	810102	8505554	45	Gabro	X	X
41	LR-28	809679	8505348	45	Vulcânica félsica	X	X
42	LR-29	808859	8504448	45	Vulcânica félsica	X	X
43	LR-30	808036	8504995	45	Gabro	X	X
44	LR-31	807600	8505513	45	Vulcânica félsica	X	X
45	LR-32A	807218	8505868	45	Subvulcânica	X	X
46	LR-32B	807218	8505868	45	Subvulcânica	X	X
47	LR-32C	807218	8505868	45	Subvulcânica	X	X
48	LR-32D	807218	8505868	45	Subvulcânica	X	X
49	LR-33	805987	8506119	45	Vulcânica félsica	X	X
50	LR-34	805795	8505475	45	Vulcânica félsica	X	X
51	LR-35	805895	8503893	45	Vulcânica félsica	X	X
52	LR-36	805545	8513485	45	Vulcânica félsica	X	X
53	LR-37A	807585	8566347	45	Vulcânica félsica	X	X
54	LR-37B	807585	8566347	45	Vulcânica félsica	X	X
55	LR-38	807162	8565798	45	Vulcânica félsica	X	X
56	LR-39	806380	8565810	45	Vulcânica félsica	X	X
57	LR-40A	781755	8617493	45	Granito porfirítico	X	X
58	LR-40B	781755	8617493	45	Granito porfirítico	X	X
59	LR-41A	787348	8625859	45	Gabro	X	X
60	LR-41B	787348	8625859	45	Gabro	X	X
61	LR-41C	787348	8625859	45	Gabro	X	X
62	LR-42	800942	8620850	45	Gabro	X	X
63	LR-43	806961	8565799	45	Gabro	X	X
64	LR-44A	804427	8595671	45	Enclave	X	X
65	LR-44B	804427	8595671	45	Granitóide	X	X
66	LR-44C	804427	8595671	45	Granitóide	X	X
67	LR-44D	804427	8595671	45	Granitóide	X	X
68	LR-45	801301	8601659	45	Gabro	X	X
69	LR-46	182921	8596450	39	Tufo (?)	X	X
70	LR-47	801866	8562969	45	Granitóide	X	
71	LR-48	804734	8561417	45	Granitóide	X	
72	MG-3A	807218	8505868	45	Vulcânica félsica	X	
73	MG-3B	807218	8505868	45	Gabro	X	
74	MG-9A	810058	8502682	45	Subvulcânica	X	
75	MG-9B	810058	8502682	45	Subvulcânica	X	
76	MG-9C	810058	8502682	45	Subvulcânica	X	
77	MM-126	221653	8509758	39	Granito Jussiape	X	
78	MM-158	210097	8547399	39	Vulcânica félsica	X	
79	MM-164	206459	8530743	39	Vulcânica félsica	X	
80	MM-279	206964	8532238	39	Ortognaisse Caraguatai	X	
81	MM-308	213631	8541383	39	Vulcânica intermediária	X	
82	MM-327	204629	8505437	39	Vulcânica félsica	X	
83	MM-335	202465	8509035	39	Gnaisse granodiorítico	X	

**Métodos analíticos utilizados:**

**1 - Química Agrupada:** SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, F e PF.

Na e K :Digestão multiácida/Absorção C2;

FeO: Titulometria,

Cl e S Fluorescência de Raios-X, Pó Prensado;

PF: Calcinação a 1000°C até peso constante.

**2 - Absorção Atômica:** Cr, Ni, Cu, Co, V, Pb, Mo, Zn

**3 - Fluorescência de Raio X:** Rb, Sr, Ba, Ga, Cs, Nb, Y, Zr, Hf, Ta, Th, U, Sn, W, Cl, S.

**4 - ICP:** Elementos Terras Raras.

<i>N</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ID	EL-164	HL-98	JB-47	JB-62	JB-76	JB-100	JB-202	JB-213	JB-215	LR-01	LR-02	LR-03	LR-04
SiO2	48,3	66,6	77,5	74,4	81,9	67,8	74,5	73,9	82,1	72,6	71,2	73,3	67,7
TiO2	1,6	0,67	0,24	0,13	0,18	0,59	0,22	0,33	0,12	0,16	0,29	0,1	0,58
Al2O3	14,7	14,9	13	15,6	9,1	13,5	13,3	14,6	11,1	14,4	13,4	14,1	17,1
Fe2O3	4,4	5,2	2,1	3,3	4,1	5,3	4,2	2,7	1,3	0,3	1,8	0,18	3
FeO	7,8	1	0,43	0,43	0,29	0,29	0,14	0,28	0,43	1,7	1,7	1,3	3,3
MnO	0,18	0,07	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	0,03	0,01	< 0,01	0,03	0,03	0,02	0,06
MgO	7,8	0,86	0,58	0,22	0,36	0,49	1,2	0,87	0,55	0,35	0,58	0,15	1,7
CaO	12,3	1,1	0,01	< 0,01	< 0,01	2,9	< 0,01	0,01	< 0,01	1,8	0,86	1,1	0,33
Na2O	1,5	5,2	0,13	0,31	0,05	6,3	0,13	0,13	0,11	2,8	2,4	3,5	0,69
K2O	0,73	4	4,5	4,8	3,1	1,1	4	5	3,8	6,1	6,4	4	3,4
P2O5	0,19	0,19	< 0,01	< 0,01	0,022	0,15	0,027	0,048	< 0,01	0,12	0,13	0,05	0,22
P.F	1,57	0,89	0,95	2,13	1,95	1,12	2,33	2,18	2,08	0,47	0,28	0,32	2,77
Cr	208	6	6	4	5	4	6	9	5				
Ni	110	< 2	< 2	2	< 2	< 2	12	3	< 2				
Co	50	9	2	< 2	2	8	11	4	< 2	< 2	2	< 2	12
V													
V	278	12	35	31	< 10	< 10	14	23	< 10	< 8	< 8	< 8	46
Cu	129	7	3	6	< 2	< 2	7	8	< 2	< 2	3	< 2	< 2
Pb	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	45	23	13	< 5
Zn	92	77	14	8	13	60	29	28	10	35	69	24	53
Rb	< 5	79	168	132	131	17	112	152	111	273	194	214	184
Ba	148	1016	1116	2489	72	385	738	677	903	469	535	424	637
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5
Sr	252	170	48	74	26	164	54	51	44	84	72	255	127
Ga	11	27	20	22	19	25	21	27	15	25	24	25	26
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	9	41	16	9	97	28	15	8	6	< 5	13	8	7
Hf	< 8	17	< 8	< 8	8	17	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Zr	105	753	159	136	361	722	148	133	97	239	311	126	201
Y	20	85	25	19	86	73	19	27	28	47	34	38	7
Th	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	132	139	44	29
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	36	< 10	< 10	< 10
La	6,763	49,400	23,758	27,690	150,298	50,112	14,258	37,893	17,306	56,360	127,800	20,800	15,465
Ce	13,338	92,973	46,249	45,861	281,497	91,721	26,517	44,327	25,727	118,150	228,400	44,550	28,050
Nd	5,691	34,324	16,664	10,728	79,825	29,469	9,401	16,010	8,236	35,300	67,350	12,658	10,294
Sm	1,502	7,475	3,667	2,242	14,373	6,020	1,959	3,098	2,110	8,304	15,580	2,658	0,922
Eu	0,526	1,562	0,534	0,608	0,354	1,203	0,425	0,536	0,321	0,654	1,294	0,269	0,610
Gd	1,328	5,704	2,296	1,603	6,514	4,357	1,303	2,661	1,515	5,685	8,178	2,136	0,710
Dy	0,882	4,034	1,399	0,693	3,296	2,292	1,199	1,980	1,222	2,499	3,999	0,976	0,511
Ho	0,195	0,734	0,278	0,139	0,652	0,449	0,251	0,399	0,293	0,485	0,862	0,209	0,091
Er	0,464	2,013	0,743	0,382	1,921	1,095	0,730	1,144	0,847	1,235	2,636	0,633	0,192
Yb	0,338	1,452	0,586	0,314	1,497	0,788	0,704	0,904	0,808	0,985	2,335	0,711	0,214
Lu	0,123	0,272	0,154	0,116	0,685	0,183	0,178	0,215	0,203	0,863	0,956	0,694	0,052
F	380	1400	660	600	1275	1050	780	920	590	240	450	170	380
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6	< 5	< 5	< 5
W	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10	27
Mo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cl	< 20	90	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
S	1014	114	< 50	< 50	< 50	< 50	119	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50



