

ARLEI BENEDITO MACEDO

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS
PRINCIPAIS E TRAÇOS EM ROCHAS BASÁLTICAS DA BACIA
DO PARANÁ

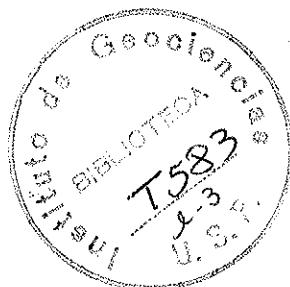
Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade
de São Paulo.



SÃO PAULO
1979

ARLEI BENEDITO MACEDO

ESTUDO ESTATÍSTICO DAS RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS
PRINCIPAIS E TRAÇOS EM ROCHAS BASÁLTICAS DA BACIA
DO PARANÁ



Dissertação de Mestrado apresentada ao
Instituto de Geociências da Universidade
de São Paulo.

DEDALUS - Acervo - IGC



30900005125

Orientador :
Prof. Dr. Nabor Ricardo Rüegg

SÃO PAULO
1979

Í N D I C E

CAP. 1 - O PROBLEMA	1
1.1 - Introdução	1
1.2 - Estudo das relações entre elementos por meio de características físicas e químicas	3
1.2.1 - Estrutura atômica dos elementos	3
1.2.2 - Propriedades cristaloquímicas dos elementos	4
1.2.3 - Variações na estrutura e composição dos minerais	8
1.2.4 - Condições de cristalização dos minerais	9
1.2.5 - Adsorções, absorções e contaminações	10
1.2.6 - Considerações finais sobre a utilização de propriedades físicas e químicas	11
1.3 - Estudo de relações entre elementos por meio de suas correlações estatísticas	12
1.3.1 - Retrospecto histórico	12
1.3.2 - Estudo quantitativo das relações entre elementos	15
1.3.3 - Sequência de estudo	16
CAP. 2 - A AMOSTRA	18
2.1 - Origem e características principais	18
CAP. 3 - TRATAMENTO DOS DADOS	22
3.1 - Técnicas univariáveis	22
3.1.1 - Descrição numérica das distribuições de frequência	22

3.1.2 - Descrição e testes gráficos de distribuição	26
3.1.3 - Comparação da amostra com o total dos dados disponíveis	41
3.2 - Correlação simples	44
3.2.1 - Coeficiente de correlação de Pearson	44
3.2.2 - Coeficiente de correlação de Spearman	50
3.3 - Análise de agrupamentos (Cluster Analysis)	52
3.4 - Regressão múltipla	62
3.4.1 - Regressão dos valores de elementos principais	83
CAP. 4 - ESTUDO DA DIFERENCIACAO POR MEIO DE ELEMENTOS TRAÇOS	
4.1 - Introdução	87
4.2 - O diagrama de La Roche	89
4.3 - Os diagramas de Leterrier e de la Roche	96
4.3.1 - A utilização do diagrama para as rochas da Bacia do Paraná	99
4.3.2 - Regressão dos índices de Leterrier e de La Roche	103
4.3.3 - Estudo detalhado das linhas de diferenciação	106

F Í N D I C E D A S I L U S T R A Ç Õ E S

T A B E L A S

Tabela 3.1	- Valores de assimetria e curtose	23
Tabela 3.2	- Média e desvio padrão	24
Tabela 3.3	- Valores da mediana e dispersão	25
Tabela 3.4	- Valores da estatística D de Kolmogorov e Smirnof	43
Tabela 3.5	- Coeficientes de correlação de Pearson	46
Tabela 3.6	- Coeficientes de correlação de Spearman	49
Tabela 3.7	- Diferenças entre coeficientes de Person e Spearman	51
Tabela 3.8	- Coeficientes cofenéticos a partir do do diagrama segundo Pearson	57
Tabela 3.9	- Coeficientes cofenéticos a partir do diagrama segundo Spearman	58
Tabela 3.10.a	- Equações de regressão sequenciais to- tais para o Rb, passos 1 e 2	69
Tabela 3.10.b	- Equações de regressão sequenciais to- tais para o Rb, passos 3 e 4	72
Tabela 3.10.c	- Equações de regressão sequenciais to- tais para o Rb, passos 5 e 6	73
Tabela 3.10.d	- Equações de regressão sequenciais to- tais para o Rb, passos 7 e 8	74
Tabela 3.10.e	- Equação de regressão e tabela sumário totais	75
Tabela 3.10.f	- Equações de regressão sequenciais, re- tirando o SiO ₂ , passos 1 e 2	78
Tabela 3.10.g	- Equação de regressão final, sem o SiO ₂ e tabela sumário	79

Tabela 3.11	- Parâmetros da regressão dos elementos principais	84
Tabela 3.12	- Equações de regressão de elementos principais	85
Tabela 4.1	- Parâmetros de regressão dos índices de Leterrier e de La Roche	92
Tabela 4.2	- Equações de regressão para índices de Leterrier e de La Roche	93

F I G U R A S

Figura 2.1	- Mapa de localização dos pontos de coleta	19
Figura 3.1.a	- Distribuição de frequência SiO_2	27
Figura 3.1.b	- Distribuição de frequência Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_{total}	28
Figura 3.1.c	- Distribuição de frequência MnO , K_2O	29
Figura 3.1.d	- Distribuição de frequência MgO , CaO , Na_2O	30
Figura 3.1.e	- Distribuição de frequência Ba , Co , Cr	31
Figura 3.1.f	- Distribuição de frequência Cu , Ni , Rb	32
Figura 3.1.g	- Distribuição de frequência Sr , V , Zn , Zr	33
Figura 3.2.a	- Gráficos de frequência acumulativa SiO_2 , TiO_2 , Fe , Al_2O_3 , MnO	35
Figura 3.2.b	- Gráficos de frequência acumulativa MgO , CaO , Na_2O , K_2O	36
Figura 3.2.c	- Gráficos de frequência acumulativa Ba , Co , Cr , Cu	37
Figura 3.2.d	- Gráficos de frequência acumulativa Ni , Rb , Si , V	38

Figura 3.2.e	- Gráficos de frequência acumulativa Zn, Zr	39
Figura 3.3	- Representação gráfica dos coeficientes	47
Figura 3.4	- Dendrograma segundo Pearson	53
Figura 3.5	- Dendrograma segundo Spearman	56
Figura 3.6	- Relação entre os coeficientes de correlação de Pearson e seus cofenéticos	60
Figura 3.7	- Relação entre os coeficientes de correlação de Spearman e seus cofenéticos	61
Figura 4.1	- Diagrama de La Roche	90
Figura 4.2	- Valores observados dos índices de La Roche	94
Figura 4.3	- Valores calculados dos índices de La Roche	95
Figura 4.4	- Diagrama de Leterrier e de La Roche	97
Figura 4.5	- Índices de Leterrier e de La Roche para rochas da Bacia do Paraná	100
Figura 4.6	- Valores observados dos índices de Leterrier e de La Roche, X e Y.	101
Figura 4.7	- Valores observados dos índices de Leterrier e de La Roche, X' e Y'.	102
Figura 4.8	- Valores calculados de X e Y	104
Figura 4.9	- Valores calculados de X' e Y'	105
Figura 4.10	- Linhas de tendência de diferenciação	107
Figura 4.11	- Toleftos	110
Figura 4.12	- Linha de tendência A e C	112
Figura 4.13	- Linha de tendência B	113
Figura 4.14	- Linha de tendência D	114

CAP. 5 - RESUMO E CONCLUSÕES	117
AGRADECIMENTOS	124
BIBLIOGRAFIA	125
APÊNDICE 1	134
APÊNDICE 2	137
APÊNDICE 3	140
APÊNDICE 4	142
APÊNDICE 5	160

C A P I T U L O 1

O P R O B L E M A

1.1 - Introdução

Embora constitua um dos maiores eventos vulcânicos de caráter continental registrados, o magmatismo basáltico da Bacia do Paraná é ainda relativamente pouco conhecido, havendo publicações referentes a ele poucas centenas de análises químicas de rochas. A maior parte dessas análises é fornecida por RÜEGG (1975a, 1976 a e b) que inclui um conjunto de dados obtidos num mesmo laboratório, avaliando ao mesmo tempo o teor de elementos principais e traços. Estes teores foram estudados em diversas ocasiões, enfatizando suas características segundo cada elemento individualmente (RÜEGG, 1975 a e b, 1976 a e b) e sua distribuição regional (RÜEGG, 1975 a e RÜEGG & AMARAL, 1976), ou estudando em bloco os elementos traços ou os elementos principais (MACEDO & RÜEGG, 1974 a e b, RÜEGG, 1975 a).

Entre os problemas que restam a ser estudados em relação às rochas da província encontra-se o das possíveis correlações entre os elementos principais e elementos traços, que podem ou não revelar regularidades que auxiliem no conhecimento da geoquímica destas rochas. Este estudo pode ser feito comparando aos pares os elementos traços e principais, ou efetuado segundo os métodos multivariáveis, que analisam ao mesmo tempo as relações entre todos os elementos envolvidos. No caso da ocorrência de correlações significativas, sua aplicação em processos de regressão talvez permita o estabelecimento de equações de previsão.

são, tornando desta forma viável, entre outras possibilidades, a avaliação da composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná em elementos principais ou traços, a partir de conjuntos de dados alternativos de elementos traços e principais, e a consequente utilização desses resultados para fins de estudos petrológicos. Embora limitada na sua aplicação, uma vez que resultados de correlações são obtidos, em geral, em amostras relativamente pequenas, a possibilidade da utilização desses resultados é importante no caso de regiões geoquimicamente pouco conhecidas, principalmente levando em conta as dificuldades de custo e tempo envolvidas na obtenção de análises químicas completas.

O estudo das relações entre elementos principais e traços e sua utilização para previsão tem sido efetivado por meio de duas abordagens diferentes. De um lado se situa o do estudo das características físicas e químicas dos elementos, e de como elas interagem. De outro lado se situam os estudos das relações entre elementos a partir de resultados quantitativos de análises químicas, submetendo-os a processos algébricos e estatísticos de tratamento de dados. Ambas as abordagens têm trazido contribuições importantes para o conhecimento geoquímico do comportamento dos elementos e suas correlações, porém, isoladamente essas abordagens têm se mostrado com grandes limitações, limitações essas gradativamente superadas à medida que avançam as pesquisas neste domínio do conhecimento. Para a interpretação dos resultados obtidos em estudos de correlação, todos os tipos de informações já existentes sobre o assunto devem ser levados em conta conjuntamente. Por isso, a título de memória, os vários tipos de abordagem do problema serão revistos a seguir.

1.2 - Estudo das relações entre elementos por meio de características físicas e químicas

Os elementos são geralmente divididos, por suas concentrações médias nas rochas, em: maiores, com concentrações superiores a 1%; menores, com concentrações entre 0,1% e 1%; traços, com concentrações inferiores a 0,1% (segundo SHAW, 1964).

Para as finalidades deste trabalho, as duas classes superiores serão agrupadas, ficando a divisão: elementos principais, que ocorrem em concentrações superiores a 0,1% em peso na rocha total, determinando geralmente os minerais formadores de rochas; elementos traços, que ocorrem em concentrações inferiores a 0,1% em peso na rocha total.

A descrição e explicação do comportamento dos elementos é relativamente simples no que se refere aos elementos principais, tornando-se mais complexa à medida em que tratamos dos elementos traços. As diversas características empregadas para a explicação da distribuição dos elementos podem ser assim resumidas, a partir de TAUSON (1965), GONI (1966) e KRAUSKOPF (1972): estrutura atômica dos elementos; propriedades cristaloquímicas dos elementos; variações na estrutura e composição dos minerais; condições de cristalização dos minerais; absorções, adsorções e contaminações.

1.2.1 - Estrutura atômica dos elementos

A classificação fundamental dos elementos, baseada em propriedades físicas e químicas, foi proposta por MENDELEEV em 1869, por meio da tabela periódica. Posteriormente descobriu-se

que a causa da variação periódica das propriedades era o número de elétrons da última ou últimas camadas do átomo envolvidos nas reações químicas.

Uma adaptação conveniente da tabela para fins geoquímicos é apresentada por KRAUSKOPF (1972). Nessa tabela, a característica mais importante do elemento que podemos observar é a sua capacidade de atuar como metal ou não-metal, doando ou recebendo elétrons nas reações químicas. Isto pode ser facilmente observado nos grupos extremos da tabela, mas o comportamento dos elementos torna-se mais difícil de prever nos elementos de transição dos grupos centrais, que podem atuar com várias valências. Outra dificuldade da utilização da tabela é que a capacidade dos elementos de formar ligações iônicas não é quantificada. Apesar dessas dificuldades, verificaremos adiante que os grupos de elementos definidos por meio de coeficientes de correlação concordam em alto grau com sua divisão pelos grupos da tabela periódica.

1.2.2 - Propriedades cristaloquímicas dos elementos

Embora seja apenas uma das formas em que podem ocorrer os elementos traços nas rochas, a substituição dos elementos principais por elementos traços através de diadoquia, ou seja um elemento substituindo o outro na posição ocupada pelo primeiro no retículo cristalino, foi a que mais atraiu a atenção dos pesquisadores, dos quais vários propuseram regras de substituição, através das quais seria possível prever e explicar as relações entre elementos nos minerais. Essas regras empregam várias propriedades:

a - Carga e raio iônico: que deram origem às regras propostas por GOLDSCHMIDT (1937) e que são aqui apresentadas em tradução

livre, conforme resumidas por BURNS & FYFE (1967);

- I - Se dois íons têm o mesmo raio e a mesma carga, eles entrarão em solução sólida num dado mineral em quantidades aproximadamente proporcionais às suas abundâncias (o elemento traço é "camouflado" pelo elemento principal).
- II - Se dois íons têm raios semelhantes e a mesma carga, o menor íon será concentrado preferencialmente nas fases sólidas (a ligação é enfraquecida pelo íon maior, levando a um ponto de fusão mais baixo).
- III - Se dois íons têm raios semelhantes e cargas diferentes, o íon com carga maior entrará preferencialmente na estrutura cristalina (se o elemento traço tiver uma carga maior, ele será "capturado" pelo elemento principal e entrará nas frações que se solidificam primeiro. Se o elemento traço tiver uma carga menor, será "admitido" pelo elemento principal e entrará nas fases de solidificação tardia).

Embora estas regras consigam explicar o comportamento de numerosos pares de elementos, como, por exemplo, as substituições de K^+ por Rb^+ em feldspatos potássicos e a concentração de Rb em feldspatos formados tarde, elas falham na explicação do comportamento de outros. Por exemplo, os íons Fe^{2+} e Mg^{2+} têm raios muito semelhantes aos do Zn^{2+} , sem que este seja apreciavelmente substituído por aqueles. Outros exemplos: Ni^{2+} e Mg^{2+} têm raios semelhantes, sem mostrar substituição nos minerais ferromagnesianos, enquanto que os íons de Fe, que têm raios bem diferentes dos de Si, Al e K apresentam grande substituição nos ortoclásios ferríferos (GONI, 1966).

Além disso, segundo TAUSON (1965), poucos consideram os íons como esferas rígidas incapazes de serem comprimidas, todas do mesmo diâmetro. Formas esféricas apresentam apenas os participantes de ligações puramente iônicas. Uma série de fatores pode alterar a forma e o tamanho dos íons de um elemento, quando ele participa de uma estrutura cristalina. BELOV & VORONKOV (in TAUSON, 1965), bem como LAFFITTE (1957), RAMBERG (1952), BURNS & FYFE (1967), mostram-nos como estas variações podem ser causadas por diferenças na estrutura dos cristais, número de coordenação, covalência das ligações, condições de temperatura e pressão na cristalização, polarização causada por outros íons do retículo e transformações energéticas no interior dos íons.

b - Potencial de ionização: AHRENS (1952, 1953) observa coerência geoquímica entre elementos cuja razão entre potenciais de ionização é menor que 1,5. Ahrens também define a Intensidade Elétrica (F) como a razão entre o potencial de ionização de um íon e seu raio, e enuncia a regra: "Quando dois cátions da mesma carga e raio semelhante estiverem em concorrência por um sítio estrutural em um cristal em crescimento, aquele que possuir a maior intensidade elétrica deve ser incorporado em primeiro lugar". Ahrens nota também que a ordem de incorporação é afetada também pela estabilidade da ligação M-O e a disposição estereoquímica das ligações M-O, o que faz com que a regra seja limitada por fatores difíceis de estimar, perdendo grande parte de seu valor. RINGWOOD (1955 a) nega qualquer valor à regra, apontando casos que a ela não obedecem e declara que o valor de F é a medida da intensidade elétrica apenas quando os elementos já se encontram no retículo, não servindo para previsão de seu comportamento.

c - Eletronegatividade: RINGWOOD (1955 a) lembra um fato importante: as ligações nos silicatos não são puramente iônicas, mas apresentam um certo grau de covalência, governado pelas diferenças em eletronegatividade dos elementos participantes. Considerando os cátions, quanto menor a eletronegatividade, mais iônica e consequentemente mais forte será a ligação com o ânion. RINGWOOD apresenta a seguinte regra:

"Sempre que for possível a diadoquia em um cristal entre dois elementos que possuam eletronegatividades sensivelmente diferentes, o elemento com a maior eletronegatividade será preferencialmente incorporado, porque forma uma ligação mais forte e mais iônica que o outro".

RINGWOOD declara que na prática esta regra se aplica quando a diadoquia se dá entre elementos com diferença de eletronegatividade maior que 0,1, aplicando-se as regras de GOLDSCHMIDT quando a diferença for menor.

Em artigo posterior, RINGWOOD (1955 b) acrescenta a propriedade dos íons de cargas elétricas e potenciais iônicos elevados formarem complexos, unindo-se ao oxigênio, atuando esse complexo como uma unidade durante a cristalização magmática. SHAW (1964) concorda com isto, apontando no entanto exemplos, tais como os de ilmenita e magnetita, que se concentram em rochas de cristalização precoce, ao contrário do que seria de se esperar segundo as regras de formação de complexos de RINGWOOD.

TAUSON (1965) aponta críticas a essas regras, mostrando que para sistemas de multicomponentes a elevadas temperaturas e pressões, tais como os magmas, é obviamente insuficiente estimar a natureza da ligação entre elementos apenas a partir de eletronegatividades.

d - Propriedades termoquímicas: BURNS & FYFE (1967) e TAUSON (1965) listam uma série de propriedades termoquímicas consideradas como parâmetros na incorporação de elementos traços por minerais, tais como coeficiente energético, energia reticular (calculada a partir de pontos de fusão), calores de formação, etc., mostrando a impossibilidade da previsão do comportamento dos elementos traços através do uso isolado de qualquer destas propriedades, e a necessidade de seu uso integrado para o estudo deste comportamento, além de mostrarem a grande discordância existente na literatura a respeito das propriedades termoquímicas.

1.2.3 - Variações na estrutura e composição dos minerais

As regras até aqui comentadas consideram o fenômeno de substituição ou de fixação de elementos traços em minerais e rochas como se os elementos traços se distribuissem sem qualquer arranjo ordenado dentro da massa cristalina. Alguns autores, tais como De VORE (1955 a e b), BURNS & FYFE (1967), TAUSON (1965) e GONI (1966), mostraram a influência do tipo de mineral e da posição que o elemento traço ocupará dentro da estrutura cristalina para a fixação de quais elementos, de que maneira e em que ordem no retículo.

TAUSON (1965) mostra um exemplo sugestivo, da substituição do K por Rb nas rochas ígneas. O Rb ocorre principalmente no feldspato potássico e na biotita, sendo nesta a razão Rb/K várias vezes maior que naquele. Isto se deve ao maior número de coordenação apresentado pelo K nas biotitas em relação ao que apresenta nos feldspatos (8-9). Ions grandes, como os de Rb, entrarão preferencialmente nas estruturas nas quais terão maior número de coordenação.

1.2.4 - Condições de cristalização dos minerais

Uma série de fatores, ligados às condições de cristalização dos minerais, afetam a distribuição dos elementos traços. De VORE (1955 a) apontou o papel da absorção durante o crescimento cristalino para o fracionamento e distribuição dos elementos, relacionando-a com as condições de equilíbrio químico durante a cristalização. O mesmo autor, em trabalho posterior (1955 b), comentou a ação do núcleo cristalino no controle da incorporação de elementos e seu fracionamento, a partir das características de polarização dos elementos envolvidos. McINTIRE (1963) apresentou os efeitos da temperatura, pressão e composição das fases nos coeficientes de partição dos elementos traços entre as fases cristalinas e líquidas durante a cristalização magmática. SHAW (1964), em trabalho de revisão, comenta todos os fatores que afetam a incorporação de elementos traços, detendo-se na distribuição dos elementos traços durante a cristalização fracionada. TAUSON (1965) revisa o efeito das condições de cristalização na distribuição dos elementos traços, mostrando que alguns deles, como a temperatura e pressão, afetam principalmente as propriedades dos retículos cristalinos, enquanto outros, como as razões de concentração dos elementos e a velocidade de cristalização dos magmas afeta a composição mineralógica das rochas e a distribuição dos elementos traços. Resume ele também o trabalho de SOBOLEV & SOBOLEVA (1948), que considera o efeito da temperatura na formação de misturas diadóquicas. BURNS & FYFE (1967) mostram a necessidade de conhecimento das funções termodinâmicas relevantes em todas as fases envolvidas, para explicação da distribuição dos elementos. O método de estudo desses trabalhos afasta-se dos objetivos desta dissertação, a qual analisará apenas as relações observáveis em análises químicas de rochas totais.

1.2.5 - Adsorções, absorções e contaminações

Em seu trabalho clássico, GOLDSCHMIDT (1937) já apontava a ocorrência de elementos traços em inclusões, absorvidos por superfícies e como impurezas acidentais, admitindo que estas formas não diadóquicas poderiam ter importância quando estudamos a análise da rocha total e não apenas a de minerais isolados.

De VORE (1955 a) considera serem os fenômenos de adsorção atuantes durante o crescimento cristalino o principal fator na distribuição dos elementos traços.

TAUSON (1965), resumindo a literatura até a data, também aponta a importância dos processos não diadóquicos de distribuição e fixação dos elementos traços, em especial dos elementos formadores de minério,

GONI (1966) apresenta as afirmações mais radicais sobre o assunto, firmado em extensas pesquisas de localização de elementos traços em rochas e minerais, usando microssonda eletrônica. Afirma ele:

"Os resultados fundamentais sobre a localização e distribuição dos elementos traços são os seguintes:

- a distribuição dos elementos traços nos minerais e rochas é heterogênea, mesmo no caso de substituições tipicamente diaquicas, no interior de monocristais;
- os elementos traços estão raramente incorporados no retículo cristalino, e muito frequentemente nas descontinuidades naturais ou acidentais do meio: clivagens, juntas, fissuras e deslocamentos contém a maior parte dos elementos traços e é a sua geometria que lhes condiciona a distribuição."

1.2.6 - Considerações finais sobre a utilização de propriedades físicas e químicas

Observando-se em conjunto as propriedades físicas e químicas propostas para explicação e previsão do comportamento dos elementos nas rochas, constata-se que:

- a - A estrutura atômica dos elementos apenas permite prever o comportamento daqueles situados nos extremos da tabela periódica, ficando sua utilização prejudicada no caso dos elementos dos grupos centrais da tabela, que podem atuar com várias valências.
- b - As regras cristaloquímicas têm sua aplicabilidade restrita a minerais puros, além de não possuirem a universalidade necessária para que possam ser aceitas como leis. Embora consigam prever o comportamento de uma grande quantidade de elementos, esse comportamento é alterado por uma série de propriedades, tais como eletronegatividade, formação de complexos, variação de raio iônico, polarização, incorporação de íons às superfícies dos cristais em formação, etc., dando resultados diferentes daqueles previstos utilizando as regras cristaloquímicas.
- c - A grande variabilidade das condições de formação dos cristais, resultando estruturas imperfeitas, bem como das propriedades já citadas, que alteram o comportamento dos elementos traços quando da incorporação, e a interação dinâmica de todos esses fatores, impedem que qualquer dessas propriedades, isoladamente, forneça previsões confiáveis sobre o comportamento dos elementos. Torna-se necessário utilizar ao mesmo tempo várias propriedades, mesmo no caso de minerais puros, para

qualquer previsão.

d - A localização de uma proporção, geralmente importante, e impossível de determinar a priori, de elementos traços situados fora do retículo cristalino, nas descontinuidades acidentais dos cristais, impossibilita explicações e previsões sobre o comportamento do total dos elementos traços em uma rocha usando apenas as suas relações de substituição em minerais.

Em vista de tudo isto, concluimos ser necessária a aplicação de um método de trabalho que parta das relações evidenciadas pelas análises químicas de rochas totais, e que consiga utilizar, ao mesmo tempo, todas as informações disponíveis para a explicação dessas relações e sua aplicação em previsões.

1.3 - Estudo das relações entre elementos por meio de suas correlações estatísticas

1.3.1 - Retrospecto histórico

O primeiro problema a ser tratado estatisticamente, no estudo da geoquímica das rochas ígneas, foi o das distribuições de frequência. RICHARDSON & SNEESBY (1922) elaboraram histogramas que resumiam os dados conhecidos até a data. Os passos seguintes no estudo foram dados por pesquisadores soviéticos (RASUMOVSKY, 1940, 1948; KOLMOGOROV, 1941, in VISTELIUS, 1960). O estudo das distribuições visava descobrir o tipo de função matemática capaz de descrever as frequências observadas, as maneiras de determinar os parâmetros da função e a explicação da gênese das distribuições por processos geológicos. Os autores cita-

dos consideraram como mais provável uma distribuição lognormal para os elementos. Esta hipótese foi também defendida por AHRENS, numa série de trabalhos iniciada por AHRENS (1953), o qual considerou esse tipo de distribuição uma lei fundamental da geoquímica. Essa visão do problema foi criticada, entre outros, por CHAYES (1954), MILLER & GOLDBERG (1955), JIZBA (1959) e VISTELIUS (1959), que contestaram tanto o tipo de função matemática escolhida quanto as explicações nela baseadas para os fenômenos geoquímicos. Uma outra linha de explicação considera as distribuições de frequência assimétricas constatadas na natureza como consequência de amostragem em mistura de populações. Esta linha foi iniciada por DOEGLAS (1946) e seguida, entre outros, por LEPELTIER (1969) e PARSLAW (1964). Análises e levantamentos de trabalhos sobre essas linhas principais e seus desdobramentos são encontrados em AGTERBERG (1974). RÜEGG (1969) comenta a literatura sobre distribuições de frequência de elementos em rochas ígneas e mostra que, para os dados referentes às rochas basálticas da Bacia do Paraná, a interpretação mais coerente é a de mistura de populações. Isto é confirmado em RÜEGG (1975 a), utilizando uma amostragem mais ampla. A composição dessas rochas, as distribuições de frequência dos elementos principais e traços constituintes e a utilização desses dados para estudos de diferenciação foram comentados em RÜEGG (1969, 1970, 1975 a e b, e 1976 a e b), RÜEGG & DUTRA (1965), LETERRIER, de LA ROCHE & RÜEGG (1971), RÜEGG & BERENHOLC (1971) e RÜEGG & WERNICK (1978).

Os métodos de correlação e regressão simples já eram empregados extensamente em Geologia antes da utilização dos computadores (ver SHAW & BANKIER, 1954; MILLER & KAHN, 1962 e KRUMBEIN & GRAYBILL, 1965), datando de 1949 as primeiras reflexões críticas sobre esta utilização (CHAYES, 1949), baseadas princi-

palmente na validade de correlações calculadas em sistemas numéricos de soma constante. O problema foi novamente tratado em CHAYES (1960, 1962), SARMANOV & VISTELIUS (1959), VISTELIUS & SARMANOV (1961), CHAYES & KRUSKAL (1966) e MIESCH (1969), entre outros. Um resumo dos métodos e coeficientes de correlação mais utilizados em Geologia encontra-se em LAFFITE (1972), o qual comenta os métodos não paramétricos e a significância dos coeficientes, bem como a análise de agrupamentos.

Com relação aos métodos multivariáveis aplicados à geoquímica das rochas ígneas, e principalmente basálticas, CHAYES & VELDE (1965) utilizaram a análise discriminante para distinção entre lavas basálticas de tipos diversos, e ISNARD (1970) empregou a análise de agrupamentos para a divisão de fácies geoquímicas em granitos. A análise factorial foi utilizada para estudo em bloco das composições de rochas basálticas em elementos principais por MANSON (1967) e em elementos traços por PRINZ (1967), sendo empregada para estudo da composição das rochas basálticas da Bacia do Paraná por MACEDO & RÜEGG (1974 a e b). O método de análise de tendências por regressão de superfícies polinomiais foi empregado por AMARAL & RÜEGG (1970 a e b) e RÜEGG & AMARAL (1975, 1976), para estudar a variação regional da composição das rochas basálticas da Bacia do Paraná e por RÜEGG & AMARAL (1977) para estudar a variação regional de razões de importância petrogenética nessas mesmas rochas. A análise de correlação e a regressão múltipla foram empregadas em MACEDO & RÜEGG (1976) para o estudo das correlações entre elementos principais e traços em rochas basálticas da Bacia do Paraná.

1.3.2 - Estudo quantitativo das relações entre elementos

Analizando as propriedades empregadas para estudo das relações entre elementos principais e traços nas rochas, conclui-mos ser necessário um método de estudo que parta da composição química das rochas e possa integrar, ao mesmo tempo, todas as informações disponíveis.

O teor de um elemento traço numa rocha, expresso como resultado de uma análise química, deve refletir os fatores que afetam sua origem e determinação, quais sejam:

- a - a quantidade do elemento traço disponível no magma para incorporação na rocha;
- b - a composição da rocha em elementos principais;
- c - as condições de cristalização da rocha;
- d - os fenômenos posteriores à cristalização, que podem modificar o teor do elemento traço na rocha;
- e - os fatores que afetam a sua determinação em laboratório, e que dão origem ao erro analítico.

O método matemático do estudo da geoquímica das rochas propõe considerar as concentrações de elementos principais e traços como variáveis, sendo os valores que assumem tratados segundo processos matemáticos e estatísticos. Segundo LANDIM (1979) são campos de atividade da Geomatemática:

- a - Coleta e processamento de dados: pelo registro sistemático e ordenado de dados e pela representação gráfica que resuma os resultados;

- b - Análise de dados: pela identificação de tendências, agrupamentos e correlações;
- c - Amostragem: pelo fornecimento de critérios segundo os quais cada amostra tenha a mesma chance de ser escolhida que qualquer outra (equiprobabilidade);
- d - Comprovação de hipóteses de trabalho: pela verificação de conceitos ou modelos de processos geológicos;
- e - Previsão quantitativa: utilizada na solução de problemas específicos que envolvam extrapolações.

1.3.3 - Sequência de estudo

Neste estudo serão efetuados procedimentos relacionados a todos os campos citados, na seguinte ordem:

- 1 - Amostragem: partindo de uma amostragem pré-existente (RUEGG, 1975 a), será efetuada a análise de sua aplicabilidade a problemas estatísticos.
- 2 - Coleta e processamento de dados: organização dos dados resultantes das análises químicas mencionadas e sua descrição através de histogramas e curvas de frequência acumulativas.
- 3 - Análise de dados: através dos processos de correlação simples (paramétrica e não paramétrica), análise de agrupamentos e análise de regressão múltipla. Os processos de análise de agrupamentos e análise de regressão múltipla são processos multivariáveis, permitindo eles comparar ao mesmo tempo vários elementos, superando o problema criado pelo estu-

do isolado de elementos ou propriedades.

- 4 - Previsão quantitativa: utilizando as equações de regressão múltipla, será efetuada previsão da composição das rochas basálticas da Bacia do Paraná em elementos principais utilizando elementos traços, e montagem de índices de diferenciação de rochas expressos apenas em elementos traços.
- 5 - Comprovação das hipóteses de trabalho: nos procedimentos listados acima, serão utilizados testes estatísticos para:
 - a - determinação do tipo de distribuição de frequência que apresentam os dados;
 - b - comparação da amostra parcial utilizada com o total de análises disponíveis (RUEGG, 1975a);
 - c - determinação da significância de coeficientes de correlação;
 - d - determinação da significância de coeficientes e equações de regressão.

Os índices de diferenciação utilizando elementos traços serão também testados de forma prática, sendo sua eficiência para estudo da diferenciação das rochas basálticas da Bacia do Paraná comparada à dos índices que utilizam elementos principais.

C A P I T U L O 2

A A M O S T R A

2.1 - Origem e características principais

Os dados químicos utilizados neste estudo são provenientes de análises realizadas para o trabalho de RÜEGG (1975 a) e publicadas em 1976 a e b e estão listados nos apêndices 1 e 2.

Esses dados incluem análises químicas por fluorescência de raios X, por meio de cuja técnica foram determinados os elementos traços Ba, Cu, Ni, Rb, Sr, Zn e Zr e por técnicas combinadas de espectrografia fotoelétrica de emissão, espectrografia de absorção atômica e fotometria de chama foram determinados os elementos principais, aqui representados sob a forma de óxidos: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ (Fe_{total}), MnO, MgO, CaO, Na₂O e K₂O. Pelas mesmas técnicas empregadas para a análise dos elementos principais foram determinados os teores em Co, Cr e V e redeterminados os teores em Ba, Cu, Ni e Sr, já analisados anteriormente por fluorescência de raios X. Detalhes sobre os métodos analíticos podem ser encontrados em RÜEGG (1975 a).

Das análises disponíveis foram utilizadas apenas aquelas em que havia a determinação de todos os elementos em estudo, perfazendo inicialmente 102 análises, que foram posteriormente reduzidas a 77, pelos motivos expostos abaixo:

a - 5 análises foram retiradas devido à sua composição não poder ser classificada como de rocha basáltica (S382, S882, S1561, N378, S1560);

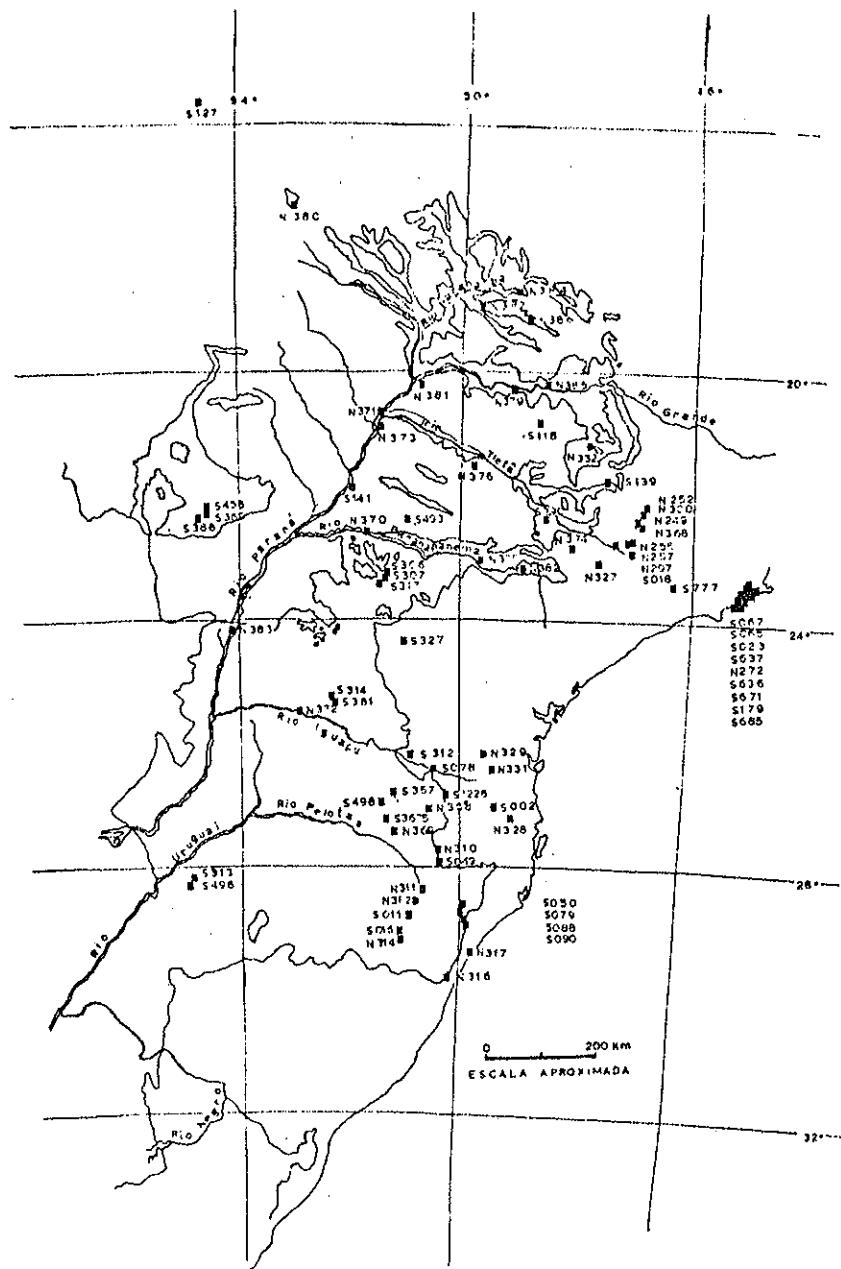


Figura 2.1 - Mapa esquemático de localização dos pontos de coleta das 77 amostras de rochas utilizadas segundo RUEGG (1975, 1976) neste estudo. Localização pormenorizada dos pontos de amostragem em RUEGG (1975a, 1976a).

- b - 2 análises foram retiradas por terem sido coletadas longe da área principal abrangida pelo vulcanismo da província (S1053 e S1054);
- c - 18 análises foram retiradas por sorteio, para regularizar a amostragem por área. A amostragem original concentrava um número muito grande de análises em algumas quadrículas do mapa da figura 2.1, podendo fazer com que os resultados fossem demasiadamente influenciados por essas análises. Para remediar a situação foram retiradas por sorteio amostras das quadriúculas onde eram mais numerosas, tornando a distribuição por área aproximadamente regular. Embora sendo uma amostragem sistemática, esta amostragem não pode ser considerada casual (o que daria equiprobabilidade às rochas da província) pelos seguintes motivos:

Em primeiro lugar, as amostras disponíveis inicialmente já tinham sido coletadas sem um plano de amostragem equiprovável. Essa limitação afeta quase todas as amostragens geológicas, devido à impossibilidade de realizar a coleta segundo um plano regular, dada a limitação causada pela existência e acesso aos afloramentos.

Em segundo lugar, o sorteio para a regularização da amostra por área foi efetuado apenas nas quadrículas onde as análises eram mais numerosas, mantendo inalteradas as quadrículas marginais, nas quais as análises ocorriam em menor número.

Os valores das concentrações, expressos em percentagens de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços em partes por milhão (ppm), podem ser encontrados nos apêndices 1 e 2, estando os locais de amostragem indicados na figura 2.1, sendo detalhadamente descritos nos trabalhos de RUEGG (1975a, 1976a). Em capítulo posterior compararemos a amostra

com o total de dados disponíveis (amostragem de RÜEGG, 1975, 1976).

As rochas das quais são provenientes as análises utilizadas são todas rochas de composição basáltica, constituindo em primeira instância basaltos (extrusivos) e diabásios (intrusivos). Sua composição mineralógica e normativa é comentada em RÜEGG (1975 a). Como pode-se observar pelo mapa da figura 2.1, a distribuição das amostras é ampla, ocupando toda a área de ocorrência dos derrames basálticos da Bacia do Paraná.

Como consequência do tipo de amostragem adotado, o qual herdou os problemas de uma amostragem estabelecida para outras finalidades, acrescidos daqueles inerentes à amostragem de uma área tão grande e complexa, impossibilitando uma amostragem casual equiprovável, os resultados dos procedimentos estatísticos aplicados aos teores só são a rigor válidos para a amostra estudada. No entanto, conforme apontam KRUMBEIN & GRAYBILL (1965), no caso da impossibilidade da extração de uma amostra casual, os resultados de uma amostra intencional podem ser estendidos à população, dependendo a validade das inferências do controle geológico da amostragem.

