

# Capítulo 3

## O Complexo Mantiqueira na região de Juiz de Fora

---

### 3 O COMPLEXO MANTIQUEIRA NA REGIÃO DE JUIZ DE FORA

Visando uma melhor interpretação geocronológica, faz-se necessário uma boa caracterização das litologias encontradas nesta unidade bem como uma interpretação litogeoquímica elaborada a fim de ter bases para direcionar um estudo geocronológico do Complexo Mantiqueira.

Como esta pesquisa não contou com um mapeamento detalhado da área de estudo, foi utilizado: 1) o acervo tanto de mapas quanto de lâminas petrográficas do grupo de pesquisa Tektos, que vem estudando em detalhe esta região nas últimas décadas; e 2) a visita em pontos estratégicos do Complexo Mantiqueira na região de Juiz de Fora, que ocorre boas exposições, principalmente em cortes de rodovias federais e estaduais e em várias pedreiras, tanto ativas quanto inativas (Figura 6). Estes pontos serão descritos estes pontos, em termos de feições de campo, a seguir.



Figura 6 – Exposições em pedreiras: a) inativa (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-564); e b) ativa (Pedreira Santo Cristo - Ponto JF-CM-585).

### 3.1 Geologia de Campo

#### A) Pedreira de Barreira do Triunfo (Ponto 29)

Esta pedreira localiza-se no bairro homônimo, a norte da cidade de Juiz de Fora. O litotipo predominante é um hornblenda gnaiss (Figura 7), migmatítico, de estrutura estromática, cujos leucossomas brancos têm hornblendas grossas (até 1 cm de diâmetro) e schlierens máficos. O gnaiss inclui bandas e/ou *boudins* de rocha básica, anfibolítica (Figura 8), que são também injetadas pelos leucossomas brancos (Figura 9), gerando estrutura do tipo agmática. Uma banda de várias dezenas de cms ocorre intercalada no conjunto e é também afetada pelas injeções leucossomáticas (Figura 9).



Figura 7 – Hornblenda gnaiss do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).



Figura 8 – Bandas de rocha básica anfibolítica do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).



Figura 9 – Rocha básica anfibolítica injetado por leucossoma com hornblenda grossa do Complexo Mantiqueira (Pedreira de Barreira do Triunfo - Ponto JF-CM-29).

B) Ponto 30

Corresponde a um corte na rodovia BR-040, localizado entre o bairro de Barreira do Triunfo e o centro da cidade de Juiz de Fora, a norte desta. A rocha predominante é um hornblenda gnaiss migmatítico levemente foliado, com leucossomas caracterizados pela presença de grãos grossos de hornblenda (de até 1 cm de diâmetro). A rocha inclui bandas félsicas com schlierens máficos, além de *boudins* e/ou lentes (Figura 10) e bandas anfíbolíticas. Níveis leucossomáticos, rosados, de composição granítica, ocorrem injetados em todo o conjunto. Apresenta porfiroclastos de quartzo e plagioclásio.

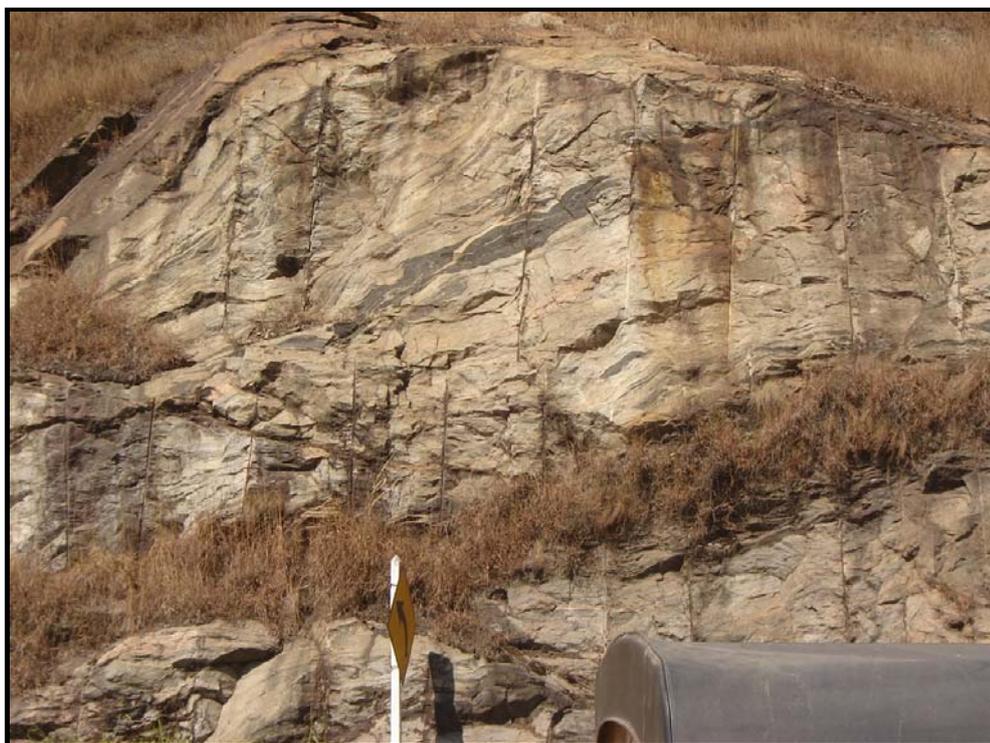


Figura 10 – Hornblenda gnaiss com intercalação de lente anfíbolítica do Complexo Mantiqueira (Corte de estrada na BR-040 - Ponto JF-CM-30).

### C) Pedreira do Pontos 190

Esta pedreira localiza-se a NW da cidade de Juiz de Fora. Nesta exposição, ocorre a predominância de um biotita gnaiss bandado (Figura 11), cinza claro, com injeções graníticas rosadas e, localmente, com megacristais tipo “*augen*” de K-feldspato, formados, provavelmente a partir de interações entre a rocha e as injeções. Poucos enclaves de rocha básica anfibolítica ocorrem e, quando injetados por material granítico, são parcialmente assimilados, o que dá origem a material leucossomático branco com grãos grossos de hornblenda. O leucogranito rosado dispõe-se em bandas ou níveis subparalelos à foliação do biotita gnaiss, sendo apenas localmente discordante. Fases pegmatíticas, de composição semelhante às injeções rosadas, ocorrem principalmente ao longo de fraturas, em discordância às estruturas das rochas encaixantes. Localmente, observa-se continuidade entre as bandas rosadas subconcordantes e os pegmatitos discordantes.



Figura 11 – Biotita gnaiss bandado do Complexo Mantiqueira (Ponto JF-CM-190)

D) Pedreiras dos Pontos 516 (Pedreira da “Groenlândia”) e 564

Estas pedreiras localizam-se a sul do bairro de Benfica, região NW da cidade de Juiz de Fora. Expõem uma associação de rochas gnáissicas, bandadas ou não, eventualmente migmatíticas de estrutura estromática, dispostas em bandas. Os seguintes os litotipos são observados: a) hornblenda gnaiss bandado (Figura 12) com bandas, lentes e/ou boudins de rocha básica anfibolítica (Figura 13) e leucossomas brancos com grãos grossos de hornblenda; b) hornblenda-biotita gnaiss maciço, de cor cinza clara; e c) biotita gnaiss fino leucocrático, ligeiramente foliado. Localmente, como no ponto 516, os leucossomas brancos formam um corpo intrusivo de proporções volumétricas relativamente grandes e encerram vários enclaves métricos de rocha básica (Figura 14). Nestas pedreiras há forte sugestão de que parte destes corpos básicos sejam restitos de processo de fusão parcial de ortognaisses. Injeções subconcordantes e discordantes de leucogranito rosado são encontradas principalmente nos gnaisses.