<i>N</i>	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
<b>ID</b>	<b>LR-05</b>	<b>LR-06-A</b>	<b>LR-06-B</b>	<b>LR-07</b>	<b>LR-08</b>	<b>LR-09</b>	<b>LR-10</b>	<b>LR-11</b>	<b>LR-12</b>	<b>LR-13A</b>	<b>LR-13B</b>	<b>LR-15A</b>	<b>LR-15B</b>
<b>SiO2</b>	75,7	72,1	75	71,9	68,3	73,8	72,7	73,5	75,2	59,3	72	49,8	49,8
<b>TiO2</b>	0,23	0,38	0,24	0,24	0,38	0,62	0,15	0,17	0,27	0,7	0,51	1,6	1,6
<b>Al2O3</b>	12,8	12,7	12,3	16,1	16,6	11,8	13,3	13,2	11,2	16,4	11,9	14,2	14,5
<b>Fe2O3</b>	0,06	0,15	0,88	1,4	1,6	0,45	1,5	1,2	0,89	6,3	2,6	5,5	4,3
<b>FeO</b>	2,8	2,7	1,6	1,3	1,6	5	0,99	0,99	2	2,6	2,4	7,9	8,7
<b>MnO</b>	0,03	0,04	0,03	0,06	0,06	0,07	0,09	0,04	0,05	0,12	0,06	0,21	0,22
<b>MgO</b>	0,15	0,44	0,19	0,65	0,79	0,95	0,24	0,15	0,12	1,6	0,38	6,4	6,6
<b>CaO</b>	1,2	1,1	0,54	1,9	2,5	1,2	1	0,96	0,73	4,8	1,5	10,7	11,2
<b>Na2O</b>	2,5	2,9	2,5	5,2	4,7	2,7	2,8	2,7	2,2	4,3	2	1,5	1,6
<b>K2O</b>	5,4	5	5,4	1,3	1,6	2,4	5,2	5,4	5,3	3,7	4,7	0,8	0,73
<b>P2O5</b>	0,05	0,06	0,02	0,02	0,18	0,14	0,06	0,07	0,04	0,14	0,1	0,16	0,18
<b>P.F</b>	0,56	0,5	0,26	0,43	0,57	0,75	0,35	0,6	0,4	0,25	0,29	1,12	1,02
<b>Cr</b>										40		154	168
<b>Ni</b>										18		64	100
<b>Co</b>	2	4	3	<2	4	3	4	<2	<2	13	3	46	59
<b>V</b>										79		487	432
<b>V</b>	<8	82	49	10	33	15	<8	<8	<8	59	19	323	315
<b>Cu</b>	<2	28	32	5	7	<2	<2	3	3	5	4	57	259
<b>Pb</b>	28	14	25	14	9	7	34	24	17	19	17	<5	<5
<b>Zn</b>	41	26	19	47	49	39	32	21	24	109	54	87	103
<b>Rb</b>	295	158	194	118	53	49	226	287	220	145	165	54	21
<b>Ba</b>	306	675	627	<10	279	589	503	502	929	682	1153	2470	771
<b>Cs</b>	<5	<5	<5	9	6	<5	9	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Sr</b>	32	58	59	275	811	127	73	80	65	171	68	175	195
<b>Ga</b>	27	26	19	36	24	34	25	25	22	24	25	17	17
<b>Ta</b>	<5	<5	<5	<5	<5	6	<5	<5	6	<5	<5	<5	<5
<b>Nb</b>	49	41	35	35	<5	21	25	23	67	76	51	11	14
<b>Hf</b>	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8	<8
<b>Zr</b>	306	356	263	176	187	333	189	187	392	557	539	97	106
<b>Y</b>	146	108	109	22	5	114	24	38	334	307	145	39	36
<b>Th</b>	137	94	128	48	19	65	80	75	92	87	76	32	21
<b>U</b>	<10	<10	<10	<10	<10	<10	34	22	<10	<10	<10	<10	<10
<b>La</b>	125,700	50,250	60,030	116,900	15,280	526,000	52,710	89,930	128,100	117,000	97,950	22,330	16,290
<b>Ce</b>	197,000	88,770	112,800	195,100	30,700	877,900	117,100	165,300	151,900	201,500	159,200	50,650	31,250
<b>Nd</b>	48,580	23,830	42,180	67,190	6,080	142,100	23,640	37,000	61,680	83,870	47,990	14,950	8,601
<b>Sm</b>	10,010	5,571	11,500	16,420	0,944	26,080	5,785	7,973	16,180	19,570	11,390	3,170	1,967
<b>Eu</b>	0,649	0,545	1,294	1,532	0,285	4,496	1,173	1,102	1,206	1,956	1,322	0,527	0,482
<b>Gd</b>	6,970	3,497	10,260	12,090	0,781	13,790	3,892	4,871	11,170	15,920	5,982	2,359	1,236
<b>Dy</b>	4,290	1,690	8,858	10,040	0,575	2,437	1,965	2,627	8,586	12,970	5,942	1,529	1,196
<b>Ho</b>	0,697	0,324	1,807	2,062	0,120	0,384	0,365	0,431	1,516	2,827	1,038	0,283	0,209
<b>Er</b>	1,675	0,603	5,048	5,823	0,355	0,582	1,000	0,796	3,083	6,319	2,047	0,649	0,598
<b>Yb</b>	1,391	0,639	3,983	5,023	0,437	0,685	0,870	0,893	2,883	4,301	1,624	0,517	0,412
<b>Lu</b>	0,901	0,521	1,279	1,622	0,162	0,150	0,417	0,391	0,936	0,312	0,574	0,145	0,236
<b>F</b>	1650	430	190	400	270	360	380	140	380	620	700	350	270
<b>Sn</b>	<5	<5	14	<5	<5	<5	<5	16	<5	8	<5	<5	<5
<b>W</b>	39	30	12	<10	14	13	<10	<10	56	44	18	<10	<10
<b>Mo</b>	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
<b>Cl</b>	113	<20	<20	24	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	401	304
<b>S</b>	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	799	835