C A P I T U L O 3

T R A T A M E N T O D O S D A D O S

3.1 - Técnicas univariáveis

As técnicas univariáveis utilizadas para o tratamento dos dados de análises químicas da amostra selecionada foram as seguintes:

a - Descrição numérica das distribuições de frequência, por elemento, utilizando a média aritmética, desvio padrão, assimetria, curtose, mediana e intervalo de variação dos dados, bem como assimetria e curtose dos logaritmos decimais dos dados. Com os valores de assimetria e curtose dos dados brutos e dos logaritmos foi testada a normalidade e a lognormalidade das distribuições.

b - Descrição gráfica das distribuições, através de histogramas dos dados brutos e plotagem de curvas acumulativas em papel de probabilidade aritmética e logarítmica.

c - Comparação da amostra utilizada com estudos semelhantes realizados por RUEGG (1975 a, 1976 a e 1976 b) sobre o total de dados disponíveis na época.

3.1.1 - Descrição numérica das distribuições de frequência

A descrição numérica das distribuições de frequência foi efetuada calculando os valores de média aritmética, mediana,

TABELA 3.1 - Valores de assimetria e curtose, para dados brutos e transformados em logaritmos decimais para proporções em óxidos de elementos principais e teores em elementos traços para 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Os valores críticos para o nível de significância de 5% são 0,82 para curtose e 0,445 para assimetria.

OXIDOS/ ELEMENTOS	CURTOSE	ASSIMETRIA	CURTOSE (log)	ASSIMETRIA (log)
SiO ₂	3,249	1,897	2,452	1,662
TiO ₂	-1,235	-0,307	-0,783	-0,733
Al ₂ O ₃	0,526	0,083	0,477	-0,177
Fe	1,351	-1,286	3,195	-1,900
MnO	0,073	-0,659	1,039	-1,212
MgO	-0,183	-0,432	1,588	-1,417
CaO	0,321	-0,816	1,954	-1,551
Na ₂ O	1,134	0,923	0,158	0,453
K ₂ O	1,039	1,224	-0,363	0,263
Ba	5,757	2,007	0,310	0,241
Co	1,444	0,283	6,602	-2,246
Cr	6,108	1,445	1,651	-1,066
Cu	20,237	4,179	1,526	0,168
Ni	1,912	0,583	1,183	-1,324
Rb	2,628	1,812	0,249	0,398
Sr	1,152	1,083	-0,568	-0,078
V	0,611	-0,243	2,580	-1,640
Zn	3,968	1,520	0,786	0,090
Zr	2,273	0,856	2,065	-1,020

TABELA 3.2 - Média aritmética e desvio padrão das proporções de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços nas amostras parcial (77 análises) e total (RUEGG, 1975 a) de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

OXIDO	PARCIAL		TOTAL	
	MÉDIA (%)	DESVIO PADRÃO (%)	MÉDIA (%)	DESVIO PADRÃO (%)
SiO_2	51,47	5,27	51,30	5,40
TiO_2	2,48	0,91	2,60	1,00
Al_2O_3	13,19	0,93	13,40	1,00
Fe	13,33	2,72	13,40	2,20
MnO	0,20	0,04	0,19	0,04
MgO	4,68	1,54	5,00	1,40
CaO	8,11	2,06	8,00	1,70
Na_2O	2,73	0,43	2,70	0,40
K_2O	1,66	0,78	1,70	0,70
ELEMENTO	MÉDIA (ppm)	DESVIO PADRÃO (ppm)	MÉDIA (ppm)	DESVIO PADRÃO (ppm)
Ba	482	248	535	344
Co	45	17	43	18
Cr	136	61	135	71
Cu	162	150	148	123
Ni	47	27	49	39
Rb	54	38	54	39
Sr	402	202	429	230
V	361	126	340	136
Zn	132	46	128	44
Zr	243	101	253	110

TABELA 3.3 - Valores de mediana e dispersão para as percentagens de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços nas amostras parcial (77 análises) e total (RUEGG, 1975 a) de rochas basálticas da Bacia do Paraná

OXIDO	AMOSTRA TOTAL		AMOSTRA PARCIAL	
	MEDIANA (%)	DISPERSÃO (%)	MEDIANA (%)	DISPERSÃO (%)
SiO ₂	49,6	43,1 - 69,1	49,9	44,7 - 69,1
TiO ₂	2,4	0,25 - 5,30	2,6	0,91 - 3,89
Al ₂ O ₃	13,4	8,6 - 19,8	13,3	10,9 - 15,7
Fe	13,4	5,1 - 22,1	13,9	5,8 - 18,0
MnO	0,19	0,0 - 0,49	0,21	0,10 - 0,29
MgO	4,1	0,9 - 13,2	4,8	1,3 - 7,9
CaO	7,8	0,9 - 12,4	8,5	3,0 - 12,4
Na ₂ O	2,4	0,2 - 4,9	2,7	2,0 - 4,2
K ₂ O	1,1	0,4 - 4,5	1,4	0,62 - 4,1
ELEMENTO	MEDIANA (ppm)	DISPERSÃO (ppm)	MEDIANA (ppm)	DISPERSÃO (ppm)
Ba	385	111 - 2099	421	158 - 1591
Co	38	5 - 99	43	4 - 99
Cr	125	25 - 500	139	28 - 432
Cu	120	14 - 999	140	19 - 999
Ni	38	2 - 350	50	2 - 157
Rb	30	10 - 195	38	10 - 172
Sr	350	123 - 1550	384	123 - 1080
V	325	27 - 751	382	73 - 751
Zn	112	10 - 332	127	55 - 332
Zr	215	52 - 700	237	43 - 659

desvio padrão e intervalo de variação dos teores de cada elemento, bem como os valores de assimetria e curtose (para teste de normalidade) e assimetria e curtose dos logaritmos decimais dos dados (para teste de lognormalidade), utilizando o programa CODEBOOK, do SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), implantado no computador B-6700 do Centro de Computação Eletrônica da Universidade de São Paulo e descritos em NIE, BENT & HULL (1970). Os valores de assimetria e curtose obtidos encontram-se na tabela 3.1, enquanto que os de média aritmética, desvio padrão, mediana e dispersão encontram-se nas tabelas 3.2 e 3.3. Tendo em vista que os valores críticos ao nível de significância de 5% são de 0,82 para curtose e 0,445 para assimetria (PEARSON & HARTLEY, 1966, citado em PRESTON, 1970), no caso de amostra de tamanho igual a 77, podemos considerar como de possível normalidade as distribuições de frequência das concentrações de Al_2O_3 e MgO entre os elementos principais e a de Vanádio entre os elementos traços. São de possível lognormalidade as distribuições de frequência dos teores de Al_2O_3 , Na_2O e K_2O entre os elementos principais e as de Ba, Rb e Sr entre os elementos traços, com os valores de Zn próximos do limite para curtose e muito pequenos para assimetria. A inclusão de Al_2O_3 nas duas listas e o caso do Zn mostram-nos a necessidade de melhores estudos para definir as distribuições de frequência dos dados estudados.

3.1.2 - Descrição e testes gráficos de distribuição

Com o objetivo de estudar as distribuições de frequência apresentadas pelas análises de elementos principais e traços, foram elas agrupadas e descritas na forma de histogramas, apresentados nas figuras 3.1.a até 3.1.g. Para possibilitar a comparação entre a amostra parcial utilizada (77 análises) e a amos-

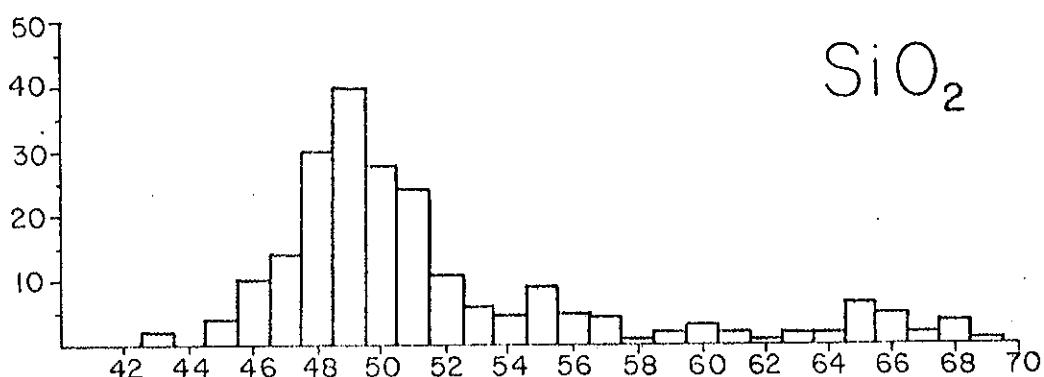
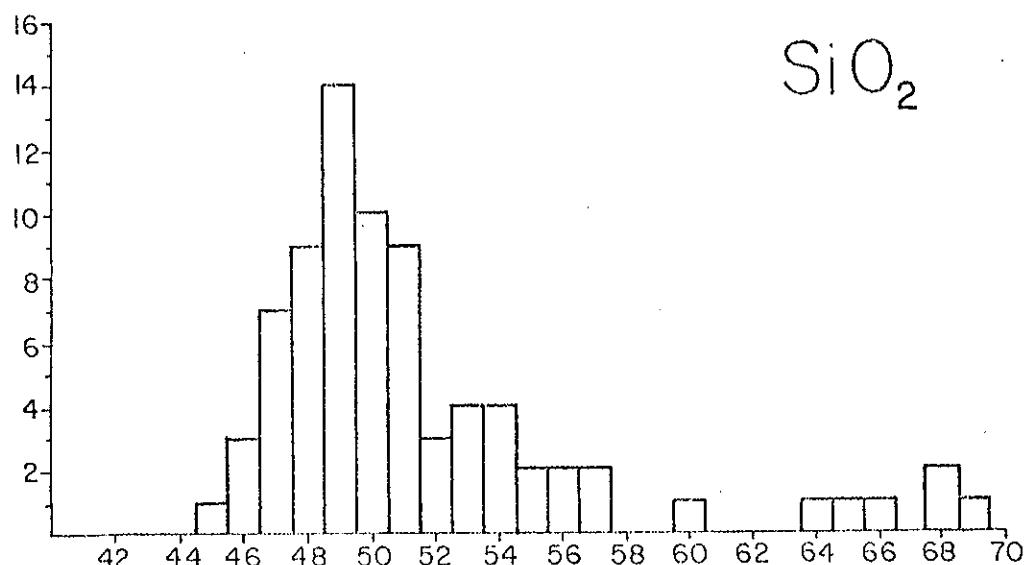


Figura 3.1.a - Distribuição de frequência das concentrações de SiO_2 nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (superior) e total, conforme aparece em RUEGG (1975a, 1976a) (inferior) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

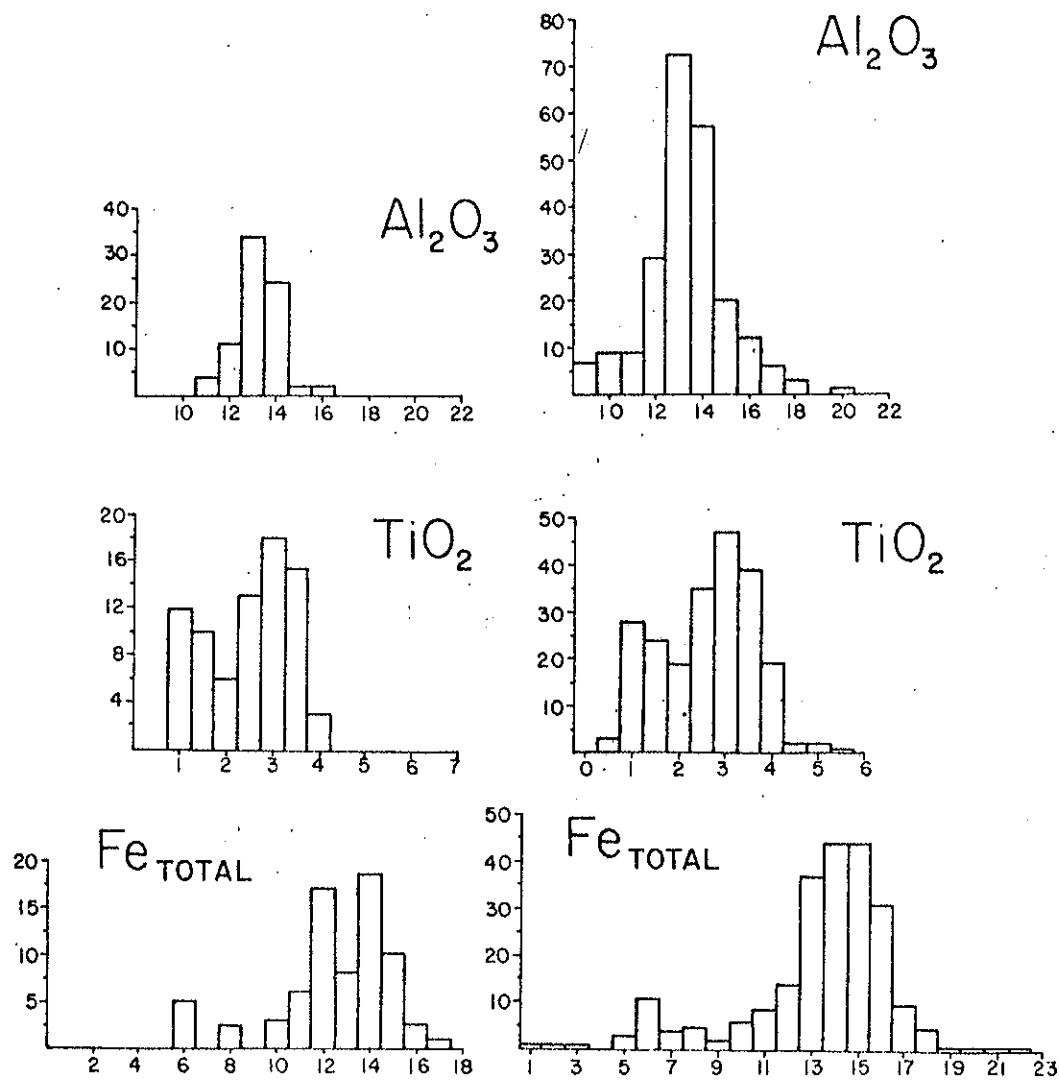


Figura 3.1.b - Distribuição de frequência das concentrações de Al_2O_3 , TiO_2 e $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ (Fe_{total}) nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RUEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

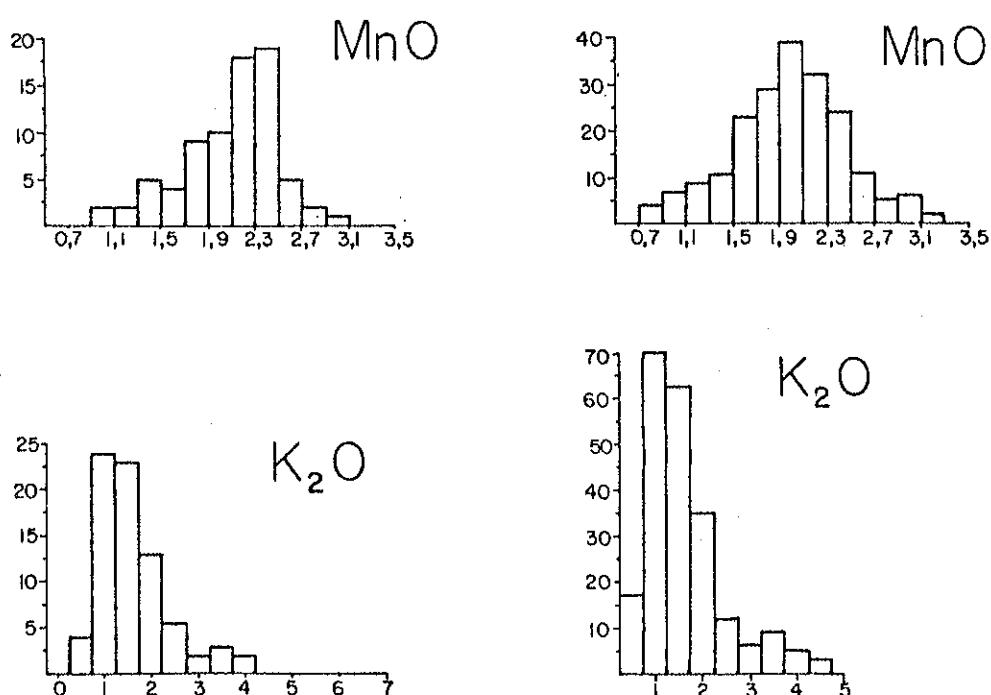


Figura 3.1.c - Distribuição de frequência das concentrações de MnO e K_2O nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RUEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

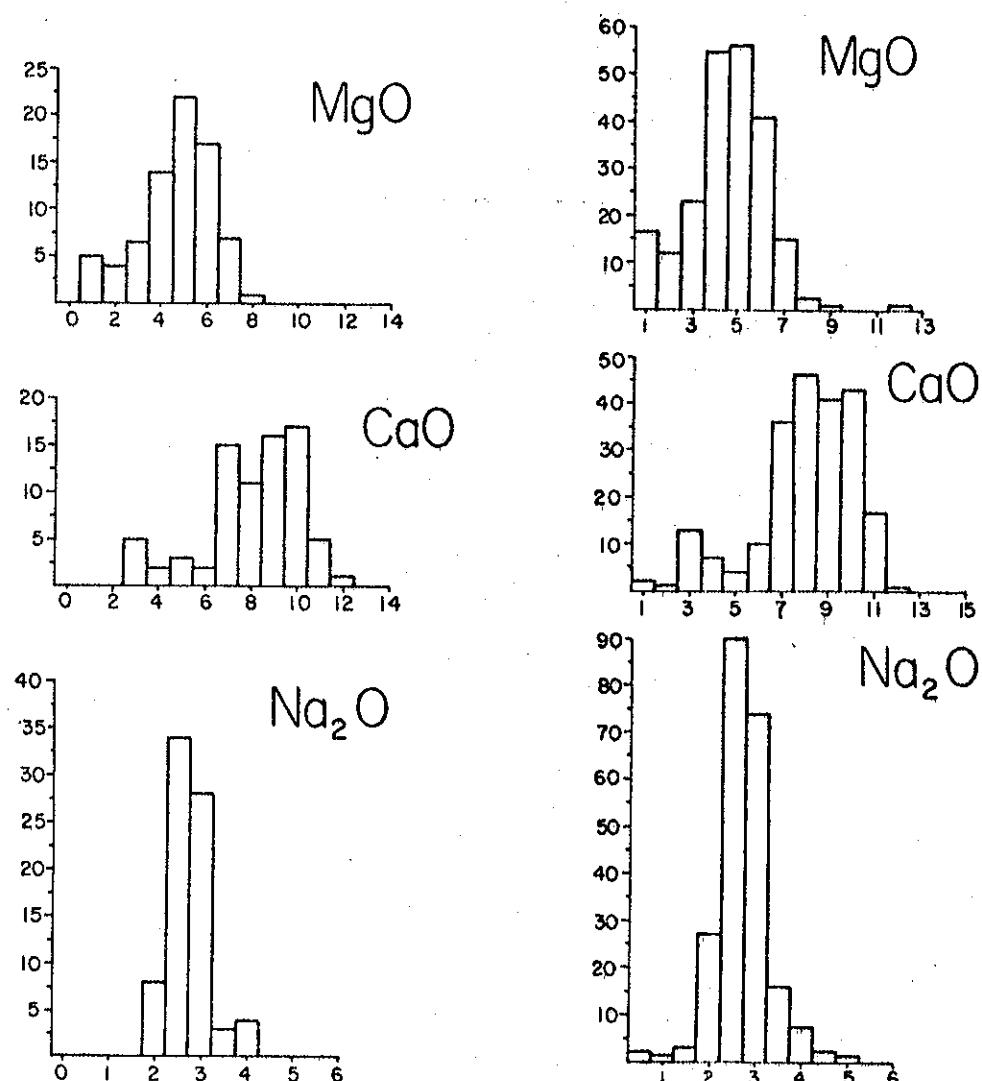


Figura 3.1.d - Distribuição de frequência das concentrações de MgO, CaO e Na₂O nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RUEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

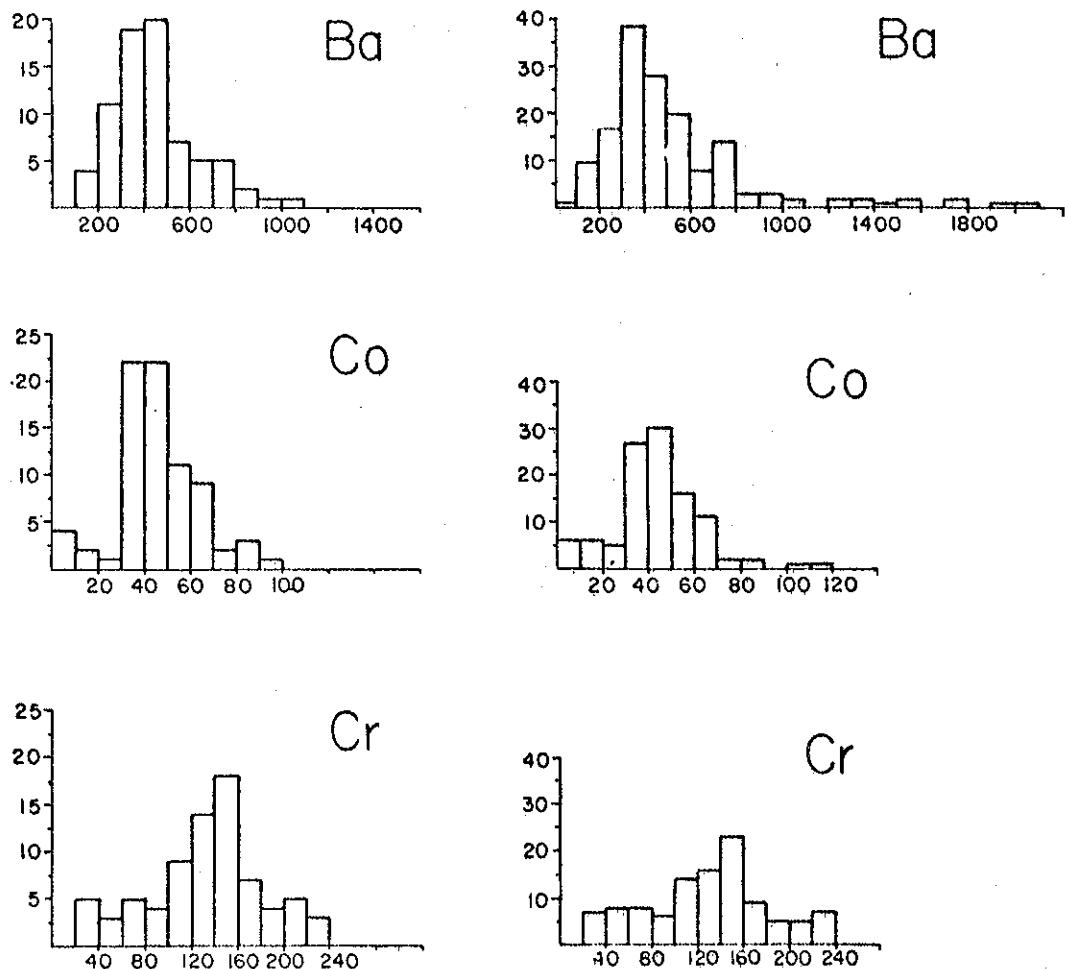


Figura 3.1.e - Distribuição de frequência das concentrações de Ba, Co e Cr nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RÜEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

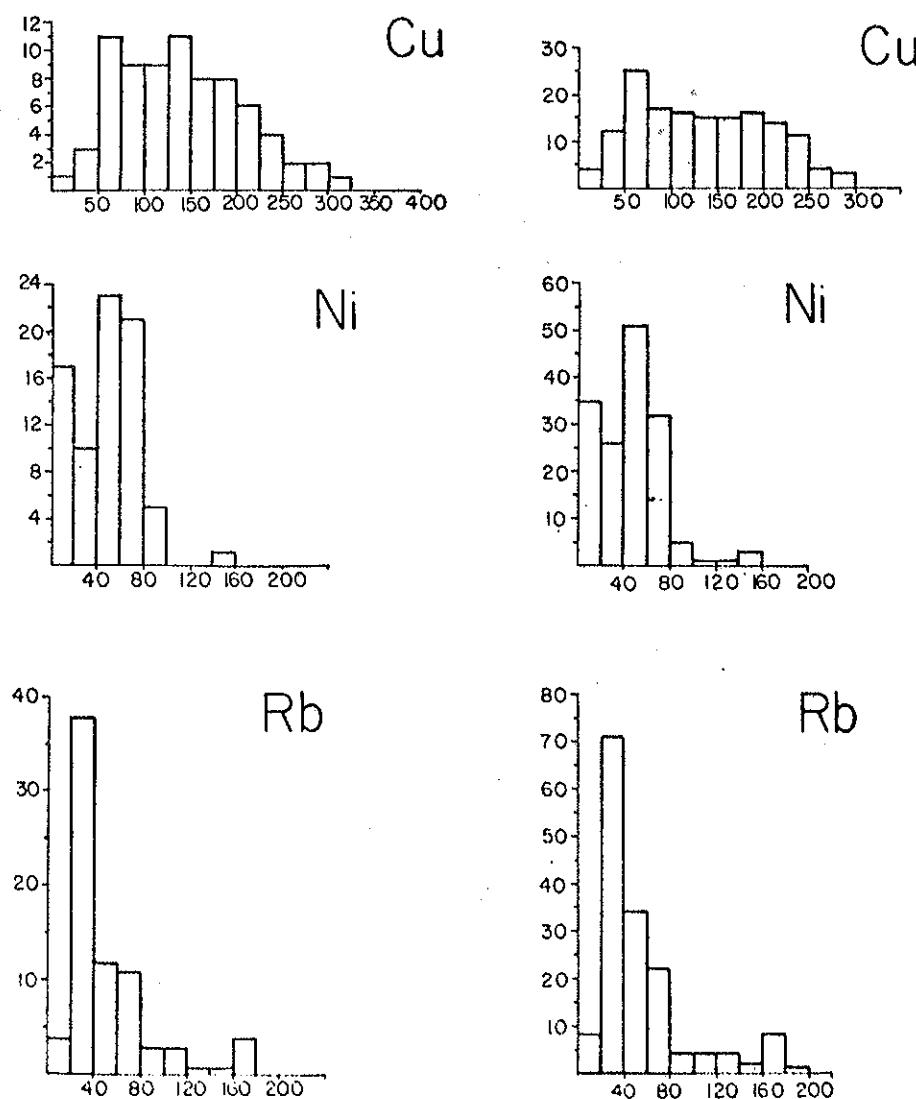


Figura 3.1.f - Distribuição de frequência das concentrações de Cu, Ni e Rb nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RÜEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso; nas ordenadas, frequência absoluta.

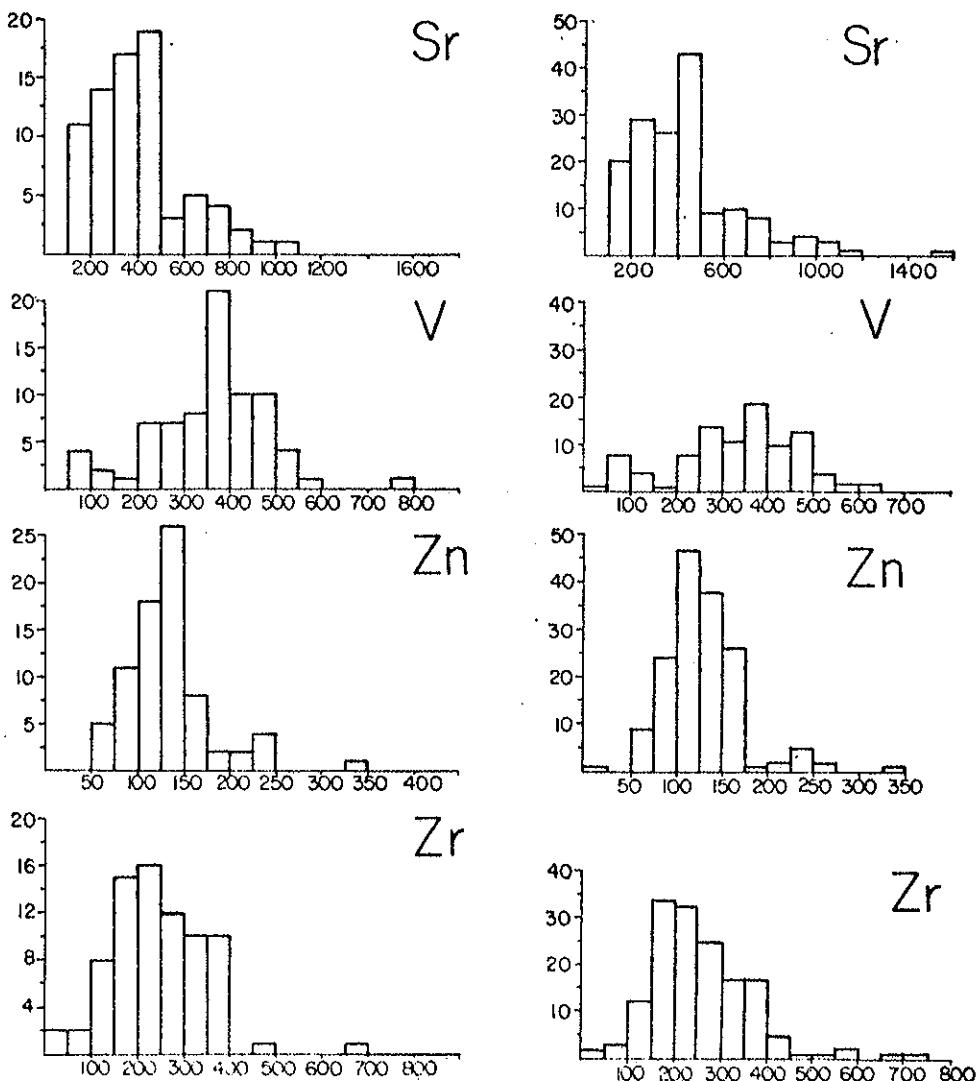


Figura 3.1.g - Distribuição de frequência das concentrações de Sr, V, Zn e Zr nas análises da amostra parcial, selecionada para este estudo (esquerda) e total, conforme aparece em RUEGG (1975a, 1976a) (direita) de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Nas abscissas, percentagem em peso nas ordenadas, frequência absoluta.

tra total utilizada por RÜEGG em seus trabalhos de 1975 e 1976, os histogramas referentes às duas amostras para cada elemento foram desenhados na mesma página e utilizando a mesma divisão em classes de valores. Essa comparação será também feita, utilizando testes numéricos, no tópico 3.1.3.

Como complementação aos testes numéricos de normalidade empregados no tópico anterior, as distribuições de frequência das percentagens de óxidos de elementos principais e dos teores de elementos traços da amostra parcial foram lançadas em gráficos na forma de curvas acumulativas percentuais, utilizando escala de probabilidade nas abscissas, conforme procedimento já utilizado para amostra referente a rochas da província, por RÜEGG, 1970 e em 1975 a, 1976 a e 1976 b para a amostra total ora focalizada. Os gráficos resultantes estão apresentados nas figuras 3.2.a até 3.2.e. Em caso de distribuição normal, os pontos do gráfico que utiliza escala aritmética nas ordenadas devem se organizar numa linha reta; em caso de lognormalidade, ocorrerá a linha reta no gráfico que utiliza escala logarítmica nas ordenadas.

Observando os histogramas e os testes gráficos de normalidade, podemos chegar às seguintes constatações:

- a - Em nenhum dos casos as populações se definem como normais ou lognormais. Os histogramas na maioria dos casos apresentam bi- ou polimodalidade e as curvas acumulativas apresentam um ou vários truncamentos.
- b - Essas irregularidades negam a possibilidade dos dados estudados provirem de uma população simples, com distribuição de frequência dos elementos constituintes normal ou lognormal. A dispersão dos pontos nos gráficos pode ser interpretada co

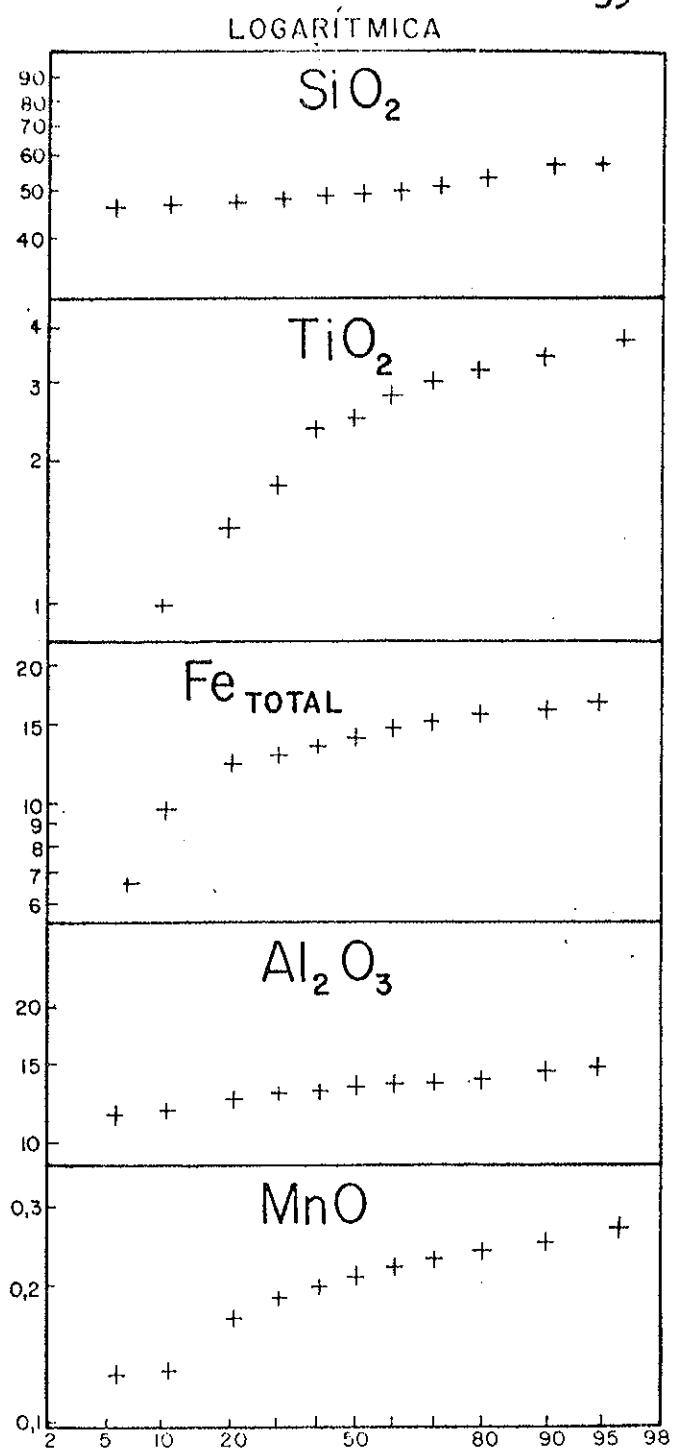
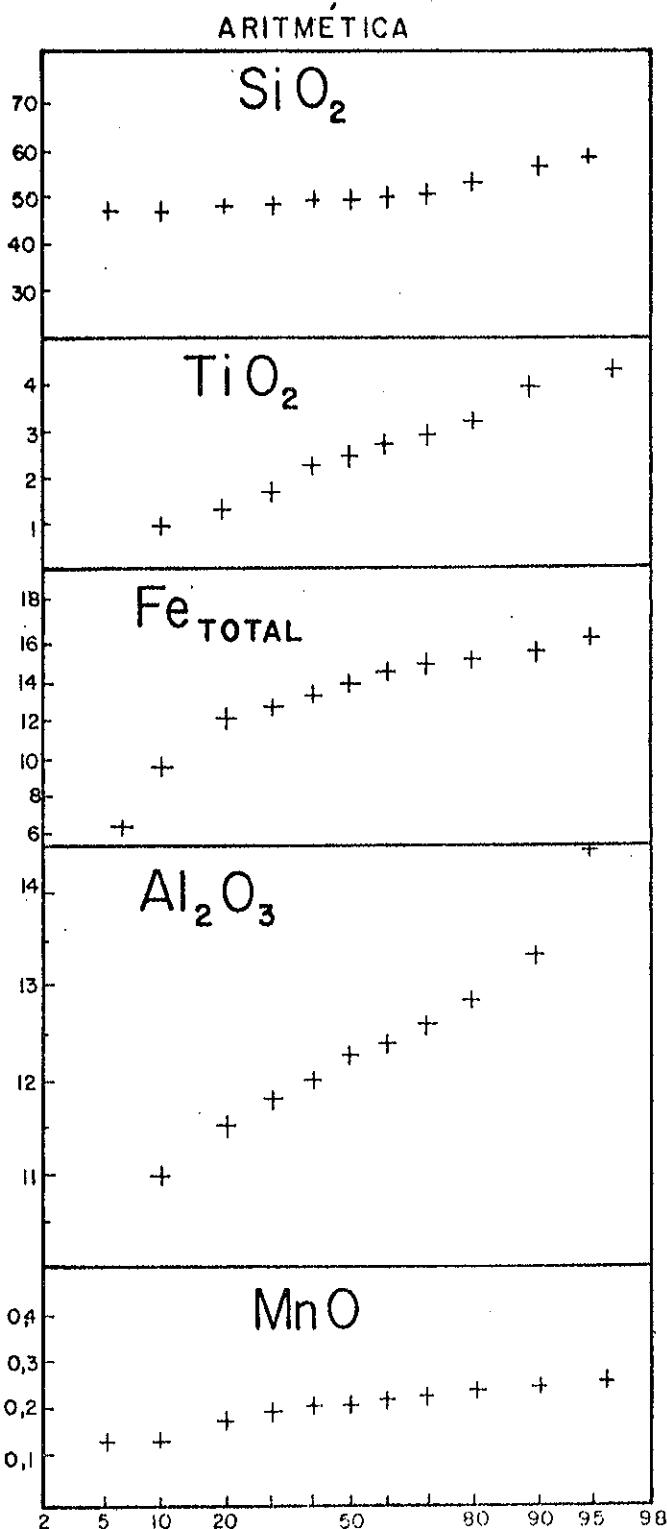


Figura 3.2.a - Gráficos de frequência acumulativa das proporções de SiO_2 , TiO_2 , Fe_{total} , Al_2O_3 e MnO nas análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, utilizada neste estudo. Nas abscissas, percentagem em peso, em escala aritmética nos gráficos da esquerda e logarítmica nos gráficos da direita. Nas ordenadas, frequência acumulada em escala de probabilidade.