Figura 12 – Hornblenda gnaiss bandado do Complexo Mantiqueira (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-516).

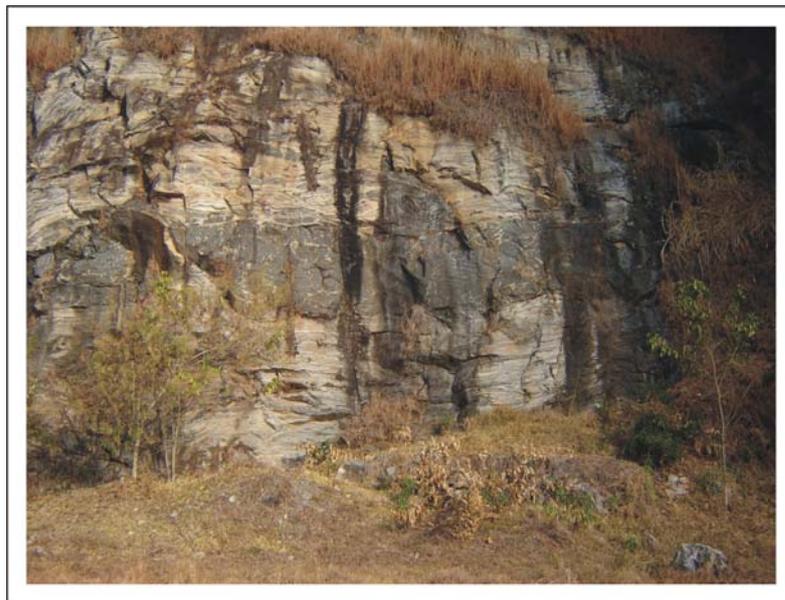


Figura 13 – Bandas de rocha básica anfibolítica do Complexo Mantiqueira (Ponto JF-CM-564).



Figura 14 – Corpo intrusivo de Leucossomas brancos com várias enclaves métricas de rocha básica do Complexo Mantiqueira (Pedreira da “Groenlândia” - Ponto JF-CM-516).

#### E) Pedreiras dos Pontos 577 e 585 (Pedreira Santo Cristo)

Estas pedreiras estão localizadas em uma área a NE do centro da cidade de Juiz de Fora, a sul do bairro Linhares (ponto 577 - Reserva Biológica) e a leste do bairro Muçunguê da Grama (ponto 585 – Pedreira Santo Cristo). A rocha predominante é um biotita gnaiss bandado (Figura 15), claro, localmente porfiroblástico, com enclaves de rocha básica e inúmeras injeções, subconcordantes e discordantes, de leucogranito rosado. Leucossomas brancos com Hb grossa ocorrem injetando as rochas básicas e, localmente, observa-se uma transição entre estes leucossomas e o leucogranito rosado. Localmente, o biotita gnaiss bandado ganha megacristais tipo “augen” de K-feldspato, processo este decorrente da interação entre o gnaiss e as injeções graníticas. No entanto, vários tipos de gnaisses cinzentos ocorrem (como nas pedreiras dos pontos 516 e 564) como enclaves no biotita gnaiss: a) hornblenda gnaiss cinza escuro, fino, de estrutura maciça; b) hornblenda gnaiss cinza escuro, grosso, de estrutura maciça; e c) biotita gnaiss fino, leucocrático, cinza claro, foliado. Estes gnaisses são também injetados por leucogranito rosado.



Figura 15 – Biotita gnaiss fino com injeções graníticas rosadas (Pedreira Santo Cristo Ponto 585).

### 3.2 Compilação e Integração de Dados Litogeoquímicos

A base de dados deste trabalho consiste em 68 amostras (Anexo 1), sendo 6 amostras selecionadas para as análises litogeoquímicas obtidas durante este trabalho, 31 de Duarte (1998) e 31 de Nogueira (1999).

#### 3.2.1 Litogeoquímica do Complexo Mantiqueira com base em Duarte (1998) e Nogueira (1999)

Segundo Duarte (1998), o Complexo Mantiqueira é constituído de rochas que podem ser agrupadas em três *trends* distintos: 1) rochas intermediárias a ácidas calcioalcalinas; b) rochas básicas toleíticas; e 3) rochas básicas de afinidade alcalina. A análise quantitativa dos dados de litogeoquímica mostrou que, para ambos os grupamentos de rochas básicas, a petrogênese é dissociada daquela das rochas intermediárias a ácidas.

As rochas calcioalcalinas do Complexo Mantiqueira formam quatro agrupamentos petrogeneticamente distintos e restritos em termos de variação de SiO<sub>2</sub>. A partir de modelamento geoquímico, ainda preliminar, processo de fusão parcial crustal é atribuído à gênese de cada um destes agrupamentos (Duarte, 1998 e Duarte *et al.*, 2004). As rochas básicas toleíticas formam um agrupamento muito heterogêneo, o que é interpretado como geração a partir de fontes diversas. Foram encontradas assinaturas do tipo E-MORB e intra-placa continental. As rochas básicas alcalinas têm assinaturas típicas de ambiente intra-placa e dados de campo apontam para um contexto continental.

Contudo Nogueira (1999), para fins descritivos e, sobretudo, com base em aspectos estruturais, subdividiu o Complexo Mantiqueira em duas grandes unidades lito-estruturais que, por serem predominantemente constituídas por rochas gnáissicas, foram denominadas de Seqüências Gnáissicas I e II.

A Seqüência Gnáissica I ocupa a porção adjacente à borda sul do Cráton de São Francisco, em posição externa em relação à Faixa Ribeira. É composta predominantemente por ortognaisses de composição tonalítica. Entretanto, encontram-

se, associadas a estes gnaisses, quantidades variáveis de rochas granulíticas, metassedimentares, metamáficas, metaultramáficas e graníticas.

A Seqüência Gnáissica II é constituída de ortognaisses (hornblenda gnaisses) e rochas máficas associadas, além de ser mais comum a presença de rochas graníticas brasileiras.

A Seqüência Gnáissica I de Nogueira (1999), cuja constituição inclui seqüências de rochas metavulcanossedimentares, foi descartada deste estudo, uma vez que o Complexo Mantiqueira é, aqui, definido como um conjunto ortoderivado com rochas plutônicas associadas.

### 3.2.2 Petrologia do Complexo Mantiqueira

A abordagem geoquímica das rochas do Complexo Mantiqueira (dados litogeoquímicos de Duarte, 1998, e Nogueira, 1999 e alguns obtidos no presente trabalho) seguirá uma metodologia fundamentada na análise quantitativa, tendo como base critérios estatísticos e petrológicos. O tratamento e a interpretação dos dados tiveram uma forte fundamentação na análise de elementos considerados imóveis como, por exemplo, os elementos terras raras, o que, diminui a possibilidade de se tratar com processos que poderiam ter alterado a composição original das rochas estudadas.