<i>N</i>	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ID	LR-16A	LR-16B	LR-17	LR-18	LR-19	LR-20A	LR-20B	LR-21	LR-22	LR-23	LR-24	LR-25	LR-26
SiO2	67	72,1	71,1	69,5	69	46,8	68,5	47,6	72,1	72,6	48,3	48,5	76,2
TiO2	0,86	0,26	0,31	0,29	0,46	1,2	0,51	1,5	0,24	0,29	1,5	1,7	0,15
Al2O3	13,8	13,6	13,6	13,6	12,3	16,3	14,6	14,5	11,6	12,7	15,4	14,4	11,4
Fe2O3	0,55	2,6	4,1	2,7	< 0,01	< 0,01	6,3	3,4	2,3	1,2	4,3	3,3	2,2
FeO	6,3	0,89	0,42	0,56	0,56	9,7	0,71	7,5	0,99	2,1	6,7	9,2	0,42
MnO	0,08	0,06	0,05	0,06	0,08	0,2	0,03	0,19	0,06	0,05	0,19	0,21	0,08
MgO	0,83	0,25	0,19	0,31	0,27	9,4	1,9	7,8	1,2	0,22	7,5	6,7	0,33
CaO	3,1	0,75	1,4	2,2	3,2	11,9	0,07	11,7	1,4	1,1	12,2	10,7	1,1
Na2O	2,9	2,5	2,4	1,9	1,5	1,7	0,08	1,7	0,12	2,7	1,6	1,6	0,17
K2O	3,8	5,8	5,9	5,7	5,5	0,3	5,3	0,5	6,9	5	0,66	0,52	7,1
P2O5	0,25	0,12	0,06	0,1	0,13	0,16	0,083	0,21	0,04	0,08	0,21	0,23	0,03
P.F	0,07	0,25	1,48	2,32	3,24	2,73	3,02	2,09	2,63	0,29	2,06	1,89	1,65
Cr								52	293			231	90
Ni								33	113			113	78
Co	7	< 2	< 2	2	3	51	11	46	< 2	< 2	46	48	3
V								80	374			348	409
V	39	< 8	< 8	< 8	16	209	64	276	< 8	< 8	255	277	< 8
Cu	8	< 2	< 2	< 2	< 2	81	10	97	< 2	41	117	97	< 2
Pb	11	15	14	11	12	< 5	< 5	< 5	7	17	< 5	< 5	13
Zn	65	23	65	78	52	76	49	83	100	61	85	108	48
Rb	148	288	171	191	204	< 5	202	< 5	351	364	6	< 5	313
Ba	926	553	1132	989	661	71	808	147	592	464	136	108	338
Cs	< 5	< 5	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	6	< 5	8	8
Sr	127	63	122	91	96	252	25	216	44	86	289	214	22
Ga	28	31	33	33	25	15	23	21	27	27	17	19	22
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	50	49	45	48	40	14	13	11	58	49	12	17	29
Hf	< 8	< 8	< 8	< 8	9	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Zr	693	237	490	518	533	74	258	90	506	400	107	98	256
Y	107	87	82	148	82	12	35	16	126	102	22	20	587
Th	75	164	73	67	71	26	47	23	65	83	39	32	80
U	< 10	32	< 10	< 10	23	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	15
La	64,640	64,640	70,410	84,020	32,060	24,720	29,740	7,436	99,420	68,080	7,246	12,105	274,200
Ce	128,800	128,800	136,400	152,800	72,650	45,950	64,260	15,872	179,800	117,700	16,880	22,210	250,300
Nd	35,860	35,060	38,750	47,530	18,650	7,990	20,220	5,927	62,800	29,410	6,321	5,631	126,300
Sm	9,730	9,730	6,427	9,940	3,346	0,626	4,634	1,358	12,920	6,501	1,527	1,111	28,540
Eu	0,685	0,685	0,850	1,308	0,278	0,218	0,780	0,402	1,039	0,413	0,454	0,304	1,387
Gd	6,380	6,380	4,445	7,534	2,233	0,625	3,150	1,260	9,130	4,230	1,506	0,870	22,230
Dy	3,464	3,464	2,161	4,650	1,369	0,396	1,414	0,984	6,242	2,146	1,044	0,525	11,910
Ho	0,645	0,645	0,433	0,877	0,233	0,086	0,261	0,200	1,096	0,466	0,209	0,107	2,183
Er	1,501	1,501	1,163	2,101	0,773	0,281	0,598	0,642	2,190	1,439	0,520	0,325	3,100
Yb	1,412	1,021	0,717	1,529	0,525	0,258	0,579	0,543	1,920	1,555	0,608	0,325	1,995
Lu	0,528	0,543	0,115	0,121	0,085	0,093	0,410	0,312	0,111	0,755	0,221	0,194	0,631
F	700	500	1200	940	540	160	540	200	540	2100	190	240	500
Sn	< 5	23	9	< 5	11	8	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	21	21	23	16	< 10	< 10	< 10	< 10	13	< 10	< 10	< 10	61
Mo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cl	419	55	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	87	< 20	< 20	< 20
S	89	< 50	< 50	< 50	< 50	444	< 50	438	< 50	< 50	288	592	< 50