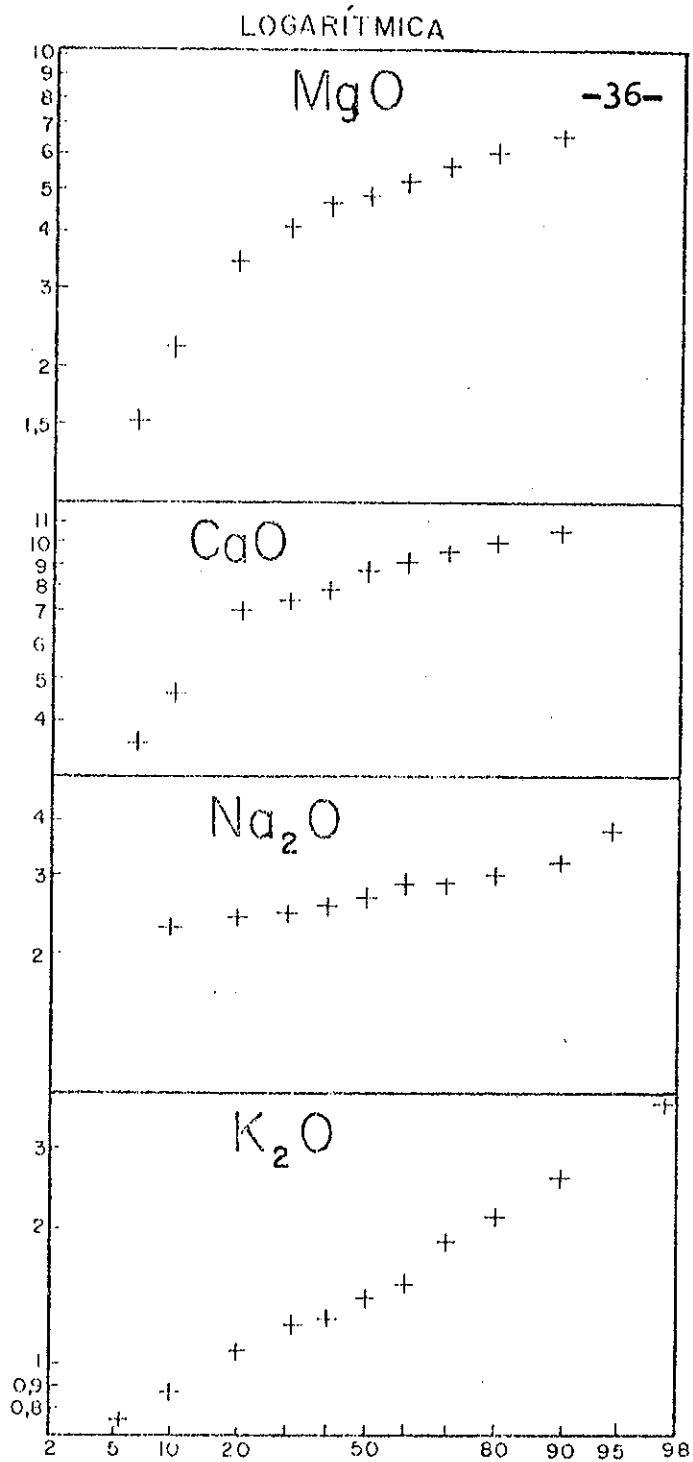
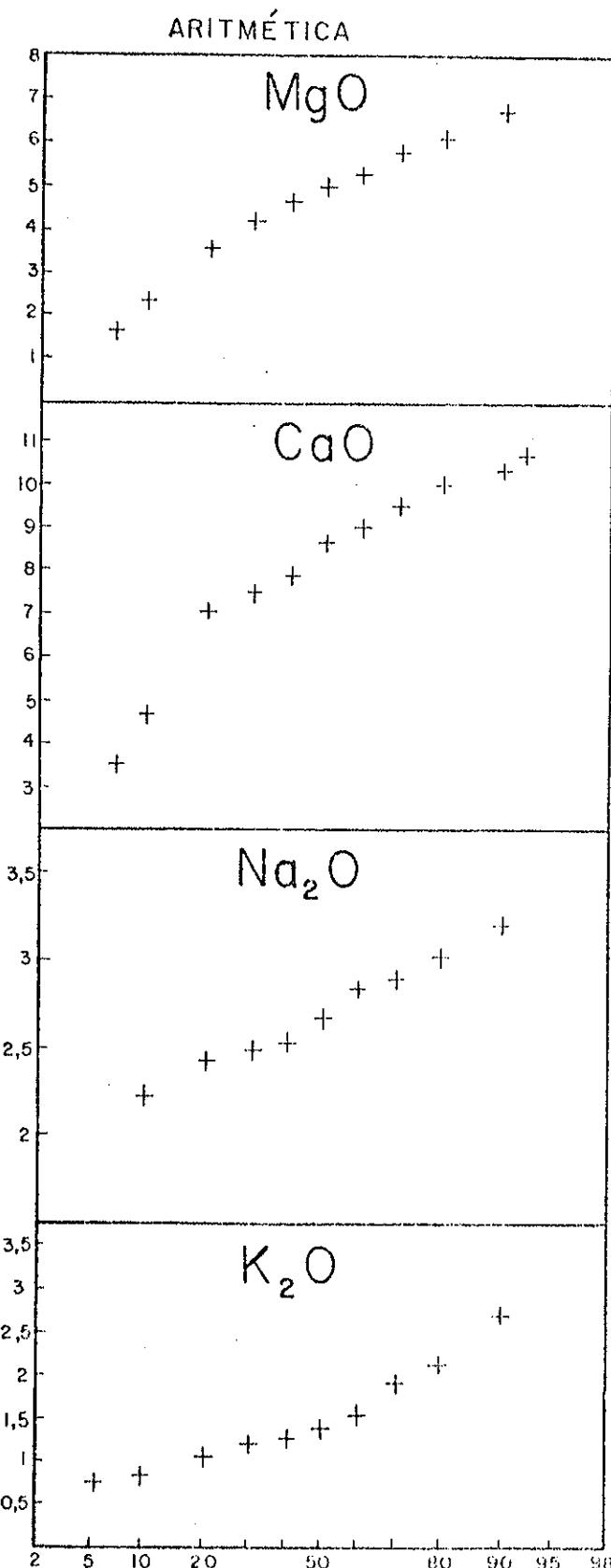
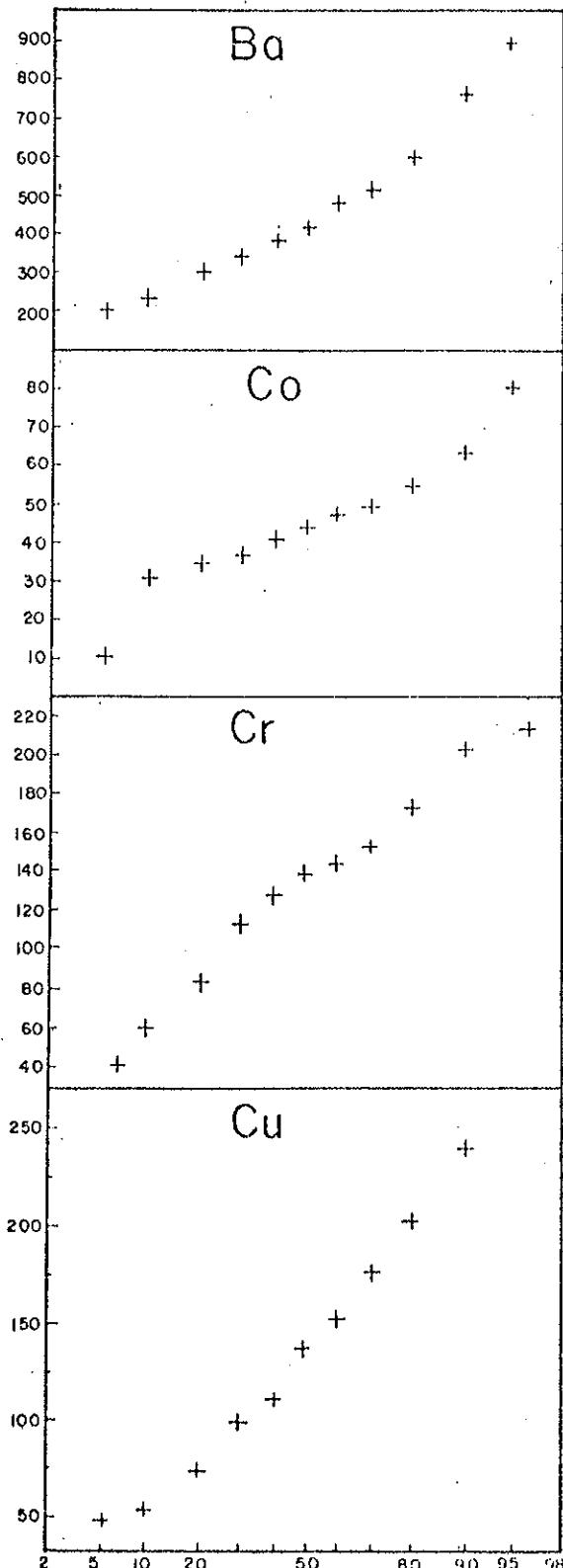
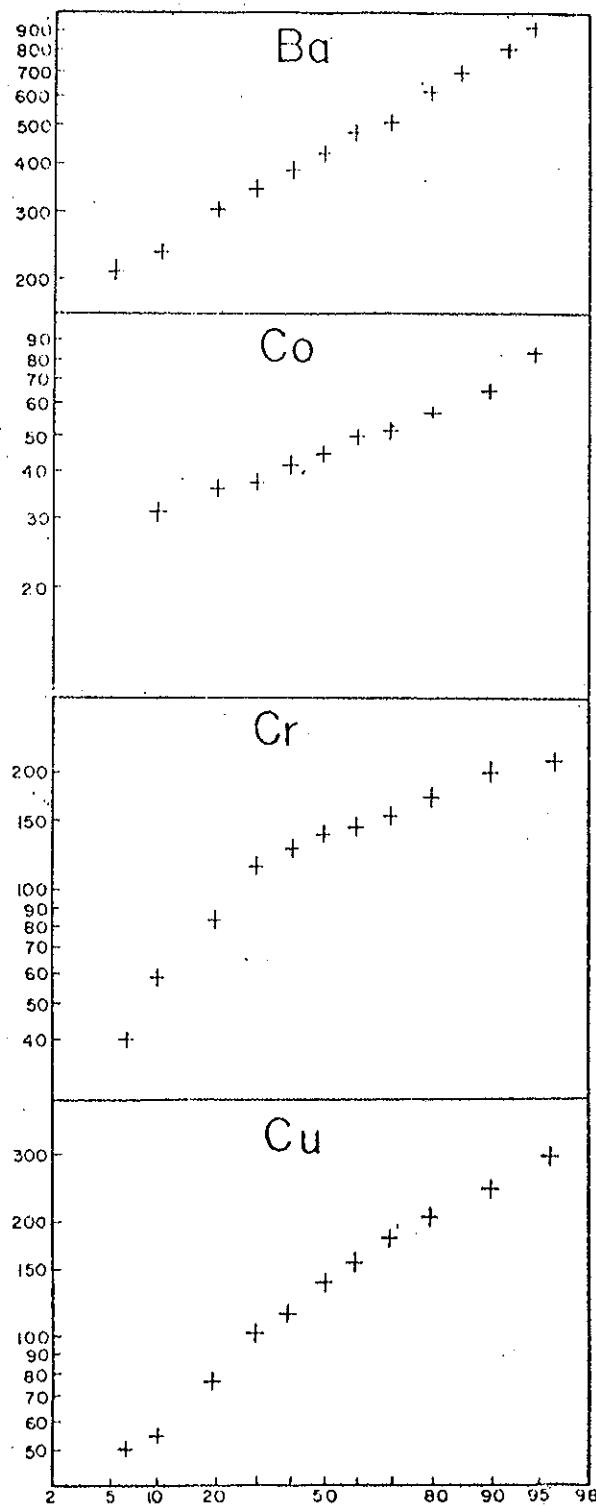


Figura 3.2.b - Gráficos de frequência acumulativa das proporções de MgO, CaO, Na₂O e K₂O nas análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, utilizada neste estudo. Nas abcissas, percentagem em peso, em escala aritmética nos gráficos da esquerda e logarítmica nos gráficos da direita. Nas ordenadas, frequência acumulada em escala de probabilidade.

ARITMÉTICA



LOGARÍTMICA



-37-

Figura 3.2.c - Gráficos de frequência acumulativa dos teores de Ba, Co, Cr e Cu nas análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, utilizada neste estudo. Nas abscissas, percentagem em peso, em escala aritmética nos gráficos da esquerda e logarítmica nos gráficos da direita. Nas ordenadas, frequência acumulada em escala de probabilidade.

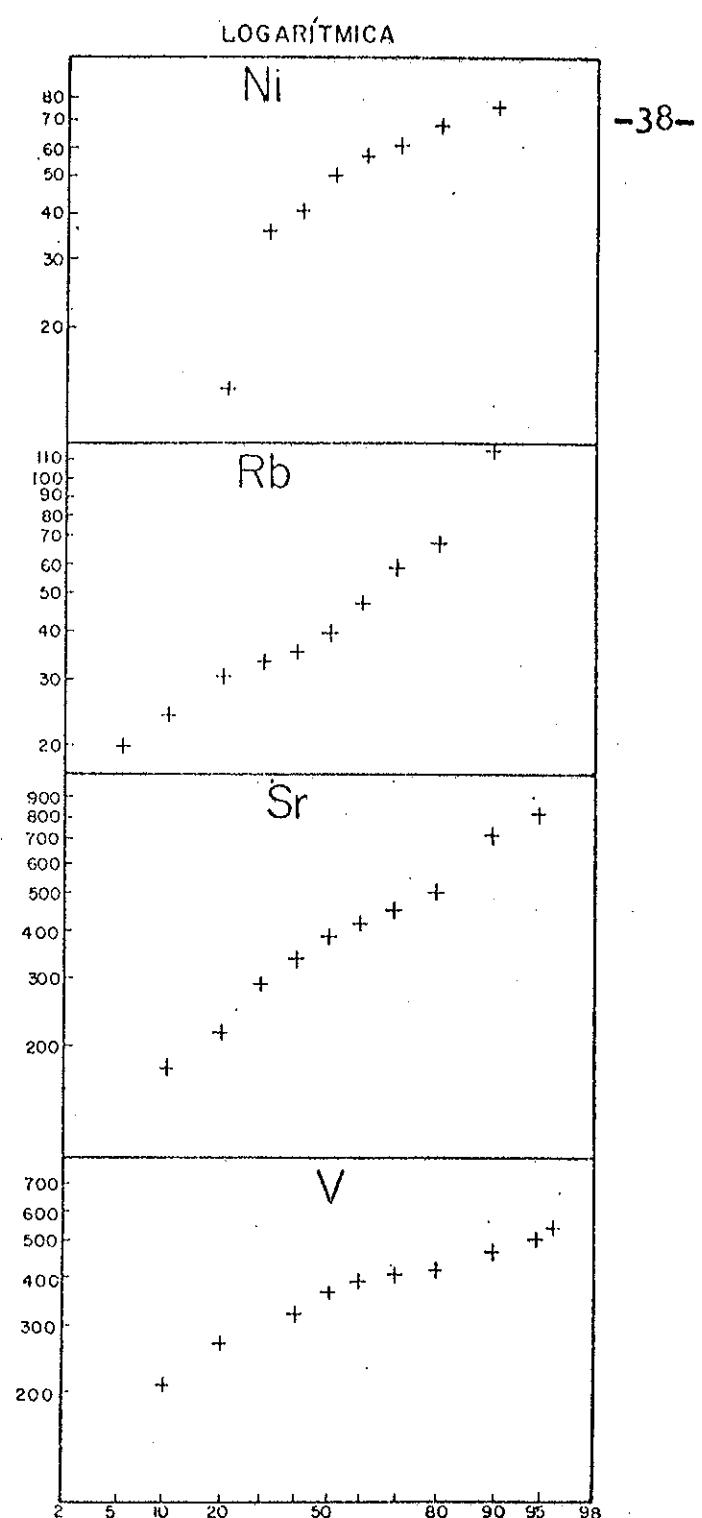
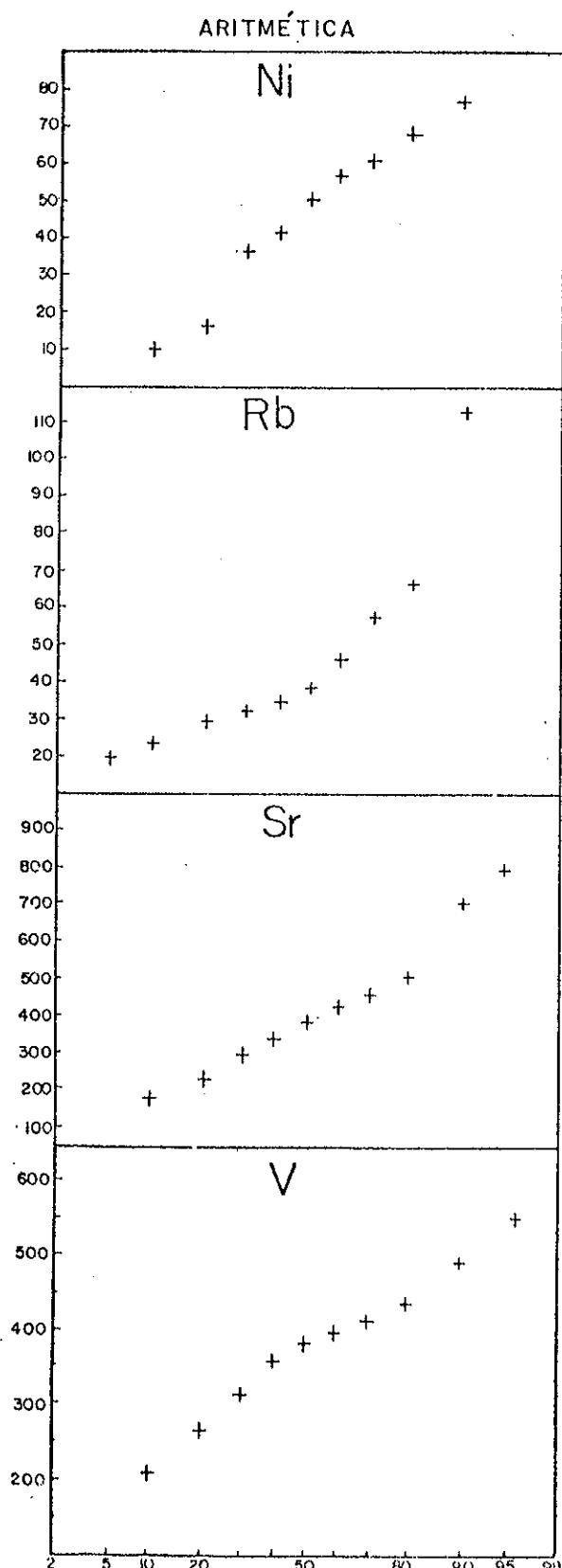


Figura 3.2.d - Gráficos de frequência acumulativa dos teores de Ni, Rb, Sr e V nas análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, utilizada neste estudo. Nas abcissas, percentagem em peso, em escala aritmética nos gráficos da esquerda e logarítmica nos gráficos da direita. Nas ordenadas, frequência acumulada em escala de probabilidade.

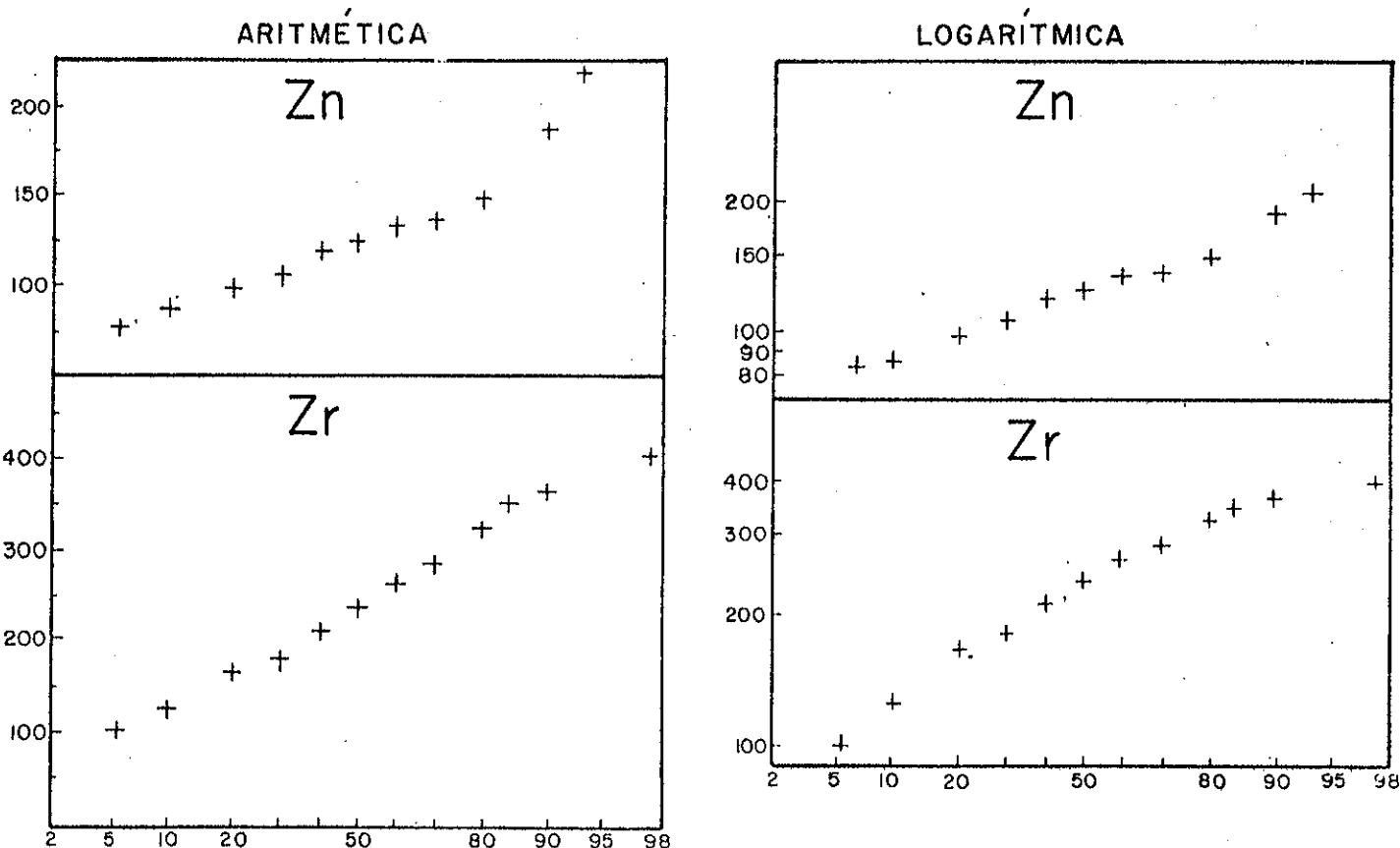


Figura 3.2.e - Gráficos de frequência acumulativa dos teores de Zn e Zr nas análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, utilizada neste estudo. Nas abscissas, percentagem em peso, em escala aritmética nos gráficos da esquerda e logarítmica nos gráficos da direita. Nas ordenadas, frequência acumulada em escala de probabilidade.

mo formando curvas mistas, resultantes de amostragem em mistura de populações, de maneira análoga à explicada por PARSLAW (1974).

- c - Esses resultados concordam com os estudos semelhantes realizados em rochas basálticas da província (ver RÜEGG, 1975 a, 1976 a e b).
- d - Esses resultados concordam com trabalhos anteriores que indicam variações regionais devidas à extensão e complexidade dos fenômenos magmáticos que geraram as rochas basálticas da província (RÜEGG, 1975 a e RÜEGG & AMARAL, 1976).
- e - Como consequência dessa distribuição complexa, não é possível empregar para finalidades de decisão testes estatísticos paramétricos, que exigem distribuição normal ou suas transformações, como a lognormal. Serão empregados quando possível testes não paramétricos, e no caso do uso de métodos paramétricos, estes terão finalidade apenas descritiva e não de teste, por não ser possível aceitar com segurança os níveis de significância a eles associados. A análise de regressão, que é o tratamento mais complexo utilizado neste trabalho, pode ser empregada mesmo se as variáveis não forem normais, segundo o teorema de GAUSSMARKOV, citado em AGTERBERG (1974). A única condição a ser cumprida é que os resíduos sejam aleatórios e não correlacionados à variável calculada. Devido a esta condição, os resíduos serão lançados em gráfico e estudados antes de aceitar as equações de regressão que lhes dão origem.

3.1.3 - Comparação da amostra com o total dos dados disponíveis

Comparando os teores apresentados pelas análises em nossa amostra e aqueles exibidos pelo total das análises disponíveis, apresentadas em RÜEGG (1975 a, 1976 a e b), constata-se o seguinte:

- a - Conforme é possível observar pelas tabelas 3.2 e 3.3, a amostra parcial conservou, para quase todos os elementos estudados, exceto Ba e Ni) valores de médias aritméticas e desvios padrões muito próximos daqueles da amostra total, o mesmo acontecendo quando se compararam as medianas, as quais apresentam sempre valores ligeiramente mais altos que os da amostra total, regularidade que não ocorre com os valores de médias e desvios padrões, que ora são mais altos na amostra total, ora na amostra parcial.
- b - A amplitude das distribuições é, como já era de se esperar, ligeiramente menor na amostra parcial do que na amostra total. Isto se deve ao fato de que na seleção para constituição da amostra parcial, algumas amostras (vide capítulo 2) foram retiradas devido à sua composição ser aberrante, o que na maioria dos casos resultou na eliminação de valores extremamente altos ou baixos.
- c - Comparando graficamente as distribuições, através de histogramas construídos usando os mesmos intervalos, a correspondência é quase total, sendo mantida a forma do histograma, o número de modas e as classes modais. As únicas exceções são as do Fe (perda de um intervalo modal), CaO e MnO (mudança de um intervalo modal), Ba e Sr (perda de uma moda) e Cu (aparecimento de mais uma moda). Estas diferenças, no entanto, são

pequenas demais para que configurem uma mudança significativa na distribuição dos dados causada pela amostragem. Isto foi verificado estatisticamente usando o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnof. A partir das distribuições, mostradas nas tabelas do apêndice 4, foram calculadas as frequências relativas acumuladas dos intervalos das distribuições de frequência das amostras total (RUEGG, 1975 a, 1976 a e b) e parcial. O valor D de Kolmogorov-Smirnof é a maior diferença encontrada, na comparação entre duas distribuições, entre as frequências acumuladas do mesmo intervalo. Os valores encontrados no teste estão apresentados na tabela 3.4. Comparando-os com os valores críticos (segundo BUSSAB & SEVERO, 1974), que são os valores máximos, num determinado nível de significância, para diferenças casuais obtidas comparando amostras retiradas da mesma população, ou de populações que apresentem a mesma distribuição de frequência, nota-se que apenas o MnO apresenta um valor D maior que o crítico, até o nível de 1%. Os valores críticos são de 0,157 para o nível de 5%, 0,173 para o nível de 2% e 0,186 para o nível de 1%. Assim a hipótese de diferença entre as distribuições é rejeitada para todos os elementos e óxidos, com exceção do MnO. Apenas neste caso a amostragem introduziu um viés significativo, pelo rebaixamento da frequência entre o 5º e 7º intervalos. Mesmo com esta diferença, pode-se considerar como generalizáveis à amostra total os resultados obtidos em procedimentos aplicados à amostra parcial.

3.2 - Correlação simples

O primeiro passo para a comparação entre as diversas variáveis (proporções de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços), envolvidas no estudo, foi o cálculo de coeficientes de correlação. As variáveis tratadas foram medidas no mínimo em escala intervalar (3º nível) e talvez em escala de razão (4º nível), caso seja considerado um valor zero indicado nos instrumentos de análise como realmente indicando a total ausência do elemento procurado (zero absoluto na escala). Sendo as variáveis no mínimo de 3º nível, pode-se calcular média e variância e utilizar o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson. Como porém as variáveis não apresentam distribuição normal, isto faz com que não seja possível confiar totalmente nos níveis de significância tabelados para o coeficiente de Pearson e obriga a calcular também um coeficiente não-paramétrico para comparação, antes de tentar processos multivariáveis que empreguem coeficientes de correlação.

3.2.1 - Coeficiente de correlação de Pearson

O coeficiente de correlação de Pearson entre duas variáveis X e Y pode ser definido de várias formas. Para a finalidade deste trabalho a maneira mais útil de defini-lo seria, conforme DAVIS (1973), a razão entre a covariância de X e Y e o produto dos desvios padrões de X e Y, o que nos dá a fórmula:

$$r_{XY} = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\left(\left(\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2 \right) \left(\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2 \right) \right)^{1/2}}$$

onde:

x_i = i-ésima observação da variável X

y_i = i-ésima observação da variável Y

N = número de observações

\bar{x} = média da variável X

\bar{y} = média da variável Y

Esta fórmula, com as modificações necessárias para o cálculo automático (detalhes em NIE, BENT & HULL, 1970) foi utilizada para o cálculo dos coeficientes de correlação de Pearson através do programa PEARSON CORR, do SPSS, sendo as correlações resultantes apresentadas na tabela 3.5.

A significância destes coeficientes pode ser testada (em caso de distribuição normal), através da tabela apresentada em FISHER & YATES (1971), por meio da qual se constata serem os valores mínimos de r para que a correlação seja significante, os seguintes:

Níveis de Significância	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
r	.1954	.2319	.2737	.3017	.3799

Os níveis de significância, neste caso, indicam a probabilidade de ser obtido, para um valor $n = 70$ (valor mais próximo tabelado do valor $n = N-3$, sendo $N = 77$ = tamanho da amostra), um coeficiente de correlação r igual ao tabelado, sendo os valores de X e Y aleatórios. Em outras palavras, só é possível dizer que há uma correlação significativa a um determinado nível entre duas variáveis na população, se o valor absoluto do coeficiente de correlação, calculado para a amostra, for superior ao tabelado.

TABELA 3.5 - Coeficientes de correlação de Pearson, calculados para percentagens de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços em 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Pará.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Rb	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
SiO ₂																			
TiO ₂	-.4642																		
Al ₂ O ₃	-.1153	-.2897																	
Fe	-.5970	.6914	-.3077																
MnO	-.7482	.4769	-.0759	.8321															
MgO	-.7811	.0505	.1607	.5430	.5396														
CaO	-.5539	.0581	.2425	.6619	.5772	.9169													
Na ₂ O	.3619	.0100	.1779	-.3504	-.2230	-.5640	.5712												
K ₂ O	.8345	-.1947	-.0074	-.7171	-.6838	-.8267	-.9082	-.5997											
Rb	.2673	.0128	.1597	-.2182	-.2359	-.5131	-.5416	.6072	.4376										
Co	-.5032	.2560	-.2236	.6156	.4776	.3781	.4821	-.4202	-.3284	-.2603									
Cr	-.5258	.3255	-.0039	.3719	.2749	.5020	.5433	-.3932	-.4491	-.2409	.1477								
Cu	-.2085	-.0601	.1246	.1530	.1757	.2571	.1778	.0416	-.1699	.1769	.0627	.1145							
Ni	-.5322	-.0333	-.0392	.2973	-.2481	.7037	.7019	-.5922	-.6595	-.4020	.3930	.7271	.2020						
Rb	.3899	-.4603	-.0105	-.3281	-.7237	-.7702	-.3565	.4684	.8809	.3515	-.5574	-.5089	-.0236	-.5816					
Sr	-.1617	.5786	.2221	.1431	.0231	-.1193	-.1051	.4275	.2309	.4979	-.1502	.1790	-.0008	-.2067	-.1116				
V	-.8103	.5061	-.2414	.8715	.7066	.6519	.7166	-.4646	-.7444	-.4262	.5811	.3909	.1556	.4269	-.7639	-.0405			
Zn	-.2659	.3665	-.0490	.3580	.3421	.0183	.1000	.0469	-.1724	.2012	.1617	.0339	.1807	-.0692	-.2124	.1913	.1795		
Zr	.2898	.5212	-.1361	-.0453	-.1533	-.6225	-.5829	-.4136	.5768	.4628	-.1794	-.1347	-.2733	-.5236	.2750	.5859	-.2613	.2026	

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba
SiO ₂				-■○	-□○	-□○	-■○		■○	○
TiO ₂				□○						
Al ₂ O ₃										
Fe	-■○	□○			■○	□	□		-□	
MnO	-□○			■○			□		-□○	
MgO	□○			□	□		■●	-□○	-■○	-□○
CaO	-■○			□	□	■○		-□○	-■●	-□○
Na ₂ O						-□○	□		□○	□○
K ₂ O	■○			-□	-□○	-■○	-■	□○		○
Ba	○					-□○	-□	□		
Co	-□			□○					-□○	
Cr	-□○					□○	□			
Cu										
Ni	□○					□○	□○	-□○	-□○	○
Rb	■○			-■○	-□○	-□○	-■○	○	■●	○
Sr		□○								
V	-■○	□○		■●	□○	□○	□○		-□○	
Zn										
Zr		□				-□○	-□○		□○	○

	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
SiO ₂	-□	-□○		-□○	■○		-■○		
TiO ₂						□○	□		□○
Al ₂ O ₃									
Fe	□○				-■○		■●		
MnO					-□○		□○		
MgO		□○		□○	-□○		□○		-□○
CaO		□		□○	-■○		□○		-□○
Na ₂ O				-□○	○				
K ₂ O	-□○			□○	■●		-□○		□○
Ba				○	○				○
Co					-□○		□○		
Cr				□○	-□				
Cu							○		
Ni		□○			-□○				-□○
Rb	-□○	-□		-□○			-□○		
Sr								□○	
V	□				-□○				
Zn									
Zr				-□		□○			

Figura 3.3 – Representação gráfica de valores dos coeficientes de correlação de PEARSON (quadrados) e SPEARMAN (círculos), calculados para percentagens de óxidos de elementos principais e teores de elementos traços, em 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Símbolos cheios indicam valor do coeficiente superior a 0,8; símbolos vazios indicam valor do coeficiente situado entre 0,5 e 0,8. Valores numéricos dos coeficientes apresentados nas tabelas 3.5 e 3.6.

lado. Esta noção implica também que, qualquer que seja o valor do coeficiente amostral, o seu valor verdadeiro (na população) estará situado entre dois limites, que podem ser calculados conforme indicado em LAFFITTE (1972), o qual apresenta um nomograma que facilita a obtenção dos intervalos de confiança para os diversos valores do coeficiente e diversos tamanhos de amostra.

Observando-se a tabela 3.5 e a figura 3.3, onde os coeficientes de correlação de valores altos (entre 0,5 e 0,8) e muito altos (maiores que 0,8) são representados por quadrados vazios e cheios, respectivamente, nota-se que, em geral, os elementos que estão presentes como elementos principais nos minerais formadores de rochas mais importantes, e os elementos traços que com eles guardam coerência geoquímica (tal como o Rb em relação à sílica), tendem a apresentar altas correlações com grande número de elementos. É o caso da sílica, Fe, CaO, K₂O e Rb. Outros apresentam pequena correlação com todos os elementos, como no caso do Cu e do Zn, por ocorrerem provavelmente como sulfetos e não dentro das estruturas dos silicatos (TAYLOR, 1964). Uma exceção é o Al₂O₃, que ocorre em quase todos os minerais formadores de rocha e não apresenta correlação importante com nenhum elemento. A isto se soma a sua muito pequena variabilidade, sendo de todos os elementos estudados o que apresenta menor coeficiente de variação C = desvio padrão/média. Estes números devem ter como causa a sua participação nos minerais que ocorrem em quase todos os estágios de diferenciação, não podendo o seu teor ser associado isoladamente a nenhum deles.

TABELA 3.6 - Coeficientes de correlação de Spearman, calculados para percentagens de óxidos de elementos principais e teores de elementos tracos em 77 amostras de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	NbO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Be	Cr	Cu	W	Re	Sr	V	Zn	2r
SiO ₂																		
MgO	-.2623																	
Al ₂ O ₃	-.0096	-.2510																
Fe	-.6424	.6463	-.3057															
MnO	-.5714	.4495	-.1593	.7933														
NbO	-.6352	-.3590	.2780	.2980	.3663													
CaO	-.7304	-.0100	.1642	.3910	.4962	.8574												
Na ₂ O	.4523	.0705	.0380	-.2579	-.2536	-.6808	-.6835											
K ₂ O	.7162	-.0133	-.0255	-.4747	-.5450	-.7049	-.8931	.7211										
Ba	.5012	.2721	.0303	-.2124	-.2433	-.7254	-.7626	.6573	.7464									
Co	-.4130	.2313	-.3642	.6354	.3967	.3054	.3748	-.4472	-.5744	-.3736								
Cr	-.5358	.4660	-.0814	.3732	.2551	.5366	.4647	-.4348	-.4119	-.2900	.2023							
Cu	-.4535	.0439	-.1053	.3947	.3946	.2917	.3717	-.3812	-.3650	-.2399	.2904	.3670						
Na	-.5042	-.0259	.0094	.1320	.1498	.6854	.6869	-.6517	-.5854	-.5034	.4164	.6864	.3773					
Re	.6839	-.2392	.1052	-.5511	-.5639	-.7080	-.7832	.5792	.8709	.6571	-.6479	-.4647	-.2825	-.6119				
Sr	-.0865	.7242	.0580	.1811	.1345	-.1278	-.1504	.2999	.2407	.4779	-.0760	.3176	-.1059	-.1671	.0055			
V	-.7356	.4206	-.2353	.6223	.6576	.5437	.6146	-.4671	-.6581	-.4700	.5953	.4614	.5135	.3236	-.6931	.0315		
Zn	-.0768	.4677	-.0506	.3041	.2591	-.1557	-.1025	.0866	.0521	.2693	.1100	.1610	.2242	-.0595	.0463	.3827	.1639	
2r	.3847	.5751	-.1796	.0362	-.0961	-.6834	-.6791	.5171	.6371	.6650	-.1809	-.0517	-.2816	-.5017	.3863	.6073	-.2428	.3137

3.2.2 - Coeficiente de correlação de Spearman

O coeficiente de correlação de postos de Spearman foi elaborado para testar correlações entre variáveis no mínimo de segundo nível de mensuração (ordinal), sendo também empregado para variáveis de terceiro e quarto níveis, nos casos em que a distribuição se afasta muito da normal. Para calculá-lo, ordenam-se primeiramente as variáveis, atribuindo a cada observação o posto que ocupa nesta ordenação. Comparam-se então por subtração os postos atribuídos a duas variáveis na mesma observação e anota-se a diferença (d) entre os postos e calcula-se o valor do coeficiente segundo a fórmula:

$$r_S = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N d_i^2}{N^3 - N}$$

sendo: d_i = i-ésima diferença entre postos
 N = tamanho da amostra

O valor de r_S de Spearman testa-se do mesmo modo que o r de Pearson. Para os mesmos dados, em geral, os valores do coeficiente de Spearman são ligeiramente mais baixos que os de Pearson.

No caso presente os coeficientes foram calculados segundo a fórmula acima, usando o programa NONPAR CORR, do SPSS (NIE, BENT & HULL, 1970), sendo os resultados apresentados na tabela 3.6 e repetidos de forma simplificada na figura 3.3, onde os círculos cheios indicam correlação superior a 0,8 e os vazios correlação entre 0,5 e 0,8. As conclusões sobre as correlações, usando-se os coeficientes de Spearman repetem as que se podem tirar usando o coeficiente de Pearson. Comparando as duas tabelas, observa-se que apenas em nove casos a diferença entre os valores

TABELA 3.7 - Diferenças entre coeficientes de correlação de Pearson e Spearman, para análises químicas de 77 amostras de rochas basálticas da Bacia do Pará.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	Na ₂ O	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
SiO ₂																			
TiO ₂	.12819																		
Al ₂ O ₃	.1087	.0387																	
Fe	.2146	.0431	-.0580																
MnO	.1766	.0274	-.0534	.0416															
Na ₂ O	.0059	-.0059	-.0163	.2450	.2793														
CaO	.1235	.1481	.0217	.2703	.1810	.0335													
K ₂ O	-.0004	-.0005	.1399	.0045	-.0006	-.1166	-.1133												
H ₂ O	.1183	.1814	-.0162	.2424	.1366	.0418	.0251	-.1124											
Ba	-.2339	-.1593	.1289	.0053	-.0009	-.2123	-.2203	-.0501	-.2583										
Co	.1202	.0247	-.1406	.0302	.0309	.0727	.1073	-.0270	.0540	-.1133									
Cr	-.0130	-.1405	-.0775	-.0013	.0193	.0652	.0786	-.0416	.0372	-.0391	-.0546								
Ca	-.1500	.0332	.0180	-.2417	-.2189	-.1346	-.1939	-.3396	-.1951	-.0530	-.2277	-.1925							
Ni	.0230	.0074	.0008	.1653	.0983	.0183	.0130	-.0395	-.0259	-.2044	-.0234	.0407	-.1758						
Rb	.2050	.2211	-.0947	.2770	.1598	.0522	.0733	-.1108	.0100	-.3056	.0095	.0242	-.2589	-.0303					
Sr	.0952	-.1454	.1641	-.0360	-.1124	-.0035	-.0553	.1276	-.0096	.0200	.0742	-.1386	-.1051	.0396	.1051				
V	.0747	.0855	.0061	.0487	.0490	.1082	.1020	-.0025	.0663	-.0438	-.0142	-.0705	-.3579	.0433	.0708	.0090			
Zn	.1391	-.1011	-.0015	.0549	.0830	-.1374	-.0025	-.0397	.1203	-.0681	.0517	-.1221	-.0435	.0097	.1561	-.1914	.0156		
Zr	-.0849	-.0539	-.0435	.0091	.0572	-.0609	-.0962	-.1035	-.0603	-.2022	-.0015	.0830	-.0083	.0219	-.1113	-.0214	.0265	-.1111	

dos dois coeficientes é maior que o valor limite para significância do coeficiente a nível de 5% e em tres deles é maior que o valor limite para o nível de 1%. As diferenças entre os coeficientes de correlação entre SiO_2 e Ba, entre Fe e MgO, CaO, K_2O e Rb, entre Cu e Rb se situam entre 0.2319 e 0.3017; as diferenças entre os coeficientes de correlação entre Na_2O e Cu, entre Ba e Rb e entre Cu e V são maiores que 0.3017, sendo a maior (0.3579) entre Cu e V. Estas diferenças são apresentadas na tabela 3.7.