Os dados de litogeoquímica tratados neste estudo incluem: 1) elementos maiores ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{P}_2\text{O}_5$ ); 2) elementos traços (Ba, Rb, Sr, Zr, Y, Hf, Ni, Cr, V e Co); 3) elementos terras raras (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb e Lu); e 4) U e Th. Os elementos maiores neste trabalho são expressos em percentagem de peso (% peso), enquanto que os elementos traços são expressos em partes por milhão (ppm). Os dados litogeoquímicos estão disponibilizados nos Anexos I e II.

#### 3.2.2.1 Abordagem para elementos maiores

As amostras do Complexo Mantiqueira plotam em dois *trends* distintos: um *trend* transicional, formado por rochas básicas, e outro calcioalcalino, formado por rochas

intermediárias a ácidas. Verificou-se que entre os dois *trends* existe uma lacuna em termos de conteúdo de sílica de cerca de 6% (Figura 15).

As rochas básicas plotam ao longo de um *trend* transicional, sendo doze amostras de afinidade toleítica (JF-CM-29Q, JF-CM-34A, JF-CM-58B, JF-CM-187A, JF-CM-190C, JF-CM-367B, JF-CM-371B, JF-CM-371D, JF-CM-371F, JF-CM-384A, JF-CM-564F, e JF-CM-516III) e 6 de afinidade alcalina (JF-CM-30C, JF-CM-60B, JF-CM-367E, JF-CM-369B, JF-CM-577B e JF-CM-585II) (Figuras 16 e 17). As rochas intermediárias a ácidas plotam no campo subalcalino, ao longo de um *trend* calcioalcalino (Figuras 16 e 17).

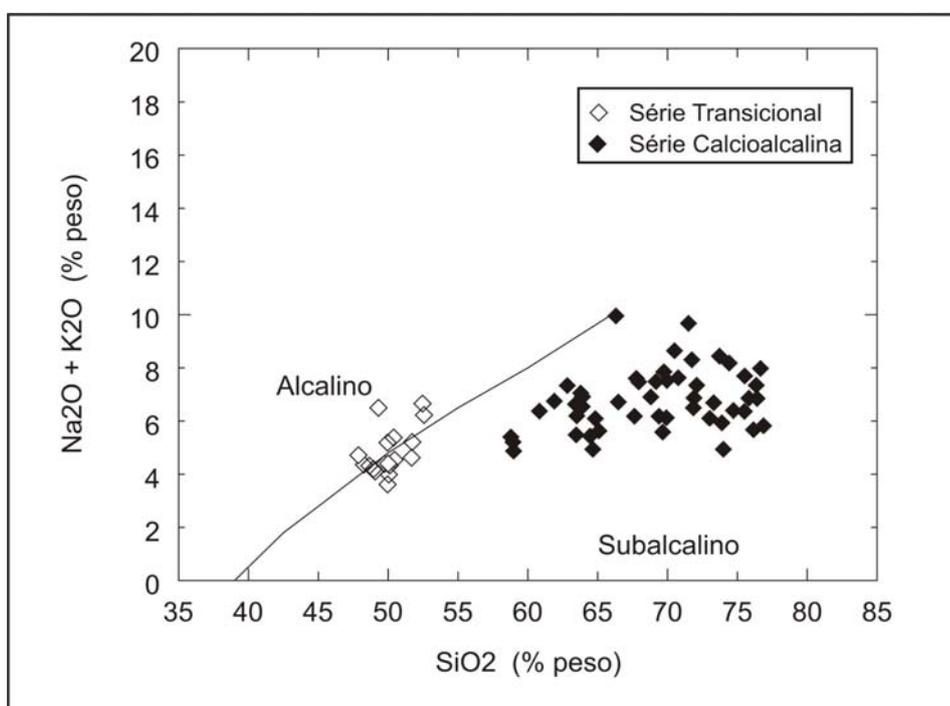


Figura 16 – Diagrama  $\text{SiO}_2$  x Álcalis (Irvine & Baragar, 1971) com plote das amostras do Complexo Mantiqueira.

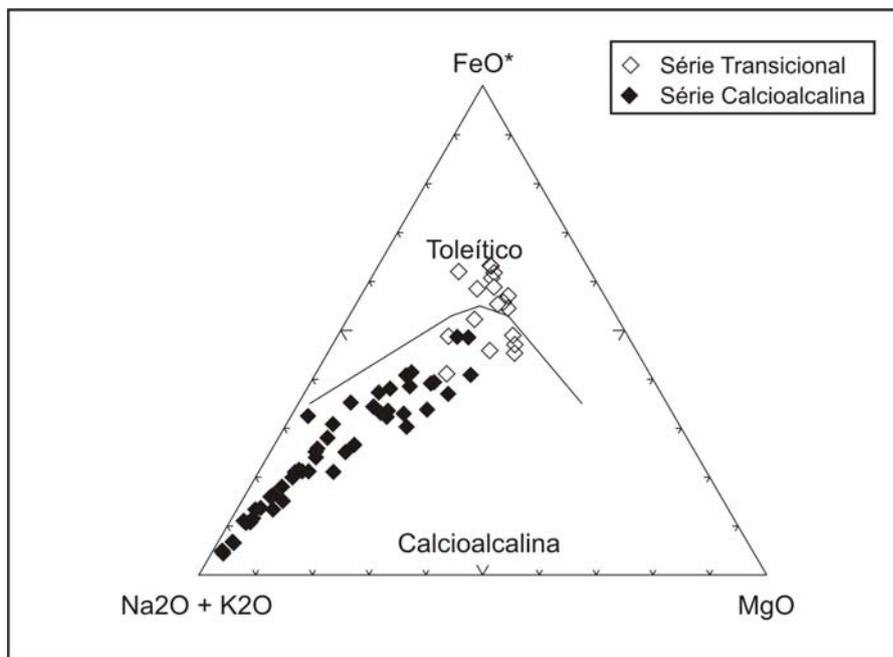


Figura 17 – Diagrama AFM (Irvine & Baragar, 1971) com plotagem das amostras do Complexo Mantiqueira.

Para confirmar as afinidades químicas das amostras transicionais, foi realizada a norma CIPW que é apresentada na tabela 4.

Segundo essa norma, verifica-se que:

- quatro amostras (JF-367B, JF-371B, MB-564F e JF-371D) têm quartzo e hiperstênio normativos e, portanto, são rochas supersaturadas em  $\text{SiO}_2$  e podem ser classificadas como quartzo toleíticos (afinidade toleítica);
- oito amostras (JF-34A, JF-58B, JF-384A, JF-371F, JF-190C, JF-29Q, JF-187A, JF-CM-516III) têm hiperstênio e olivina normativos, sendo, portanto, rochas saturadas em  $\text{SiO}_2$  e classificadas como olivina toleíticos (afinidade toleítica);
- seis amostras (JF-60B, MB-577B, JF-367E, JF-30C, JF-CM-585II, JF-369B) têm nefelina e olivina normativas, mostrando serem rochas básicas insaturadas em  $\text{SiO}_2$ , sendo, então, classificadas como basaltos alcalinos.