<i>N</i>	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
ID	LR-27	LR-28	LR-29	LR-30	LR-31	LR-32A	LR-32B	LR-32C	LR-32D	LR-33	LR-34	LR-35	LR-36
SiO2	47,8	72,4	73,1	49,8	74,8	74,3	97,2	75,5	74,4	72	68,7	69,3	73
TiO2	1,4	0,37	0,24	3,4	0,12	0,1	0,02	0,19	0,2	0,29	0,4	0,4	0,25
Al2O3	15,2	13,2	12,6	13,3	12	12,8	< 0,1	12,1	12,5	12,7	14,4	13,8	12,3
Fe2O3	3,4	3,6	2,4	6	2,6	2,7	< 0,01	1	1,6	3,5	2,8	4,4	1,4
FeO	7,9	1,1	0,99	7,7	1,1	1	1,4	2	1,9	1,2	2,8	0,99	2,5
MnO	0,2	0,04	0,04	0,31	0,03	0,02	0,01	0,05	0,09	0,07	0,08	0,07	0,05
MgO	7,5	0,15	0,16	5,1	0,12	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,16	0,83	0,27	0,57
CaO	11,9	1,6	1,7	5,7	1,8	1,6	0,09	1,3	1,4	0,55	1,5	1,2	0,67
Na2O	1,4	3,1	2,1	2	1,9	1,8	< 0,01	1,8	2,2	1,7	0,67	2,4	1,7
K2O	0,43	4,8	5,4	2,8	5,4	5	0,01	5,4	5,3	5,9	5,2	4,8	5,8
P2O5	0,17	0,1	0,05	1,1	0,02	< 0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,1	0,12	0,02
P.F	1,98	1,16	1,52	2,16	1,21	1,3	1,27	1,25	1,18	0,85	3,17	1,5	1,11
Cr	239			292									
Ni	100			< 5									
Co	46	3	3	36	< 2	< 2	< 2	2	2	< 2	5	4	< 2
V	358			43									
V	279	9	< 8	48	< 8	8	< 8	< 8	< 8	11	19	8	< 8
Cu	100	< 2	< 2	41	< 2	7	< 2	13	26	< 2	< 2	< 2	< 2
Pb	< 5	< 5	8	41	12	17	< 5	103	20	14	9	18	< 5
Zn	97	28	52	36	47	52	7	62	58	91	102	101	31
Rb	8	142	249	< 8	447	478	< 5	342	296	251	229	193	265
Ba	81	865	479	< 20	51	< 10	< 10	426	444	636	578	785	739
Cs	< 5	< 5	< 5	92	8	6	5	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5
Sr	250	70	83	106	45	25	8	65	67	97	63	136	33
Ga	17	25	26	816	38	46	< 5	30	35	30	36	30	33
Ta	5	< 5	< 5	14	< 5	< 5	< 5	< 5	673	< 5	19	< 5	< 5
Nb	15	40	54	26	184	239	5	74	951	73	81	67	59
Hf	< 8	< 8	9	< 5	< 8	8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Zr	103	463	362	290	346	283	26	394	388	527	605	616	514
Y	23	77	142	< 10	325	257	< 3	153	134	128	97	114	171
Th	30	62	82	48	126	141	34	100	104	84	74	72	83
U	< 10	16	< 10	< 5	12	20	< 10	< 10	< 10	< 10	10	10	< 10
La	16,205	51,730	90,390	67,440	123,600	121,700	6,969	202,500	105,500	90,840	108,700	50,940	121,200
Ce	32,410	80,870	166,000	133,500	165,600	208,900	15,750	393,600	186,100	179,200	209,900	97,040	232,500
Nd	8,856	20,520	44,620	47,670	42,830	67,540	6,070	104,100	37,020	51,180	61,790	23,070	62,780
Sm	2,013	4,253	10,080	8,966	9,609	18,480	1,813	17,640	5,764	10,000	11,680	5,080	11,920
Eu	0,581	0,508	0,663	2,355	0,260	0,534	0,811	0,468	0,086	0,550	1,169	1,140	0,908
Gd	1,700	2,112	6,284	5,281	7,326	13,720	1,688	12,100	3,726	6,320	7,436	2,072	8,916
Dy	1,440	0,737	4,442	2,504	5,129	13,370	1,856	6,724	0,837	4,035	4,296	1,675	5,683
Ho	0,314	0,156	0,941	0,509	0,853	2,777	0,370	0,980	0,180	0,790	0,816	0,371	1,083
Er	0,980	0,521	1,941	1,413	1,640	6,799	0,993	2,633	0,551	2,049	1,985	0,982	2,653
Yb	0,746	0,646	1,600	1,300	1,873	5,362	0,840	2,454	0,611	1,366	1,544	0,711	1,678
Lu	0,308	0,467	0,510	0,435	1,038	1,466	0,204	2,434	0,105	0,103	0,100	0,109	0,144
F	200	940	1800	30	3700	5600	300	2100	2600	800	1350	1150	1050
Sn	< 5	< 5	6	58	31	25	6	< 5	5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	14	18	28	44	53	41	< 10	23	< 10	< 10	12	22	< 10
Mo	< 5	< 5	< 5	258	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cl	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
S	121	< 50	< 50	92	< 50	< 50	< 50	< 50	77	< 50	< 50	< 50	< 50

<i>N</i>	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
<b>ID</b>	<b>LR-37A</b>	<b>LR-37B</b>	<b>LR-38</b>	<b>LR-39</b>	<b>LR-40A</b>	<b>LR-40B</b>	<b>LR-41A</b>	<b>LR-41B</b>	<b>LR-41C</b>	<b>LR-42</b>	<b>LR-43</b>	<b>LR-44A</b>	<b>LR-44B</b>
<b>SiO2</b>	67,6	72,7	67,7	65,4	64,8	65,2	46,8	45,3	45,9	48	48,4	65,2	67
<b>TiO2</b>	0,64	0,39	0,68	0,64	0,6	0,61	1,1	1,1	1,1	1,6	1,8	0,5	0,43
<b>Al2O3</b>	11,7	12,8	12,4	14,5	15	15,3	18,3	16,2	17,7	18,7	14,1	15,1	16,1
<b>Fe2O3</b>	1,8	1,2	5,2	2,1	1,3	1,1	3,6	2,9	2,9	3,6	5	< 0,01	< 0,01
<b>FeO</b>	1,1	3,3	1,8	2,3	4	4,2	7,2	8,9	7,7	7,9	8,5	4,5	3,1
<b>MnO</b>	0,15	0,06	0,09	0,13	0,08	0,1	0,16	0,19	0,16	0,18	0,24	0,09	0,09
<b>MgO</b>	0,34	0,51	0,29	0,59	1,5	1,6	7,6	9,8	8,7	6,2	6,6	1,3	1,1
<b>CaO</b>	3,6	0,74	1,8	3,6	3,7	3,6	10	9,7	9,8	9,2	10,5	2,5	2,7
<b>Na2O</b>	2,5	2	1,1	4,8	3,1	2,9	1,6	1,2	1,6	2,5	1,6	3,5	3,8
<b>K2O</b>	3,8	6,3	5,9	1,8	3	3,4	0,64	0,72	0,39	1,3	0,71	3,1	2,8
<b>P2O5</b>	0,19	0,07	0,18	0,21	0,25	0,26	0,11	0,1	0,1	0,18	0,25	0,14	0,15
<b>P.F</b>	3,15	0,73	1,99	2,77	0,68	1	3,05	3,1	3,24	2,59	2,15	2,24	1,77
<b>Cr</b>							84	87	81	99	123		
<b>Ni</b>							< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
<b>Co</b>	4	2	3	3	11	11	55	62	55	46	49	5	5
<b>V</b>							76	75	70	39	104		
<b>V</b>	< 8	< 8	< 8	23	63	51	20	27	26	33	40	62	32
<b>Cu</b>	< 2	< 2	< 2	3	3	5	37	45	38	33	100	< 2	4
<b>Pb</b>	< 5	< 5	< 5	< 5	6	18	37	45	38	33	100	< 5	< 5
<b>Zn</b>	36	49	52	29	44	58	55	62	55	46	49	82	66
<b>Rb</b>	111	191	142	36	73	67	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	91	69
<b>Ba</b>	869	1008	1598	454	1167	1530	60	127	58	< 20	145	1057	1024
<b>Cs</b>	< 5	< 5	< 5	6	7	< 5	212	675	< 50	730	1148	9	< 5
<b>Sr</b>	143	57	65	140	750	751	< 5	10	< 5	15	9	315	357
<b>Ga</b>	26	29	26	24	25	28	237	152	93	292	221	24	27
<b>Ta</b>	8	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
<b>Nb</b>	47	40	29	36	23	16	22	17	18	21	20	10	9
<b>Hf</b>	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8	5	6	< 5	7	< 5	< 8	< 8
<b>Zr</b>	738	559	615	584	216	201	127	134	129	127	307	244	242
<b>Y</b>	90	76	145	61	25	15	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	32	24
<b>Th</b>	48	59	44	52	60	59	20	27	26	33	40	36	35
<b>U</b>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 10	< 10
<b>La</b>	62,260	73,220	125,900	71,060	67,830	64,120	32,980	11,681	8,512	14,784	13,639	39,050	54,620
<b>Ce</b>	141,700	127,200	133,400	140,700	137,100	130,400	64,820	22,850	17,750	28,100	24,840	70,410	80,470
<b>Nd</b>	46,140	42,930	70,690	41,540	29,060	28,560	18,010	7,025	4,208	8,914	7,555	19,330	20,580
<b>Sm</b>	9,672	8,653	13,080	7,894	4,283	3,569	3,600	1,249	0,734	2,036	1,713	4,084	3,611
<b>Eu</b>	1,671	1,145	2,158	1,577	0,719	0,802	0,619	0,349	0,240	0,533	0,435	0,779	0,706
<b>Gd</b>	8,671	7,351	11,700	6,275	2,382	2,729	2,647	1,186	0,683	1,552	1,297	3,143	2,596
<b>Dy</b>	5,549	5,830	7,336	4,106	1,841	2,335	1,732	0,684	0,487	0,937	0,810	2,329	1,729
<b>Ho</b>	0,986	0,651	1,210	0,201	0,435	0,421	0,355	0,154	0,109	0,213	0,145	0,231	0,344
<b>Er</b>	2,040	1,302	2,041	1,652	1,273	1,091	1,002	0,501	0,310	0,651	0,408	1,201	0,921
<b>Yb</b>	1,850	1,386	1,621	1,361	0,951	0,622	0,816	0,580	0,297	0,655	0,353	0,834	0,642
<b>Lu</b>	0,105	0,163	0,101	0,085	0,112	0,109	0,308	0,221	0,208	0,185	0,203	0,099	0,095
<b>F</b>	340	580	520	290	800	980	157	218	190	78	74	300	380
<b>Sn</b>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	5	9	7	12	17	< 5	< 5
<b>W</b>	16	26	13	20	17	11	13	14	18	22	21	< 10	< 10
<b>Mo</b>	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
<b>Cl</b>	< 20	142	< 20	< 20	97	45	60	127	58	< 20	145	52	44
<b>S</b>	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50	212	675	< 50	730	1148	< 50	54