A pequena diferença entre os coeficientes permite que sejam utilizados processos mais avançados, que empregam apenas coeficientes de Pearson.

3.3 - Análise de Agrupamentos (Cluster Analysis)

A partir da observação das tabelas de coeficientes de correlação, conclui-se haver grupos de variáveis (elementos) aparentadas, não sendo possível definir estes grupos completamente através da observação dos coeficientes de correlação simples. A maneira mais simples de definir estes grupos é através das técnicas de análise de agrupamentos (cluster analysis). Estas técnicas foram desenvolvidas inicialmente por taxonomistas, dedicados a encontrar maneiras objetivas de classificar os organismos através de características mensuráveis de indivíduos e populações. SOKAL & SNEATH (1963) apresentam um inventário das técnicas existentes até a época, enquanto BENZECRI (1976) apresenta os métodos mais modernos relacionados à análise de correspondência. PARKS (1964), KRUMBEIN & GRAYBILL (1967) e LAFFITTE (1972), entre outros, apresentam resumos introdutórios e bibliografia sobre as aplicações geológicas.

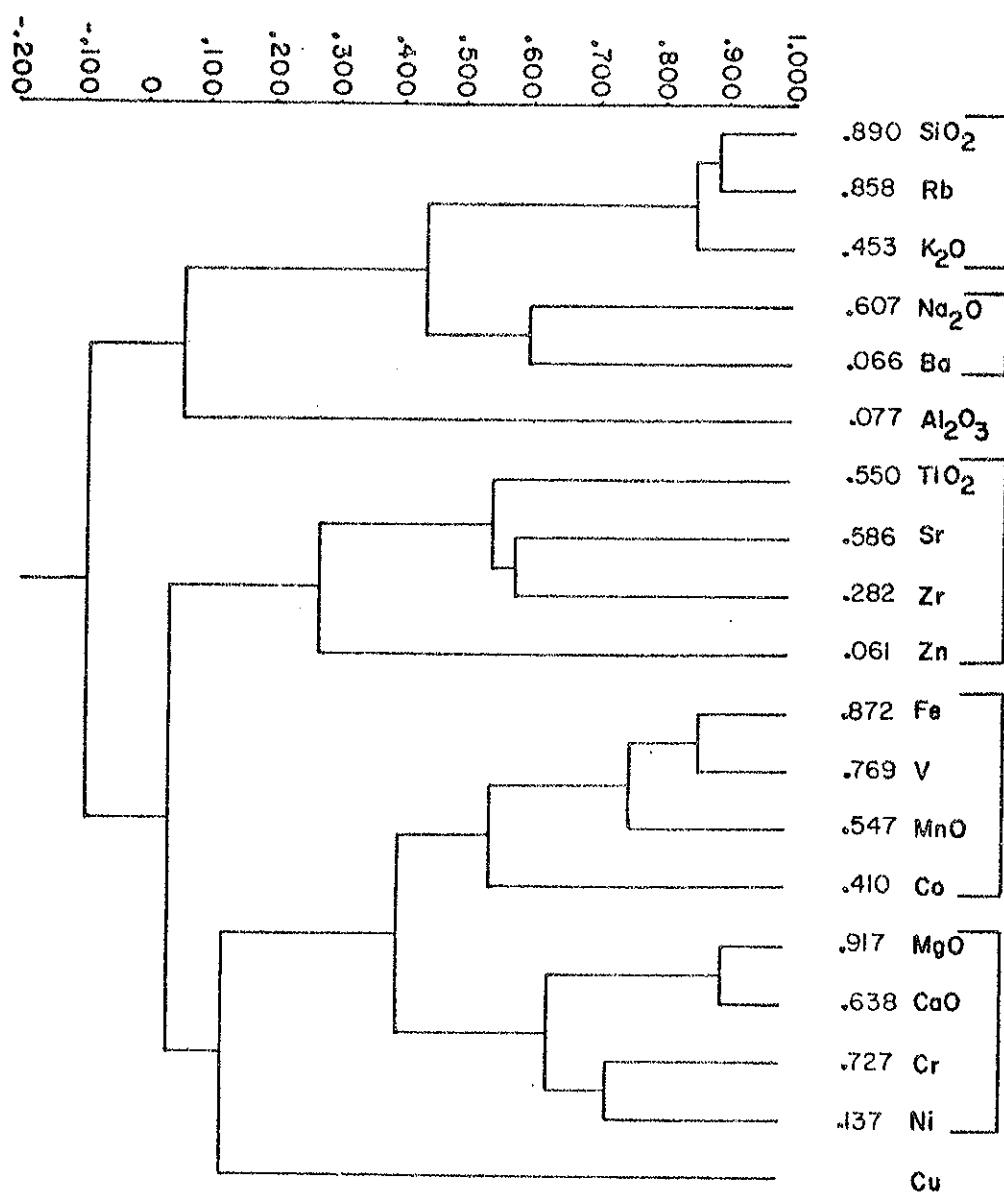


Figura 3.4 – Relações entre grupos de elementos principais e traços em 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, representadas em dendrograma derivado das correlações de PEARSON mostradas na tabela 3.5.

No caso presente será aplicada a técnica mais simples de redução da matriz de coeficientes através da utilização do método de pares ponderados (WPGM). Este método se baseia em encontrar na matriz simétrica de coeficientes de correlação, inicialmente, os coeficientes mais altos em cada coluna. Dentre estes, selecionam-se os que apresentam as correlações mutuamente mais altas entre um par de objetos estudados (no caso elementos químicos). O par é reunido e tratado como um só objeto, sendo recalculadas as correlações dos outros elementos com o par, através da média das correlações que cada elemento mantinha com cada um dos elementos do par. O processo é repetido até que reste apenas uma matriz 2 X 2 indicando a correlação entre os dois principais grupos de elementos.

As relações entre os grupos são expressas de forma mais clara através de um diagrama em forma de árvore (dendrograma). Devido aos processos de ponderação, através do cálculo de coeficientes de correlação média entre os diversos elementos e os grupos, é introduzida uma deformação nos coeficientes, que não são exatamente os mesmos no dendrograma (coeficientes cofenéticos) e na matriz original. A correlação entre os coeficientes cofenéticos e os originais é uma medida empírica da eficiência do método.

Os cálculos para este estudo foram realizados através do programa CLUDAV, adaptado do apresentado em DAVIS (1973). Os coeficientes de correlação de Pearson, apresentados na tabela 3.5 deram como resultado o dendrograma da figura 3.4, do qual pode-se concluir:

a - Os elementos se dividem em 5 grupos, dentro dos quais se encontram altamente correlacionados:

grupo	óxidos de elem. principais	elementos traços
1	SiO_2 , K_2O	Rb
2	Na_2O	Ba
3	TiO_2	Sr, Zr, Zn
4	Fe, MnO	V, Co
5	MgO , CaO	Cr, Ni

b - O Al_2O_3 e o Cu não participam dos agrupamentos, apresentando baixa correlação com todos os elementos analisados.

c - Existe alta correlação entre os agrupamentos 1 e 2 e entre os agrupamentos 4 e 5, sendo o agrupamento 3 pouco relacionado aos outros.

d - A distribuição dos óxidos de elementos principais pelos agrupamentos concorda com a sua distribuição habitual entre os minerais formadores de rochas.

e - A distribuição dos teores de elementos traços pelos agrupamentos concorda com os dados registrados na literatura conforme reunidos por PRINZ (1967), para distribuição desses elementos entre os minerais constituintes de rochas basálticas. Do dendrograma emergem igualmente as afinidades entre os diferentes elementos principais e traços, conforme as regras de associação, norteadas por fatores físico-químicos, comentadas no capítulo 1.

A técnica da análise de agrupamentos foi igualmente aplicada à tabela de coeficientes de correlação de Spearman (tabela 3.6), resultando o dendrograma apresentado na figura 3.5. Ob

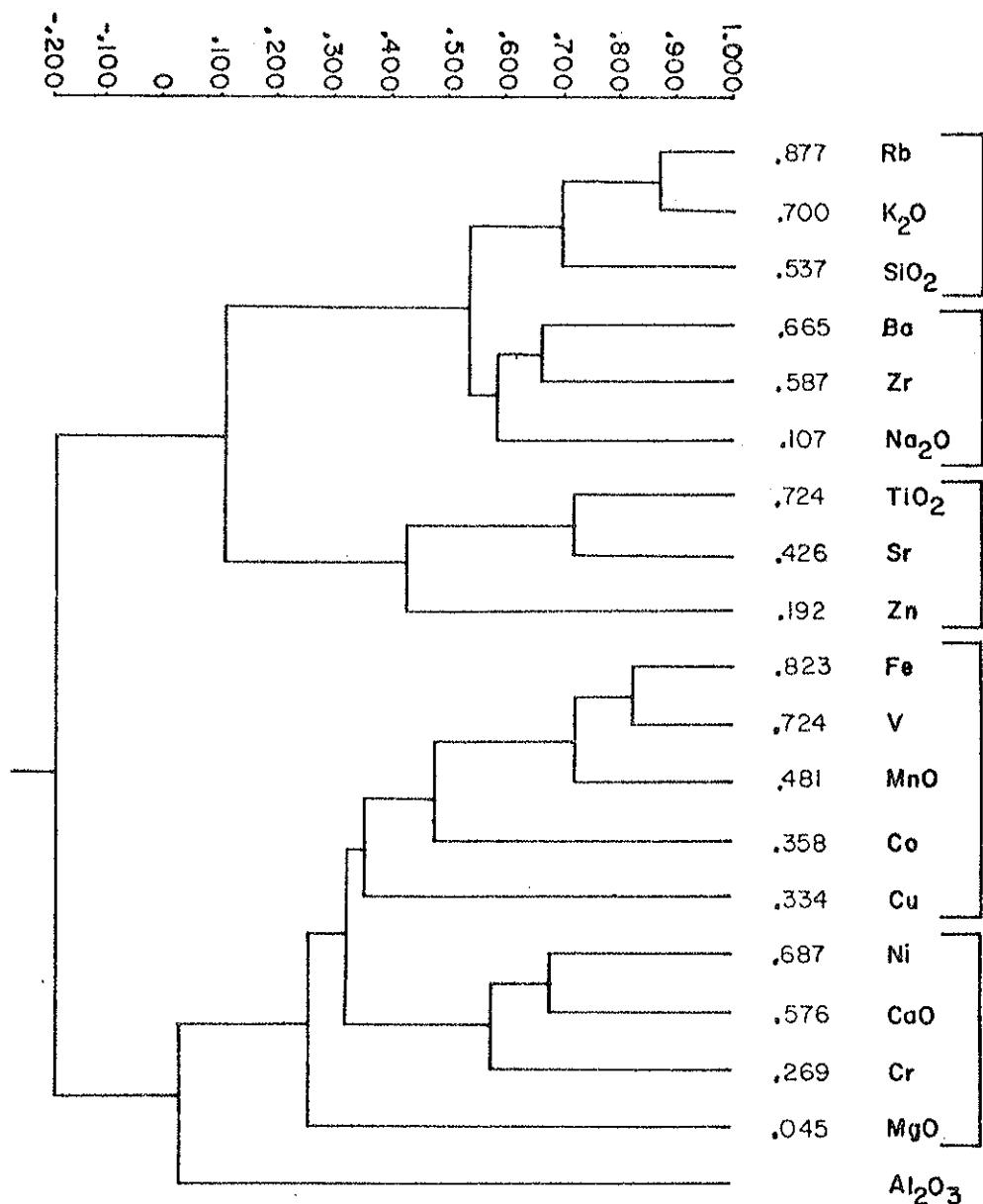


Figura 3.5 - Relações entre grupos de elementos principais e traços em 77 amostras de rochas basálticas da Bacia do Paraná, representadas em dendrograma derivado das correlações de SPEARMAN mostradas na tabela 3.6.

TABELA 3.8 - Coeficientes de correlação cofenéticos, derivados do dendrograma da figura 3.5, construído a partir de coeficientes de correlação de Pearson.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
SiO ₂																			
TiO ₂																			
Al ₂ O ₃																			
Fe																			
MnO																			
MgO																			
CaO																			
Na ₂ O																			
K ₂ O																			
Ba																			
Co																			
Cr																			
Cu																			
Ni																			
Rb																			
Sr																			
V																			
Zn																			
Zr																			

TABELA 3.9 - Coeficientes de correlação coeféticos, derivados do dendograma da figura 3.6, construído a partir de coeficientes de correlação de Spearman.

	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
SiO ₂																			
MgO	.107																		
Al ₂ O ₃	-.192	-.192																	
Fe	-.192	-.192	.045																
MnO	-.192	-.192	.045	.724															
MgO	-.192	-.192	.045	.269	.269														
CaO	-.192	-.192	.045	.334	.334	.265													
Na ₂ O	.537	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192									
K ₂ O	.700	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.537								
Ba	.537	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.587	.537							
Co	-.192	-.192	.045	.481	.481	.269	.334	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192							
Cr	-.192	-.192	.045	.334	.334	.269	.576	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.334						
Cu	-.192	-.192	.045	.358	.358	.269	.334	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.358	.334					
Ni	-.192	-.192	.045	.334	.334	.269	.687	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.334	.576	.334				
Rb	.700	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.537	.871	.537	-.192	-.192	-.192	-.192		
Sr	.107	.724	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.107	.107	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	.107	
V	-.192	-.192	.045	.823	.724	.269	.334	-.192	-.192	-.192	.461	.334	.358	.334	-.192	-.192			
Zn	.107	.426	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.107	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	.107	.334	-.192
Zr	.537	.107	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	-.192	.537	.537	.665	-.192	-.192	-.192	-.192	.107	-.192

servando-o verifica-se que:

- a - os agrupamentos formados são os mesmos do dendrograma construído a partir dos coeficientes de Pearson, com a exceção de que o Zr se une neste caso ao Ba e ao Na_2O , e o Cu que passa para o grupo liderado pelo Fe;
- b - o Al_2O_3 continua não participando dos agrupamentos, enquanto o Cu se liga fracamente ao agrupamento do Fe;
- c - obtém-se as mesmas conclusões em relação à distribuição dos elementos usando o dendrograma baseado em coeficientes de Spearman e aquele que utiliza os coeficientes de Pearson, não sendo significativas as diferenças encontradas.

Para testar o grau de distorção introduzido pelos cálculos efetuados para o traçado dos dendrogramas, foram calculados os coeficientes cofenéticos derivados desses diagramas, resultando nas tabelas 3.8 e 3.9, as quais contém os coeficientes cofenéticos derivados dos dendrogramas segundo Pearson e Spearman, respectivamente e comparados aos coeficientes originais (tabelas 3.5 e 3.6). O grau de ajuste é medido empiricamente testando a correlação entre os coeficientes brutos e os cofenéticos para os mesmos pares de elementos.

Testando a correlação pelo método de Spearman, as correlações foram de 0,722 entre os coeficientes de Pearson e os cofenéticos deles derivados e de 0,747 para os equivalentes de Spearman. Estas correlações indicam alguma distorção durante o processo de cálculo. Examinando os dados, e lançando em gráfico os coeficientes brutos e cofenéticos (figuras 3.6 e 3.7), nota-se maior distorção entre os valores dos coeficientes negativos e de menor grandeza, sendo essa distorção responsável pelas dife-

CORRELACAO COFENETICOS

FILE CORRAS (CREATION DATE = 10/25/70)
SCATTERGRAM OF (DCWA) COFF COFENETICOS PEARSON

10/25/70

PAGE 4

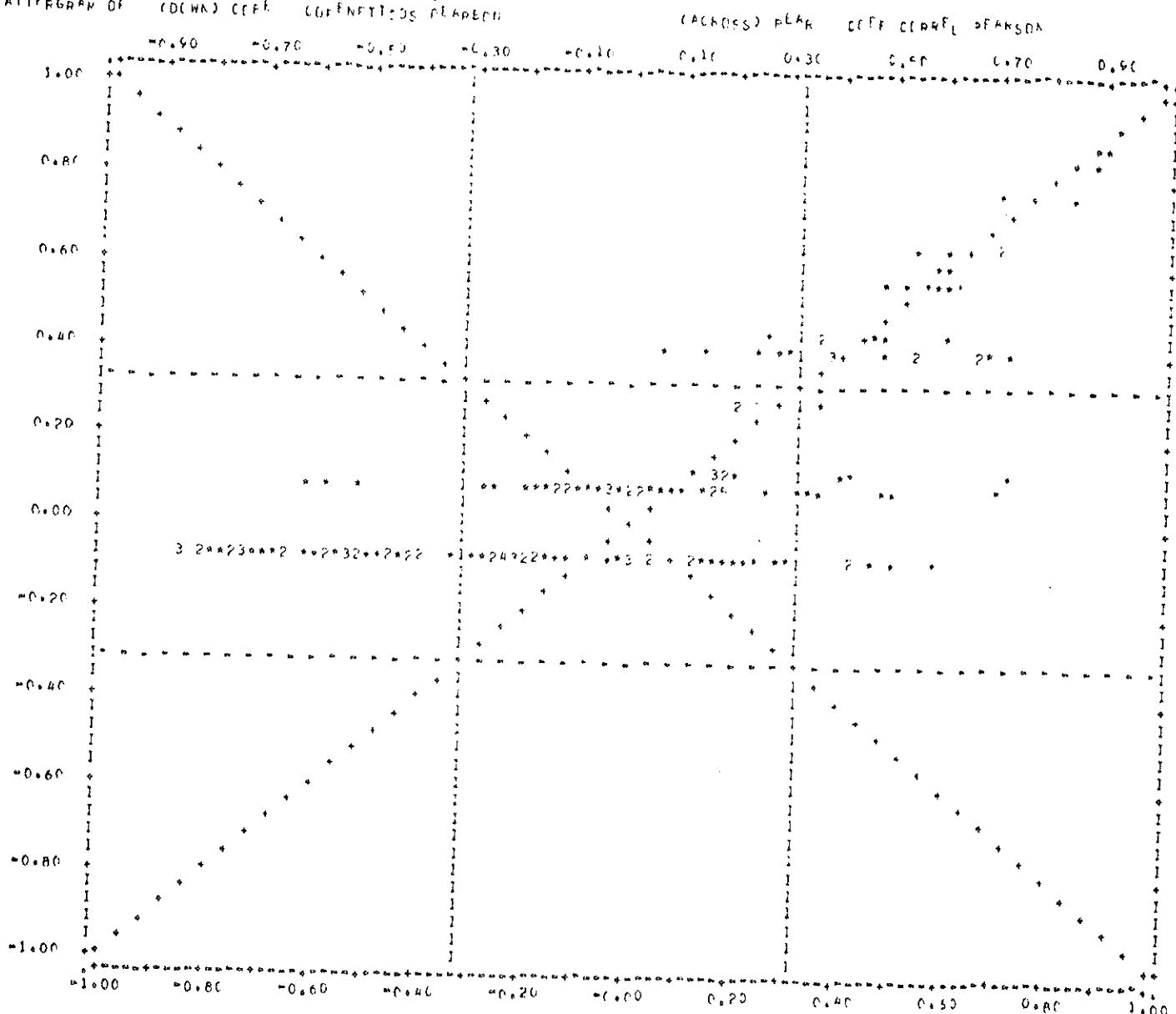


Figura 3.6 - Relação entre os coeficientes de correlação de PEARSON e os coeficientes cofenéticos deles derivados, conforme a tabela 3.5 e o dendrograma da figura 3.5.

CORRELACAO COFENETICOS

FILE CORBAS (CREATION DATE = 10/25/79)
SCATTERGRAM OF (DWN) CCSP COFENETICOS SPEARMAN

10/25/79

PAGE 10

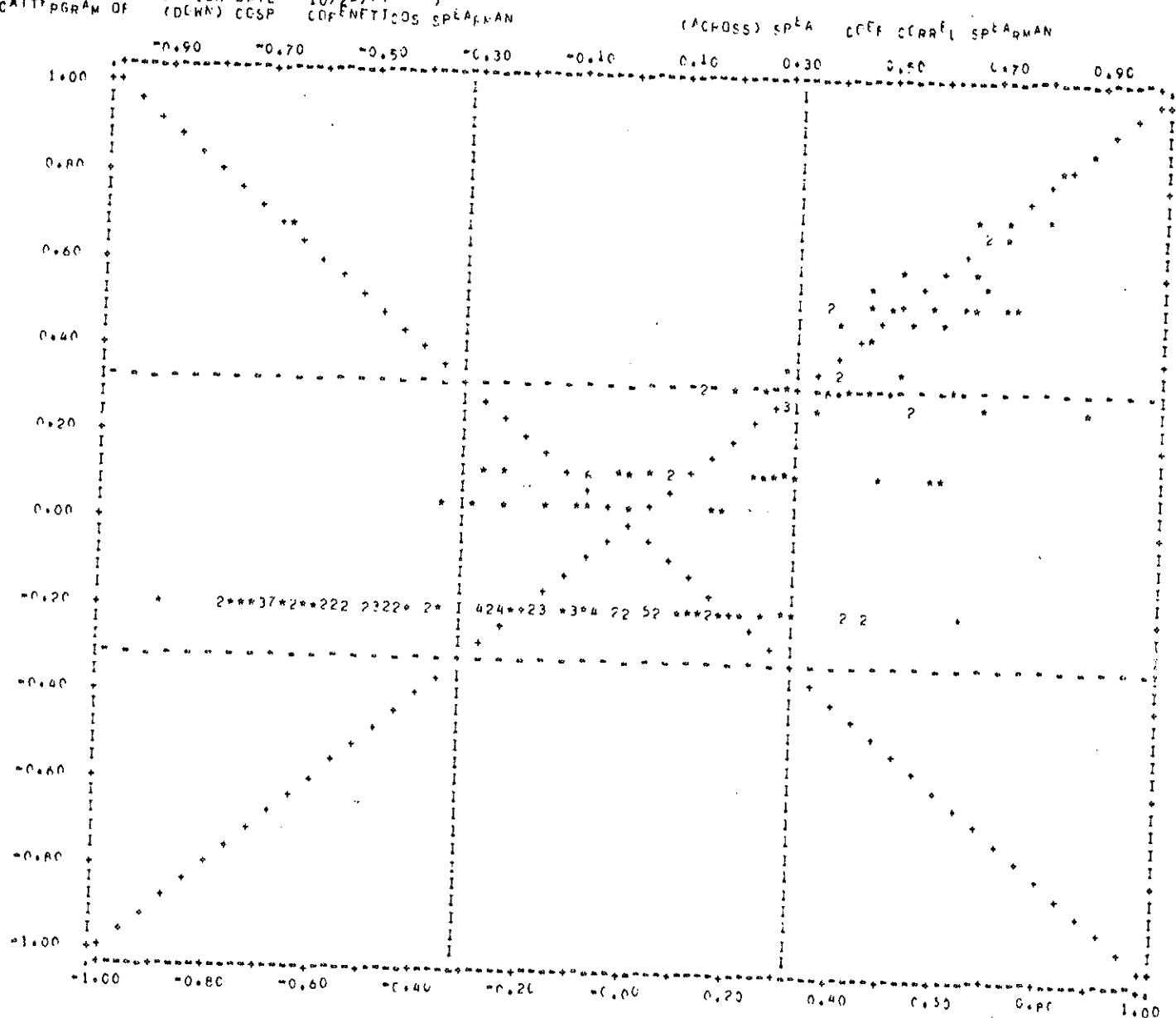


Figura 3.7 - Relação entre os coeficientes de correlação de SPEARMAN e os coeficientes cofenéticos deles derivados, conforme a tabela 3.6 e o dendrograma da figura 3.5.

renças encontradas nos dendrogramas. Esses resultados indicam que, embora o método de análise de agrupamentos seja útil para visualizar as relações expostas por uma tabela de correlações, deve ser acompanhado de métodos mais avançados, para melhor conhecimento das relações entre as variáveis.

3.4 - Regressão multipla

Embora o estudo das correlações através da análise de agrupamentos forneça informações sobre as ligações entre grupos de variáveis, essa técnica apresenta uma limitação importante, que é a de usar apenas coeficientes de correlação simples entre as variáveis. Esses coeficientes não permitem discriminar, dentro do efeito que uma variável exerce sobre outra, a parte devida à sua própria ação e a parte devida à ação de uma terceira variável que a elas seja correlacionada. Essa limitação pode ser vencida pelas técnicas que utilizam a correlação parcial, ou seja, a correlação que uma variável apresenta com outra, abstrai dos os efeitos das outras variáveis a elas correlacionadas. Uma dessas técnicas é a Análise de Regressão Múltipla, que possibilita, além de estudar de maneira detalhada a interação entre as variáveis, a montagem de equações que permitem prever os valores de uma variável (considerada dependente) a partir dos valores de outras variáveis (consideradas independentes).

Essa técnica vem sendo utilizada com frequência crescente nas ciências geológicas, conforme pode-se observar em KRUMBEIN & GRAYBILL (1965), LAFFITTE (1972), DAVIS (1973) e AGTERBERG (1974), onde são comentadas a técnica e a bibliografia de aplicações até a data de sua publicação, e nos periódicos especializados, principalmente Mathematical Geology, Geochemical

Exploration e Economic Geology. LANDIM (1974 e 1979) apresenta um resumo da técnica e aplicações geológicas, enquanto SUSLICK (1978) e SUSLICK, CARVALHO & SIRACUSA (1978) apresentam e analisam sua aplicação à interpretação de dados de prospecção geoquímica, o que é também efetuado de forma didática por FRIZZO (1978).

Uma exposição detalhada das técnicas de regressão é encontrada em DRAPER & SMITH (1966), sendo os processos de cálculo por computador eletrônico apresentados em DIXON (1963) e NIE, BENT & HULL (1970), os quais descrevem, respectivamente, os sistemas BMD e SPSS, cujos programas foram utilizados nos cálculos efetuados para esta dissertação. Tanto o programa BMD02R, do sistema BMD, quanto o subprograma STEPWISE REGRESSION, do sistema SPSS, utilizam a técnica de Regressão Múltipla Sequencial, na sua modalidade Stepwise, conforme definida por DRAPER & SMITH (1966), sendo o BMD02R mais completo e do SPSS de mais fácil utilização.

A exposição abaixo tem como finalidade permitir a compreensão dos processos de escolha das equações de regressão e dos parâmetros apresentados nas listagens de computador incorporadas a este trabalho. Seguindo a linha usada por DAVIS (1973) e NIE, BENT & HULL (1970), nos quais ela é baseada, ela se destina a leitores não especializados em estatística e para melhor compreensão utiliza um exemplo, no qual os valores dos teores de Rubídio representam a variável dependente e as percentagens dos óxidos dos elementos principais nas análises de rochas da Bacia do Paraná as variáveis independentes.

A regressão múltipla procura, a partir dos valores de uma variável dependente (Y) e de um número qualquer de variáveis independentes (X_1, X_2, \dots, X_m) estabelecer uma equação da

forma

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m \quad (\text{Eq. 3.4.1})$$

que permite prever o valor de Y quando conhecidos os valores das variáveis independentes.

Os termos "independente" e "dependente" empregados neste contexto são arbitrários, sendo comuns nas análises de regressão múltipla a utilização de um grupo de variáveis, sucessivamente, ora como independentes, ora como dependentes (ver DRAPER & SMITH, 1967 e NIE, BENT & HULL, 1970). Não têm aqui estes termos a acepção que lhes é dada em alguns tipos de análise de regressão que exigem ausência de erro na variável independente.

Os coeficientes β_j são estimados por coeficientes b_j , ficando a equação com a forma:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_m X_m + e \quad (\text{Eq. 3.4.2})$$

Em geral o valor calculado da variável dependente (\hat{Y}) não é exatamente igual ao valor observado, resultando em cada caso um resíduo

$$e_i = \hat{Y}_i - Y_i$$

A equação de regressão é calculada segundo o processo dos mínimos quadrados, ou seja, procurando tornar mínima a soma dos quadrados dos resíduos. Então

$$\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

deve ser mínima. Substituindo \hat{Y} pelo seu valor (a partir da equação 3.4.2) e diferenciando a equação em relação aos coeficientes b_j , verificamos que o mínimo será alcançado quando os coeficientes satisfizerem a um sistema de equações normais, que pode ser montado efetuando a multiplicação matricial

$$[S] \cdot [B] = [Y] \quad (\text{Eq. 3.4.3})$$

onde S = matriz das somas de quadrados e produtos cruzados
 B = vetor dos coeficientes
 Y = vetor dos produtos das variáveis

Substituindo na Equação 3.4.3 as matrizes pelos seus valores em relação às variáveis da Equação 3.4.2, obteremos o sistema de equações normais multiplicando as matrizes:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_1 & \sum x_2 & \dots & \sum x_m \\ \sum x_1 & \sum x_1^2 & \sum x_1 x_2 & \dots & \sum x_1 x_m \\ \sum x_2 & \sum x_2 x_1 & \sum x_2^2 & \dots & \sum x_2 x_m \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum x_m & \sum x_m x_1 & \sum x_m x_2 & \dots & \sum x_m^2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y \\ \sum x_1 Y \\ \sum x_2 Y \\ \dots \\ \sum x_m Y \end{bmatrix}$$

O sistema de equações resultante pode ser resolvido diretamente, mas em geral isto não é feito, a não ser no caso de um número muito pequeno de variáveis. Isto é devido ao fato de que nas multiplicações necessárias para montar as matrizes e as equações, e no processo de inversão de matrizes utilizado para a resolução os números podem tornar-se grandes demais, dificultando sua manipulação e sofrendo o perigo de serem truncados, no caso da resolução por computador. Isso é evitado padronizando os dados, o que se faz subtraindo de cada um deles a média aritmética da variável a que pertence e dividindo o resultado pelo desvio padrão. Essa operação terá como resultado transformar a Equação 3.4.3 em

$$[r_{XX}] \cdot [B] = [r_{XY}] \quad (\text{Eq. 3.4.4})$$

na qual: r_{XX} = matriz dos coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis independentes;

B = vetor dos coeficientes B_j normalizados;

r_{XY} = vetor dos coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis independentes e a variável dependente.

Essa equação é resolvida pela operação:

$$[B] = [r_{XX}]^{-1} \cdot [r_{XY}] \quad (\text{Eq. 3.4.5})$$

Os coeficientes b_j , utilizados em equações de previsão com dados não normalizados são calculados a partir dos coeficientes normalizados, pela fórmula

$b_j = B_j \cdot s_Y / s_{X_j}$ sendo s_Y = desvio padrão da variável dependente

s_{X_j} = desvio padrão da variável independente X_j .

O termo constante da equação é calculado segundo a fórmula:

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - \dots - b_m \bar{X}_m$$

A eficiência da equação de regressão para explicação das relações entre a variável dependente e as variáveis independentes, e também para previsão dos valores da variável dependente quando conhecidos os valores das variáveis independentes, é testada por dois valores:

R múltiplo = coeficiente de correlação entre os valores observados e calculados da variável dependente. O quadrado de R (R^2) representa a percentagem da variância da variável dependente explicada pela regressão.

F = razão entre a variância devida à regressão e a variância devida ao resíduo, que é calculada como uma análise de variância da forma:

Fonte	Soma de Quadrados	Graus de liberdade	Quadrados médios	Teste F
Regressão	SS_R	m	MS_R	
Resíduos	SS_E	$n - m - 1$	MS_E	MS_R/MS_E
Total	SS_T	$n - 1$		

O valor de F é testado em comparação com os valores da estatística F de Fisher-Snedecor, no nível de significância escolhido.

Analizando a tabela, notamos que haverá uma tendência à diminuição do valor de F, pelo aumento do número de graus de liberdade no numerador e sua diminuição no denominador, toda vez que acrescentarmos uma nova variável independente à equação de regressão. Isto pode fazer com que, ao aumentarmos o número de variáveis, embora aumente o valor de R, o valor de F se torne tão baixo que a regressão fique não significante. Em outros termos, diminuirá a generalidade e aplicabilidade de nosso modelo para previsão. É um caso análogo ao do aumento do grau de uma equação de regressão em análise de tendência de superfícies (trend analysis). Para tornar o nosso modelo o mais eficiente possível, vale dizer, com grande R e mantendo um alto F, podemos usar várias técnicas, explicadas em DRAPER & SMITH (1966) e AGTERBERG (1974). Destas, foi utilizada a de regressão múltipla sequencial (stepwise), considerada pelos autores citados como a mais eficiente. Para melhor comprehendê-la passemos ao exemplo:

Sejam os valores teor em Rubídio, medidos em ppm, nas rochas em estudo, tomados como variável dependente e os valores das proporções em óxidos de elementos principais, medidos em percentagem, as variáveis independentes. Com estes dados, calculamos a regressão utilizando o programa STEPWISE REGRESSION, do SPSS, cujas listagens servirão como ilustração (tabelas 3.10.a a t6 3.10.i).

O primeiro passo é tomar a variável independente que tenha com a dependente a mais alta correlação simples (SiO_2 , em nosso caso) e efetuar a regressão. Conforme a listagem, resultará a equação:

SACARTEA, MARCH 20, 1900.

29/23/79

- Page

FILE BASTC1 (CREATION DATE = 09/08/79) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

VARIABLE(S) ENTERED AS STEP NUMBER 1 STEP 2 STEP 3

MULTIPLE R	0.84900	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARED	0.71105	REGRESSION	1.	88140.01076	88140.01076	
STANDARD ERROR	17.57000	RESIDUAL	75.	123159.21202	1641.97274	
						285.48654

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	P	F
SIZE	5.95518	0.33061	5.38252	225.98	
(CONSTANT)	-2.78535				

• [View Details](#) • [Edit](#) • [Delete](#) • [Print](#)

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
T122	-0.05021	-0.11693	0.25454	1.028
AL203	0.05011	0.20923	0.49201	3.388
FE	-0.04069	-0.27436	0.26561	0.815
YNO	-0.13140	-0.19117	0.24516	2.800
MSD	-0.19256	-0.28558	0.34944	0.525
S40	-0.35866	-0.37669	0.27151	14.665
N420	0.16836	0.31428	0.26562	0.937
K20	0.05564	0.55615	0.31525	1.121

MATERIAL(S) ENTERED OR STEP NUMBER 20 X20 CXING RE POTASSIUM

multiple R	0.92642	ANALYSIS OF VARIANCE		df	sum of squares	mean square	F
R SQUARED	0.85642	REGRESSION	2	95148.42121	47574.21061		
STANDARD ERROR	14.77152	RESIDUAL	78	16148.72957	210.13226		216.03030

1990-1991
1991-1992
1992-1993
1993-1994
1994-1995
1995-1996
1996-1997
1997-1998
1998-1999
1999-2000
2000-2001
2001-2002
2002-2003
2003-2004
2004-2005
2005-2006
2006-2007
2007-2008
2008-2009
2009-2010
2010-2011
2011-2012
2012-2013
2013-2014
2014-2015
2015-2016
2016-2017
2017-2018
2018-2019
2019-2020
2020-2021
2021-2022
2022-2023
2023-2024

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	t
SIC2	3.70281	0.50984	0.56369	6.5828
K2C	20.19232	0.45589	0.95100	21.11
(CONSTANT)	-174.02812			

~~REMOVED~~ VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
TIC2	-0.20378	-0.43540	0.66232	17.076
AL203	0.35548	0.14262	0.25555	1.516
FE	-0.24321	-0.32890	0.20550	8.381
MNO	-0.07185	-0.12249	0.02555	1.131
Y60	0.01570	0.02217	0.25520	0.036
CAS	-0.05140	-0.05134	0.14074	0.193
N200	0.01857	0.03700	0.57202	0.100

TABELA 3.10.a - Equações de regressão sequenciais totais,
passos 1 e 2.

$$Rb = 6,64 \text{ SiO}_2 - 278,98$$

Os valores de Rb calculados segundo a equação apresentada terão com os valores observados uma correlação de 0,89 (MULTIPLE R, na listagem da figura 3.10.a). O quadrado do coeficiente de correlação (R SQUARE, na listagem) é 0,79. Os valores calculados apresentarão um erro padrão (STANDARD ERROR, na listagem) de 17,57 ppm. Efetuando a análise de variância segundo o esquema já apresentado, resulta um valor $F = 285,49$. Este valor é muito mais alto do que o valor tabelado de 4,00 (valor crítico de F para um nível de significância de 5%, com 1 grau de liberdade no numerador e 60 graus de liberdade no denominador, valor mais próximo tabelado de 75), logo podemos considerar a regressão como altamente significante.

O programa indica ainda o valor B_1 (BETA na listagem), que é o valor do coeficiente para dados normalizados, e o erro padrão do coeficiente para dados normalizados, e o erro padrão do coeficiente (STD ERROR B, na listagem, que indica a variação possível no valor do coeficiente. Assim, podemos considerar o valor verdadeiro do coeficiente como situado entre $6,46 - 0,39$ e $6,46 + 0,39$.

O valor F indicado junto à equação é calculado pela fórmula

$$F = (B/S)^2 \quad \text{sendo } B \text{ o valor do coeficiente e} \\ S \text{ o seu erro padrão.}$$

O valor F parcial assim calculado indica a significância da contribuição desta variável para a regressão. Neste primeiro passo seu valor é igual ao do F total; nos outros passos

será diferente para cada variável.

Para as variáveis que não estão na equação o programa calcula:

B = BETA IN na listagem: correlação parcial entre a variável indicada e a dependente, controlados os efeitos das variáveis já na equação;

Tolerância = TOLERANCE na listagem: calculada como a razão de B pela variância da variável. Se a tolerância é pequena, a variável pode ser explicada como uma combinação linear das variáveis já na equação. Se é grande, a variável é aproximadamente independente das variáveis na equação e, se introduzida no próximo passo, aumentará a explicação da variância da variável dependente de forma significativa.

F = valor do F parcial que a variável teria se ela fosse introduzida no próximo passo.

Em seguida, o programa executa o passo seguinte, introduzindo na equação a variável que, em conjunto com a já existente na equação, aumente mais a explicação da variância da variável dependente pela regressão. Em nosso caso, foi introduzido o K_2O , resultando a equação:

$$Rb = 3,70SiO_2 + 22,39K_2O - 174,01$$

Essa equação dá como resultado um R múltiplo de 0,92, o que significa que os valores calculados a partir dela explicam 85% da variância da variável dependente, o que significa um aumento de 6% em relação à equação anterior. A regressão proporciona um valor F de 218,03, ainda altamente significativo.

Observando os valores F parciais, notamos uma diminuição

BASALTIC FACTA OF PARANA * ARLEI *

09/08/79

PAGE 4

FILE FASTER1 (CREATED DATE = 09/03/79) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 MANTIVEIS

VARIABLE(S) FILTERED ON STEE NUMBER 3.0 T102 OXIDE OF TITANIUM

MULTIPLE R = 0.95937
R SQUARED = 0.91842
STANDARD ERROR = 13.34871

	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	3.	96209.41905	32736.47302	162.02255	
RESIDUAL	73.	15085.80173	202.52526		

VARIANCES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F
SIC2	2.23221	0.58755	0.63757	12.25
SIC1	2.74421	0.58474	3.89763	54.46
SICP	-6.58014	-0.58456	2.07346	17.97
(CONSTANT)	-7.82222			

RECOMMENDED VISIONS AND PRACTICES

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
AL203	-0.04041	-0.04957	0.71389	0.721
FE	-0.05359	-0.05590	0.03435	0.093
Mo	0.00853	0.01541	0.58633	0.017
Mo	-0.15950	-0.22256	0.22010	3.753
CAC	-0.24534	-0.25507	0.12510	4.927
NAsO	0.31472	0.35281	0.57689	0.877

MULTIPLE R: 0.94357
 R-SQUARE: 0.89095
 STANDARD ERROR: 13.24252

	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	4	99647.50233	24761.87556	145.56630	
RESIDUAL	72	12247.71845	170.19720		

***** VARIANCES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	ALTA	STD. ERROR B	t	F
SIC2	1.34670	0.16778	0.73404	3.452	
PERC	28.29446	0.49536	0.78241	21.734	
TIF2	-10.31643	-0.24605	0.17276	22.671	
CAT	-6.55177	-0.28534	0.95519	4.922	
(CONSTANT)	9.15242				

www.vetmedis.net Webshop

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
AL283	-0.03010	-0.07526	0.70524	0.415
FE	-0.07251	-0.07913	0.13104	0.447
MNO	0.02731	0.05078	0.57900	0.183
MGO	-0.07837	-0.06964	0.14400	0.575
NAO	-0.01723	-0.03800	0.53523	0.102

TABELA 3.10.b - Equações de regressão sequenciais totais, passos 3 e 4.