Tabela 4 – Valores da norma CIPW para as rochas básicas do Complexo Mantiqueira. Todos os valores são expressos em %peso. A sigla para os minerais normativos são: Q=Quartzo, Z=Zircão, Or=Ortoclásio, Ab=Albita, An=Anortita, Ne=Nefelina, Di=Diopsídio, Hy=Hyperstênio, Ol=Olivina, Mt=Magnetita, Cm=Cromita, Il=Ilmenita, Ap=Apatita.

| Rocha              | Amostras     | Q    | Z    | Or    | Ab    | An    | Ne   | Di    | Hy    | Ol    | Mt   | Cm   | Il   | Ap   | Total  |
|--------------------|--------------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| Quartzo Toleítico  | JF-367B      | 4.02 | 0.17 | 13.07 | 26.01 | 15.36 | 0    | 11.89 | 18.53 | 0     | 3.41 | 0.01 | 5.14 | 2.8  | 100.41 |
|                    | JF-371B      | 2.31 | 0.04 | 6.46  | 25.06 | 18.25 | 0    | 18.02 | 19.19 | 0     | 3.64 | 0.02 | 6.14 | 1.01 | 100.14 |
|                    | MB-564F      | 0.21 | 0.04 | 6.2   | 26.34 | 17.18 | 0    | 19.88 | 18.96 | 0     | 3.75 | 0.01 | 6.71 | 0.85 | 100.13 |
|                    | JF-371D      | 0.04 | 0.04 | 5.52  | 29.22 | 16.57 | 0    | 18.37 | 20.17 | 0     | 3.56 | 0.02 | 5.74 | 0.88 | 100.14 |
| Olivina Toleítico  | JF-34A       | 0    | 0.06 | 14.9  | 31.85 | 23.14 | 0    | 7.12  | 12.52 | 3.76  | 2.34 | 0.03 | 3    | 1.56 | 100.28 |
|                    | JF - 58 B    | 0    | 0.06 | 12.82 | 27.69 | 20.11 | 0    | 9.58  | 18.71 | 0.18  | 2.72 | 0    | 5.39 | 3.08 | 100.34 |
|                    | JF-384A      | 0    | 0.05 | 10.51 | 29.43 | 14.33 | 0    | 19.19 | 11.34 | 4.57  | 3.41 | 0.06 | 6.16 | 1.14 | 100.21 |
|                    | JF-371F      | 0    | 0.04 | 5.72  | 27.81 | 16.34 | 0    | 20.55 | 15.9  | 2.59  | 3.71 | 0.01 | 6.63 | 0.82 | 100.12 |
|                    | JF - 190 C   | 0    | 0.03 | 3.92  | 25.41 | 24.34 | 0    | 21.82 | 15.27 | 1.8   | 2.98 | 0    | 3.93 | 0.59 | 100.09 |
|                    | JF - 29 Q    | 0    | 0.03 | 7.07  | 27.38 | 22.73 | 0    | 22.21 | 1.28  | 12.65 | 2.6  | 0    | 3.62 | 0.51 | 100.08 |
|                    | JF - 187 A   | 0    | 0.01 | 6.25  | 30.56 | 22.26 | 0    | 20.63 | 4.34  | 11.61 | 2.36 | 0    | 1.87 | 0.19 | 100.08 |
|                    | JF-CM-516III | 0    | 0.04 | 6.22  | 28.95 | 17.69 | 0    | 17.68 | 17.66 | 2.02  | 3.42 | 0.02 | 5.61 | 0.83 | 100.13 |
| Basaltos Alcalinos | JF - 60 B    | 0    | 0.04 | 13.05 | 36.74 | 24.14 | 0.76 | 7.86  | 0     | 11.88 | 1.87 | 0    | 2.31 | 1.64 | 100.29 |
|                    | MB-577B      | 0    | 0.03 | 7.36  | 25.35 | 18.75 | 0.82 | 25.94 | 0     | 13.12 | 3.23 | 0.02 | 4.83 | 0.66 | 100.12 |
|                    | JF-367E      | 0    | 0.01 | 5.92  | 26.57 | 18.51 | 1.05 | 26.6  | 0     | 13.36 | 3.14 | 0.06 | 4.38 | 0.53 | 100.14 |
|                    | JF-30C       | 0    | 0.02 | 11.14 | 24.95 | 15.09 | 7.96 | 17.37 | 0     | 17.83 | 2.82 | 0.06 | 2.5  | 0.4  | 100.15 |
|                    | JF-CM-585II  | 0    | 0.03 | 8.22  | 23.31 | 17.4  | 2.96 | 26.52 | 0     | 12.66 | 3.25 | 0.02 | 5    | 0.75 | 100.12 |
|                    | JF-369B      | 0    | 0.03 | 6.48  | 26    | 21.12 | 1.91 | 26.79 | 0     | 13.22 | 2.5  | 0.04 | 1.75 | 0.26 | 100.11 |

Com base na análise das projeções das amostras do Complexo Mantiqueira nos diagramas SiO<sub>2</sub> x Álcalis e AFM, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- 1) Toda a população de amostras do Complexo Mantiqueira constitui uma única suíte;
- 2) As rochas básicas, de um lado, e as intermediárias a ácidas, de outro, constituem suítes isoladas.

Primeiramente as amostras foram plotadas em diagramas de Harker para elementos maiores (Figuras 18, 19 e 20). Foram construídas curvas de regressão linear e polinomial para cada um dos seguintes casos:

- 1) Toda a população de amostras;
- 2) As rochas básicas transicionais; e
- 3) As rochas intermediárias a ácidas calcioalcalinas.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