N	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78
ID	LR-44C	LR-44D	LR-45	LR-46	LR-47	LR-48	MG-3A	MG-3B	MG-9A	MG-9B	MG-9C	MM-126	MM-158
SiO2	71,1	74	47,3	77,6	70	63,6	73,9	74	70,8	50,1	61,8	69,4	46,9
TiO2	0,26	0,3	1,3	0,43	0,63	0,58	0,13	0,12	0,63	3,3	0,49	0,28	2,7
Al2O3	14,3	14,8	15,3	13,9	15	16,5	12,8	12,3	15,6	13,8	12,1	13,5	18,9
Fe2O3	0,35	1,1	4,7	4,5	6,8	5,7	2,3	2,2	5,4	16,7	7,9	2,2	16,4
FeO	2,3	1,8	6,4	0,71	0,57	0,29	0,29	0,57	2,2	0,86	10,6	0,57	0,72
MnO	0,05	0,04	0,24	0,01	0,03	0,12	0,02	0,02	0,16	0,3	0,12	0,02	0,09
MgO	0,46	0,64	7,6	0,1	1,6	0,9	< 0,1	< 0,1	2	5,3	3,3	0,41	8,5
CaO	1,6	1,1	12,1	0,05	< 0,01	2,5	1	0,97	0,06	5,4	< 0,01	0,83	0,52
Na2O	3,9	4,4	1,5	0,05	1,1	1,1	3,1	2,7	0,21	1,6	0,03	3	2,2
K2O	3,3	2,1	0,57	0,49	1,9	4,7	5,3	5,6	1,9	0,04	0,05	6	1,9
P2O5	0,13	0,12	0,15	0,05	0,073	0,21	< 0,01	< 0,01	0,12	0,5	0,012	0,15	0,47
P.F	1,51	0,92	2,13	2,51	3,36	3,39	1,79	0,51	0,67	2,53	3,65	4,01	0,31
Cr			93		107	8	4	4	105	69	52	7	59
Ni			< 5		37	3	< 2	< 2	20	65	31	< 2	71
Co	< 2	< 2	45	< 2	10	5	< 2	< 2	< 2	64	42	3	56
V			233		93	15	< 10	< 10	99	408	59	< 10	183
V	28	34	40	22									
Cu	9	< 2	88	< 2	123	4	4	4	57	0,94%	1599	15	9
Pb	20	< 5	88	< 5	9	< 5	20	29	< 5	48	< 5	31	< 5
Zn	38	31	45	11	71	39	85	92	61	224	51	38	105
Rb	68	50	< 8	< 5	58	104	552	668	31	< 5	< 5	221	21
Ba	874	1207	< 20	68	595	1850	20	< 10	113	12	39	407	421
Cs	< 5	< 5	663	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	156	246	< 5	14	145	60	49	56	42	212	16	83	48
Ga	22	25	236	35	27	25	41	37	30	22	20	24	29
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	12	14	< 5	5	< 5	< 5	< 5
Nb	7	6	15	35	16	18	245	294	10	18	9	25	18
Hf	< 8	< 8	< 5	< 8	< 8	10	< 8	8	< 8	< 8	< 8	< 8	< 8
Zr	168	230	236	638	147	397	237	288	138	205	108	277	209
Y	15	17	< 10	47	30	46	350	403	23	44	24	140	53
Th	42	36	40	68	< 5	< 5	< 5	19	< 5	< 5	< 5	9	< 5
U	< 10	< 10	< 5	< 10	< 10	< 10	12	29	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La	96,980	35,620	15,787	137,900	17,773	50,258	77,421	92,839	7,006	14,739	3,701	91,083	39,607
Ce	156,300	62,680	29,040	261,600	24,307	69,538	148,039	181,759	9,711	31,553	5,693	163,867	60,605
Nd	31,570	11,640	7,624	41,160	8,278	20,958	45,680	56,504	3,202	18,170	2,914	52,424	23,125
Sm	4,399	1,466	1,651	6,414	1,814	4,408	11,184	14,973	0,785	4,616	0,711	11,969	4,052
Eu	0,645	0,412	0,378	1,239	0,384	0,967	0,249	0,287	0,260	1,366	0,463	0,894	0,943
Gd	3,402	0,799	1,263	2,859	1,064	2,648	9,949	13,038	0,558	4,580	0,567	8,408	2,790
Dy	2,737	0,851	0,874	1,412	0,758	1,200	10,334	13,958	0,333	3,318	0,404	3,718	0,968
Ho	0,542	0,120	0,178	0,267	0,114	0,219	2,143	2,738	0,067	0,642	0,089	0,684	0,184
Er	1,435	0,355	0,435	0,642	0,229	0,676	5,945	7,550	0,190	1,624	0,285	1,550	0,425
Yb	1,442	0,222	0,447	0,527	0,267	0,668	4,908	6,063	0,249	1,090	0,277	1,138	0,638
Lu	0,228	0,058	0,257	0,087	0,087	0,332	0,719	0,890	0,050	0,221	0,108	0,380	0,097
F	140	220	109	150	840	1500	8800	10100	1300	1750	740	1775	1550
Sn	< 5	< 5	15	< 5	9	< 5	< 5	< 5	12	< 5	< 5	< 5	< 5
W	< 10	15	21	15	< 10	< 10	11	15	18	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	8	< 5	< 5	< 5	< 5
Cl	73	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20	22	71	< 20
S	115	< 50	663	< 50	107	< 50	70	< 50	< 50	104	85	< 50	< 50