BASALTIC LACTA OF PAGET & ASLET

69/06/79

PAGE

FILE DASTC1 (CREATED DATE = 09/08/79) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

* * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE.. REBUDIC REGRESSION LIST 1

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 5., RGC EXTRA DE MACESTIC

MULTIPLE R 0.84384
R S.D./F.E. 0.84754
STANDARD ERROR 13.34117 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F
REGRESSION 5. 99145.92050 19829.18406 115.88092
RESIDUAL 71. 12149.39048 171.11691

~~VARIABLES IN THE EQUATION~~

VARIABLE	B	SE BETA	STD ERROR B	S	P
SIC2	1.24335	0.17149	0.75175		
X2C	82.50744	0.45782	1.66492	2.75	
TIF2	-10.28573	-0.25875	2.29066	21.94	
CAC	-3.36704	-0.18109	2.59434	22.56	
NGC	-1.56785	-0.57837	2.56616	1.08	
(CONSTANT)	15.56268			0.57	

----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
AL2C3	-0.03331	-0.08142	0.70126	0.503
FE	+0.06741	+0.09461	0.12767	0.532
MNO	0.01745	0.03173	0.36094	0.371
NAO	-0.02613	-0.05675	0.1497	0.226

VARIABLE(S) ENTERED IN STEP NUMBER 6., FE EXITS DE FERRD

MULTIPLE R	R SQUARED	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
0.44436	0.194161	REGRESSION	8.	49254.56671	6156.844345	
0.111518		RESIDUAL	70.	12040.56907	172.00800	
						46.17252

VARIANCES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F
SIC2	0.91243	0.12051	0.05016	1.181
K2C	20.93119	0.42572	5.21633	16.138
TIC2	-0.43551	-0.22144	2.52767	10.388
CAC	-3.43347	-0.18460	2.60243	1.741
MCC	-2.27915	-0.09134	2.60658	0.759
FE	-1.23654	-0.08741	1.54765	0.632
(CONSTANT)	49.96502			

----- VARIABLES ACT IN THE EQUATION -----

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
AL203	-0.36038	-0.15891	0.57254	1.358
MAO	0.36198	0.09628	0.26102	0.642
NA20	-0.43675	-0.37644	0.49276	0.422

TABELA 3.10.c - Equações de regressão sequenciais totais,
passos 5 e 6.

SASALTOS FACIA DE PARANA * ABREU *

59/02/79

PAGE

FILE #63701 (CREATION DATE = 09/08/79) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

VARIABLE(S) FILTERED ON STEP NUMBER 7., 41203 81X1VA

MULTIPLE R	0.94528	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SCAPE	0.88366	REGRESSION	7	99.837 .00452	14.262 .42922	63.04875
STANDARD ERROR	13.32158	RESIDUAL	69	116.02 .21626	1.71 .33557	

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD B	STDBCOV B	F
SIC2	6.29495	0.04136	1.00007	0.08	
*X20	22.21000	0.15343	2.32792	17.51	
TIC2	-0.91751	-0.21659	0.95318	11.34	
CAC	-0.93564	-0.16300	2.01472	1.33	
MGT	-2.77244	-0.11157	2.63551	1.10	
FE	-2.08339	-0.14940	1.70544	1.48	
ALP13	-2.40968	-0.06234	2.13616	1.35	
(CONSTANT)	124.11642				

VARIABLES ACT IN THE EQUATION				
VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
MNG	3.87530	0.11704	0.25635	0.845

MULTIPLE R	R² = .9623	ANALYSIS OF VARIANCE			F
R SCAFF	.99536	REGRESSION	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE
STANDARD E-FCY	13.06777	RESIDUAL	68.	99.46876321	1245.694540
				11549.45757	171.27122

----- SPACES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
SIC2	-0.14151	0.01935	1.02273	0.019
K2C	22.03658	0.44421	5.33686	17.051
TIT2	-0.14865	0.28943	2.97266	10.543
CAC	-3.71241	0.20241	2.72682	1.412
MGC	-2.49937	0.09656	2.56429	0.812
FE	-3.11645	0.22138	2.01276	2.397
AL203	-2.76405	0.06719	2.15841	1.649
MAG	58.22604	0.07530	70.20556	0.944
(CONSTANT)	198.8721			

----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----
 VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F

TABELA 3.10.d - Equações de regressão sequenciais totais,
passos 7 e 8.

BASALTOS SACTA DE PEPEANG + ARRIET +

09/06/79

Page

FILE EAGTC1 (CREATION DATE = 08/08/70)) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

DEPENDENT VARIABLE... SP REGRESSION

WATERMARK(S) ENTERED IN STEP NUMBER 9: 8420 EXISTING RECORDS

MULTIFILE 4 0.94762
 P. SQUAEE 0.29554
 STANDARD 0.9065

ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	9	99814.04690	11090.00660	
RESIDUAL	87	11461.17922	131.36289	64.71584

----- VARIANCES IN THE EQUATIONS

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	P
SIC2	-0.31662	-0.04277	1.12139	0.877
PER	4.5172543	0.17545	5.50473	18.400
TIR2	-5.1750000	-0.32523	2.97583	10.111
CAP	-0.149662	-0.24182	2.32723	2.520
MGT	-7.474162	-0.11351	2.69916	1.793
FE	-5.63221	-0.27222	2.14113	3.203
ALP13	-2.59287	-0.06192	2.16823	1.386
YAC	44.71630	0.11304	77.19304	1.685
TAPE	-5.21332	-0.06102	5.49174	0.965
(CONSTANT)	133.32454			

----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----
 VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F

***** MULTIPLE REGRESSIONS ***** VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE.. SP REPUBLIC

SUMMARY Table

VARIABLE		MULTIPLE R	R SQUARE	REG CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
SICP	STLICA	0.94991	0.79195	0.79195	0.85991	-0.31062	-0.04277
KPC	RAÍZ DE POTÁSSIO	0.91248	0.85492	0.06287	0.85991	0.37493	0.47545
TIC2	RAÍZ DE TITÂNIO	0.93937	0.86842	0.08750	0.46032	0.16195	0.12250
CAC	ÓXIDO DE CALCETO	0.94137	0.88495	0.08753	0.85845	0.19662	0.24164
MGC	ÓXIDO DE MAGNÉSIO	0.94354	0.89082	0.00058	0.77020	0.28132	0.11551
FE	ÓXIDO DE FERRO	0.94436	0.89181	0.00054	0.82810	0.18321	0.27222
AL2O3	ALUMINA	0.94546	0.89390	0.00204	0.81049	0.25527	0.06142
YAC	ÓXIDO DE MANGANESE	0.94623	0.89536	0.00145	0.72369	0.70655	0.11004
MAFC	ÓXIDO DE SODIUM	0.94702	0.89684	0.00149	0.86838	0.39338	0.06102
(CONSTANT)						153.28586	

TABELA 3.10.e - Equação de regressão e tabela sumário totais.

ção no valor da contribuição do SiO_2 para a regressão, derivada do fato de que os valores de SiO_2 e K_2O são altamente correlacionados.

Os valores de controle são novamente calculados para as variáveis que ainda não estão na equação e novamente escolhida outra variável, o TiO_2 , que apresenta os melhores resultados.

Esse processo pode ser repetido até que todas as variáveis sejam incluídas na equação, procedimento que foi o seguido neste exemplo. Os resultados podem ser acompanhados na listagem anexa. Observando as equações, seus valores de controle e a tabela do sumário (SUMMARY TABLE) do final, notamos alguns problemas:

- a - a contribuição das variáveis para a explicação da variância pela regressão (RSQ CHANGE, na listagem) é decrescente, sendo a partir de CaO muito pequena (menor que 1%);
- b - de maneira análoga, o F parcial das últimas variáveis introduzidas é muito pequeno, indicando que não estão trazendo contribuição significativa à equação. Isso resulta na diminuição do valor do F total. Além disso, introduz o problema prático de uma equação muito grande, que dificulta o tratamento dos dados se quisermos utilizá-la para previsão;
- c - à medida em que são introduzidas novas variáveis, o valor F parcial das variáveis já na equação vai baixando, devido à entrada de variáveis que com elas são altamente correlacionadas. É notável, em nosso exemplo, o caso do SiO_2 , que foi baixando progressivamente seu valor F até chegar a 0,077.

Esses problemas são resolvidos através de dois procedimentos: em primeiro lugar, estabelece-se um valor mínimo de F para entrada na equação. Se uma variável não atingir esse valor, ela não é introduzida. Em segundo lugar, é estabelecido um valor

mínimo de F para saída. Se o valor F de uma variável participante da equação baixar além desse limite, a equação é recalculada, retirando-se essa variável. Esta seleção de variáveis pode ser feita de maneira automática pelo programa ou através da intervenção do pesquisador, examinando a equação final. Em nosso trabalho utilizamos os dois processos. Em alguns casos, principalmente nos processamentos preliminares utilizando equações de ordem alta, foi adotado o processo automático, fixando arbitrariamente o valor $F = 2,00$ para entrada e $F = 1,50$ para saída de variáveis da equação. No caso de equações finais, e principalmente quando a intenção era mais descobrir uma explicação para as equações do que simples valores numéricos foi utilizado o processo manual, calculando inicialmente equações sequenciais envolvendo progressivamente todas as variáveis independentes e depois selecionando a equação definitiva através do exame simultâneo dos valores de F total, F parciais, tolerâncias e do que se conhece sobre o comportamento dos elementos em rochas.

No exemplo aqui apresentado, foi adotado o processo manual. Inicialmente foram retiradas as variáveis que entraram com valor de F parcial menor do que 2,00; depois foi retirada a sílica, pois tanto o abaixamento do seu valor de F parcial quanto a experiência em outros estudos (cf. PRINZ, 1967) indicam que sua ligação com o rubídio se faz através do potássio, elemento com o qual o rubídio apresenta coerência geoquímica. A equação final resultante ficou sendo:

$$\text{Rb} = 24,53\text{K}_2\text{O} - 12,91\text{TiO}_2 - 6,60\text{CaO} + 98,55 \quad (\text{Tab.3.10.g})$$

Os valores calculados segundo esta equação apresentam uma correlação de 0,940 com os valores observados, correlação esta que é muito pouco menor do que 0,947, que é a correlação a-

BASALTOS BACIA DO PARANÁ * ARLEI *

98/24/79

PAGE 78

FILE BAST01 (CREATION DATE = 06/21/79) > TOTAL 77 AMESTRAS, 19 VARTAVEIS

* * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST *

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1+ K2O EXTRACT OF POTASSIUM

MULTIPLE R 0.88091
R SQUARED 0.77001
STANDARD ERROR 18.23106

ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	1.	86365.72525	86365.72525	
RESIDUAL	75.	24929.49153	332.33207	259.62994

Operational differences between the two groups

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	t
K2Z (CONSTANT)	-12.31110	0.06091	2.08692	259.630

VARIABLES NOT IN THE EQUATION				
VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
TIC2	.0030015	.0062205	.0000208	46.707
CAC	.0032146	.0020467	.0175111	6.524

* * * * *
VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 2.1 T102 . X1020 CE TITANIC

MULTIPLE R 0.92861
R SQUARED 0.86248
STANDARD ERROR 14.37113

ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	2	96018.38403	48006.04221	232.44228
RESIDUAL	74	152831.33875	206.52588	

REFERENCES TO THE SCOTTISH SOURCE

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
K2C	-40.43736	-0.02246	2.15931	350.691
TIC2	-12.02030	-0.30016	1.84662	45.701
(CONSTANT)	12.32555			

VARIABLES NOT IN THE EQUATION				
VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
CAD	-0.35480	-0.40024	0.17474	13.925

TABELA 3.10.f - Equações de regressão sequenciais, retirando o SiO_2 , passos 1 e 2.

BASALTOS SACION DO PARANA * AGULHAR *

08/23/79

Page 79

FILE SASTOL (CREATION DATE = 06/21/79) > TOTAL 77 AMGSTRAS# 19 VARIATEVS

* * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * *

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 34 FAD OXIDE OF STARCH

MULTIPLE R 0.94057
R SQUARE 0.85468
STANDARD ERROR 13.25974

ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
REGRESSION	3.	96450.31587	32820.10502	156.66512
RESIDUAL	73.	12834.90571	175.62043	

***** - 1971-1975 *****

INTER-INDIVIDUAL VARIABILITY AND ITS INFLUENCE ON

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F
K2C	34.52734	0.495871	4.70607	27.164
TIC2	-12.91007	-0.36706	1.70559	57.299
CAC	76.57649	0.38483	1.76765	13.925
(CONSTANT)	36.1754			

VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE

WAXES AND STARCHES

* * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 2

DEPENDENT VARIABLE: REBIDIGS

SUMMARY TABLE

VARIABLE		MULTIPLE R	R SQUARE	REG CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
X20	EXILE DE POTASSIO	0.88091	0.77601	0.77601	0.88091	24.52764	0.45867
TIC2	EXILE DE TITANIO	0.92631	0.86208	0.86667	-0.46032	-12.41069	-0.30706
CAC	EXILE DE CALCIO	0.94057	0.88468	0.02200	-0.85645	-6.59655	-0.35480
(CONSTANT)						98.84758	

TABELA 3.10.g - Equação de regressão final, sem SiO₂ e tabela sumário.

FILE BASTOL (CREATION DATE = 08/21/79) TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

***** MULTIPLE REGRESSION *****

DEPENDENT VARIABLE: RB FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SEQUENCE	OBSERVED RB	PREDICTED RB	RESIDUAL	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL			
				-2.0	-1.0	0.0	1.0
1	24.00000	10.03421	13.96079				
2	39.00000	34.42292	4.577075	I	*		
3	27.00000	27.89447	-0.6994732				
4	30.00000	30.89682	-0.6990235				
5	64.00000	65.03562	"2.035625				
6	29.00000	22.91535	6.084653	I			
7	42.00000	44.19384	-2.196644	I	*		
8	33.00000	64.00383	"31.00383				
9	43.00000	44.75950	-1.759498				
10	172.0000	154.6551	17.34490				
11	170.0000	153.1259	16.87409	I	*		
12	106.0000	150.4934	15.30610	I	*		
13	70.00000	79.65355	-9.653552				
14	109.0000	114.9978	"5.997806				
15	29.00000	26.29318	0.7016167				
16	90.00000	55.68119	42.11361				
17	51.00000	79.40271	1.597292				
18	33.00000	24.50311	8.494895				
19	39.00000	31.54304	7.459106	I	*		
20	10.00000	8.611717	1.380223				
21	53.00000	73.10784	"20.40764				
22	32.00000	30.70343	1.290566				
23	15.00000	21.633573	-6.635733				
24	14.00000	29.05330	"17.05336				
25	16.00000	24.96400	"5.964004				
26	46.00000	49.62741	"3.627406				
27	52.00000	73.38672	"21.38672				
28	22.00000	44.78312	"22.78312				
29	31.00000	23.26386	2.734138				
30	39.00000	47.59130	"6.591304				
31	47.00000	46.41112	"1.411120				
32	37.00000	39.37948	"2.379480				
33	34.00000	51.91503	"17.91503				
34	44.00000	64.27359	"20.27359				
35	25.00000	27.67212	"2.672118				
36	31.00000	29.05123	1.948774				
37	32.00000	27.05337	4.911634				
38	35.00000	39.30239	"4.302359				
39	36.00000	51.59297	"15.59297				
40	154.0000	125.2261	30.77389				
41	30.00000	29.27344	0.7215574				
42	60.00000	85.10229	"5.100286				
43	67.00000	70.75245	"3.752446				
44	36.00000	43.47307	"7.473070				
45	63.00000	60.70346	"0.7004822				
46	61.00000	63.40451	"2.404512				
47	55.00000	53.25951	1.740491				
48	103.0000	153.6275	9.372526				
49	133.0000	125.12375	12.76251				
50	64.00000	77.68081	"13.60081				
51	35.00000	21.28452	13.71548				
52	27.00000	25.26322	1.716779				
53	33.00000	29.123.42	8.766365				
54	30.00000	34.06696	1.930023				
55	60.00000	57.13351	2.664487				
56	34.00000	26.17514	7.824643				
57	114.0000	100.3706	5.623406				
58	27.00000	30.499702	"3.997025				
59	35.00000	34.71111	0.280891				
60	25.00000	27.66105	"2.665955				
61	37.00000	49.37301	"12.37601				
62	22.00000	17.50172	4.391284				
63	51.00000	59.36775	"8.367775				
64	47.00000	52.42173	"5.421731				
65	33.00000	17.69140	15.30620				
66	23.00000	27.54372	"4.943715				
67	67.00000	27.09513	39.90367				
68	46.00000	38.07314	9.321855				
69	39.00000	35.15796	3.842018				
70	55.00000	39.13422	18.36578				
71	35.00000	35.07335	"2.073353				
72	114.0000	147.3249	"33.32490				
73	66.00000	60.74320	2.743263				
74	65.00000	70.09372	"5.093720				
75	77.00000	82.00069	"5.600093				
76	35.00000	21.62003	13.17397				
77	34.00000	32.28126	1.716719				

END OF DATA INPUT, READ COUNT = 77 DATA ERROR COUNT = 0,

TABELA 3.10.h - Listagem sequencial dos valores observados e calculados do Rb, segundo equação final. Plotagem sequencial dos resíduos padronizados.

BASALTOS CACTA DO PARAHÁ + ARLEI *

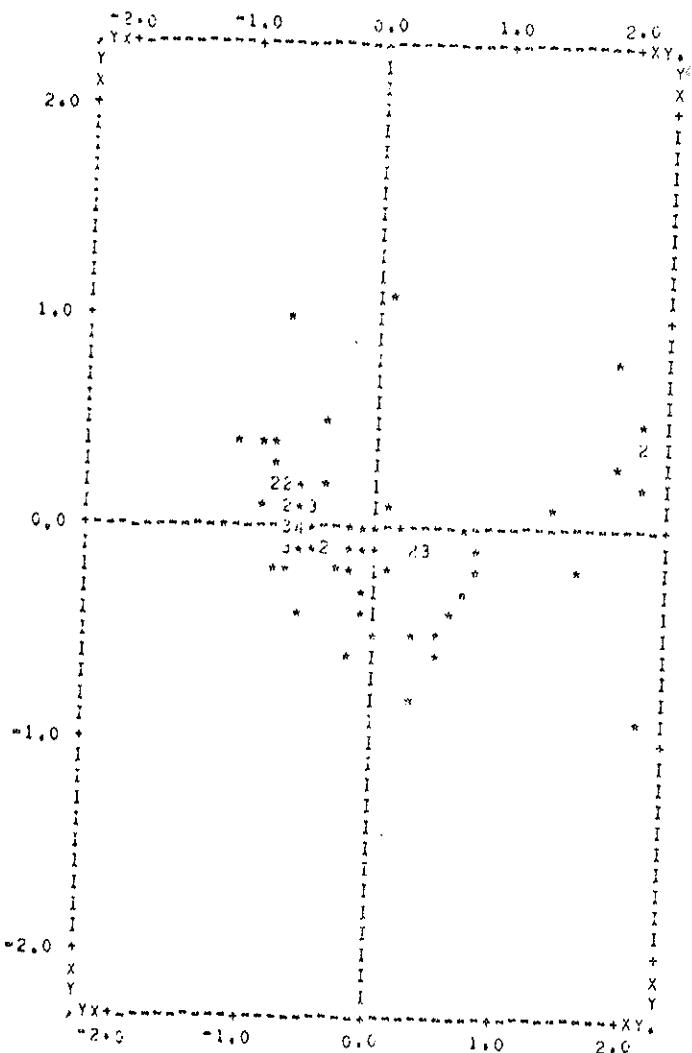
08/21/79

PAGE 63

FILE BAST01 (CREATION DATE = 08/21/79) > TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVEIS

* * * * * PLT: STANDARDIZED RESIDUAL (DOWN) -- PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) * * *

DEPENDENT VARIABLE: RB VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1



ROWS>COLLING Y: VALUES OUTSIDE (-3,0,+3,0)

ROWS>COLUMNS X: VALUES IN (-3,0,-2,05) & (2,05,+3,0)

TABELA 3.10.i - Plotagem dos resíduos em relação a valores calculados de Rb, segundo a equação final.

presentada quando se usa uma equação envolvendo todos os óxidos de elementos principais. No entanto, a equação final proporciona um valor de F total igual a 186,67, muito maior do que o valor $F = 64,72$ apresentado pela equação com todas as variáveis. Esses valores permitem supor que a equação que utiliza apenas óxidos de potássio, titânio e cálcio tem maior generalidade do que a que utiliza todos os óxidos, além de ser de utilização muito mais fácil nos cálculos.

Utilizando a equação assim determinada, são calculados os valores previstos para todas as observações, determinados os resíduos e plotados estes de duas maneiras: inicialmente um a um, comparando sua grandeza com a média e desvio padrão da variável; depois comparando seus valores padronizados com os valores padronizados da variável dependente. Isto é efetuado por que, no caso de um modelo adequado, os resíduos devem ter correlação zero com os valores da variável dependente. Se houver uma correlação perceptível no gráfico, ou por cálculo, o modelo deve ser mudado. (Tabelas 3.10.g e i).

Utilizando o procedimento ilustrado acima, foram realizados os seguintes cálculos de regressão:

- a - regressão dos valores de óxidos de elementos principais em relação a teores de elementos traços;
- b - regressão de índices de diferenciação de rochas basálticas em relação a elementos traços.

3.4.1 - Regressão dos valores de elementos principais

Aplicando os processos de regressão apresentados no tópico anterior, foram obtidas equações que permitem calcular as concentrações prováveis de óxidos de elementos principais usando os teores dos elementos traços como variáveis independentes. Devido às variáveis envolvidas não apresentarem distribuições de frequência simples, foram tentados vários modelos de regressão, todos intrinsecamente lineares, começando com regressão linear simples, acrescentando em seguida transformações das variáveis independentes, iniciando com transformação logarítmica e prosseguindo com as variáveis elevadas à 2^{a.}, 3^{a.} e 4^{a.} potências. Foi também tentada a transformação logarítmica das variáveis dependentes e a regressão destes valores transformados em relação aos teores de elementos traços, primeiramente sem transformação e finalmente com os teores de elementos traços transformados em logaritmos. Os parâmetros estatísticos destas regressões são apresentados na tabela 3.11. Examinando-a, é possível observar que:

- a - em quase todos os casos, os coeficientes de correlação entre os valores observados e calculados, bem como o erro padrão e estatística F de Fisher-Snedecor mostram-se plenamente satisfatórios desde a regressão linear simples, que utiliza apenas valores de primeiro grau, tanto nas variáveis independentes quanto nas dependentes;
- b - nas equações lineares, os parâmetros estatísticos são baixos para Al_2O_3 e razoáveis para Na_2O . Aumentando o grau das equações, melhoram os resultados para Al_2O_3 , mas não para Na_2O ;

TABELA 3.11 - Parâmetros de controle da regressão dos valores das proporções de óxidos de elementos principais em relação aos teores de elementos traços em rochas basálticas da Bacia do Pará. R = coeficiente de correlação entre valores observados e calculados; E = erro padrão de regressão; F = estatística F de Fisher-Snedecor. Maiores detalhes no apêndice.

	1º grau			1º e log			2º			3º			4º			Log c/ 1º grau			Log c/ 1º e Log		
	R	E	F	R	E	F	R	E	F	R	E	F	R	E	F	R	E	F	R	E	F
	95	1,68	169	96	1,50	174	96	1,44	189	96	1,44	189	96	1,44	189	95	0,03	64	95	0,01	147
SiO ₂	95	0,43	67	92	0,37	77	92	0,37	78	94	0,32	53	94	0,33	53	92	0,17	82	95	0,06	107
Al ₂ O ₃	51	0,82	6	62	0,76	7	68	0,72	7	63	0,74	7	70	0,69	8	51	0,06	6	62	0,02	7
Fe	95	0,00	137	96	0,79	104	96	0,77	88	96	0,77	87	97	0,74	73	95	0,07	143	96	0,03	226
MnO	81	0,03	33	21	0,03	27	84	0,02	25	85	0,02	25	85	0,02	27	84	0,06	44	84	0,06	144
N ₂ O	92	0,62	100	93	0,59	88	93	0,56	93	94	0,57	81	94	0,57	81	93	0,07	160	95	0,06	162
CaO	94	0,69	149	97	0,56	161	97	0,56	161	97	0,53	121	97	0,53	122	95	0,04	250	97	0,04	355
Na O	75	0,29	23	77	0,29	16	74	0,70	22	76	0,29	16	76	0,29	16	74	0,05	30	74	0,04	30
K ₂ O	96	0,22	221	95	0,21	156	97	0,21	145	97	0,20	149	97	0,20	151	92	0,07	143	95	0,06	178

TABELA 3.12 - Equações de previsão para percentagens de óxidos de elementos principais em relação a teores de elementos traços em ppm, obtidas através de regressão múltipla a partir de análises químicas de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

$$\text{SiO}_2 = 0,092\text{Rb} + 0,0085\text{Cu} + 0,011\text{V} + 0,0031\text{Sr} + 53,232$$

$$\text{TiO}_2 = 0,0011\text{Sr} + 0,0037\text{V} + 0,00504\text{Zr} + 0,0046\text{Rb} + 0,289$$

$$\begin{aligned}\text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,011\text{Cu}^2 + 0,040\text{V}^2 + 1,048\text{Rb}^2 + 1,405 \log\text{Co} + 0,231\text{Zr} \\ &\quad - 0,031\text{Sr}^2 - 2,733 \log\text{Sr} - 0,525\text{Ni}^2 + 15,225\end{aligned}$$

$$\text{Fe} = 0,012\text{V} + 0,041\text{Rb} + 0,005\text{Zr} + 0,020\text{Ni} + 0,003\text{Cu} + 10,640$$

$$\text{MnO} = 0,0001\text{V} + 0,001\text{Rb} + 0,00047\text{Ni} + 0,00005\text{Cu} + 0,221$$

$$\text{MgO} = 0,0063\text{Cr} + 0,025\text{Rb} + 0,0067\text{Zr} + 0,013\text{Co} + 7,359$$

$$\text{CaO} = 0,0046\text{Cr} + 0,035\text{Rb} + 0,0066\text{Zr} + 0,00107\text{Ba} + 11,486$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 0,00047\text{Ba} + 0,0056\text{Ni} + 0,00045\text{Sr} + 0,00072\text{V} + 2,844$$

$$\text{K}_2\text{O} = 0,017\text{Rb} + 0,0015\text{Zr} + 0,00082\text{Sr} + 0,00051\text{Cu} + 0,125$$

- c - a não ser no caso do Al_2O_3 , as pequenas melhorias nos parâmetros de regressão não justificam a utilização de equações de graus superiores ao primeiro;
- d - no caso de Al_2O_3 , a melhor equação é a de segundo grau, que combina simplicidade com parâmetros estatísticos aceitáveis.

Os parâmetros estatísticos (as equações totais (utilizando todas as variáveis independentes), as equações finais, bem como os valores observados e calculados e as plotagens de resíduos são apresentados detalhadamente nos apêndices 4.1 até 4.9. As equações finais de previsão dos valores de elementos principais em relação a elementos traços estão apresentados na tabela 3.12. Para se obterem os valores das concentrações de óxidos de elementos principais em percentagem devemos entrar nas equações com os valores dos teores de elementos traços em ppm.

C A P I T U L O 4

E S T U D O D A D I F E R E N C I A Ç Ã O P O R M E I O D E E L E M E N T O S T R A Ç O S

4.1 - Introdução

Como teste do método de regressão múltipla e uma aplicação prática, foi efetuada a montagem dos gráficos propostos pelos autores citados, utilizando índices calculados através da regressão múltipla, empregando apenas elementos traços. A finalidade desse trabalho prático foi verificar se o grau de ajuste entre os dados observados e aqueles obtidos através de técnicas estatísticas de regressão, que parecia em princípio numericamente válido, era suficiente para utilizar dados calculados por regressão, a partir de elementos traços, em estudos de diferenciação.

A partir da composição química expressa por elementos principais, vários autores trataram do problema da classificação química das rochas da província basáltica da Bacia do Paraná e do estudo de suas séries de diferenciação. Uma relação desses trabalhos pode ser encontrada em RÜEGG (1969 e 1975 a). Em síntese, segundo esse autor, foram adotados os procedimentos seguintes:

- a - diagrama álcalis x sílica;
- b - relação entre o teor em K e a razão K/Rb;
- c - relação entre os teores de SiO_2 e K_2O ;
- d - correlação entre o índice qz de NIGGLI e o teor em SiO_2 ;

e - relação entre o teor de Fe total e o de Mg;

f - relação entre o teor de SiO₂ e os coeficientes das razões

$$\frac{100 \times \text{CaO}}{\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}} \quad \text{e} \quad \frac{100 \times \text{K}}{\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}$$

g - índice A = Ab - 1,96En_{hy} - 1,49Fs_{hy}, usando minerais normatívos;

h - relação de alguns óxidos, em particular o MgO, com os respetivos coeficientes da razão Al₂O₃/SiO₂.

A utilização desses procedimentos teve como resultado atribuir a grande número de amostras, cuja composição mineralógica modal ou normativa indicava clara filiação toleítica, uma classificação alcalina ou uma impossibilidade de diferenciar tipos basálticos (RÜEGG, 1975 a). A partir desses resultados foram procurados outros parâmetros que permitissem melhor classificação e possibilidades estudar a diferenciação química das rochas da província.

Dos procedimentos propostos para o estudo da diferenciação através de dados químicos, apenas dois deram resultados que podem ser considerados concordantes com aquilo que se conhece acerca da mineralogia das rochas basálticas da província da Bacia do Paraná. São os propostos por de LA ROCHE (1968) e por LETERRIER & de LA ROCHE (1972), e empregados por RÜEGG (1975 a) para estudar os trends de diferenciação das rochas da província.

4.2 - O diagrama de LA ROCHE

Este diagrama, proposto inicialmente (de LA ROCHE, 1968) para distinção entre produtos de metamorfismo derivados de formações sedimentares e vulcânicas, mostrou-se valioso para a distinção entre tipos de rochas vulcânicas, e principalmente basaltos. Ele consiste num gráfico cartesiano, no qual se lancam, nas abscissas, os valores da diferença $Al/3 - Na$ e nas ordenadas os da diferença $Al/3 - Na$, calculadas utilizando proporções atômicas dos elementos. A figura 4.1 mostra o diagrama resultante, indicando as áreas preferenciais para rochas de diversas origens.

Utilizando o diagrama de LA ROCHE, RÜEGG (1975 a e b) considerou-o instrumento válido para o estudo das rochas da província, chegando às seguintes conclusões:

- segundo o diagrama, verifica-se que as rochas basálticas da província evoluem quimicamente, a partir de composições primitivas (mais ricas em feldspatos cárnicos) em direção a composições mais ricas em feldspatos potássicos e/ou em fases mineralógicas desprovidas de alumínio e álcalis (quartzo, magnetita e ilmenita), situados na origem dos eixos coordenados do diagrama;
- este desenvolvimento coincide com o que se conhece da mineralologia das rochas basálticas da Bacia do Paraná, que apresentam caráter calco-alcalino, "pacífico" ou toleítico, não permitindo o diagrama nenhuma confusão com séries alcalinas;
- os basaltos, senso estrito, são raros entre as rochas da província, que se situam no diagrama em sua maioria em posição intermediária às áreas de basaltos e dacitos, sugerindo sua crustalização a partir de líquidos já bastante evoluídos.

Lançando no diagrama apenas os índices referentes à análise

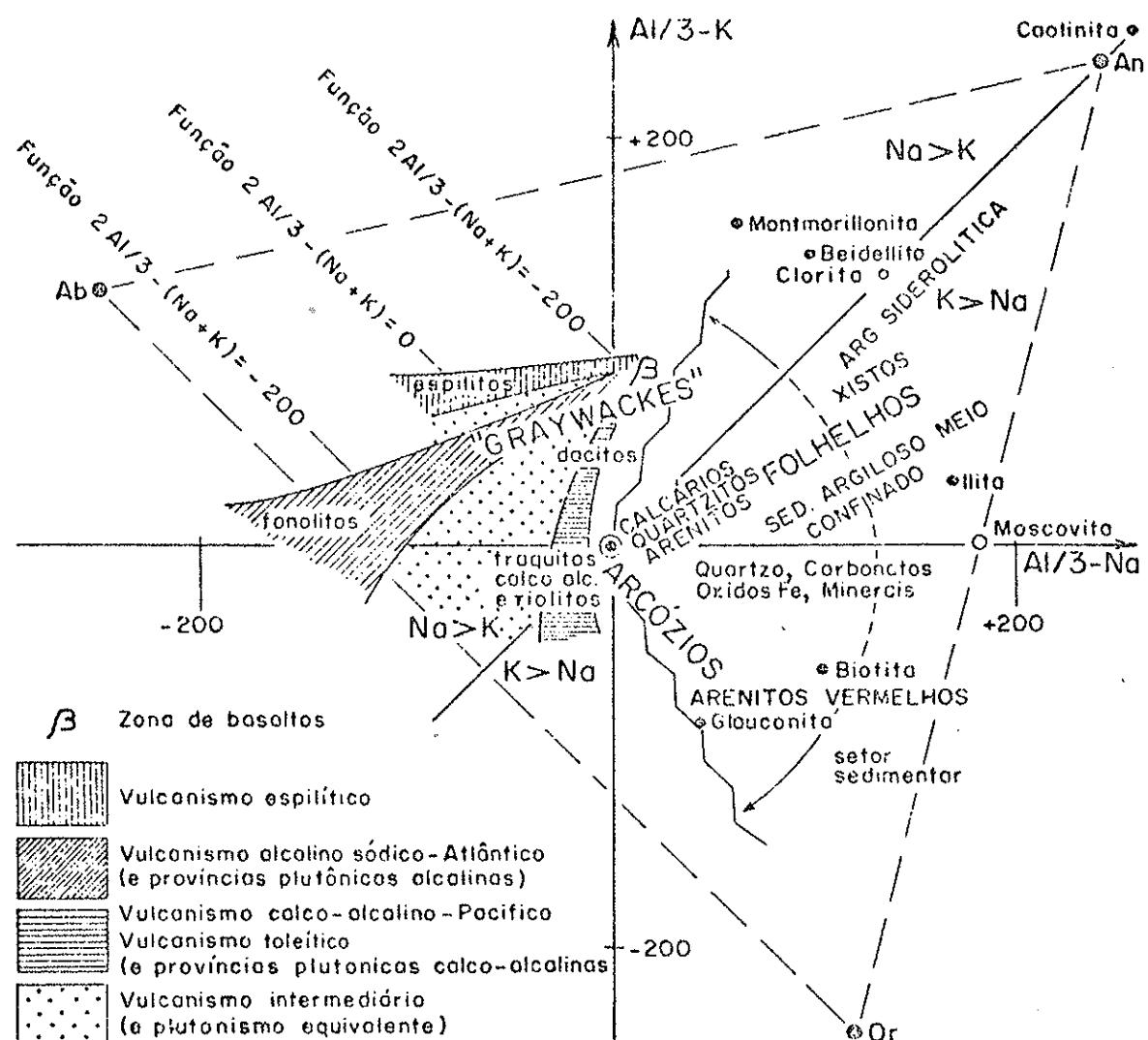


Figura 4.1 - Séries basálticas discriminadas pelo comportamento diferencial do sódio, potássio e alumínio, de acordo com de LA ROCHE, 1968. O diagrama coloca também em evidência, com base na variação desses elementos, diferenças fundamentais entre formações sedimentares e vulcânicas constituindo guia para o estudo de rochas metamórficas delas derivadas (segundo RUEGG, 1975a).

utilizadas no presente estudo, essas conclusões se mantém, conforme pode ser observado na figura 4.2.

Utilizando esses índices como variáveis independentes, foram efetuados cálculos de regressão de maneira idêntica à utilizada para obter as percentagens previstas de elementos principais e teores previstos de elementos traços. Os resultados obtidos se encontram nas tabelas 4.1 e 4.2, na figura 4.3 e nos apêndices 5.1 até 5.6.

Observando a tabela 4.1, nota-se que, embora tenha sido tentado, de forma análoga aos cálculos anteriores, encontrar modelos mais complexos que melhor explicasses os dados, as equações definitivas foram extraídas das equações lineares simples de primeiro grau, pois não havia ganho significativo ao se complicar o modelo.

A tabela 4.2 e o apêndice 5 indicam os resultados da regressão, as equações escolhidas e comparam os valores observados e calculados, de maneira idêntica à seguida para os cálculos do capítulo anterior.

Comparando os resultados com o que viemos obtendo até aqui, pode ser considerada ótima a correlação entre os dados observados e os valores calculados para o índice $Al/3 - K$ e apenas razoável a obtida para o índice $Al/3 - Na$. Mesmo assim, ao serem lançados os valores calculados em gráfico (figura 4.3) e comparado este gráfico com aquele obtido a partir dos valores observados (figura 4.2), verifica-se que as diferenças são aceitáveis, permitindo chegar, em relação às amostras utilizadas no estudo, às mesmas conclusões, quer sejam utilizados os índices observados, quer sejam utilizados os calculados por regressão, não obstante algumas amostras terem sofrido deslocamento suficiente para ocupar, no gráfico dos valores calculados, áreas correspon-

TABELA 4.1 - Parâmetros de controle dos resultados de regressão múltipla dos índices de LA ROCHE (1968) e LETERRIER e de LA ROCHE (1972), calculados em relação a teores de elementos traços e suas transformações. Maiores detalhes no texto.