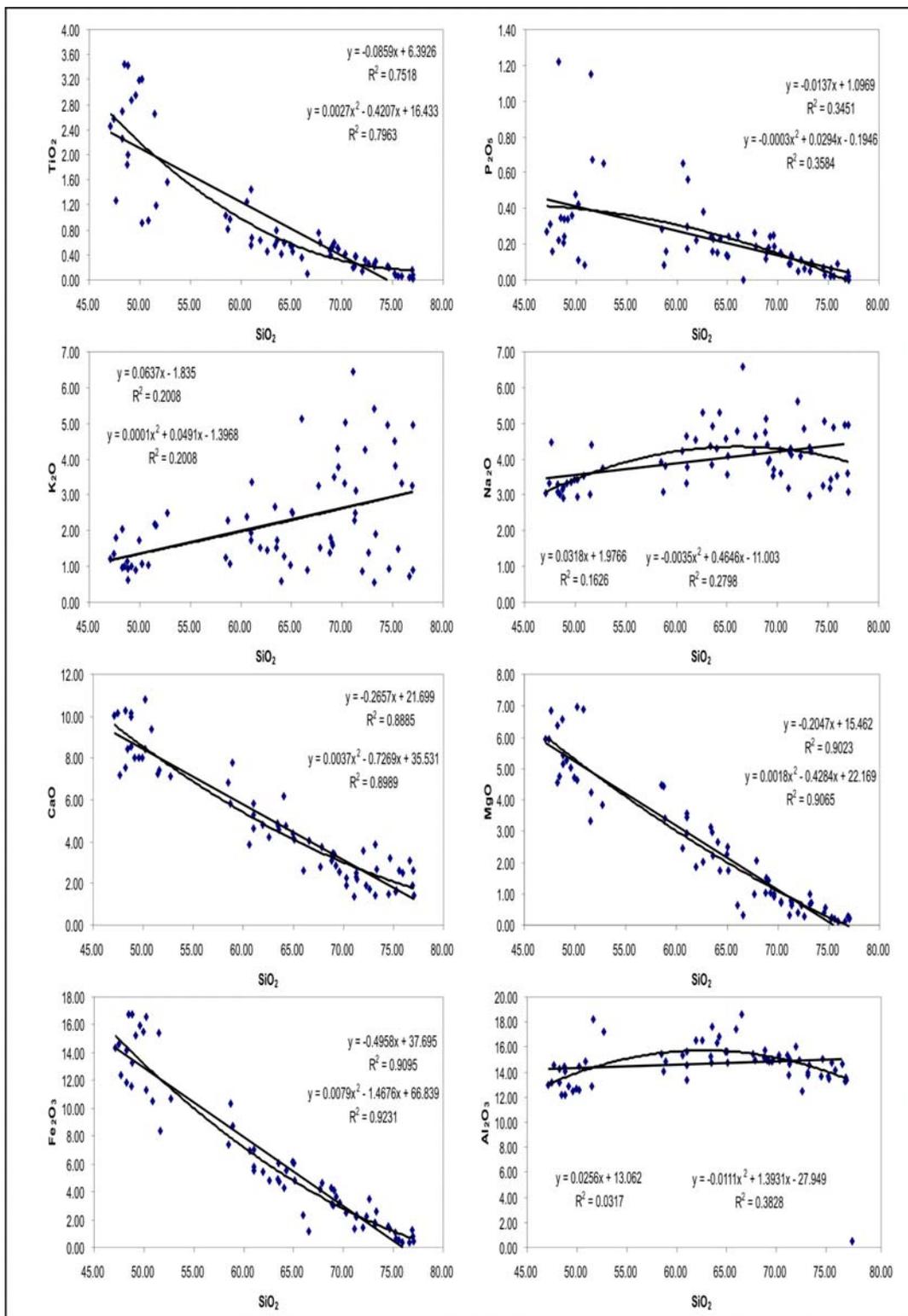


Figura 18 – Diagramas de Harker para elementos maiores com plote de toda a população de amostras do Complexo Mantiqueira. As equações lineares e polinomiais e os valores de R<sup>2</sup> são mostrados em cada gráfico.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

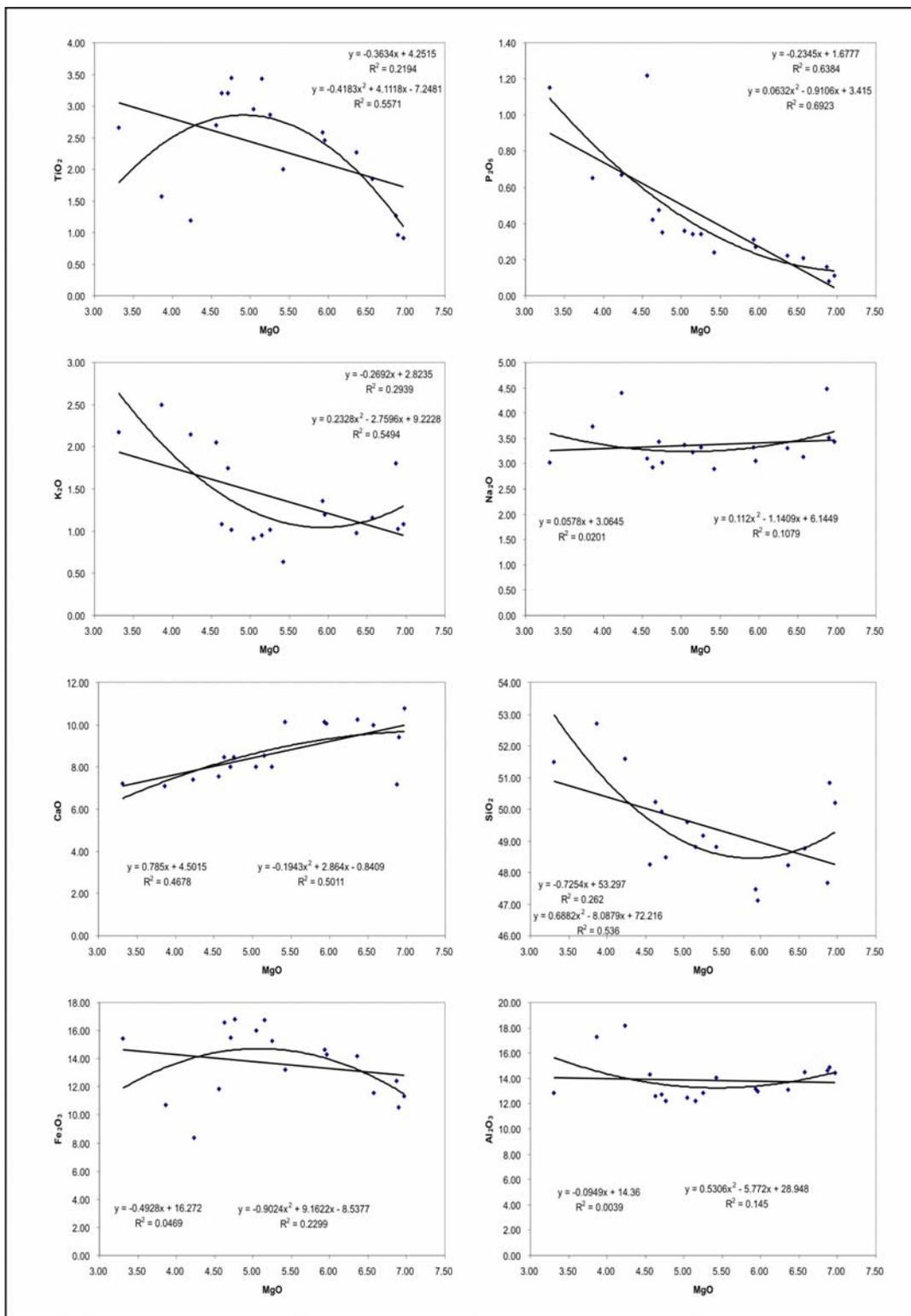


Figura 19 – Diagramas de Harker para elementos maiores com plote das amostras de rochas básicas transicionais do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de  $R^2$  são mostrados em cada gráfico.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