<i>N</i>	79	80	81	82	83
ID	MM-164	MM-279	MM-308	MM-327	MM-335
SiO2	70	74,1	60,3	76,5	64,9
TiO2	0,37	0,42	2,2	0,74	0,51
Al2O3	11,3	12,5	13,3	13,2	16,5
Fe2O3	4	4	12,6	8,6	5,2
FeO	0,57	0,57	0,29	0,14	0,29
MnO	0,02	0,03	0,08	< 0.01	0,08
MgO	0,67	0,35	1,9	< 0.1	0,89
CaO	0,24	1,2	1,5	< 0.01	4,4
Na2O	2,1	2,4	3,8	0,15	4,8
K2O	5,2	5	3,2	0,21	0,95
P2O5	0,032	0,07	0,44	0,056	0,13
P.F	6,22	0,06	1,51	0,52	1,1
Cr	6	6	23	9	4
Ni	< 2	< 2	21	< 2	< 2
Co	3	5	28	4	7
V	< 10	< 10	58	16	22
V					
Cu	7	3	347	5	4
Pb	15	16	< 5	< 5	10
Zn	32	36	47	8	66
Rb	159	138	24	< 5	< 5
Ba	1007	797	1189	105	628
Cs	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Sr	74	95	55	74	559
Ga	23	19	25	30	28
Ta	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Nb	54	46	12	38	< 5
Hf	16	13	< 8	15	< 8
Zr	659	483	211	672	297
Y	100	116	33	75	16
Th	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
U	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
La	34,085	95,503	15,801	61,678	92,981
Ce	68,909	176,654	28,616	126,408	155,473
Nd	19,386	66,947	16,331	47,719	39,754
Sm	4,520	13,741	4,244	9,230	6,976
Eu	0,560	1,840	1,065	1,323	2,143
Gd	3,125	11,064	3,905	4,992	3,429
Dy	2,013	8,340	2,888	2,318	2,598
Ho	0,403	1,680	0,463	0,549	0,539
Er	1,088	4,399	1,403	1,358	1,113
Yb	0,852	3,245	1,239	1,088	1,113
Lu	0,194	0,689	0,269	0,230	0,376
F	1700	1300	1850	240	1350
Sn	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
W	11	< 10	< 10	< 10	< 10
Mo	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Cl	< 20	< 20	< 20	< 20	< 20
S	< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

**Método analítico utilizado:**  
ICP/MS, abertura LiBO<sub>2</sub>.

N	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ID	LR-01	LR-02	LR-03	LR-04	LR-05	LR-06A	LR-06B	LR-07	LR-08	LR-09	LR-10	LR-11	LR-12	LR-13A	LR-13B	LR-15A	LR-15B	LR-16A
Be	1	2	4	<1	5	5	3	7	2	1	1	3	5	3	5	2	<1	4
Co	1,7	2,5	1,2	10,1	2,8	3,6	4,7	4,3	6,9	5,3	6	2,2	2,5	12,1	5,7	43,6	65,1	9,9
V	8	13	11	49	5	66	60	21	36	9	7	5	<5	52	16	339	358	32
Rb	220,3	205,5	166,5	166,7	272,1	168,8	158,8	104,4	60,8	61	203	222,9	179,5	138,2	160,5	67,5	37,7	156,1
Ba	517,8	558,1	424,4	503,3	285,1	688,5	556,5	45,5	269,2	569,2	479,2	493,5	952,4	633,8	1118,3	2362	795,7	954
Cs	0,5	0,6	0,9	6,1	2,5	0,8	0,4	7,4	1,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,3	0,2	1	1	2,3
Sr	56,3	73	189,3	108,6	25,9	51,9	40,1	225,2	748	116,3	65,3	55,2	41,9	151,1	63,5	179	213	117,8
Ga	21,4	20,3	19	19,1	21,2	20,2	18	27,4	18,9	19,3	21,3	19,5	19,7	19	21	18,3	19,1	23,1
Ta	0,2	0,8	0,5	0,8	4,9	3,9	2,7	2,9	0,4	1,4	1,2	1	7,6	6,5	3,4	0,4	0,5	2,9
Nb	7,8	11,6	6,4	6	47,1	44,2	26,5	27,9	5,4	18,8	23,6	24	56,1	64,9	48,3	6,9	7,6	45,7
Hf	7,3	11,1	2,7	4,9	11	13,5	7,5	4,3	4,5	11,6	6,1	5,7	11,2	15,7	16,5	3,2	2,9	21,4
Zr	196,1	344,6	81,9	199,3	325,5	429,3	239,3	144,9	163,8	373,1	170,6	153,4	337,4	518,7	554,1	91,9	101,6	789,4
Y	39,1	36,7	27,2	5,2	139,6	114,1	90,5	26,6	5,5	116,4	22,3	27,5	290,2	296,8	147,8	46,9	41,4	109,8
Th	76	113,8	9,3	1,1	98,1	55,4	74,5	19,3	8	17,7	39,7	34	49,4	43,4	42,4	1	1	28
U	38,7	3,4	2,7	0,6	20,2	8,4	9,2	6,3	0,7	4	19,5	17,3	6,6	11,3	6,2	0,4	0,4	5,9
La	86,50	172,90	28,90	4,70	177,80	114,60	200,50	48,60	32,30	114,40	44,60	63,70	260,70	213,90	156,40	39,10	22,80	113,20
Ce	185,80	333,70	38,90	12,10	346,80	229,10	350,70	94,00	95,70	137,70	89,90	132,10	361,00	420,20	326,90	81,30	47,80	244,00
Pr	19,22	35,64	5,52	1,42	33,55	24,48	36,00	9,57	6,53	22,93	9,06	13,24	55,86	57,31	34,96	9,60	5,84	26,04
Nd	73,10	128,90	19,20	6,10	114,30	91,50	124,50	34,40	23,90	93,80	32,30	47,40	208,20	219,90	130,10	37,70	24,90	101,10
Sm	15,00	20,80	4,00	1,30	21,10	18,50	19,40	6,80	3,90	19,50	6,70	8,40	44,40	48,00	25,90	8,30	6,30	19,80
Eu	1,09	1,34	0,67	0,52	1,23	1,86	1,67	0,62	1,14	3,53	1,06	1,37	3,53	4,86	3,06	1,84	1,73	3,15
Gd	11,57	12,91	3,61	1,19	17,14	16,44	15,00	5,19	2,31	21,27	5,12	6,46	44,05	44,59	22,85	9,05	7,05	17,79
Tb	1,79	1,67	0,62	0,19	3,51	3,26	2,74	0,87	0,31	3,79	0,95	1,05	9,13	9,95	4,79	1,59	1,39	3,42
Dy	8,48	7,28	3,36	0,91	19,99	18,09	14,25	3,98	1,26	20,52	4,71	5,17	50,53	55,25	25,27	8,74	7,46	18,51
Ho	1,48	1,28	0,76	0,20	4,60	3,89	3,03	0,77	0,19	4,20	0,87	0,94	10,24	11,36	5,28	1,68	1,56	3,90
Er	3,30	2,96	2,22	0,67	13,87	11,18	8,68	2,04	0,40	11,13	1,98	2,26	28,95	32,88	15,01	4,64	4,17	11,03
Tm	0,39	0,37	0,37	0,10	2,16	1,65	1,32	0,27	0,06	1,56	0,27	0,32	4,59	5,00	2,29	0,69	0,63	1,72
Yb	2,74	2,37	2,49	0,71	14,53	11,10	8,50	1,99	0,41	9,80	1,61	1,87	28,11	31,25	14,08	4,28	3,67	10,67
Lu	0,36	0,38	0,40	0,13	2,13	1,59	1,27	0,31	0,06	1,50	0,24	0,31	3,72	4,26	2,03	0,56	0,54	1,70
Sn	2	4	2	<1	9	8	6	6	1	4	2	3	12	22	12	1	1	9
W	0,1	<1	<1	5	2,2	0,4	0,2	<1	<1	<1	0,2	0,2	1	<1	0,5	0,5	<1	1