	1º grau			1º a 4º grau			Log com 1º grau e Log			
	R	E	F	R	E	F	.	R	E	F
AK	91	7	176	91	7	180	Log AK	91	0,12	90
AN	68	11	16	71	10	18	Log AN	52	0,14	14
X	95	15	344	96	14	443	Log X	93	0,09	108
Y	78	19	22	78	19	22	Log Y	71	0,09	19
XL	89	18	54	91	17	54	Log XL	80	0,10	44
YL	94	15	139	95	14	104	Log YL	97	0,03	183

TABELA 4.2 - Equações de regressão para índices de LA ROCHE (1968) e LETERRIER e de LA ROCHE (1972), calculados em relação a teores de elementos traços e suas transformações. Dados completos no apêndice

$$AK = 85,274 - 0,33Rb - 0,067Zr$$

$$AN = 0,172Ni - 0,014Ba - 0,076Rb - 0,011Sr + 55,440$$

$$X = 0,992Rb + 0,173Zr + 0,890$$

$$Y = -0,061Sr + 0,484Rb - 0,069Cu + 0,265Ni + 0,344Co + 52,309$$

$$X' = 0,810Rb - 0,054Cu + 0,460Co - 0,054Sr + 0,093Zr + 40,002$$

$$Y' = 0,196V + 0,122Zr - 0,530Rb + 0,102Zn - 0,215Ni + 122,182$$

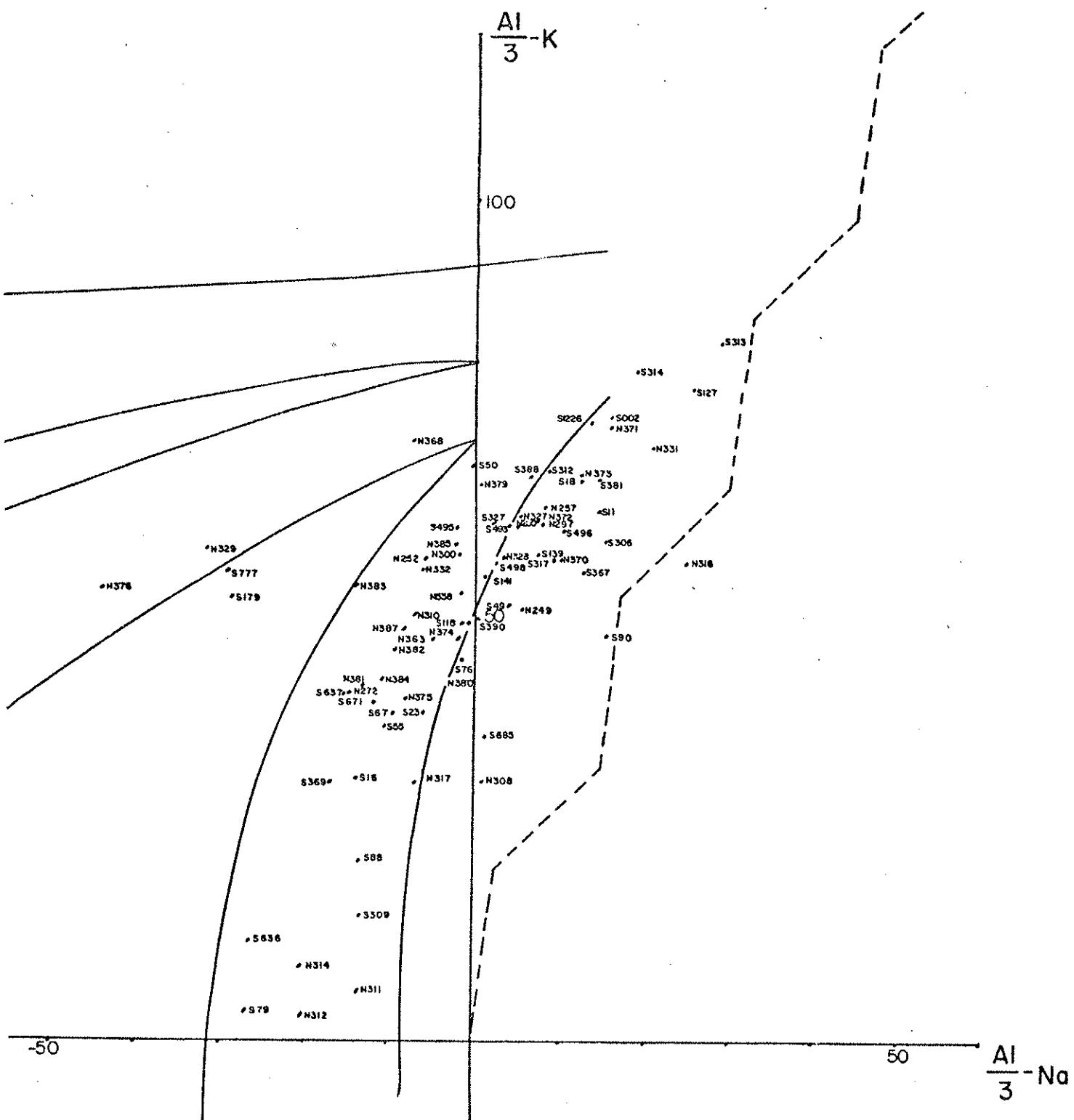


Figura 4.2 - Valores observados dos índices Al/3 - K e Al/3 - Na, referentes a 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, lançados em diagrama conforme procedimento proposto por de LA ROCHE (1968) e utilizado em RUEGG (1975a).

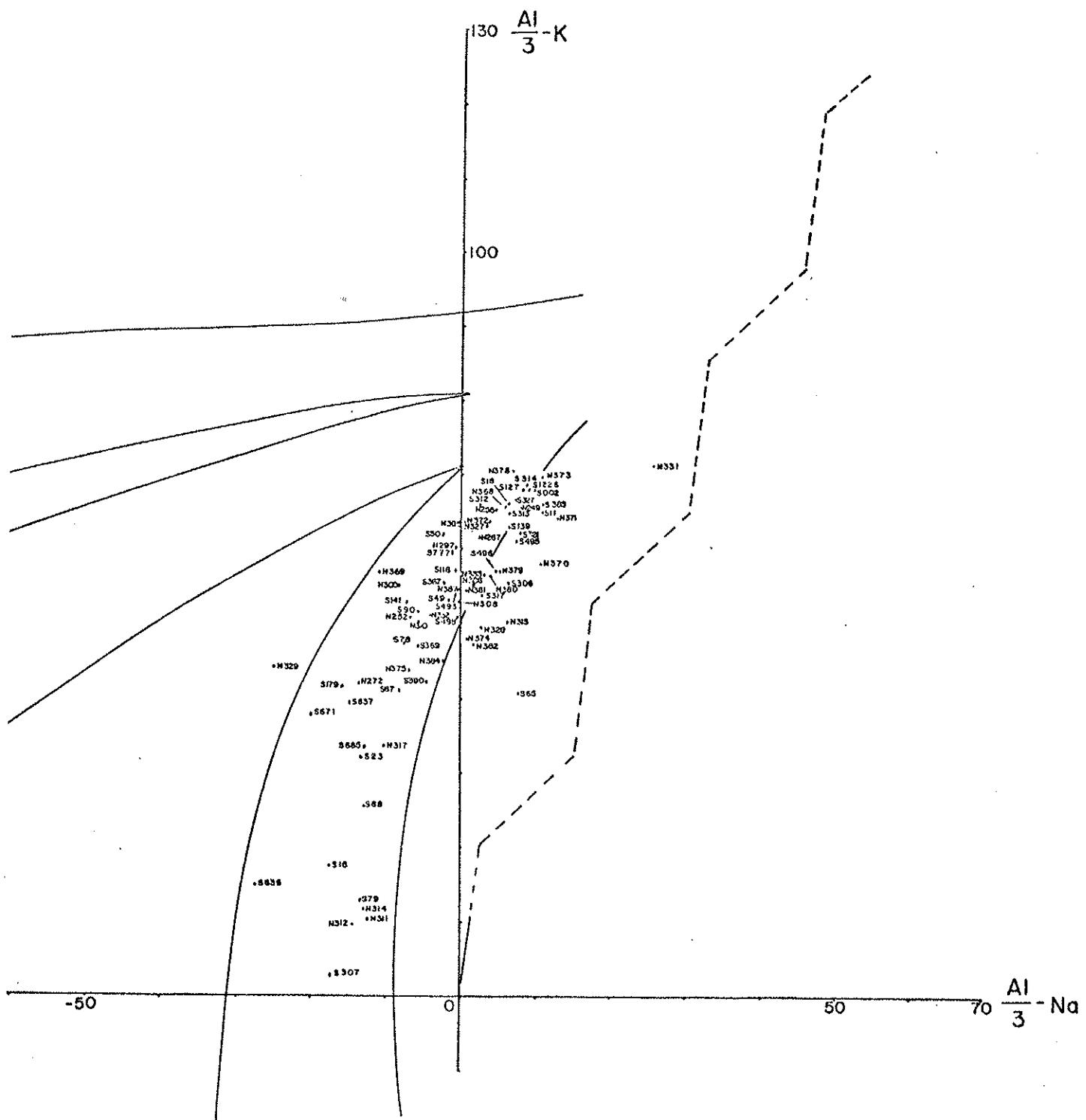


Figura 4.3 - Valores dos índices $Al/3 - K$ e $Al/3 - Na$, calculados por regressão múltipla, utilizando os teores de elementos traços em 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

dentes a tipos rochosos diferentes daqueles a que correspondiam as áreas que ocupavam no gráfico de valores observados. E o caso das amostras N376, N329, S777, S179 e N316. Além disso, há uma tendência geral dos pontos formarem, no gráfico elaborado a partir dos valores calculados, uma aglomeração mais fechada do que no caso dos valores observados. Esses desvios não são, no entanto, suficientes para mudar a tendência geral dos dados ou levar a conclusões diferentes das possíveis a partir dos valores observados.

4.3. - Os diagramas de LETERRIER e de LA ROCHE

Embora o diagrama proposto por de LA ROCHE em 1968 tenha tornado possível superar em parte os conflitos químico-mineralógicos existentes entre as interpretações das rochas em estudo, não é suficiente para distinguir se estamos em face de termos seriais essencialmente toleíticos, ou calco-alcalinos, ou hiperaluminosos, por situarem-se esses tipos na mesma faixa daquele diagrama (RÜEGG, 1975 a). Além disso, embora servindo o diagrama para distinguir entre outras rochas bem diferenciadas, tem pequeno poder separador para rochas de composição semelhante à dos magmas originais, não diferenciados. Em vista disso, o autor citado empregou os diagramas propostos por LETERRIER e de LA ROCHE (1972), elaborados com vista a discriminar o mais fortemente possível modelos mineralógicos de gênese e evolução de rochas basálticas.

Os índices utilizados para montar os diagramas são:

$$\text{Diagrama A: } X = K - \frac{\text{Na}}{2} - \text{Ca}$$
$$Y = \frac{\text{Si}}{3} - K - 3\frac{\text{Na}}{2} - \frac{\text{Ca}}{3}$$

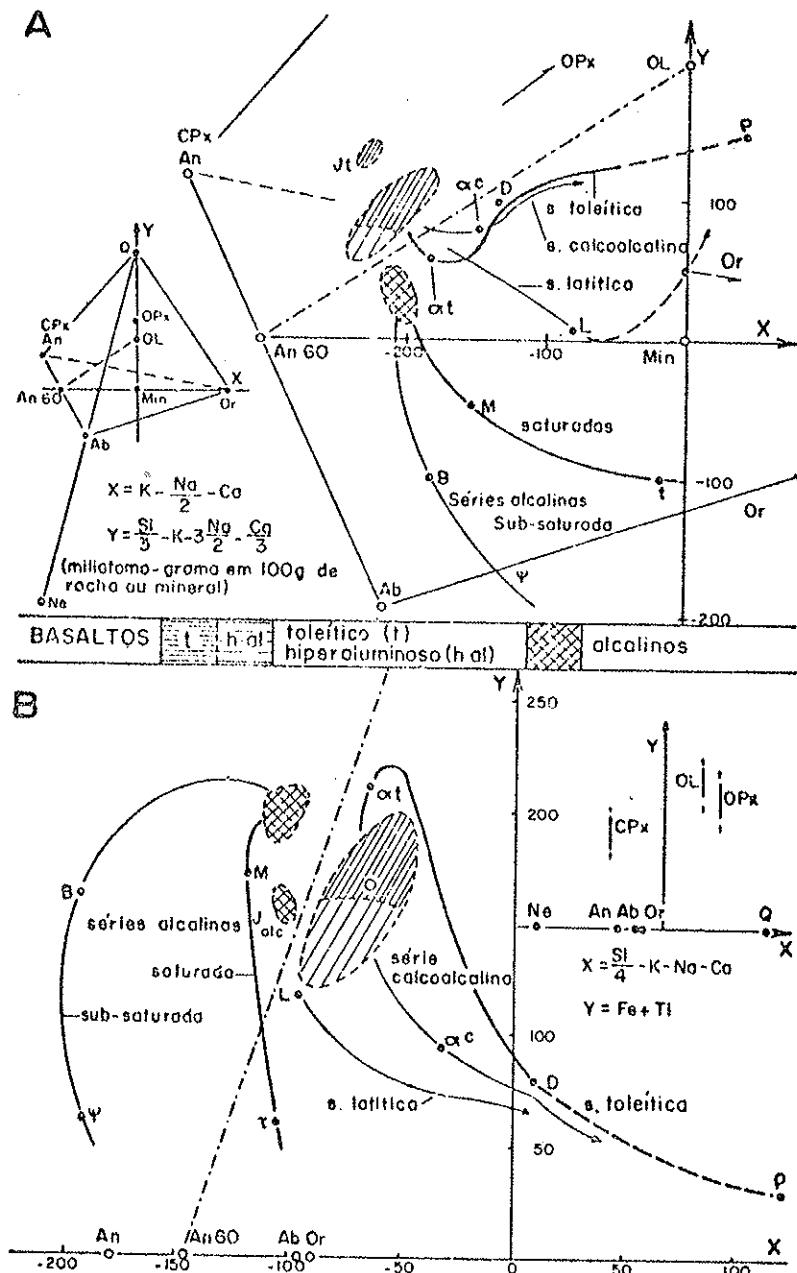


Figura 4.4 - Tipologia químico-mineralógica de basaltos e seus diferenciados, segundo LETERRIER e de LA ROCHE, 1972. Os diagramas combinados permitem distinguir as várias séries basálticas. α_t, andesitos toleíticos - α_c, andesitos calcoalcalinos - L, latitos - D, dacitos - P, riolitos - M, mugearitos - B, basanitos - T, traquitos - Ψ, fonolitos. (segundo RUEGG, 1975a).

$$\text{Diagrama B: } X' = \frac{\text{Si}}{4} - \text{K} - \text{Na} - \text{Ca}$$

$$Y' = \text{Fe} + \text{Ti}$$

Os elementos entram nas fórmulas, utilizando como unidade o mili-átomo-grama em 100g de rocha.

Os diagramas estão ilustrados na figura 4.4, que repete a de RÜEGG (1975 a). O gráfico da parte A, superior, é construído a partir do clássico tetraedro Q-Or-Ab-An, projetado sobre um plano definido por dois eixos, um vertical passando pelo vértice Q e outro ligando o vértice Or ao ponto An_{60} . Algumas indeterminações que podem ocorrer nas projeções do diagrama, principalmente nas rochas pouco diferenciadas, são superadas pelo gráfico B, cujo eixo das abscissas é a aresta Ab-Q do tetraedro citado (ampliada para abranger An e Ne), sendo o eixo das ordenadas montado a partir da soma Fe + Ti.

A partir destes gráficos é possível distinguir os tipos de basaltos e seus produtos de diferenciação, desde os tipos indiferenciados até os tipos mais evoluidos. Inicialmente, o gráfico permite distinguir os magmas-tipos originais, não diferenciados, para os quais os pontos do gráfico se agrupam em dois domínios elipsoidais distintos, um deles acima da "linha crítica" $\text{An}_{60}-\text{Ol}$, englobando os basaltos toleíticos e outro abaixo dessa linha, englobando os basaltos alcalinos. A partir dos basaltos alcalinos desenvolvem-se as linhas que culminam nos traquitos e fonólitos. Dos basaltos toleíticos desenvolvem-se três linhas: uma, a das séries toleíticas propriamente ditas, que evoluem para andesitos toleíticos, dacitos e riólitos; as outras correspondem às séries calco-alcalinas e latíticas. As linhas que retratam as séries de origem toleítica se cruzam no diagrama A, causando indeterminações que são superadas pelo diagrama B, da par-

te inferior da ilustração, que permite uma separação mais apurada, através da intervenção do Fe e do Ti.

4.3.1 - Utilização do diagrama para as rochas da Bacia do Paraná

Lançando no diagrama há pouco explicado os dados referentes às rochas da Bacia do Paraná, RUEGG (1975 a) obteve os gráficos ilustrados na figura 4.5, dos quais o autor citado tirou as seguintes conclusões:

- a - inexistência de ligações das rochas basálticas da Bacia do Paraná, quer ao nível de origem, quer ao nível de evolução, com magma tipo alcalino;
- b - separação das rochas da província das séries calco-alcalinas e latíticas, com as quais poderiam se confundir usando o diagrama de LA ROCHE (1968) e o diagrama A de LETERRIER e de LA ROCHE (1972), através da utilização do diagrama B dos autores citados, no qual as rochas estudadas se destacam nitidamente como pertencentes a séries toleíticas;
- c - basaltos, senso estrito, não são frequentes na província, dominando termos já evoluidos, do tipo basaltos andesíticos a andesitos;
- d - excelente acordo entre a composição química dos exemplares analisados e a mineralogia conhecida para as rochas basálticas da Bacia do Paraná;
- e - dispersão dos pontos representativos das rochas analisadas por extensão considerável do diagrama, levando a admitir que no conjunto de dados devem existir membros de diferentes sé-

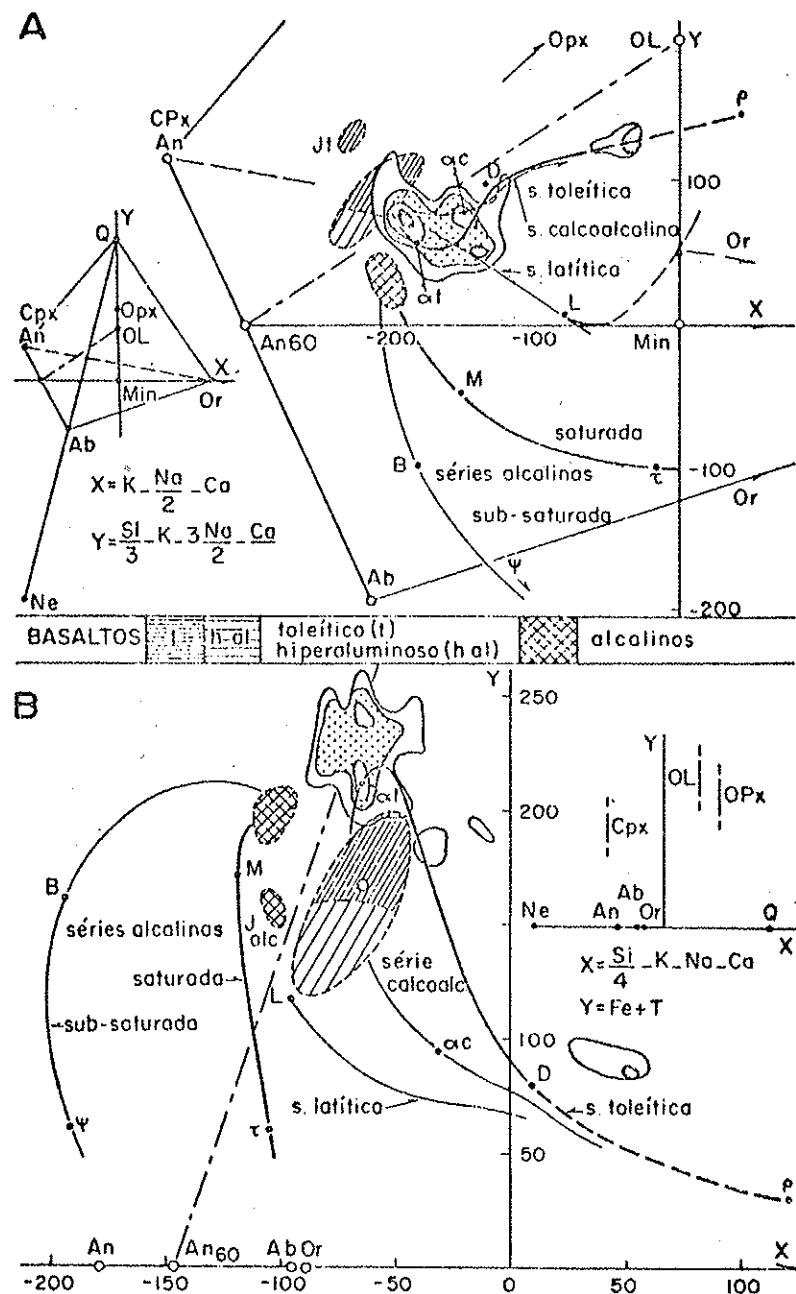


Figura 4.5 - Dados referentes às rochas basálticas da Bacia do Paraná, distribuídos em curvas de igual densidade, e superpostas aos diagramas da Figura 4.4, de acordo com LETERRIER, de LA ROCHE e RUEGG, 1972. α_t , andesitos toleítos - α_c , andesitos calcoalcalinos - L, latitos - D, dacitos - P, riolitos - M, mugearitos - B, basanitos - T, traquitos - ψ , fonolitos (segundo RUEGG, 1977a).

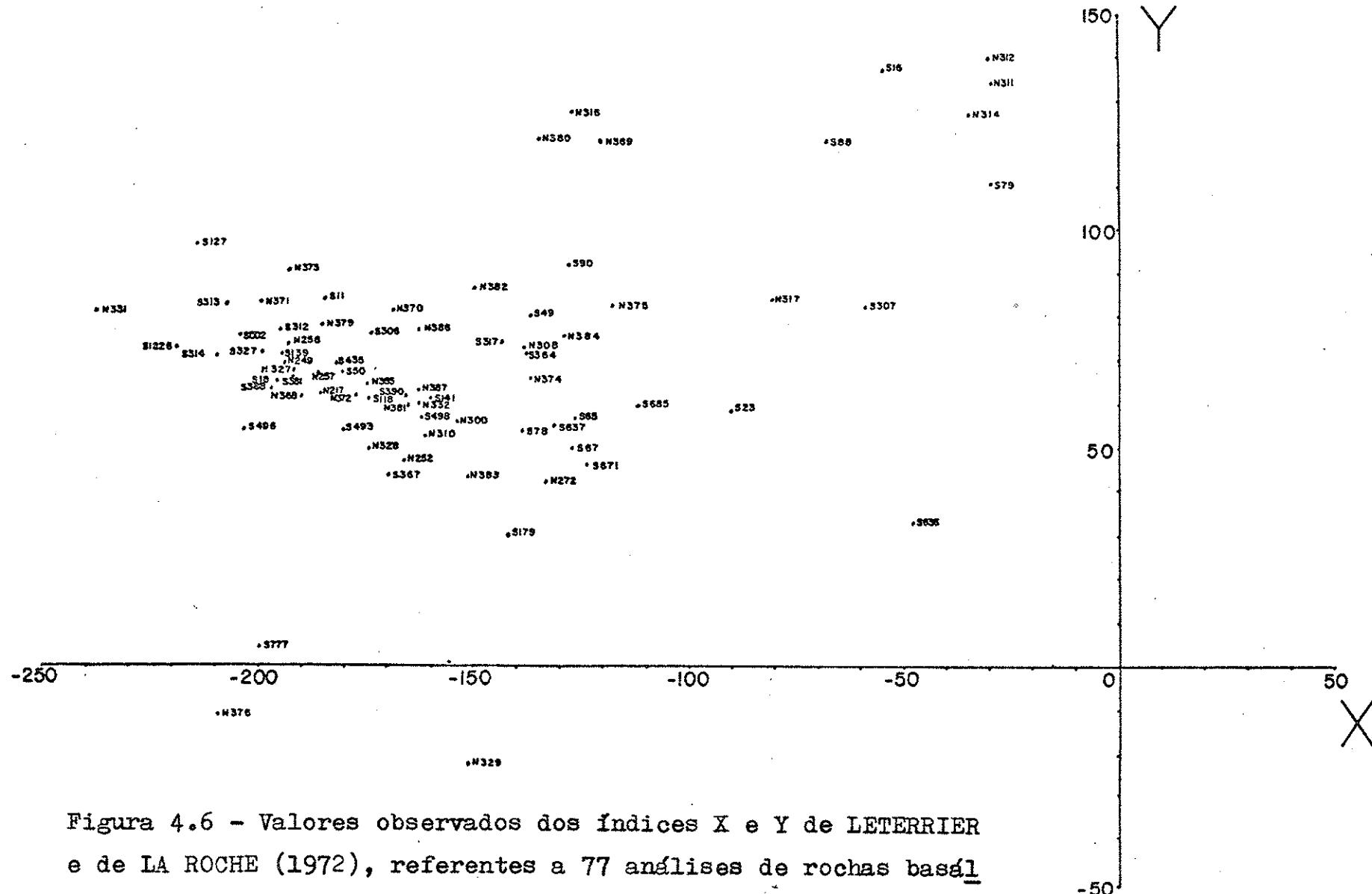


Figura 4.6 - Valores observados dos índices X e Y de LETERRIER e de LA ROCHE (1972), referentes a 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, lançados no diagrama da figura 4.4. Comparar com a amostra total utilizada por RÜEGG, 1975 a, mostrada na figura 4.5, parte A.



Figura 4.7 - Valores observados dos índices X' e Y' de LETERRIER e de LA ROCHE (1972), referentes a 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, lançadas no diagrama da figura 4.4. Comparar com a amostra total utilizada por RUEGG, 1975a, mostrada na figura 4.5., parte B.

ries toleíticas, coexistentes na área geográfica da província. Isto conduz a uma classificação mais fina, através do estudo pormenorizado, ponto por ponto, dos diagramas. Este estudo será melhor comentado à frente, já comparando com os resultados da regressão.

Estas conclusões se mantém quando lançamos em gráfico apenas as 77 análises da amostra parcial utilizada nesta dissertação, conforme podemos observar nas figuras 4.6 e 4.7, de forma sumária, e conforme veremos no estudo detalhado à frente.

4.3.2 - Regressão dos índices de LETERRIER & de LA ROCHE

Os índices X e Y, estudados na parte A do diagrama, e X' e Y', estudados na parte B, foram calculados por regressão múltipla, a partir dos elementos traços, de maneira análoga à dos cálculos apresentados anteriormente, resultando nas equações apresentadas na tabela 4.2, com os parâmetros listados na tabela 4.1, pelas quais obtemos valores calculados, que podem ser comparados com os valores observados nos apêndices e . As correlações entre os valores calculados e observados podem ser consideradas ótimas no caso dos índices X e Y', sendo ambas 0,95; boa no índice X' (0,89) e razoável no índice Y (0,78). Verificaremos agora se estes ajustes são suficientes para a utilização dos índices calculados por regressão em estudos de diferenciação.

Plotando os valores calculados de X e Y e de X' e Y' em gráficos segundo o processo de LETERRIER e de LA ROCHE (1972), chegamos aos resultados ilustrados nas figuras 4.8 e 4.9. Observando de forma preliminar essas figuras, notamos sua grande semelhança com as suas correspondentes das figuras 4.6 e 4.7, elabo-

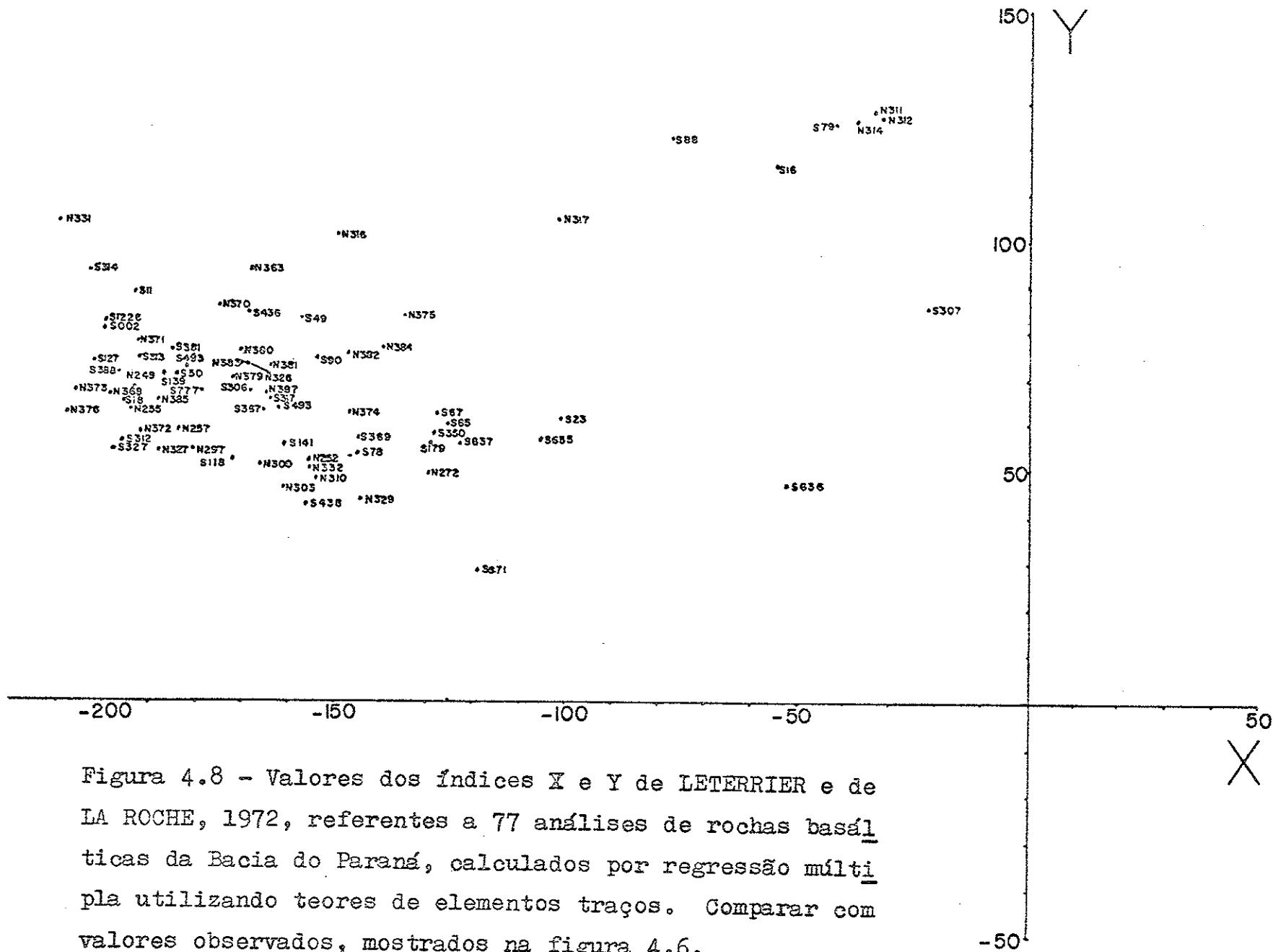
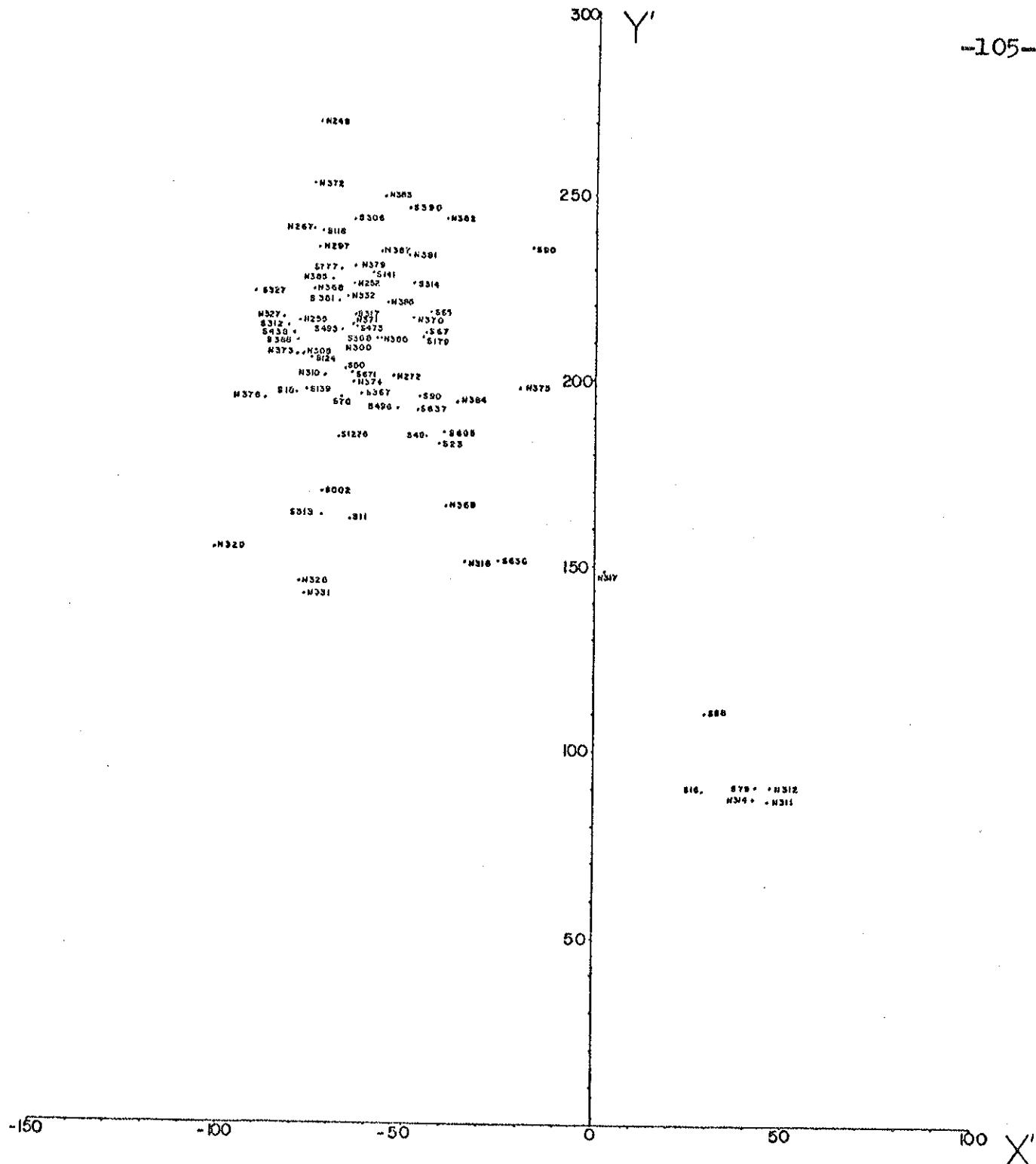


Figura 4.8 - Valores dos índices X e Y de LETERRIER e de LA ROCHE, 1972, referentes a 77 análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, calculados por regressão múltipla utilizando teores de elementos traços. Comparar com valores observados, mostrados na figura 4.6.



radas com índices observados, permitindo-nos super que utilizando os gráficos feitos com os valores calculados chegaremos às mesmas conclusões petroquímicas a que se chega com os gráficos e laborados com os valores observados. Para testar esta hipótese de forma mais rigorosa, compararemos nossos resultados com o estudo detalhado efetuado nos gráficos por RUEGG (1975 a).

4.3.3 - Estudo detalhado das linhas de diferenciação

Para possibilitar o esclarecimento das linhas de tendência apresentadas pelos pontos no diagrama, RUEGG, no trabalho citado, agrupou as análises, estabelecendo como condições para as análises pertencerem a um mesmo grupo:

- a - representar rochas indiferenciadas ou pertencer aparentemente à mesma faixa de tendência;
- b - ocupar a mesma posição aproximada no diagrama A da figura 4.6;
- c - uma vez igualmente situadas, apresentarem entre si razoáveis afinidades geográficas.

Este procedimento levou à reparaçāo das amostras em cinco grupos principais, representando o primeiro as amostras pouco diferenciadas e os outros quatro linhas de tendência de diferenciação, divididas as áreas de influência destas linhas em subáreas, conforme ilustrado na figura 4.10. As amostras pertencentes a estes cinco grupos reuniram aproximadamente 90% das análises empregadas no trabalho citado, sendo as análises divergentes tratadas em separado.

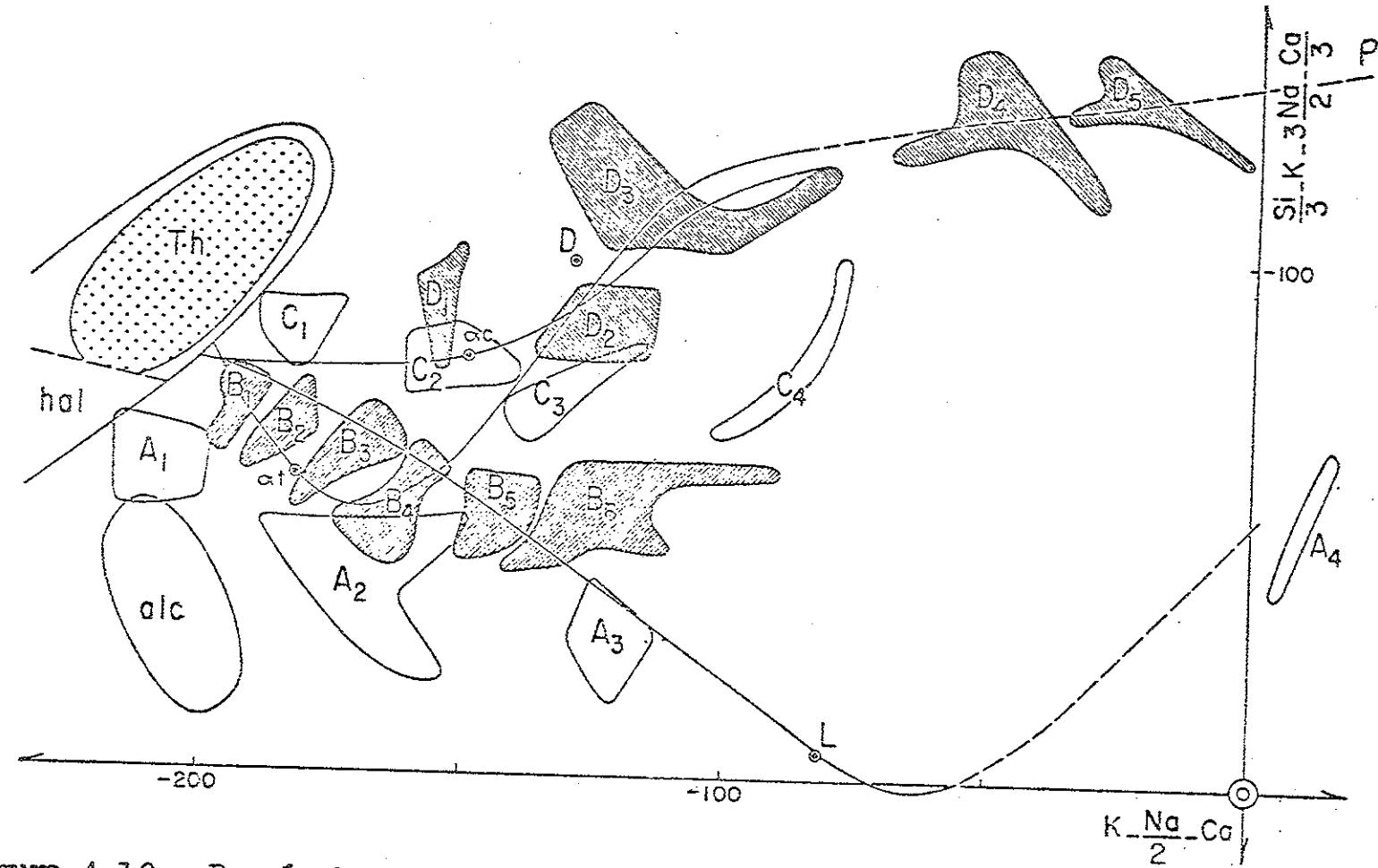


Figura 4.10 - Possíveis linhas de tendência (A,B,C,D) existentes entre as rochas basálticas da Bacia do Paraná, esquematicamente desmembradas em diferentes estágios (A_1, A_2 , etc.), que evoluem a partir de toleítos (Th) em direção a diferentes tipos diferenciados. O diagrama focaliza apenas parte da figura 4.4.A, na qual se concentram as análises em estudo. Os dados utilizados para a elaboração do esquema são pormenorizados em figuras que seguem. Outras legendas, além das mencionadas, conforme Figura 4.4.A (segundo RUEGG, 1975a).

As linhas A, B, C e D se separam umas das outras por limites difusos que se superpõem no diagrama A, ao longo de consideráveis extensões, particularmente nas áreas que correspondem aos estágios iniciais de diferenciação, dependendo por isto seus delineamentos em larga margem de escolha arbitrária (RÜEGG, 1975 a).

Observemos agora detalhadamente cada uma das linhas, usando apenas as análises que compõem a amostra parcial utilizada neste estudo, e comparando os valores observados com os calculados pela regressão multipla. Com esta finalidade, os gráficos referentes a cada agrupamento foram desenhados em separado (Figuras 4.11 a 4.14), e as amostras plotadas utilizando-se as seguintes convenções:

- N331 ⊖ : (número à esquerda do símbolo): valor observado;
- + N331: (número à direita do símbolo): valor calculado, caindo o ponto na área de influência da mesma linha e dentro da mesma sub-área que o observado;
- ± S127: valor calculado, caindo dentro da área de influência da mesma linha e muito próximo da mesma sub-área que o observado, não podendo ser atribuído a outra sub-área;
- N379: valor calculado, caindo dentro da área de influência da mesma linha, porém no âmbito de uma sub-área diferente daquela em que caiu o valor observado;
- ⊕ N308: (número sublinhado): valor calculado, caindo dentro da área de influência de uma linha de tendência diferente daquela em que caiu o valor observado.