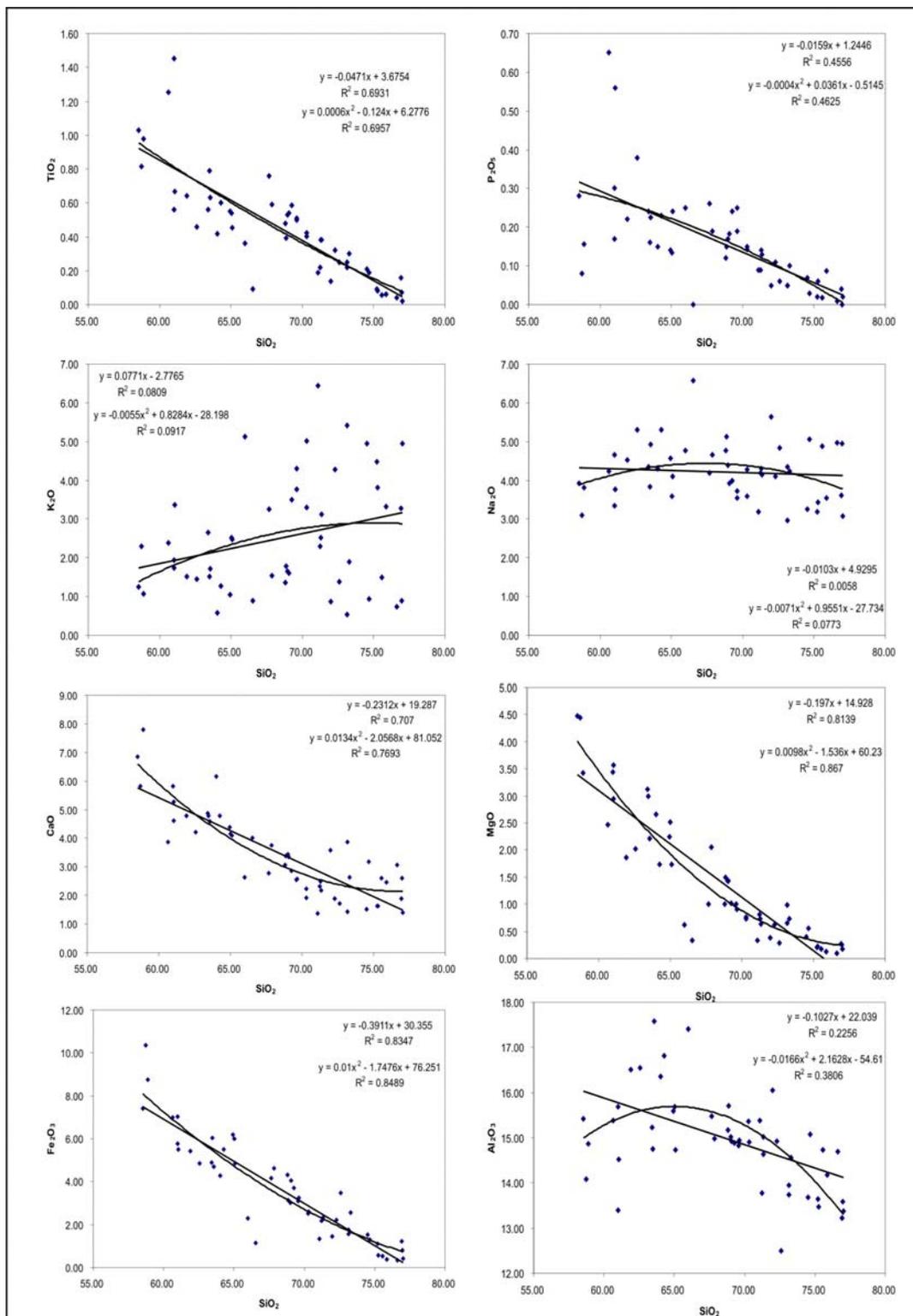


Figura 20 – Diagramas de Harker para elementos maiores com plote das amostras de rochas intermediárias a ácidas de afinidade calcioalcalina do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de  $R^2$  são mostrados em cada gráfico.

A tabela 5 mostra os valores dos quadrados dos coeficientes de regressão ( $R^2$ ) da correlação  $\text{SiO}_2$  x elementos maiores para cada um dos casos considerados (Anexo 2).

Tabela 5 – Valores dos quadrados do coeficiente de regressão linear e polinomial para os elementos maiores das rochas do Complexo Mantiqueira.

| Óxido                              | 1 L    | sig      | 1 P    | sig        | 2L     | sig     | 2P     | sig     |
|------------------------------------|--------|----------|--------|------------|--------|---------|--------|---------|
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0,7518 | > 99,9%  | 0,7963 | > 99,9%    | 0,2194 | <<80%   | 0,5571 | > 80%   |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0,0317 | << 80%   | 0,3828 | 99 – 99,9% | 0,0039 | > 95%   | 0,1450 | > 99,9% |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0,9095 | > 99,9%  | 0,9231 | > 99,9%    | 0,0469 | < 80%   | 0,2299 | 90-95%  |
| <b>MgO</b>                         | 0,9023 | > 99,9%  | 0,9065 | > 99,9%    | 0,0262 | > 90%   | 0,5360 | 90-95%  |
| <b>CaO</b>                         | 0,8885 | >99 9,9% | 0,8989 | > 99,9%    | 0,4678 | > 90%   | 0,5011 | 90-95%  |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 0,1626 | 80-90%   | 0,2798 | > 99,0%    | 0,0201 | <<80%   | 0,1079 | < 80%   |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 0,2008 | < 80%    | 0,2008 | < 80%      | 0,2939 | > 99,9% | 0,5494 | > 99,9% |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0,3451 | > 99,9%  | 0,3584 | > 99,9%    | 0,6384 | > 90%   | 0,6923 | 90-95%  |

| Óxido                              | 3L     | sig      | 3P     | sig    |
|------------------------------------|--------|----------|--------|--------|
| <b>TiO<sub>2</sub></b>             | 0,6931 | >99,9%   | 0,6570 | >99,9% |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0,2256 | <80%     | 0,3806 | 95-99% |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> | 0,8347 | >99,9%   | 0,8489 | >99,9% |
| <b>MgO</b>                         | 0,8139 | >99,9%   | 0,8670 | >99,9% |
| <b>CaO</b>                         | 0,7070 | >99,9%   | 0,8079 | >99,9% |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>             | 0,0058 | <80%     | 0,0773 | <80%   |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>              | 0,0809 | <80%     | 0,0917 | <80%   |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>  | 0,4556 | 99-99,9% | 0,6570 | >99,9% |

- 1 – Toda a população de amostras (n = 68)  
 2 – Série Transicional (rochas básicas) (n = 18)  
 3 – Série Calcioalcalina (rochas intermediárias a ácidas) (n = 50)  
 L – Correlação linear  
 P – Correlação Polinomial  
 sig – nível de significância da correlação

A partir deste tratamento estatístico foi possível concluir que:

- 1) Embora toda a população de amostras dê resultados de alto nível de significância, quando separa-se as duas séries, verifica-se que, pelo menos, parte da linha de tendência (série transicional) não gera resultados com alto nível de significância;

2) As rochas da série transicional não mostram correlações para os elementos maiores (nem lineares nem polinomiais) satisfatórias; apenas os resultados para  $Al_2O_3$  (polinomiais) e  $K_2O$  (lineares e polinomiais) são bons;

3) As rochas da série calcioalcalina mostram bons níveis de significância para a maioria dos elementos maiores:  $TiO_2$ ,  $Al_2O_3$  (só para a correlação polinomial),  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  e  $P_2O_5$ . Para  $Na_2O$  e  $K_2O$ , o grau de significância é baixo, seja para as correlações lineares, seja para as polinomiais. No geral, não há diferenças significantes entre as correlações lineares e as polinomiais.

### 3.2.2.2 Abordagem para elementos traços

Os critérios estatísticos utilizados na abordagem dos elementos (óxidos) maiores foram também utilizados para os seguintes elementos traços: Ni, V, Zr, Hf, Ba e Sr. Para tanto, as amostras foram plotadas em diagramas de Harker (Figuras 21, 22 e 23) e foram construídas curvas de correlação para cada um desses elementos, como feito anteriormente. A tabela 6 mostra os valores do coeficiente de regressão  $R^2$  da correlação  $SiO_2$  x elementos traços para os mesmos casos já considerados.