N	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
ID	LR-16B	LR-17	LR-18	LR-19	LR-20A	LR-20B	LR-21	LR-22	LR-23	LR-24	LR-25	LR-26	LR-27	LR-28	LR-29	LR-30	LR-31	LR-32A
Be	4	3	5	2	<1	2	<1	5	6	<1	1	5	1	2	5	2	7	8
Co	6,4	1,4	1,4	2,7	58,3	11,6	51,5	0,7	4	48,4	52,1	0,8	47,2	1,9	1,1	40,2	<5	<5
V	6	<5	6	9	223	54	310	5	5	285	323	7	290	6	6	286	<5	<5
Rb	250,7	167,7	183,9	178,1	10,4	177	15,6	286,5	296,5	15,9	11,1	290,3	16,9	131,4	240,3	141,6	411,3	447,9
Ba	489,4	1185	970,4	721,2	99	707,3	140,8	569,4	379,4	199,7	159,3	296,5	146,7	838,1	500,3	709,3	55,3	95,4
Cs	2,2	1,3	1,3	1,3	0,7	5,3	1	2,3	11,6	0,7	0,6	3,5	0,7	0,8	1	3	2,2	3
Sr	48,6	116,9	82	78,4	264,5	17,9	267,3	27,9	65,6	303,8	249,2	18,1	267	58,6	66,2	284	26,6	22
Ga	22,8	25,9	24,4	22	17,3	18,6	18,3	22,3	22,4	17,8	18,8	17,6	17,8	21,5	25,7	24,4	33,9	42,5
Ta	2	4,5	3,5	2,4	0,6	1	0,6	3,2	3,4	0,6	0,6	3	0,5	2,3	2,8	2,9	8,1	11,4
Nb	37,9	51,6	50,3	33,4	9,5	13	11,3	51,7	38,6	10,4	10,5	28,1	9,4	33,6	42,5	55,8	150,6	190,8
Hf	9,2	14,2	13,7	13,7	2	6,4	2,8	14	12,3	2,8	3	8,6	2,7	13,6	12	11,8	14,9	12,9
Zr	248,6	503,3	495,7	463,1	70,2	220,3	100	448,7	366	95	101	214,3	87,3	403,2	351,7	584,1	304,3	246,6
Y	80,3	86,3	145,3	69,4	16,9	31,7	22,7	102,4	87,2	21,6	25,4	567,1	24,8	70	130,4	52,4	289,5	237
Th	116,1	30,6	31,2	27,4	1,7	14,9	1	30,8	48,6	1,1	1,8	37,1	1	23,7	42,7	6,7	68,5	86
U	29,1	5,1	2,4	9,2	0,3	2,2	0,3	3,3	11,4	0,3	0,3	6,5	0,3	5	5,6	1,2	18,1	12,7
La	164,30	127,70	139,00	93,90	10,50	54,80	12,50	130,40	118,30	12,70	14,60	536,00	16,20	96,40	166,80	123,60	239,70	158,00
Ce	361,30	258,20	288,30	193,40	23,30	113,70	29,10	259,60	229,60	29,00	31,70	239,80	25,80	196,40	317,40	241,70	361,70	287,50
Pr	37,64	28,44	28,70	20,95	2,96	12,36	3,70	29,99	24,48	3,70	4,15	104,52	4,42	22,30	33,48	27,00	41,27	29,60
Nd	129,10	108,90	108,60	79,10	13,50	46,20	17,30	121,00	91,70	16,60	18,80	407,10	19,80	87,50	129,20	110,50	145,80	107,20
Sm	25,90	19,20	20,90	14,50	3,10	8,70	4,00	21,10	16,30	4,00	4,30	73,90	4,40	15,70	23,10	18,30	29,60	24,40
Eu	1,28	2,92	3,27	1,81	1,03	1,41	1,38	2,01	1,02	1,32	1,56	2,90	1,47	2,71	1,39	5,85	0,55	0,33
Gd	18,75	15,74	20,04	12,51	3,29	6,72	4,11	17,53	13,47	4,00	4,57	80,34	4,62	12,83	17,34	12,94	26,65	21,88
Tb	3,41	2,91	3,59	2,21	0,59	1,14	0,75	3,18	2,60	0,71	0,79	14,89	0,89	2,33	2,89	1,73	5,58	4,83
Dy	15,83	14,77	19,25	11,64	2,99	6,02	3,92	16,48	14,24	3,77	4,45	74,38	4,34	12,00	17,51	9,69	35,23	32,19
Ho	2,80	3,03	4,05	2,30	0,61	1,14	0,82	3,41	2,90	0,81	0,92	15,56	0,89	2,51	3,57	1,81	7,93	7,20
Er	7,16	8,59	11,59	6,72	1,65	3,06	2,34	9,65	8,53	2,18	2,51	39,29	2,46	6,85	10,43	4,67	26,11	24,36
Tm	1,02	1,26	1,73	1,07	0,24	0,45	0,30	1,42	1,30	0,33	0,37	4,93	0,34	1,02	1,57	0,68	4,03	3,92
Yb	5,62	8,14	9,44	6,31	1,57	2,96	1,96	9,44	8,57	2,09	2,17	23,65	2,26	6,08	10,31	4,02	25,62	24,73
Lu	0,89	1,25	1,46	0,97	0,26	0,46	0,31	1,45	1,25	0,31	0,37	3,31	0,30	0,94	1,45	0,58	3,66	3,53
Sn	5	3	3	3	<1	3	<1	2	7	<1	<1	7	<1	2	5	2	20	19
W	0,9	2,5	2	1,8	0,5	1,4	0,2	0,9	2,8	0,2	0,8	2,9	0,5	1,7	2,1	0,9	5,6	7,2