No total das análises estudadas no gráficos apresentados a seguir, os resultados foram:

Área	Total de análises	Mesma sub-área	Mesma linha, muito próx. da sub-área	Mesma linha, outra sub-área	Em área de outra linha
Toleitos	8	4	3	-	1
A	3	-	1	1	1
B	39	17	10	11	1
C	11	3	4	3	1
D	12	4	2	5	1
TOTAL	73	28	20	20	5

Conforme podemos observar nos gráficos e na tabela acima, a quase totalidade das análises ocupa no gráfico a área de influência da mesma linha de tendência, quer sejam os índices representados pelos valores observados (calculados a partir de análises de elementos principais), quer sejam representados por valores calculados por regressão (a partir dos teores de elementos traços), sendo que a grande maioria cai dentro da mesma sub-área, ou tão próximo a ela que não possa ser atribuída a outra sub-área.

Vejamos cada uma das linhas:

Toleitos: (figura 4.11): Das análises empregadas neste estudo, 8 são classificadas por RÜEGG (1975) como representando rochas pouco diferenciadas. Lançando em gráficos os valores dos índices observados e calculados, notamos que 4 valores calculados caem dentro da área definida como de toleitos no diagrama A, 3 caem muito próximos a ela e apenas um poderia ser classificado de maneira diferente, por cair o ponto que o representa próximo

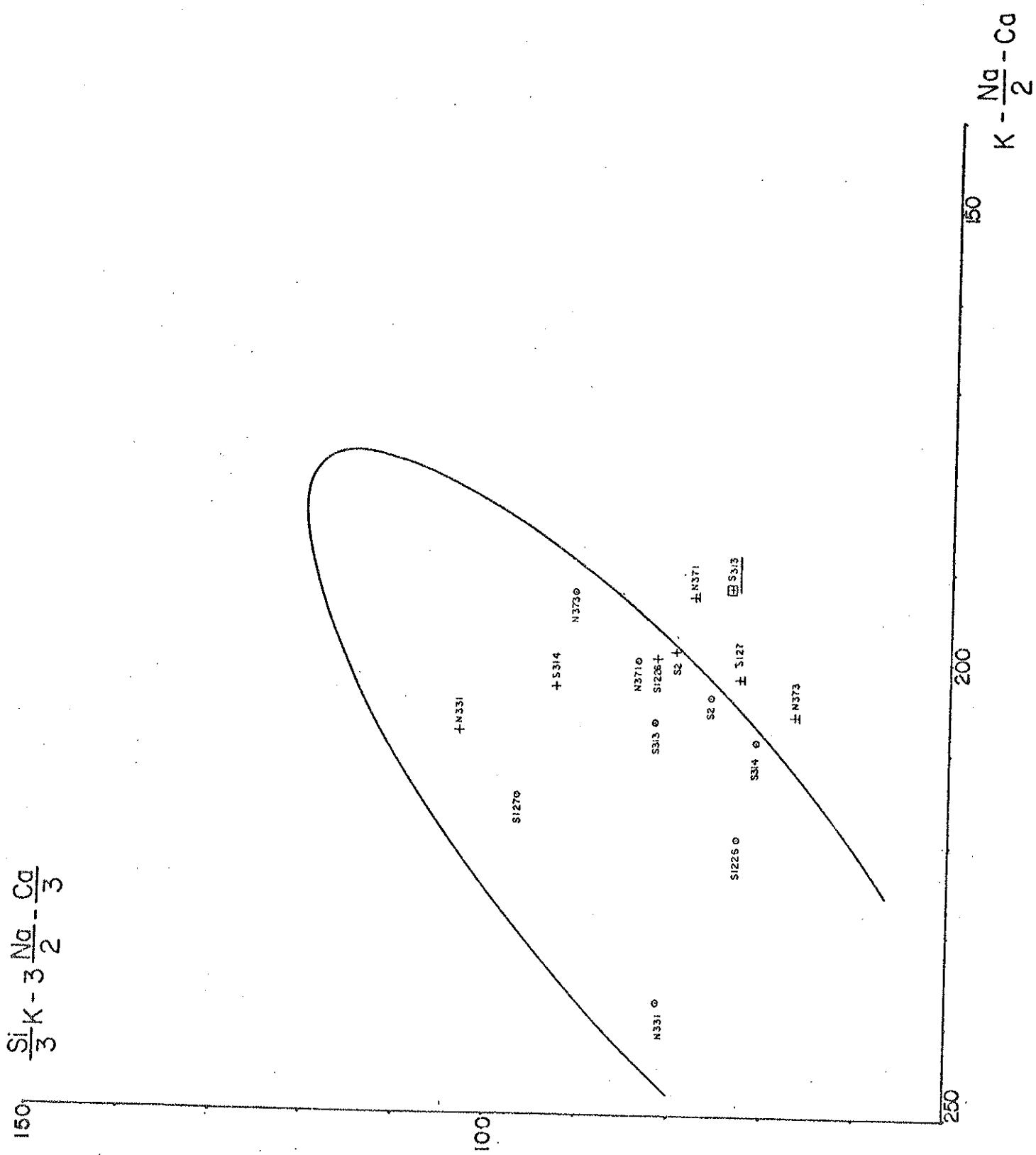


Figura 4.11 - Análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, pertencentes à amostra parcial, cujas características químicas situam-se na área correspondente a toleftos no diagrama de LETERRIER e de LA ROCHE. Símbolos para lançamento dos pontos no texto.

à sub-área C₁.

Linha A: (Figura 4.12): Apresenta baixos valores de Y em relação aos valores de X, sendo então as rochas de que derivam as análises que resultam nesta linha menos saturadas e mais alcalinas do que as que dão origem às outras linhas. Em nosso estudo apenas 3 análises estão entre as que foram classificadas por RUEGG como pertencentes a esta linha; uma das análises fornece um índice calculado pela equação de regressão que cai muito próximo da sub-área onde cai o índice observado; uma análise fornece um índice calculado que cai dentro da área da mesma linha que o observado, mas em outra sub-área; e finalmente uma dá um índice observado que cai no âmbito de outra linha de tendência.

Linha B: (Figura 4.13): é a que abrange a maioria das análises, tanto na amostragem total quanto na amostragem parcial utilizada nesta dissertação. As rochas que a compõem são menos saturadas do que as que compõem a linha D, e mais ricas em ferro e titânio. São também mais sódicas e cárnicas. Das 39 amostras empregadas neste estudo cujos índices caem dentro da área de influência desta linha, 17 apresentam índices em que os valores calculados pelas equações de regressão caem na mesma sub-área em que caem aqueles derivados dos valores observados, 10 que caem muito próximos da mesma sub-área, 11 que caem dentro da área de influência da linha de tendência, mas em sub-áreas diferentes e um índice calculado que cai no âmbito de uma linha diferente daquela em que cai o índice observado.

Linha C: (Figura 4.12): Apresenta valores do índice Y intermediários aos apresentados pelas análises das linhas B e D; as rochas que a compõem são mais saturadas e menos alcalinas do que as que compõem a linha A. Reune 11 análises das utilizadas

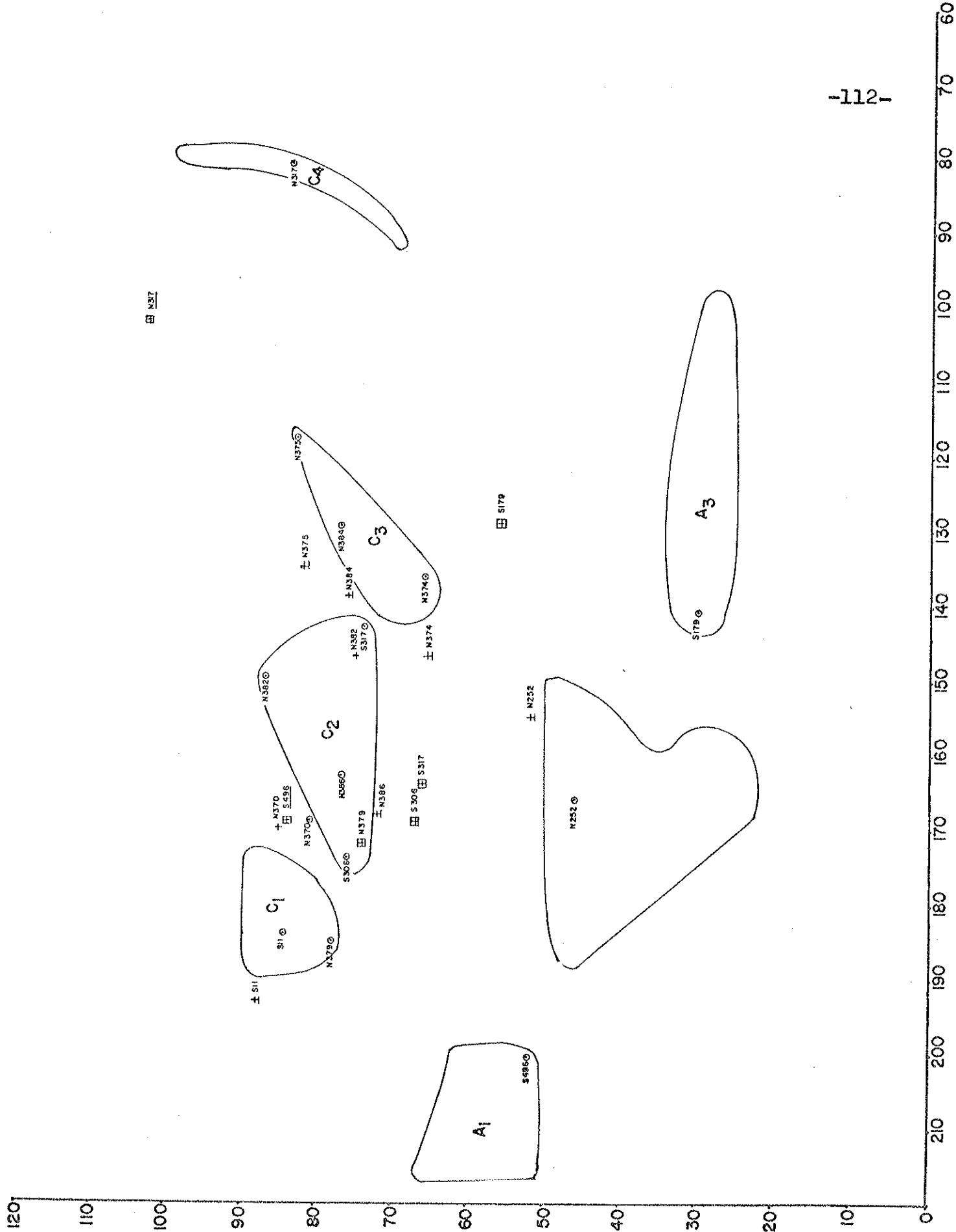


Figura 4.12 - Possíveis linhas de tendência A e C entre as análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná, desmembradas em sub-áreas A₁, A₂, etc., conforme RUEGG (1975 a). Lançamento dos pontos conforme símbolos explicados no texto.

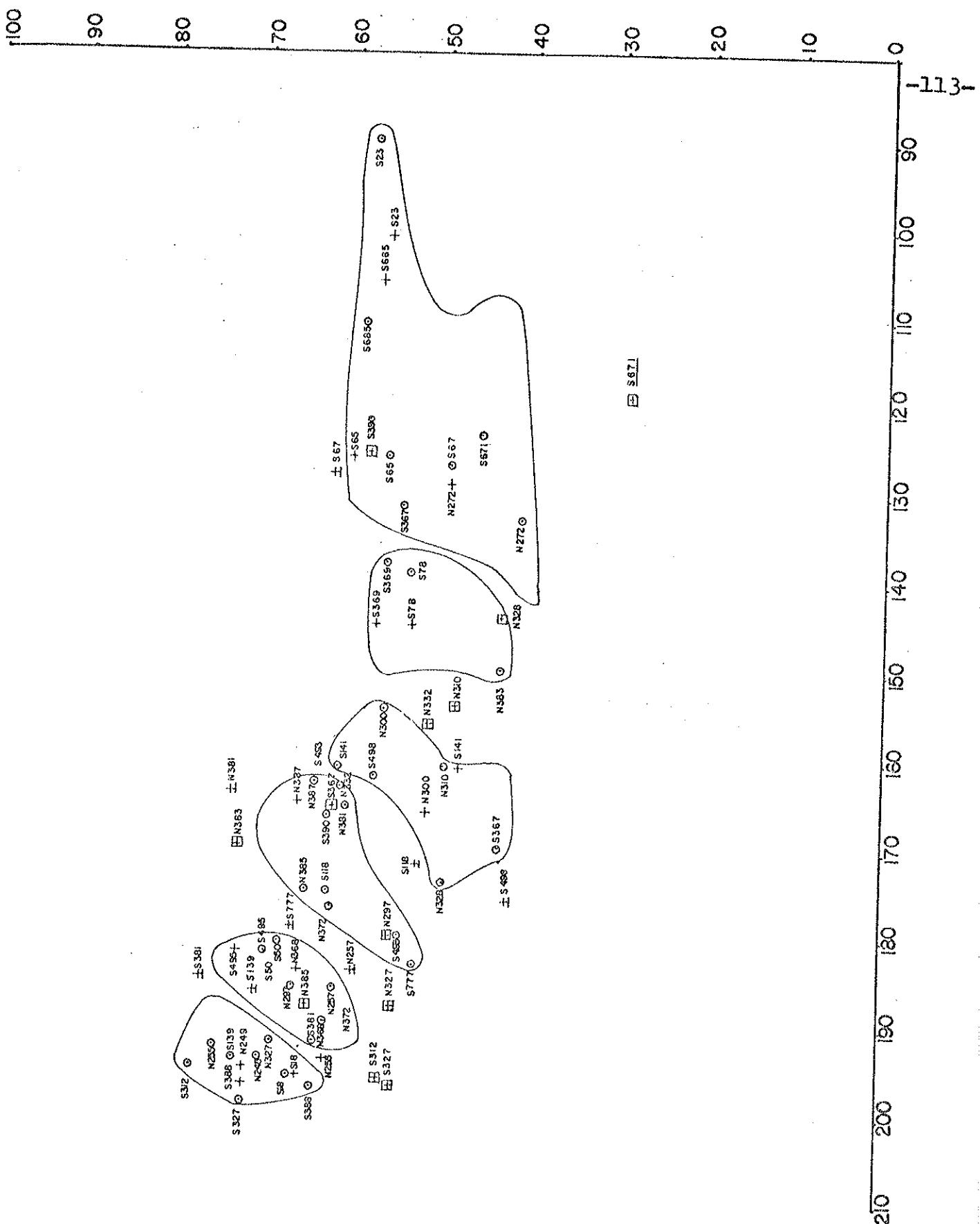


Figura 4.13 - Linha de tendência B entre as análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, desmembrada em sub-áreas B_1 a B_6 , segundo RUEGG (1975a). Lançamento dos pontos conforme símbolos explicados no texto.

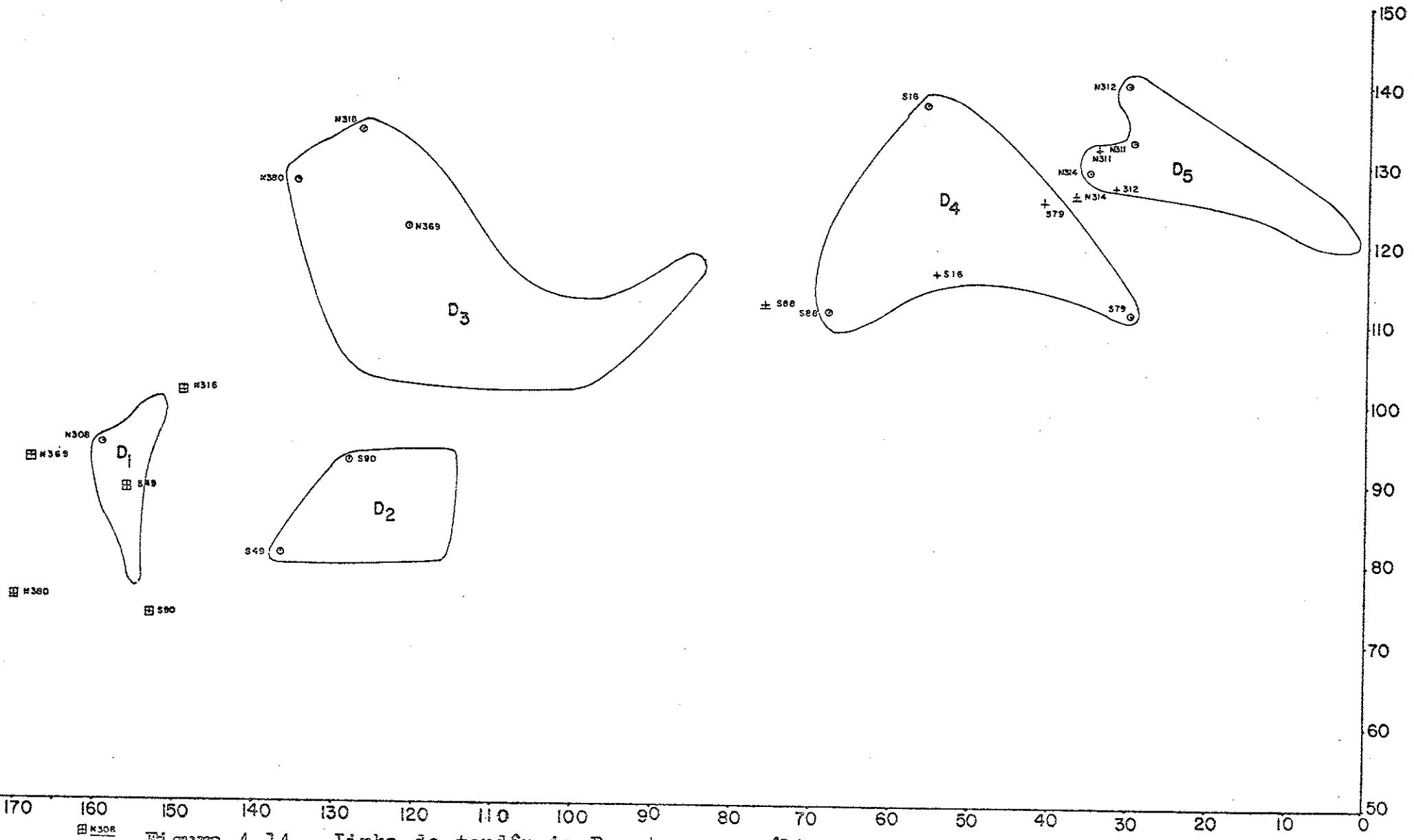


Figura 4.14 - Linha de tendência D entre as análises de rochas basálticas da Bacia do Paraná, desmembrada em sub-áreas D_1 a D_5 , segundo RÜEGG (1975a). Lançamento dos pontos conforme símbolos explicados no texto.

neste estudo, caindo os índices calculados para regressão em 3 dessas análises na mesma sub-área em que caem os índices observados, 4 muito próximos à mesma sub-área, 3 na área de influência da mesma linha, mas em outra sub-área e uma na região de influência da outra linha.

Linha D: (Figura 4.12): apresentam as rochas cujos índices compõem esta linha os maiores valores de Y e os menores valores negativos de X entre os que compõem todas as linhas, ocupando aquelas rochas desde posições que as caracterizam como rochas menos diferenciadas até os extremos da linha de diferenciação tóleítica. Abrange esta linha 12 análises dentre as empregadas nessa dissertação, sendo que em 4 delas os valores dos índices calculados pelas equações de regressão ocupam a mesma sub-área que ocupam os índices observados, 2 caem na mesma linha de tendência, muito próximos da sub-área em que caem os observados, 5 caem no âmbito da linha de tendência, mas em outra sub-área e 1 na área de influência de outra linha.

Das análises estudadas por RÜEGG em 1975, aproximadamente 10% não se enquadram no arcabouço elaborado na figura 4.10 e dele se afastaram de maneira variada. Algumas apresentaram variações extremas, como a S382, S882 e S1561, que não guardam qualquer relação química com rochas basálticas, segundo o referencial utilizado. Por este motivo, elas foram descartadas quando da montagem da amostra definitiva para este estudo. Das análises por nós utilizadas, apenas quatro se encontram na situação de composições químicas divergentes, segundo RÜEGG (1975 a). São elas a S636 e S307, que apresentam baixos valores positivos de X e de Y, tanto nos índices observados, quanto nos calculados pela regressão e as análises N329 e N376, que apresentam afinidades alcali-

nas, segundo os valores dos índices observados, o que se confirma nos índices calculados pela regressão para a análise N329, mas não para a análise N376, que apresenta um valor calculado de Y (62,38) muito diferente do observado (~12,31), constituindo este desvio uma exceção notável em relação a quase todos os resultados dos cálculos usando as equações de regressão efetuados neste estudo.

C A P I T U L O 5

R E S U M O E C O N C L U S Õ E S

A partir de um conjunto de análises químicas de rochas basálticas da Bacia do Paraná foram estudadas as relações entre elementos principais e traços. Nesse contexto foram revisados os princípios conhecidos que regem a associação entre elementos principais e traços e escolhida a abordagem estatística. Sob esta óptica foram revistas as distribuições de frequência dos elementos constituintes das rochas da província, foram estudadas as correlações simples entre os elementos, com o fito de medir interações entre eles, foram conduzidas análises de agrupamentos objetivando determinar associações entre grupos de elementos e finalmente, por meio de regressão múltipla, estabelecidas equações de previsão para elementos principais e índices de diferenciação a partir de elementos traços.

5.1 - A utilização de princípios físicos e químicos conhecidos, segundo os quais se associam elementos principais e traços, é inadequada para o estudo das relações mantidas entre estes elementos, nas diversas províncias geoquímicas. Quando se trata de estudos abrangentes de reconhecimento geoquímico, de caráter estratégico, e para determinar como se associam os elementos, os métodos estatísticos aparentemente mostram-se mais adequados.

Os princípios físicos e químicos que regem a associação entre teor de elementos característicos de determinada pro-

víncia mostram-se inadequadas para o estudo das relações entre elementos traços e principais, tais como expressas em análises químicas, porque:

- a - a estrutura atómica dos elementos químicos, embora útil para explicação das relações entre os elementos situados nos extremos da tabela periódica falha no estudo dos elementos situados nos grupos centrais, conforme registra a bibliografia;
- b - as regras cristaloquímicas não têm a generalidade de leis, falhando devido ao grande número de fenômenos que afetam as propriedades nas quais se baseiam estas regras. Esses fenômenos (eletronegatividade, formação de complexos, variação do raio iônico, polarização, incorporação de íons às superfícies dos cristais em formação, etc.), combinados à grande variabilidade das condições de cristalização, dão origem a estruturas cristalinas imperfeitas, as quais, mesmo no caso de minerais puros, são impossíveis de interpretar sem uma apreciação conjunta de todos os elementos envolvidos;
- c - a localização de elementos traços fora do retículo cristalino dos principais minerais impede explicações e previsões sobre o comportamento do total dos elementos traços numa rocha, usando apenas suas relações de substituição em minerais.

O método estatístico permite empregar a composição química das rochas, expressa nas análises, para o estudo das relações entre elementos, possibilitando, no caso dos métodos multivariáveis, a utilização conjunta de todas as informações conhecidas.

5.2 - As distribuições de frequência das concentrações de elementos principais e traços não seguem a lei normal nem a log-normal, confirmando estudos anteriores.

Para o estudo das distribuições de frequência das concentrações de óxidos de elementos principais e de elementos traços foram utilizados os métodos numéricos de cálculo de curtose e assimetria e métodos gráficos de plotagem das concentrações acumuladas em papel de probabilidade aritmético, para teste de distribuição normal e logarítmico para teste de distribuição lognormal. O único elemento cuja distribuição de frequência das percentagens de óxido pode ser aceita como lognormal é o Na, não apresentando nenhum dos outros elementos distribuição normal nem lognormal, parecendo suas distribuições causadas por amostragem em mistura de populações. Estes resultados confirmam aqueles obtidos por RUEGG (1975 a, 1976 a e b) em amostragem mais ampla, com a qual a utilizada no presente estudo mostrou igualdade nas distribuições, conforme o teste de Kolmogorov-Smirnof, para todos os elementos, exceto o Mn, ao nível de significância de 5%. A ocorrência de distribuições de frequência indicando mistura de populações é causada provavelmente por variações regionais de composição das rochas basálticas da província, já apontadas em RUEGG (1975 a) e RUEGG & AMARAL (1976). Esta dificuldade da explicação das distribuições de frequência através da lei normal ou sua transformação lognormal obriga à utilização de métodos não paramétricos e a considerar os métodos paramétricos com finalidade descritiva e não de teste estatístico senso estrito.

5.3 - Estudos de correlação simples apresentaram resultados concordantes com a distribuição mineralógica conhecida dos elementos.

O valor numérico dos coeficientes de correlação foi calculado utilizando os coeficientes de Pearson (paramétrico) e de Spearman (não paramétrico). Em apenas 5% dos casos a diferença entre os valores dos coeficientes foi maior que o valor limite para a significância dos coeficientes ao nível de 0,05.

Em ambos os casos, os elementos que constituem os minerais formadores de rocha e aqueles que com eles guardam co-rencia geoquímica apresentaram altos coeficientes de correlação com grande número de elementos (SiO_2 , Fe, MgO, CaO, K_2O , Rb, V), enquanto aqueles que costumam ocorrer formando minerais próprios (Cu, Zn) apresentam baixa correlação com quase todos os elementos. Uma exceção é o Al_2O_3 , que não apresenta correlação importante com nenhum elemento, embora o alumínio participe de quase todos os minerais formadores de rochas.

5.4 - A análise de agrupamentos revelou grupos de elementos concordantes com suas respectivas distribuições mineralógicas.

O processo de pares ponderados (WPGM), utilizado para a formação dos agrupamentos, causou distorções nos dendrogramas, principalmente no caso dos coeficientes negativos e dos de baixos valores, conforme se observa nas figuras 3.6 e 3.7, resultando uma correlação cofenética próxima de 0,75 para ambos os coeficientes de Pearson e Spearman, utilizados. Mesmo assim, os agrupamentos determinados correspondem a grupos de ele-

mentos associados a minerais indicativos de diferentes fases de diferenciação magmática. Os elementos traços revelam, nos agrupamentos, relações com os elementos principais concordantes com as encontradas em rochas equivalentes de outras regiões, conforme síntese apresentada em PRINZ (1967).

5.5 - Os cálculos de regressão múltipla permitiram prever com grande precisão a composição das rochas em elementos principais, utilizando apenas elementos traços.

Efetuando cálculos de regressão utilizando as percentagens de óxidos de elementos principais como variáveis dependentes e os teores de elementos traços como variáveis independentes, foi possível reproduzir a composição das rochas analisadas em termos de elementos principais.

O processo utilizado foi de regressão múltipla sequencial, introduzindo em cada passo uma nova variável independente à equação, e testando a significância da sua contribuição à regressão. Para cada elemento principal foram determinadas 7 equações de regressão, iniciando com equação linear simples, acrescentando depois transformações logarítmicas e exponenciais nas variáveis independentes e na dependente. Conforme a tabela 3.11, que resume os parâmetros de controle da regressão, as equações de primeiro grau apresentam resultados satisfatórios para previsão em todos os casos, exceto Al_2O_3 e Na_2O , não havendo, a não ser no caso do Al_2O_3 , ganhos significativos nos parâmetros utilizando equações mais complexas. As equações finais escolhidas são de primeiro grau para todos os elementos, exceto Al_2O_3 , ficando a correlação entre os valo-

res observados e calculados igual a 0,68 para o Al_2O_3 , utilizando equação de segundo grau, 0,75 para Na_2O e valores superiores a 0,80 para os outros elementos.

5.6 - A técnica de regressão múltipla permitiu elaborar índices de diferenciação de rochas basálticas baseados em elementos traços, utilizáveis em aplicações práticas.

Calculando-se por regressão os valores dos índices propostos de LA ROCHE (1968), a partir de elementos traços, e lançando os valores calculados em gráfico, o resultado revelou-se muito semelhante àquele que se obtém com o gráfico montado a partir dos valores observados, que utilizam elementos principais. Chega-se às mesmas conclusões geoquímicas utilizando qualquer um dos gráficos.

Efetuando idêntico procedimento com os índices propostos por LETERRIER & de LA ROCHE (1972), os resultados são igualmente semelhantes. Analisando detalhadamente o gráfico dos índices X e Y de LETERRIER & de LA ROCHE, dividindo as análises das amostras utilizadas neste estudo pelas áreas correspondentes às linhas de diferenciação reveladas por RUEGG (1975 a), das 77 amostras, 4 revelaram-se como atípicas, da mesma maneira que no trabalho citado; das 73 restantes, 68 colocam-se, no gráfico produzido a partir dos valores calculados, em áreas pertencentes à mesma linha de diferenciação na qual caiam as análises no gráfico dos valores observados, sendo que 48 situaram-se dentro, ou muito próximo, da mesma subárea definida no trabalho citado. Estes resultados mostram a possibilidade da utilização de índices calculados a partir de elemen-

tos traços para o estudo da diferenciação de rochas basálticas, e particularmente, daquelas pertencentes à província do Brasil meridional, coincidente com a Bacia do Paraná.

A G R A D E C I M E N T O S

A diversas pessoas e instituições, que colaboraram na execução deste trabalho, expresso meus agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Nabor Ricardo Ruegg, pela sua exemplar orientação, em todas as etapas do trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Milton Barbosa Landim e ao Prof. Dr. Gilberto Amaral, pelos ensinamentos e conselhos sobre aplicações estatísticas e de computação à Geologia.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, pelas condições oferecidas para os cursos de Pós-Graduação e os trabalhos para esta dissertação.

A meus colegas do curso de Pós-Graduação, pelas sugestões e estímulo.

Ao aluno de Geologia Luiz Eduardo Macedo, pela execução da maioria dos desenhos e auxílio no processamento dos dados, e ao engenheiro Helmut A. W. Schulz, pela execução de desenhos.

Ao Senhor Jaime Alves da Silva e sua equipe, pelos trabalhos gráficos.

E finalmente a quem mais colaborou para que este trabalho fosse realizado, minha esposa Anna Luise Schulz Macedo, a qual, além de suportar todos os transtornos de uma redação efetuada em horas de folga, realizou a datilografia dos originais.

B I B L I O G R A F I A

- AGTERBERG, F. P., 1964 - Statistical techniques for geological data. *Tectonophysics*, 1:233-255.
- AGTERBERG, F. P., 1974 - *Geomathematics*. Amsterdam, Elsevier. 596 p.
- AHRENS, L. H., 1952 - The use of ionisation potencials I. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 2:155-169.
- AHRENS, L. H., 1953 a - A fundamental law of geochemistry. *Nature*, 172 (4390):1148.
- AHRENS, L. H., 1953 b - The use of ionisation potencials II. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 3:1-29.
- AMARAL, G. et allii, 1966 - Potassium-argon dates of basaltic rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 30 : 159-189.
- AMARAL, G. & RUEGG, N. R., 1970 a - "Trend surface analysis" aplicado ao estudo da diferenciação regional das rochas basálticas. XXIV Cong. Bras. Geologia, Bol. 1 : 352-353.
- AMARAL, G. & RUEGG, N. R., 1970 b - Diferenciacion regional de las rocas basalticas de la cuenca del Paraná mediante analisis de la tendencia de superficies. Simposio del Man to Superior, Buenos Aires, Argentina, 351-352.
- BENZECRI, J. P., 1976 - *L'analyse des données*. Paris, Dunod. 2 v., 1297 p.
- BURNS, R. G. & FYFE, W. S., 1967 - Trace element distribution rules and their significance. *Chem. Geology*, 1967 (2): 89-104.
- BUSSAB, W. C. & SEVERO, J. de C. P., 1979 - Tábuas de Estatística e Matemática. São Paulo, Brasiliense. 39 p.
- CHAYES, F., 1949 - On ratio correlation in Petrography. *J. Geol.*, 57 : 239-254.

- CHAYES, F., 1954 - The lognormal distribution of the elements; a discussion. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 6: 119-120.
- CHAYES, F., 1960 - On correlation between variables of constant sum. *Jour. Geophys. Res.*, 65 (12): 4185-4193.
- CHAYES, F., 1962 - Numerical correlation and petrographic variation. *Jour. Geology*, 70 (4): 440-452.
- CHAYES, F. & KRUSKAL, W., 1966 - An approximate statistical test for correlation between proportions. *Jour. Geology*, 74 (5): 692-702.
- CHAYES, F. & VELDE, V., 1965 - On distinguishing basaltic lavas of circumoceanic and oceanic type by means of discriminant functions. *Am. Jour. Science*, 263: 206-222.
- DAVIS, J. C., 1973 - Statistics and data analysis in Geology. New York, Wiley. 550p.
- de LA ROCHE, H., 1968 - Comportement géochimique différentiel de Na, K et Al dans les formations vulcaniques et sédimentaires: un guide pour l'étude des formations métamorphiques et platoniques. *C. R. Acad. Sci. Paris. Série D*, (267): 39-42.
- De VORE, G. W., 1955 a - The role of adsorption in the fractionation and distribution of elements. *Jour. Geology*, 63: 159-190.
- De VORE, G. W., 1955 b - Crystal growth and the distribution of elements. *Jour. Geology*, 63: 471-494.
- DIXON, W. J., 1963 - BMD - Biomedical Computer Programs. Berkeley, Univ. Calif Press. 630 p.
- DOEGLAS, D. J., 1946 - Interpretation of the results of mechanical analysis. *Jour. Sediment. Petrol.*, 16: 19-40.
- DRAPER, N. R. & SMITH, H., 1966 - Applied Regression Analysis. New York, Wiley. 407 p.

- FISHER, R. A. & YATES, F., 1971 - Tabelas estatísticas para pesquisa em biologia, medicina e agricultura. S. Paulo, EDUSP e Polígono. 150 p.
- FRIZZO, S. J., 1978 - Estatística aplicada à prospecção geoquímica - Princípios. Cia Pesq. Recursos Minerais, pub. interna. 69 p.
- GONI, J., 1966 - Contribution à l'étude de la localisation et de la distribution des éléments en traces dans les minéraux et les roches granitiques. Paris, BRGM. 68p.
- GRIFFITHS, J. C., 1970 - Current trends in Geomathematics. Earth-Sci. Rev., 1970 (6): 121-140.
- ISNARD, P., 1970 - Analyse statistique multivariable des données géochimiques par traitement automatique. Sci. de la Terre, Nancy, XV (2): 103-143.
- JIZBA, Z. V., 1959 - Frequency distribution of elements in rocks. Geochim. Cosmochim. Acta., 16: 79-82.
- KOLMOGOROV, A. N., 1941 - On lognormal law of particle distribution at crushing. C. R. Acad. Sci. URSS, 29 (2): 99-101.
- KRAUSKOPF, K. B., 1972 - Introdução à Geoquímica. São Paulo, EDUSP e Polígono. 2 v. 615 p.
- KRUMBEIN, W. C. & GRAYBILL, W. A., 1965 - An introduction to Statistical models in Geology. New York, McGraw-Hill. 475 p.
- KRUMBEIN, W. C., 1969 - Computer in geological perspective. in MERRIAN, D. F., ed. - Computer applications in the Earth Sciences. New York, Plenum. 251-275.
- LAFFITTE, P., 1957 - Introduction à l'étude des roches métamórfiques et des gîtes métalifères. Paris, Masson. 349 p.

- LAFFITTE, P., 1972 - *Traité d'informatique géologique*. Paris, Masson. 624 p.
- LANDIM, P. M. B., 1974 - Modelos estatísticos aplicados à Geologia. Rio Claro, S.P., inéd.
- LANDIM, P. M. B., 1979 - Análise estatística de dados geológicos. Rio Claro, S.P., Centro de Estudos Geológicos, 102 p.
- LEINZ, V., 1966 - Sobre o comportamento espacial do trapp basáltico da Bacia do Paraná. Bol. Soc. Bras. Geol., 15 (4): 79-91.
- LEPELTIER, C., 1969 - A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. Econ. Geology, 64: 538-550.
- LETERRIER, J. & de LA ROCHE, H., 1972 - Extension aux basaltes d'une typologie chimique des roches ignées acides et intermédiaires. C. R. Acad. Sci. Paris. Série D, (274): 788-791.
- LETERRIER, J., de LA ROCHE, H. & RUEGG, N. R., 1971 - Composition chimique et parenté tholeiitique des roches basaltiques du Bassin du Paraná. C. R. Acad. Sci., Paris, 274: 1772-1775.
- MACEDO, A. B. & RUEGG, N. R., 1974 a - Aplicação da análise fatorial ao estudo de elementos principais nas rochas basálticas da Bacia do Paraná. Anais do 28º Cong. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol., v. 7: 143-152.
- MACEDO, A. B. & RUEGG, N. R., 1974 b - A variação de elementos traços nas rochas basálticas da Bacia do Paraná estudada por meio da análise fatorial. Anais do 28º Cong. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol., v. 7: 49-56.

- MANSON, V., 1967 - Geochemistry of basaltic rocks: major elements. in POLDERVERAART, A. - Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition. New York, Interscience. v. 1: 211-269.
- MCINTIRE, W.L., 1963 - Trace element partition coefficients - a review of theory and applications to geology. Geochim. Cosmochim. Acta, 27: 1209-1264.
- MIESCH, A. T., 1969 - The constant sum problem in Geochemistry. in MERRIAN, D. F., ed. - Computer applications in the Earth Sciences. New York, Plenum. 161-176.
- MILLER, R. L. & GOLDBERG, E. D., 1955 - The normal distribution in Geochemistry. Geochim. Cosmochim. Acta, 8: 53-62.
- MILLER, R. L. & KAHN, J. S., 1962 - Statistical analysis in Geological sciences. New York, Wiley. 483 p.
- MINIOLLI, B., PONÇANO, W. L. e OLIVEIRA, S. M. B., 1971 - Extensão geográfica do vulcanismo basáltico do Brasil Meridional. An. Acad. Bras. Ci., 43 (2): 433-437.
- NIE, N., BENT, D. & HULL, C., 1970 - SPSS - Statistical Package for the Social Sciences. New York, McGraw-Hill. 343p.
- NOCKOLDS, S. R., 1966 - The behavior of some elements during fractional crystallization of magma. Geochim. Cosmochim. Acta, 30: 267-278.
- PARKS, J. M., 1974 - Cluster analysis applied to geologic problems. Jour. Geology, 74: 207-222.
- PARSLAW, G. R., 1974 - Determination of background and threshold in exploration geochemistry. Jour. Geochem. Explor, 3: 319-336.
- PEARSON, E. S. & HARTLEY, H. O., 1969 - Biometrika tables for Statisticians. New York, Cambridge Univ. Press. 264 p.

- PRESTON, D. A., 1970 - FORTRAN IV program for sample normality tests. Lawrence, Kansas, Kansas Geological Survey.
27 p. (Computer Contributions, 41).
- PRINZ, M., 1967 - Geochemistry of basaltic rocks: Trace Elements in HESS & POLDERVERAART, ed. - Basalts - The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition. New York, Interscience. v. 1: 271-323.
- RASUMOVSKY, N. K., 1940 - On the distributions of the metal concentrations in ore deposits. C. R. Acad. Sci. URSS. 28 (9) 815.
- RASUMOVSKY, N. K., 1948 - Lognormal law of the distribution of matter and its attributes. Leningrad Min. Inst. Bull., 20: 105-121.
- RAMBERG, H., 1952 - Chemical bonds and distribution of cations in silicates. Jour. Geology, 60: 331-355.
- RICHARDSON, W. A. & SNEESBY, D., 1922 - The frequency distribution of igneous rocks. Mineralog. Mag., 19 (97): 303-317.
- RINGWOOD, A. E., 1955 a - The principles governing trace element distribution during magmatic crystallization. Part I: The influence of eletronegativity. Geochim. Cosmochim. Acta, 7: 189-202.
- RINGWOOD, A. E., 1955 b - The principles governing trace element distribution during magmatic crystallization. Part II: the role of complex formation. Geochim. Cosmochim. Acta, 7: 242-254.
- "RUEGG, N. R., 1969 - Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Tese de doutoramento, Fac. Fil. Ci. Letras, USP. São Paulo. inéd. 172 pag.