Tabela 6 – Valores de  $R^2$  para regressões lineares e polinomiais para elementos traços das rochas do Complexo Mantiqueira.

| elm | 1 L    | sig      | 1 P    | sig     | 2 L    | sig    | 2 P    | sig    |
|-----|--------|----------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Ni  | 0,4946 | 99-99,9% | 0,5095 | > 99,9% | 0,5755 | <80%   | 0,6192 | <80%   |
| V   | 0,7072 | > 99,9%  | 0,7512 | > 99,9% | 0,0243 | <80%   | 0,4383 | 80-90% |
| Zr  | 0,1730 | < 80%    | 0,1738 | < 80%   | 0,5254 | <80%   | 0,3207 | <80%   |
| Y   | 0,4115 | > 99,9%  | 0,4135 | > 99,9% | 0,3858 | <80%   | 0,4042 | <80%   |
| Ba  | 0,0186 | < 80%    | 0,0267 | < 80%   | 0,8112 | 80-90% | 0,5847 | 80-90% |
| Sr  | 0,0022 | < 80%    | 0,0023 | < 80%   | 0,7739 | 80-90% | 0,3296 | >99,9% |
| Ta  | 0,5508 | > 99,9%  | 0,5785 | > 99,9% | 0,0286 | <<80%  | 0,1831 | <80%   |
| Hf  | 0,1867 | 80-90%   | 0,1876 | 80-90%  | 0,6595 | <80%   | 0,8038 | 80-90% |

| elm | 3L     | sig      | 3P     | sig      |
|-----|--------|----------|--------|----------|
| Ni  | 0,3699 | 95-99%   | 0,4843 | 99-99,9% |
| V   | 0,4895 | 95-99%   | 0,6016 | 99-99,9% |
| Zr  | 0,0605 | <<80%    | 0,0618 | 80-90%   |
| Y   | 0,1672 | 99-99,9% | 0,1695 | 99-99,9% |
| Ba  | 0,0242 | <80%     | 0,0360 | <80%     |
| Sr  | 0,0616 | <<80%    | 0,0120 | <80%     |
| Ta  | 0,2183 | 90-95%   | 0,2422 | 90-95%   |
| Hf  | 0,0532 | <<80%    | 0,0554 | 80-90%   |

- 1 – Toda a população de amostras (n = 68)
- 2 – Série Transicional (rochas básicas) (n = 18)
- 3 – Série Calcioalcalina (rochas intermediárias a ácidas) (n = 50)
- L – Correlação linear
- P – Correlação Polinomial
- sig – nível de significância da correlação

Com base no exposto, conclui-se que:

- 1) Para toda a população de amostras, os elementos traços imóveis compatíveis dão correlações de alta significância, sendo, praticamente, iguais as lineares e as polinomiais;
- 2) As amostras da série transicional mostram correlações de baixo nível de significância, tanto lineares quanto polinomiais. Apenas o Sr apresenta correlação polinomial de alta significância (>99,9%);
- 3) As amostras da série calcioalcalina mostram melhores resultados para correlações polinomiais. Foram encontradas boas correlações para Ni, V, Cr e Y.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

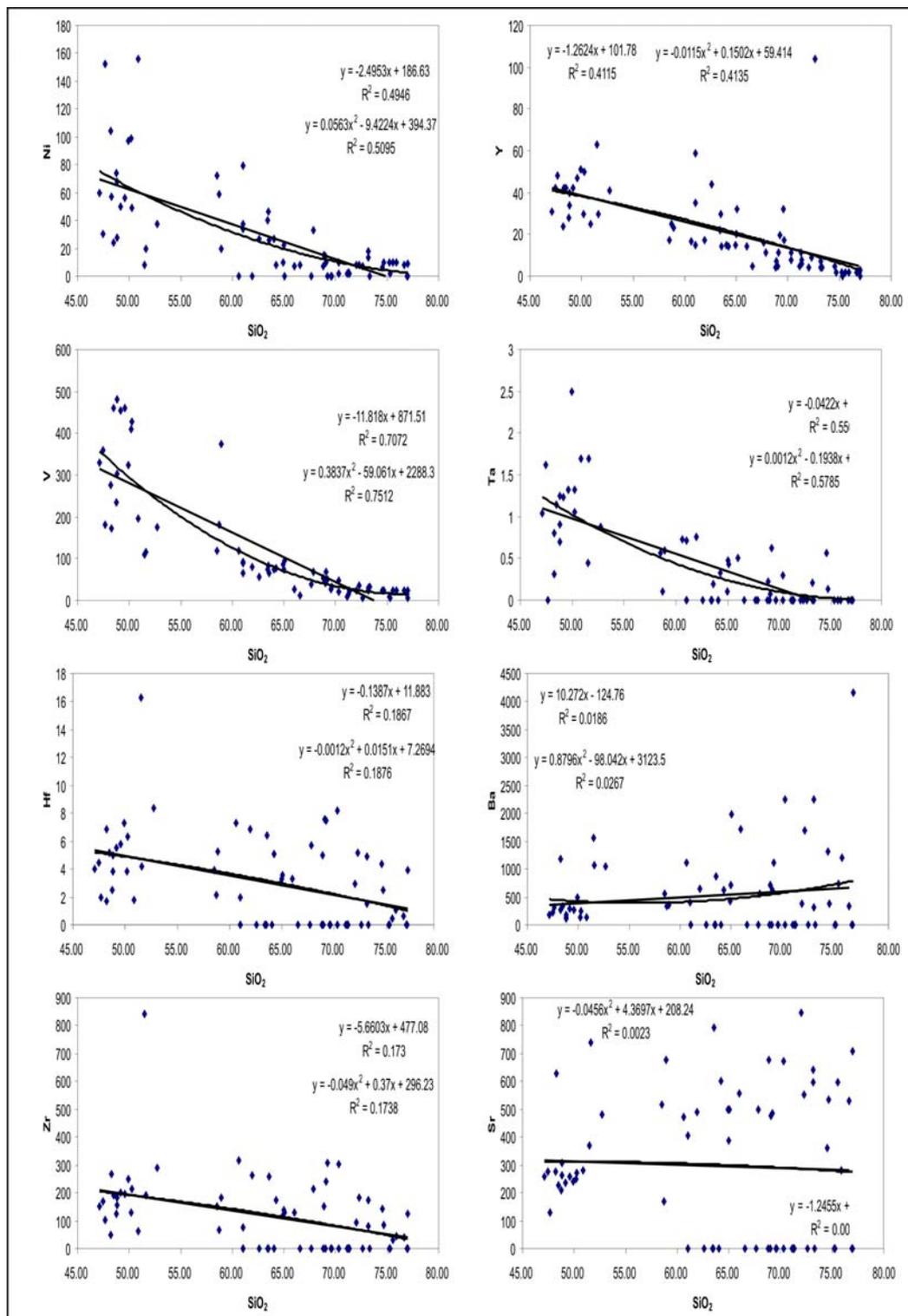


Figura 21 – Diagramas de Harker para elementos traços com plote de toda a população de amostras do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de  $R^2$  são mostrados em cada gráfico.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