N	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
ID	LR-32B	LR-32C	LR-32D	LR-33	LR-34	LR-35	LR-36	LR-37A	LR-37B	LR-38	LR-39	LR-40A	LR-40B	LR-41A	LR-41B	LR-41C	LR-42	LR-43
Be	4	6	6	3	3	2	8	2	3	2	2	2	1	1	<1	<1	<1	<1
Co	0,5	1	1,2	1,1	3,7	2,8	0,5	3,5	1,6	5,1	3,9	10,2	10,2	51,5	64,9	59,2	47,3	52,1
V	<5	<5	<5	9	10	<5	<5	<5	<5	8	20	57	58	124	125	128	142	322
Rb	281,5	313,2	285,7	290	229,1	170,4	264,8	106	169	150,8	50,7	84,8	79,1	14,1	23,9	8,8	27,4	21,3
Ba	439,7	427,4	437,7	651,6	566,4	723,7	754,7	777,4	930	1454,2	422,1	1227,8	1421,3	196,4	137,2	164,2	297,9	175,7
Cs	2,7	2,4	2,4	3,4	2,7	1,9	1,4	0,8	1,1	1,1	0,5	1,1	1,2	0,3	1,1	0,1	0,4	0,3
Sr	42,7	48,9	50,6	95,3	55	105,9	18,7	122,6	43,1	60,6	151,5	689,1	763,9	310,8	253,3	328,7	295,1	249,4
Ga	25,2	26,6	25,3	27,5	30,4	26,6	27,5	19,7	23,1	22,3	23,9	21,2	21,8	14,2	14,4	15,7	19,9	18,3
Ta	3,5	6	331,1	5,4	10,7	3,7	4,6	2,1	2,1	2,1	1,8	4,8	2,9	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8
Nb	58	59,7	826,3	71,2	74,7	55,9	57,8	33,5	25,3	35,3	29,6	17,2	14,3	5,2	5,6	5,9	10,6	12,7
Hf	13,5	12,3	12,4	16,3	15,6	14,4	15	15,9	12,3	16	15,7	6,1	6,6	1,5	1,1	1,2	2,3	3,1
Zr	372,7	362,4	353,3	587,9	566	534,1	524,2	626,2	448,7	601,4	582,3	226	212,1	45,7	45,2	52,4	84,3	116,2
Y	139,5	134,1	127,2	129,5	92,7	104,4	177,9	84,6	66,5	154,2	64,2	21,8	20,7	15,2	14,7	17,3	27,9	28,5
Th	52,1	58,1	58,2	51,5	37,1	32,7	38,2	15	19,6	18,5	14,6	26,9	27,5	0,4	0,3	0,7	1,3	1,7
U	9,9	11	11,6	6,6	6,1	4,5	9,2	2,1	5,3	4,3	2,8	4,8	4,1	<1	0,1	0,1	0,2	0,3
La	198,60	203,70	207,90	173,90	158,10	152,80	188,60	93,50	80,90	225,30	85,90	93,30	88,90	7,40	6,60	7,00	11,10	16,10
Ce	380,50	380,90	391,00	326,00	298,70	305,50	362,80	187,60	163,50	213,90	171,90	162,00	158,60	15,40	14,20	15,30	24,10	35,10
Pr	39,27	39,68	40,99	33,73	30,09	28,55	37,85	19,85	16,94	37,14	17,56	15,92	15,25	1,86	1,70	1,93	3,02	4,28
Nd	142,90	145,10	152,70	129,60	114,30	105,10	151,60	84,40	67,80	154,50	70,90	60,50	56,00	8,70	8,40	9,10	14,30	19,30
Sm	28,10	27,30	28,30	24,20	20,50	17,70	27,60	16,20	12,50	27,20	13,30	8,90	8,80	2,20	2,20	2,40	3,90	5,30
Eu	1,63	1,67	1,64	1,75	2,52	2,04	2,78	2,86	1,78	4,95	3,07	1,91	1,96	1,04	0,87	1,07	1,54	1,56
Gd	21,81	21,07	20,98	18,90	15,94	14,39	22,09	13,73	10,61	27,72	11,04	5,92	5,38	2,33	2,36	2,55	4,34	4,88
Tb	4,05	3,72	3,73	3,33	2,64	2,52	3,96	2,35	2,07	4,66	1,92	0,77	0,78	0,42	0,45	0,43	0,74	0,79
Dy	23,19	22,40	21,51	19,09	15,13	14,09	22,96	13,23	11,52	23,59	10,84	4,12	3,82	2,64	2,53	2,93	4,95	4,88
Ho	4,61	4,42	4,43	3,94	3,11	3,00	4,92	2,76	2,32	4,55	2,23	0,65	0,66	0,52	0,55	0,61	0,95	0,97
Er	13,23	12,83	12,34	11,44	8,86	9,26	14,58	7,81	6,74	12,38	6,58	1,89	1,85	1,59	1,53	1,77	2,78	2,86
Tm	2,08	1,93	1,88	1,82	1,41	1,38	2,22	1,11	0,92	1,65	0,97	0,29	0,27	0,24	0,24	0,23	0,43	0,35
Yb	12,13	11,80	11,38	11,73	9,51	9,00	14,22	7,10	5,84	9,27	6,12	1,74	1,88	1,71	1,47	1,44	2,77	3,04
Lu	1,75	1,64	1,64	1,78	1,40	1,31	2,01	1,06	0,91	1,28	0,87	0,25	0,23	0,23	0,21	0,24	0,35	0,40
Sn	7	5	8	4	5	4	3	2	3	4	3	2	4	<1	<1	<1	<1	<1
W	3,6	2,8	10	2,8	2,5	1,4	2,3	1,9	1,5	3,3	2,2	0,4	0,8	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3

N	64		65		66		67		68		69	
	ID	LR-44A	LR-44B	LR-44C	LR-44D	LR-45	LR-46	ID	LR-45	LR-46	ID	LR-46
	Be	<1	1	1	<1	<1	1		<1	<1	1	1
	Co	6,5	4,9	3,8	3,5	45,2	<5		45,2	<5		<5
	V	54	37	16	26	249	22		249	22		22
	Rb	96,2	78	67,3	55,5	10,2	7		10,2	7		7
	Ba	964,4	912,7	819,2	999,8	245,8	20,3		245,8	20,3		20,3
	Cs	2,8	2,1	1,2	0,8	0,2	0,2		0,2	0,2		0,2
	Sr	292	309,4	135,6	218,4	252,6	11,2		252,6	11,2		11,2
	Ga	21,8	21	16,7	17,3	16,4	23		16,4	23		23
	Ta	0,5	1	0,4	0,4	0,5	2,2		0,5	2,2		2,2
	Nb	10,3	11,7	7,2	6,5	9,4	31,6		9,4	31,6		31,6
	Hf	5,7	6,2	4	5,8	2,5	15,7		2,5	15,7		15,7
	Zr	215,5	248,8	141,4	191,5	80	546,8		80	546,8		546,8
	Y	34,3	28,4	8,4	11,9	19,2	40,6		19,2	40,6		40,6
	Th	7,1	15,6	11,3	12,8	1,2	29,1		1,2	29,1		29,1
	U	1,2	2,5	2,3	3,7	0,2	1,5		0,2	1,5		1,5
	La	41,30	50,90	38,30	42,40	12,70	56,90		12,70	56,90		56,90
	Ce	77,90	90,80	69,00	75,20	26,60	356,80		26,60	356,80		356,80
	Pr	8,35	9,23	6,82	7,77	3,30	11,04		3,30	11,04		11,04
	Nd	34,10	34,50	23,80	28,20	15,70	37,20		15,70	37,20		37,20
	Sm	6,80	6,60	3,80	3,90	3,90	5,80		3,90	5,80		5,80
	Eu	1,37	1,35	0,80	1,14	1,26	0,76		1,26	0,76		0,76
	Gd	5,55	5,01	2,11	2,14	3,72	4,47		3,72	4,47		4,47
	Tb	0,98	0,76	0,28	0,35	0,57	1,18		0,57	1,18		1,18
	Dy	5,68	4,52	1,44	1,89	3,59	7,39		3,59	7,39		7,39
	Ho	1,10	0,88	0,25	0,29	0,69	1,56		0,69	1,56		1,56
	Er	3,28	2,54	0,77	1,07	2,14	5,27		2,14	5,27		5,27
	Tm	0,46	0,40	0,12	0,14	0,29	0,86		0,29	0,86		0,86
	Yb	3,69	2,93	0,96	1,40	2,09	6,14		2,09	6,14		6,14
	Lu	0,44	0,37	0,14	0,19	0,27	0,88		0,27	0,88		0,88
	Sn	2	2	1	2	<1	6		<1	6		6
	W	0,8	1,1	1,4	0,8	0,3	2,6		0,3	2,6		2,6