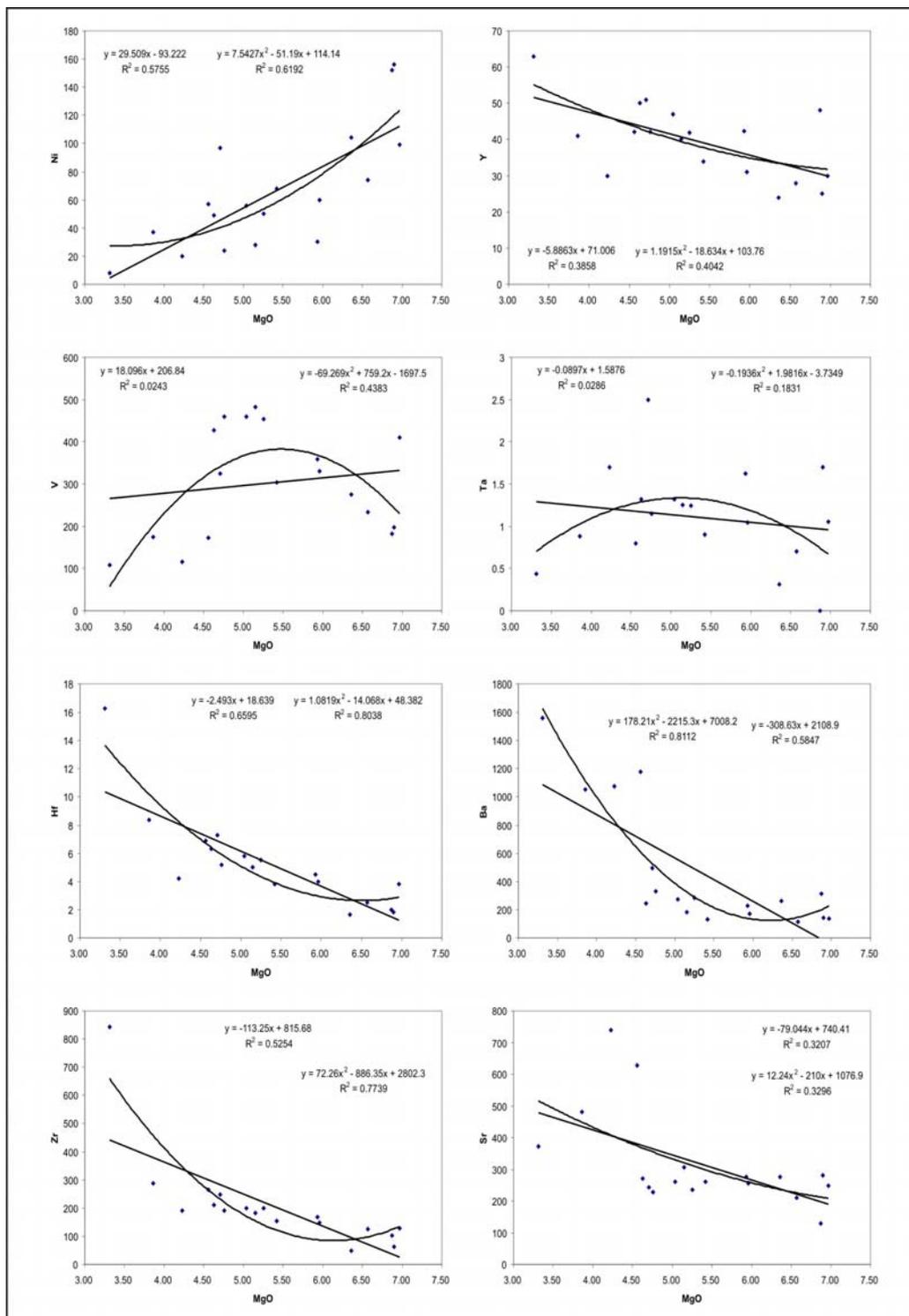


Figura 22 – Diagramas de Harker para elementos traços com plote das amostras de rochas básicas transicionais do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de  $R^2$  são mostrados em cada gráfico.

Geocronologia U-Pb SHRIMP do Complexo Mantiqueira  
na região entre Juiz de Fora e Santos Dumont, Sudeste de Minas Gerais

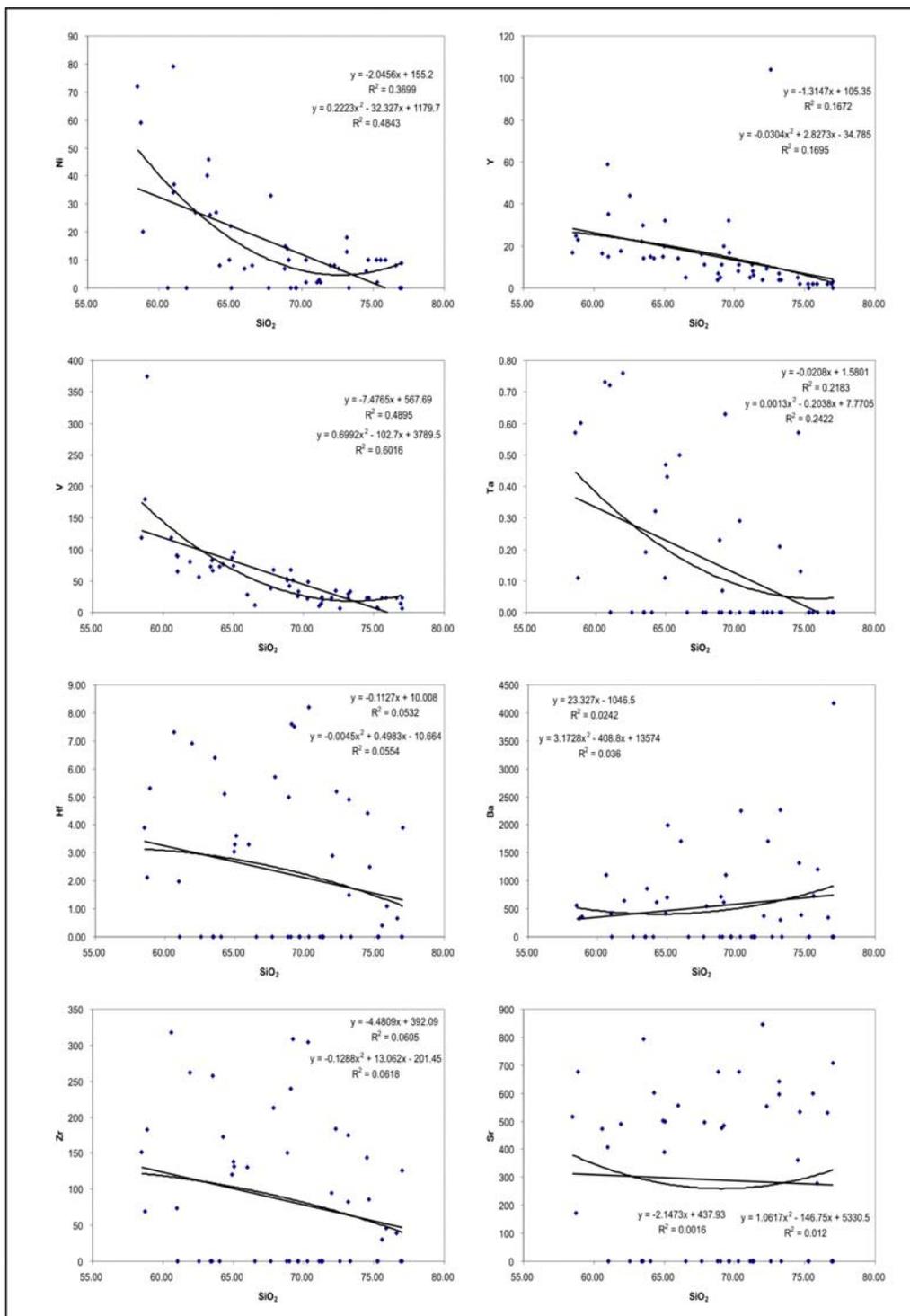


Figura 23 – Diagramas de Harker para elementos traços com plote das amostras de rochas calcioalcalinas do Complexo Mantiqueira. As equações linear e polinomial e os valores de  $R^2$  são mostrados em cada gráfico.