- " RUEGG, N. R., 1970 - A composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná (América do Sul) e de outras províncias gondwanicas equivalentes. Notas e Memórias, Museu Min. Geol. Univ. Coimbra, Portugal, 70: 26-85.
- " RUEGG, N. R., 1975 a - Modelos de variação química na província basáltica do Brasil Meridional. Tese de Livre-Docência, Inst. Geociências, USP. inéd. 2 v., 309 p.
- " RUEGG, N. R., 1975 b - Natureza serial do magmatismo basáltico da Bacia do Paraná. Naturalia, Fac. Fil. Ci. e Letras, São José do Rio Preto, S. P., 1: 141-152.
- " RUEGG, N. R., 1976 a - Características de distribuição e teor de elementos principais em rochas basálticas da Bacia do Paraná. Bol. IG, Inst. Geociências, USP, 7: 81-106.
- " RUEGG, N. R., 1976 b - Características de distribuição e teor de elementos traços dosados em rochas basálticas da Bacia do Paraná. Naturalia, Inst. Bioc. Letras e Ci. Exatas, S. J. Rio Preto, S. P., 2: 23-45.
- " RUEGG, N. R. & AMARAL, G., 1975 - Regional variation of chemical composition of basaltic rocks of the Parana Basin. Int. Simp. on Continental Margins of Atlantic Type. Abstracts 1-16.
- " RUEGG, N. R. & AMARAL, G., 1976 - Variação regional da composição química das rochas basálticas da Bacia do Paraná. Bol. IG, Inst. Geociências, USP, v. 7: 131-137.
- " RUEGG, N. R. & AMARAL, G., 1977 - Variação regional de razões de importância petrogenética relativa às rochas basálticas da Bacia do Paraná. 29a. Reunião Anual, SBPC, Resumos, 515.

- " RUEGG, N. R. & BERENHOLC, M., 1971 - Distribuição de alguns elementos traços em rochas basálticas da Bacia do Paraná, América do Sul. An. I. Cong. Hispano-Luso-Americanano de Geol. Econ. Madrid-Lisboa. Sección 6: 389-397.
- " RUEGG, N. R. & DUTRA, C. V., 1965 - Short note on the trace element content of undifferentiated basaltic rocks of the State of São Paulo, Brazil. An. Acad. Bras. Ci., 37 (3/4): 491-496.
- " RUEGG, N. R. & DUTRA, C. V., 1970 - Variação no conteúdo de alguns elementos traços em rochas basálticas da Bacia do Paraná. Anais XXIV Cong. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol., 219-226.
- " RUEGG, N. R. & WERNICK, E., 1978 - Profundidade de origem dos líquidos basálticos na província da Bacia do Paraná. Naturalia, Inst. Bioc. Letras e Ci. Exatas, S. J. Rio Preto, SP. 4: 7-16.
- SARMANOV, O. V. & VISTELIUS, A. B., 1959 - On the correlation of percentage values. Doklady Akad. Nauk. SSSR, 126: 22-25.
- SHAW, D. M., 1961 - Element distribution laws in geochemistry. Geochim. Cosmochim. Acta, 23: 116-134.
- SHAW, D. M., 1964 - Interpretation geo chimique des éléments en traces dans les roches cristalines, Paris, Masson, 237p.
- SHAW, D. M. & BANKIER, J. D., 1954 - Statistical methods applied to geochemistry. Geochim. Cosmochim. Acta, 5: 111-123.
- SOBOLEV, V. S. & SOBOLEVA, O. S., 1948 - Fiziko-khimicheskaya traktovka izomorfizma (Tratamento físico-químico da diadoquia). Nauch. zapiski L'vovskovo Univ., 9, Ser. khim., nº 1-2. (em russo).

- SOKAL, R. & SNEATH, P., 1963 - Principles of numerical taxonomy. S. Francisco, Freeman, 359 p.
- SUSLICK, S. B., 1978 - Estudo metodológico de técnicas estatísticas para análise de dados geoquímicos. Diss. de mestrado, Inst. Geociências, USP. Inéd. S. Paulo, 116 p.
- SUSLICK, S. B., CARVALHO, W. S. & SIRACUZA, J. R., 1978 - Aplicação da análise de regressão na interpretação dos dados geoquímicos. Anais do XXX Cong. Bras. Geol., Soc. Bras. Geol.
- TAUSON, I. V., 1965 - Distribution of the trace elements during the crystallization of magmas. in AHRENS, L.H., ed. - Physics and Chemistry of the earth. Oxford, Pergamon. v. 6: 216-249.
- TAYLOR, S. R., 1965 - The application of trace element data to problems in Petrology. in AHRENS, L. H., ed. - Physics and Chemistry of the Earth. Oxford, Pergamon. v. 6: 133-214.
- VISTELIUS, A. B., 1960 - The skew frequency distributions and the fundamental law of the geochemical processes. Jour. Geology, 68: 1-22.
- VISTELIUS, A. B. & SARMANOV, O. V., 1961 - On the correlation between percentage values: Major component correlation in ferromagnesian micas. Jour. Geology., 69: 145-153.
- WAGER, L. R. & MITCHELL, R. L., 1951 - The distribution of trace elements during strong fractionation of basic magma - A further study of the Skaergaard intrusion, East Greenland. Geochim. Cosmochim. Acta, 1: 129-208.

A P E N D I C E I

Proporções de óxidos de elementos principais (percentagem em peso), em 77 análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Procedimento analítico e dados adicionais em RUEGG (1975 a).

Nº	Nº RUEGG	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	N249	44,70	3,46	10,90	18,00	0,25	7,01	10,14	2,04	0,94
2	N252	48,60	3,49	13,60	15,60	0,24	4,22	8,43	2,93	1,49
3	N255	49,60	2,52	12,90	14,99	0,22	5,46	9,83	2,48	1,09
4	N257	48,60	2,59	13,55	15,43	0,23	5,57	9,61	2,49	1,19
5	N272	51,30	3,01	13,45	12,97	0,20	4,09	7,18	3,19	2,19
6	N297	46,90	3,12	13,10	15,87	0,24	6,16	9,56	2,42	1,13
7	N300	49,30	3,09	13,80	15,18	0,23	5,17	7,88	2,86	1,53
8	N308	53,20	2,98	12,50	11,82	0,16	5,61	8,29	2,53	2,39
9	N310	50,50	3,13	13,35	12,66	0,18	5,05	8,46	2,92	1,73
10	N311	68,00	0,93	12,80	6,24	0,11	1,44	3,32	3,02	3,67
11	N312	69,10	0,93	12,10	5,85	0,10	1,44	3,18	3,08	3,57
12	N314	67,70	0,96	12,70	5,92	0,10	1,43	3,26	3,21	3,50
13	N316	56,00	1,02	14,30	9,66	0,16	6,51	7,30	2,12	1,73
14	N317	57,10	1,31	13,60	9,67	0,13	3,57	5,13	2,98	2,74
15	N327	49,00	2,56	13,20	15,05	0,25	5,56	9,84	2,51	1,13
16	N328	46,90	1,38	13,40	12,85	0,18	5,21	9,12	2,61	1,44
17	N329	43,00	1,80	15,75	11,67	0,21	4,62	7,15	4,18	2,09
18	N331	48,90	0,91	13,35	11,10	0,20	7,86	12,38	2,06	0,79
19	N332	50,30	3,70	13,25	15,44	0,24	3,76	8,27	2,87	1,44
20	N368	48,00	3,67	13,00	15,69	0,24	4,44	8,83	2,86	0,64

Nº	Nº RUEGG	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
21	N369	56,00	1,52	11,80	12,76	0,17	3,31	6,19	2,54	1,44
22	N370	47,60	2,90	12,40	16,24	0,23	5,14	8,81	2,20	1,13
23	N371	47,60	2,11	13,35	14,59	0,21	4,80	9,99	2,21	0,67
24	N372	47,30	3,04	13,35	14,54	0,22	4,88	9,12	2,49	1,22
25	N373	47,35	1,95	12,30	14,42	0,24	5,97	9,64	2,10	0,62
26	N374	51,30	3,66	13,30	12,63	0,17	4,75	7,54	2,74	1,96
27	N375	53,90	2,43	12,65	14,62	0,24	3,21	6,42	2,82	1,98
28	N376	46,30	1,56	12,25	12,33	0,20	6,26	9,67	3,84	1,23
29	N379	49,90	2,50	13,00	14,99	0,24	5,13	9,07	2,61	0,89
30	N380	54,70	2,94	11,10	13,92	0,15	3,97	7,25	2,25	1,42
31	N381	50,20	2,46	11,60	15,75	0,20	4,67	8,66	2,76	1,58
32	N382	52,60	3,36	11,75	14,04	0,23	4,10	7,71	2,67	1,43
33	N383	48,30	2,63	13,05	15,96	0,21	5,16	7,35	3,11	1,46
34	N384	54,70	2,87	13,00	13,18	0,21	2,97	6,94	2,97	1,98
35	N385	48,80	3,24	12,85	15,10	0,20	5,68	8,79	2,67	1,18
36	N386	50,60	3,57	12,50	14,88	0,23	4,17	8,53	2,58	1,34
37	N387	48,80	3,89	11,95	15,82	0,25	4,94	8,35	2,67	1,38
38	S002	49,60	1,10	14,45	12,15	0,20	7,47	10,36	2,44	0,95
39	S011	50,90	1,10	13,70	11,49	0,20	6,59	9,76	2,33	1,29
40	S016	65,00	1,07	13,10	5,79	0,11	1,25	3,38	3,09	2,56
41	S018	48,20	2,36	13,90	14,89	0,23	6,20	10,12	2,43	1,14
42	S023	53,30	3,27	14,35	10,95	0,13	2,32	5,38	3,10	2,62
43	S049	51,70	1,67	13,50	13,50	0,21	4,58	7,34	2,61	1,72
44	S050	50,50	1,79	14,00	13,41	0,21	5,14	8,86	2,84	1,08
45	S065	51,00	3,41	12,65	15,23	0,22	3,48	7,02	2,89	2,14
46	S067	50,40	3,27	13,05	15,04	0,22	3,58	7,07	2,94	2,19
47	S078	50,60	3,50	13,90	13,31	0,17	4,57	7,60	2,80	2,04

Nº	RÜEGG	%									
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	
48	S079	66,40	1,13	12,40	6,41	0,13	1,38	3,01	3,35	3,65	
49	S088	63,80	1,05	12,55	7,59	0,13	1,65	4,57	2,97	2,87	
50	S090	51,90	1,49	13,65	13,08	0,21	4,02	7,46	2,28	1,94	
51	S118	47,00	3,77	11,80	16,86	0,24	6,20	9,13	2,43	1,29	
52	S127	49,80	1,37	14,10	12,16	0,20	7,11	10,99	2,06	0,69	
53	S139	49,40	2,74	12,90	13,48	0,22	7,19	10,21	2,38	1,24	
54	S141	48,60	3,51	13,20	15,38	0,21	4,41	8,37	2,64	1,47	
55	S179	51,60	3,14	13,90	13,33	0,21	3,85	6,72	3,70	1,78	
56	S306	47,30	3,24	13,10	16,09	0,24	5,26	9,24	2,18	1,24	
57	S307	56,70	2,89	12,30	12,50	0,18	2,22	4,38	2,90	3,10	
58	S312	49,30	1,99	13,40	14,82	0,23	6,96	9,84	2,44	0,94	
59	S313	49,30	1,20	15,60	10,40	0,19	6,13	10,60	2,26	0,88	
60	S314	48,50	1,69	14,90	15,09	0,23	5,96	10,53	2,43	0,84	
61	S317	46,80	2,47	13,00	13,95	0,13	4,68	7,49	2,34	1,31	
62	S327	48,70	2,92	12,50	14,68	0,26	5,91	10,05	2,46	0,94	
63	S367	50,50	1,65	13,60	13,71	0,28	3,99	8,51	3,16	1,56	
64	S369	53,60	3,57	11,30	15,59	0,23	3,18	7,59	2,83	2,04	
65	S381	46,10	3,09	13,45	16,52	0,21	6,18	9,89	2,27	0,99	
66	S388	47,90	2,27	13,50	14,41	0,25	5,57	9,94	2,53	0,99	
67	S390	48,00	3,78	12,25	15,53	0,28	4,65	8,75	2,52	1,43	
68	S493	48,60	2,58	14,00	14,69	0,23	5,41	9,38	2,68	1,44	
69	S495	51,20	2,58	13,40	14,18	0,22	4,86	9,17	2,78	1,24	
70	S496	47,80	1,70	13,75	13,17	0,19	5,90	10,81	2,46	1,38	
71	S498	49,60	3,63	13,95	13,15	0,18	4,76	8,54	2,75	1,62	
72	S636	59,50	1,90	15,05	8,33	0,15	2,13	4,02	3,87	4,07	
73	S637	53,60	2,86	13,50	13,11	0,22	4,15	7,10	3,20	2,20	
74	S671	52,70	3,21	14,00	12,90	0,17	3,40	6,90	3,20	2,41	
75	S685	53,60	2,88	14,40	12,11	0,18	3,38	6,90	2,88	2,73	
76	S777	46,30	3,52	12,80	16,64	0,29	5,51	9,50	3,51	1,28	
77	S1226	50,40	1,24	14,35	13,04	0,21	6,07	11,15	2,49	0,95	

A PÊNDICE 2

Teores de elementos traços (em ppm), em 77 análises da amostra parcial de rochas basálticas da Bacia do Paraná. Procedimento analítico e dados adicionais em RÜEGG (1975 a).

Nº	Nº RÜEGG	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
1	N249	341	60	184	146	76	24	381	751	75	176
2	N252	480	42	123	102	15	39	493	385	126	317
3	N255	387	51	174	192	61	27	374	460	102	164
4	N257	388	47	141	207	51	30	382	565	88	205
5	N272	562	32	127	65	6	64	692	311	135	324
6	N297	388	47	138	159	35	29	428	488	124	229
7	N300	459	32	130	59	6	42	493	358	102	238
8	N308	380	42	204	131	59	33	701	321	125	319
9	N310	598	37	162	112	47	43	694	324	108	302
10	N311	405	14	39	101	15	172	152	105	68	259
11	N312	465	9	33	55	6	170	142	103	55	280
12	N314	472	9	31	55	14	166	152	84	69	270
13	N316	319	32	305	67	71	70	164	248	112	174
14	N317	515	42	56	87	12	109	208	277	58	226
15	N327	346	37	153	207	53	29	400	436	127	186
16	N328	320	35	175	999	71	98	293	361	133	44
17	N329	1591	36	128	947	41	81	801	208	166	210
18	N331	158	37	432	111	157	33	183	302	66	43
19	N332	493	37	140	155	31	39	501	380	149	316
20	N368	355	61	151	55	61	10	399	382	158	240
21	N369	1400	71	72	151	57	53	232	230	191	160
22	N370	273	81	164	270	78	32	200	442	111	245

Nº	Nº RUEGG	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
23	N371	235	62	145	215	88	15	302	407	100	240
24	N372	409	68	156	187	54	12	404	523	138	260
25	N373	171	66	114	221	70	16	305	404	94	155
26	N374	626	50	227	142	90	46	709	340	142	325
27	N375	577	81	78	116	17	52	311	205	228	360
28	N376	256	53	140	129	68	22	455	390	86	110
29	N379	315	64	149	199	59	31	354	449	165	265
30	N380	411	54	158	148	62	39	333	396	167	230
31	N381	275	63	112	179	39	47	359	531	132	220
32	N382	420	78	134	144	55	37	435	478	128	375
33	N383	394	50	142	187	48	34	214	521	212	260
34	N384	555	60	120	79	45	44	401	231	132	380
35	N385	315	55	142	98	47	25	399	465	105	210
36	N386	391	60	128	51	51	31	416	396	129	285
37	N387	405	55	142	55	41	32	454	450	126	300
38	S002	222	44	139	140	72	35	222	314	92	84
39	S011	336	41	87	86	85	36	201	270	94	119
40	S016	720	5	28	76	4	156	151	73	88	230
41	S018	346	51	172	212	68	30	368	395	101	136
42	S023	1003	36	158	108	61	80	835	273	139	397
43	S049	451	36	59	170	36	67	200	386	118	145
44	S050	720	46	80	151	47	36	287	395	116	167
45	S065	610	47	139	260	31	60	455	382	152	364
46	S067	756	42	129	227	37	61	459	370	149	350
47	S078	827	37	197	174	59	55	683	355	102	285
48	S079	504	19	51	110	10	163	123	78	95	263
49	S088	570	48	28	90	11	138	164	155	98	200
50	S090	541	50	67	162	32	64	390	383	156	185
51	S118	391	51	214	192	44	35	537	499	178	245

Nº	Nº RUEGG	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
52	S127	270	42	113	180	61	27	174	376	231	118
53	S139	465	44	210	113	87	33	457	396	126	170
54	S141	492	47	137	67	11	36	466	395	136	300
55	S179	825	37	108	36	8	60	611	284	240	350
56	S306	384	45	188	291	68	34	250	552	121	270
57	S307	763	28	137	66	15	114	509	236	146	659
58	S312	303	47	113	225	41	27	338	429	121	150
59	S313	277	40	149	76	66	35	342	247	91	130
60	S314	189	99	83	120	53	25	181	524	101	125
61	S317	482	44	159	170	66	37	417	411	133	280
62	S327	300	42	175	244	70	22	408	472	140	170
63	S367	488	36	79	291	32	51	249	369	122	190
64	S369	683	32	135	192	38	47	419	341	142	330
65	S381	342	50	211	143	77	33	330	498	127	180
66	S388	267	37	186	140	81	23	272	421	140	170
67	S390	508	42	150	332	41	67	474	490	332	312
68	S493	491	32	146	230	44	48	311	424	157	225
69	S495	234	45	150	201	65	39	289	412	241	165
70	S496	227	37	104	126	54	58	236	385	205	132
71	S498	434	37	202	135	64	33	753	325	149	347
72	S636	970	4	79	19	2	114	997	99	117	481
73	S637	790	32	110	47	16	66	664	264	136	350
74	S671	689	35	118	40	6	65	1080	275	152	377
75	S685	622	31	107	81	22	77	714	256	119	386
76	S777	591	44	169	67	50	35	431	496	136	205
77	S1226	178	44	81	106	60	34	175	364	100	90

A P E N D I C E 3.a

Distribuição de frequência dos óxidos de elementos principais (percentagem em peso), nas amostras total (RÜEGG, 1975 a) e parcial (77 análises) de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

OXIDO	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
TAMANHO DA CLASSE	1,0	0,5	1,0	1,0	0,02	1,0	1,0	0,5	0,5
% EM PESO INICIAL	44,5	0,25	8,5	0,5	0,07	0,5	0,5	0,25	0,25
Nº DA CLASSE	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total	Parcial	Total
1	6	1	3	0	7	-	1	-	4
2	10	3	26	12	8	-	1	-	0
3	14	7	27	10	9	4	1	-	7
4	34	9	19	6	32	11	0	-	14
5	43	14	38	13	77	34	3	-	57
6	28	10	50	18	61	24	11	-	23
7	25	9	41	15	20	2	4	-	29
8	13	3	20	3	12	2	5	-	10
9	9	4	2	-	6	-	2	-	18
10	6	4	1	-	3	-	5	-	19
11	9	2	1	-	0	-	9	-	11
12	6	2	-	-	1	-	14	-	6
13	4	2	-	-	-	-	37	-	17
14	1	-	-	-	-	-	46	-	8
15	1	-	-	-	-	-	46	-	19
16	4	1	-	-	-	-	40	-	10
17	2	-	-	-	-	-	10	-	3
18	1	-	-	-	-	-	4	-	-
19	2	-	-	-	-	-	1	-	-
20	2	-	-	-	-	-	1	-	-
21	7	1	-	-	-	-	1	-	-
22	5	1	-	-	-	-	1	-	-
23	2	-	-	-	-	-	1	-	-
24	4	2	-	-	-	-	-	-	-
25	1	1	-	-	-	-	-	-	-

A P E N D I C E 3.b

Distribuição de frequência de teores em ppm de alguns elementos traços nas amostras total (RUEGG, 1975 a) e parcial (77 análises) de rochas basálticas da Bacia do Paraná.

ELEMENTO	Ba	Co	Cr	Cu	Ni	Rb	Sr	V	Zn	Zr
TAMANHO DA CLASSE	100	10	20	25	20	20	100	50	25	50
% EM PESO INICIAL	0	0	20	0	0	0	100	0	25	50
Nº DA CLASSE	Total	Parcial								
1	1	-	6	4	7	5	4	1	1	-
2	10	4	6	2	8	3	11	3	35	2
3	17	11	5	1	8	5	25	11	26	2
4	39	19	27	22	6	4	17	9	51	2
5	27	20	30	22	14	9	16	9	31	13
6	20	7	16	11	16	14	15	11	21	8
7	8	5	11	9	23	18	15	8	22	15
8	14	5	2	2	9	7	16	1	11	15
9	3	2	2	3	5	4	14	6	3	15
10	3	1	0	0	5	5	11	4	0	10
11	2	1	3	1	7	3	4	2	0	5
12	0	1	-	-	-	-	3	0	1	1
13	2	-	-	-	-	2	0	-	0	-
14	2	-	-	-	-	0	0	-	0	-
15	1	1	-	-	-	0	0	-	1	1
16	5	1	-	-	-	2	2	-	-	-

REGRESSION ANALYSIS

FILE: 03200874 DATE: 09/06/2014 | TOTAL: 22 APOSTAS, 19 Y, 1 X/1Z

MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE: SiO₂ SILEICA
REGRESSION LIST 1

ADJUSTED PREDICTOR STEP NUMBER 102 DE: BASIC

ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

$S = 0.91356$ 192.06412 192.06412 70.10651

STANDARD ERROR: 1.61500 1.61500 1.61500

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA	STD. ERROR B	t
B0	0.25750	0.09378	2.73560
C0	-0.00225	0.00220	-9.70160
X1	-0.00140	0.00135	-84.065
X2	-0.00030	0.00028	-10.573
X3	-0.00010	0.00009	-4.062
X4	-0.00005	0.00004	-11.700
X5	-0.00002	0.00001	-4.062
X6	-0.00001	0.00000	-1.011
X7	-0.00001	0.00000	-0.033
X8	-0.00001	0.00000	-0.943
X9	-0.00001	0.00000	-0.610
(CONSTANT)	0.00000	0.00000	0.001

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
C1	0.00000	0.00000	0.000
C2	0.00000	0.00000	0.000
C3	0.00000	0.00000	0.000
C4	0.00000	0.00000	0.000
C5	0.00000	0.00000	0.000
C6	0.00000	0.00000	0.000
C7	0.00000	0.00000	0.000
C8	0.00000	0.00000	0.000
C9	0.00000	0.00000	0.000

MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE: SiO₂ SILEICA
REGRESSION LIST 2

ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

$S = 0.91356$ 192.06412 192.06412 70.10651

STANDARD ERROR: 1.61500 1.61500 1.61500

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA	STD. ERROR B	t
B0	0.25750	0.09378	2.73560
C0	-0.00225	0.00220	-9.70160
X1	-0.00140	0.00135	-84.065
X2	-0.00030	0.00028	-10.573
X3	-0.00010	0.00009	-4.062
X4	-0.00005	0.00004	-11.700
X5	-0.00002	0.00001	-4.062
X6	-0.00001	0.00000	-1.011
X7	-0.00001	0.00000	-0.033
X8	-0.00001	0.00000	-0.943
X9	-0.00001	0.00000	-0.610
(CONSTANT)	0.00000	0.00000	0.001

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
C1	0.00000	0.00000	0.000
C2	0.00000	0.00000	0.000
C3	0.00000	0.00000	0.000
C4	0.00000	0.00000	0.000
C5	0.00000	0.00000	0.000
C6	0.00000	0.00000	0.000
C7	0.00000	0.00000	0.000
C8	0.00000	0.00000	0.000
C9	0.00000	0.00000	0.000

MULTIPLE REGRESSION

DEPENDENT VARIABLE: SiO₂ SILEICA
REGRESSION LIST 3

ADJUSTED PREDICTOR STEP NUMBER 102 DE: ESTHOGIC

ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

$S = 0.91356$ 192.06412 192.06412 70.10651

STANDARD ERROR: 1.61500 1.61500 1.61500

VARIABLES IN THE EQUATION

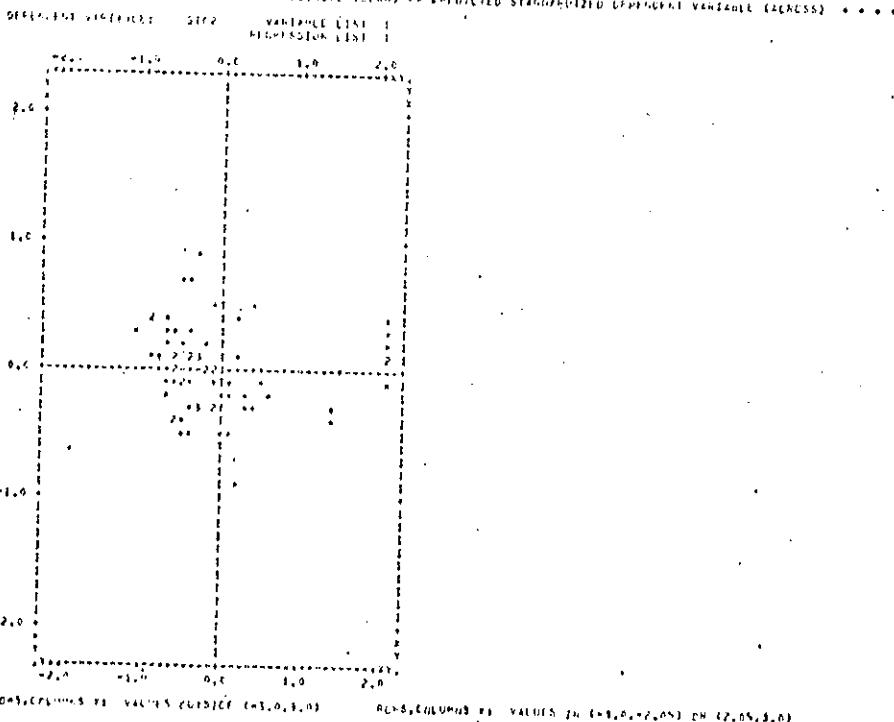
VARIABLE	BETA	STD. ERROR B	t
B0	0.25750	0.09378	2.73560
C0	-0.00225	0.00220	-9.70160
X1	-0.00140	0.00135	-84.065
X2	-0.00030	0.00028	-10.573
X3	-0.00010	0.00009	-4.062
X4	-0.00005	0.00004	-11.700
X5	-0.00002	0.00001	-4.062
X6	-0.00001	0.00000	-1.011
X7	-0.00001	0.00000	-0.033
X8	-0.00001	0.00000	-0.943
X9	-0.00001	0.00000	-0.610
(CONSTANT)	0.00000	0.00000	0.001

VARIABLES NOT IN THE EQUATION

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
C1	0.01954	0.00195	0.0171
C2	0.11355	0.02016	0.0055
C3	0.66030	0.12039	0.0160
C4	0.63716	0.16275	0.0162
C5	0.63124	0.16246	0.0160
C6	0.68745	0.19092	0.0207
C7	0.68827	0.19092	0.0206

Apêndice 4.1.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para SiO₂.

SEQUENCE	DEPENDENT VARIABLE: SiO ₂		INDEPENDENT VARIABLE LIST:		PLOT OF STANDARDIZED RESIDUALS	
	SiO ₂	SiO ₂	RESIDUAL	Z _{SiO₂}	Z _{SiO₂}	Z _{SiO₂}
1	51,28960	50,55280	0,1921050			
2	51,28960	50,55280	-0,1476811			
3	49,54610	47,74063	3,4657918			
4	51,28960	50,55280	1,9193155			
5	51,28960	50,55280	-1,5594511			
6	49,54610	47,74063	-0,4220418			
7	49,54610	47,74063	-1,7716817			
8	51,28960	50,55280	3,4657917			
9	51,28960	50,55280	-1,6938771			
10	51,28960	50,55280	1,5233910			
11	51,28960	50,55280	-0,2331112			
12	47,74063	45,92532	7,3146515			
13	47,74063	45,92532	-1,1556021			
14	51,28960	50,55280	0,2351536			
15	51,28960	50,55280	-1,6135032			
16	49,54610	47,74063	1,0142620			
17	49,54610	47,74063	-1,2111112			
18	49,54610	47,74063	0,7692703			
19	51,28960	50,55280	-2,4663593			
20	49,54610	47,74063	0,6161717			
21	51,28960	49,54610	-0,1662168			
22	47,74063	51,28960	3,1603328			
23	47,74063	51,28960	-0,7713160			
24	47,74063	51,28960	0,1363211			
25	47,74063	51,28960	1,6933336			
26	47,74063	47,74063	-1,5957279+01			
27	47,74063	47,74063	1,1615550			
28	51,28960	51,28960	0,1662168			
29	51,28960	51,28960	-2,0539320			
30	51,28960	51,28960	1,1615553			
31	51,28960	51,28960	0,1662168			
32	51,28960	51,28960	-1,3371161			
33	49,54610	47,74063	3,4657918			
34	51,28960	47,74063	-0,5316101+01			
35	51,28960	47,74063	1,2501091			
36	51,28960	47,74063	0,5754121			
37	51,28960	47,74063	-0,7271112			
38	51,28960	47,74063	-0,9409335			
39	51,28960	51,28960	-1,2027854			
40	51,28960	51,28960	-1,3371167			
41	51,28960	51,28960	-0,5316101			
42	51,28960	51,28960	-0,1662168			
43	51,28960	51,28960	-1,1615550			
44	51,28960	51,28960	0,1662168			
45	51,28960	51,28960	-0,1662168			
46	51,28960	51,28960	-0,1662168			
47	51,28960	51,28960	-0,1662168			
48	51,28960	51,28960	-0,1662168			
49	51,28960	51,28960	-0,1662168			
50	51,28960	51,28960	-0,1662168			
51	51,28960	51,28960	-0,1662168			
52	51,28960	51,28960	-0,1662168			
53	51,28960	51,28960	-0,1662168			
54	51,28960	51,28960	-0,1662168			
55	51,28960	51,28960	-0,1662168			
56	51,28960	51,28960	-0,1662168			
57	51,28960	51,28960	-0,1662168			
58	51,28960	51,28960	-0,1662168			
59	51,28960	51,28960	-0,1662168			
60	51,28960	51,28960	-0,1662168			
61	51,28960	51,28960	-0,1662168			
62	51,28960	51,28960	-0,1662168			
63	51,28960	51,28960	-0,1662168			
64	51,28960	51,28960	-0,1662168			
65	51,28960	51,28960	-0,1662168			
66	51,28960	51,28960	-0,1662168			
67	51,28960	51,28960	-0,1662168			
68	51,28960	51,28960	-0,1662168			
69	51,28960	51,28960	-0,1662168			
70	51,28960	51,28960	-0,1662168			
71	51,28960	51,28960	-0,1662168			
72	51,28960	51,28960	-0,1662168			
73	51,28960	51,28960	-0,1662168			
74	51,28960	51,28960	-0,1662168			
75	51,28960	51,28960	-0,1662168			
76	51,28960	51,28960	-0,1662168			
77	51,28960	51,28960	-0,1662168			

***** STANDARDIZED RESIDUAL (Z_{SiO₂}) = PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (EXCESS) *****

Apêndice 4.1.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para SiO₂.

ANALYSIS OF VARIANCE & COEFF.

FILE: MASTIC CONCENTRATION 0920879 TOTAL 77 AMOSTRAS 19 VARIÁVEIS

MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1 DEPENDENT VARIABLE: TIO2 OXÍDO DE TITÂNIO REGRESSION LIST 1

VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER: 9 N: 64 COEF.

MULTIPLE R	0.94028	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARED	0.88115	REGRESSION	19	51.07600	5.60750	
STANDARD ERROR	0.04212	RESIDUAL	78	31.87000	0.17726	32.01644

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
SC	0.00178	0.00152	0.00038	0.462	CO	-0.00352	-0.04920	0.39946	0.002
Y1	0.00162	0.00136	0.00037	0.436					
Y2	0.00169	0.00143	0.00037	0.433					
Y3	0.00161	0.00136	0.00037	0.433					
Y4	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y5	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y6	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y7	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y8	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y9	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y10	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y11	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y12	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y13	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y14	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y15	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
(CONSTANT)	-0.01178		0.00000	0.172					

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1 DEPENDENT VARIABLE: TIO2 OXÍDO DE TITÂNIO REGRESSION LIST 1

VARIABLE	B	MULTIPLE R	R SQUARED	ESG CHARGE	SIMPLE R	B	std. B
SC	ESTIMATED					0.00074	0.17532
Y1	0.00162	0.94028	0.88115	0.31162	0.53167	0.00074	0.00162
Y2	0.00169	0.94028	0.88115	0.29443	0.50603	0.00074	0.00162
Y3	0.00161	0.94028	0.88115	0.28732	0.52115	0.00074	0.00162
Y4	0.00152	0.94028	0.88115	0.28022	0.53168	0.00074	0.00162
Y5	0.00152	0.94028	0.88115	0.27311	0.53169	0.00074	0.00162
Y6	0.00152	0.94028	0.88115	0.26601	0.53255	0.00074	0.00162
Y7	0.00152	0.94028	0.88115	0.25890	0.53255	0.00074	0.00162
Y8	0.00152	0.94028	0.88115	0.25179	0.53255	0.00074	0.00162
Y9	0.00152	0.94028	0.88115	0.24468	0.53255	0.00074	0.00162
Y10	0.00152	0.94028	0.88115	0.23757	0.53255	0.00074	0.00162
Y11	0.00152	0.94028	0.88115	0.23046	0.53255	0.00074	0.00162
Y12	0.00152	0.94028	0.88115	0.22335	0.53255	0.00074	0.00162
Y13	0.00152	0.94028	0.88115	0.21624	0.53255	0.00074	0.00162
Y14	0.00152	0.94028	0.88115	0.20913	0.53255	0.00074	0.00162
Y15	0.00152	0.94028	0.88115	0.20202	0.53255	0.00074	0.00162
(CONSTANT)	-0.01178	0.94028	0.88115	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1 DEPENDENT VARIABLE: TIO2 OXÍDO DE TITÂNIO REGRESSION LIST 1

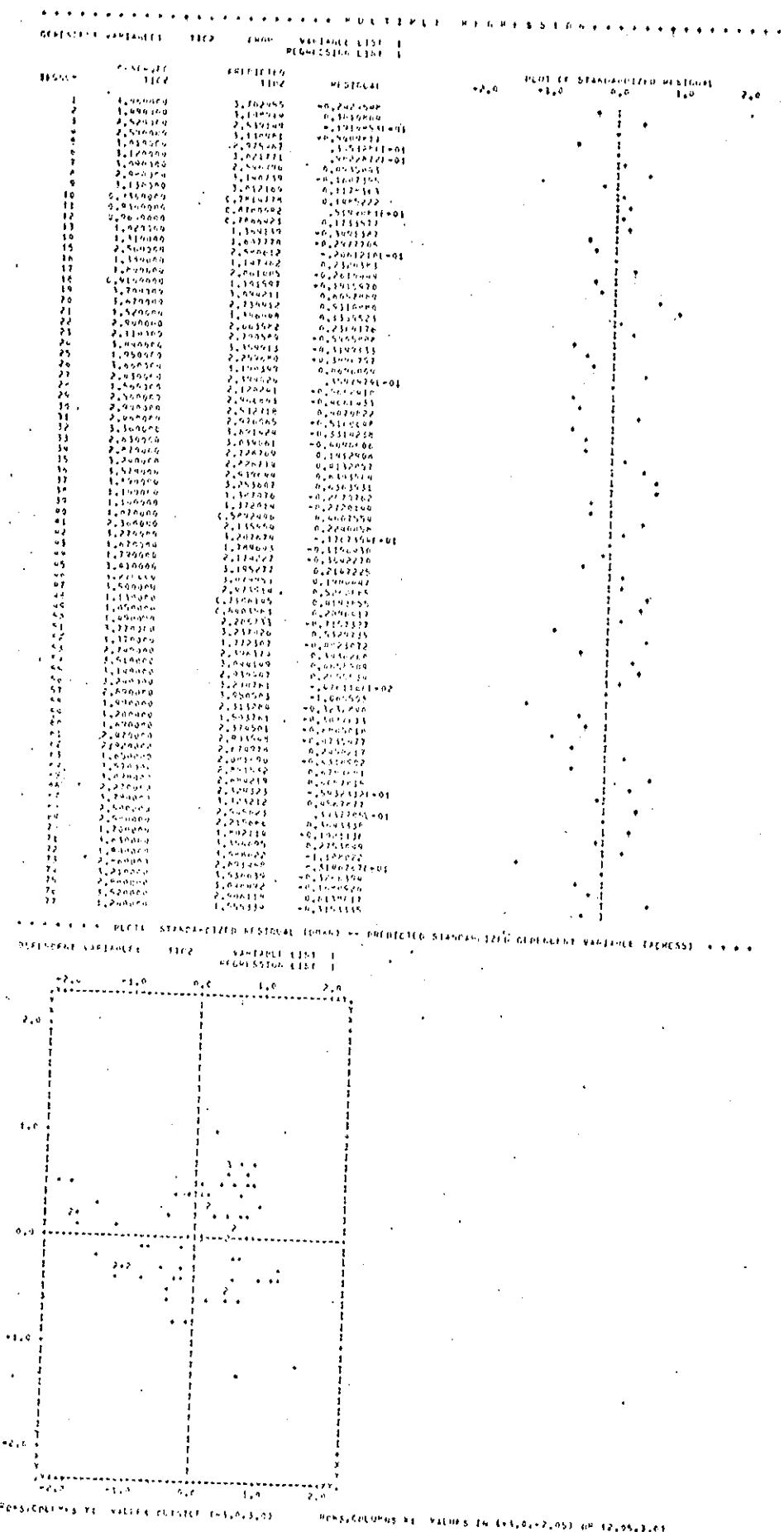
VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER: 9 N: 64 COEFID

MULTIPLE R	0.94028	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARED	0.88115	REGRESSION	19	49.57346	5.60750	
STANDARD ERROR	0.04212	RESIDUAL	78	31.86226	0.17726	32.01644

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
SC	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CO	0.02913	0.04735	0.56190	0.162
Y1	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CC	-0.02698	-0.04512	0.51583	0.151
Y2	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CR	0.01765	0.03112	0.71514	1.550
Y3	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CU	-0.01284	-0.02021	0.12222	0.065
Y4	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CI	-0.00335	-0.00505	0.51273	0.251
Y5	0.00152	0.00131	0.00037	0.433	CJ	0.00103	0.00170	0.83225	1.491
Y6	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y7	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y8	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y9	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y10	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y11	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y12	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y13	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y14	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
Y15	0.00152	0.00131	0.00037	0.433					
(CONSTANT)	-0.01178		0.00000	0.172					

Apêndice 4.2.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para TiO_2 .



Apêndice 4.2.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para TiO_2 .

DEPENDENT VARIABLE: Al2O3 FROM VARIABLE LIST: PREDICTION LIST:

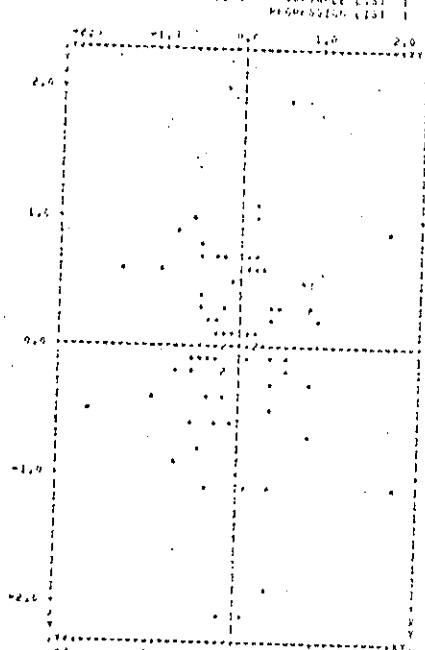
-147-

SEQUENCE	CHAMADO	PREDICTED	RESIDUAL	-2.0	0.0	2.0	PLT OF STANDARDIZED RESIDUAL
1	1_000001	11.39631	+0.000000				
2	1_000002	11.12769	-0.0704110				
3	1_000003	11.00003	+0.100000				
4	1_000004	12.69257	-0.9120530				
5	1_000005	11.50702	+0.0702100				
6	1_000006	12.21772	-0.122700				
7	1_000007	11.51327	-0.216170				
8	1_000008	11.51327	-0.216170				
9	1_000009	11.61147	+1.039683				
10	1_000010	12.29582	-0.000000				
11	1_000011	12.62198	-0.352104				
12	1_000012	12.22132	+0.213215	-0.01			
13	1_000013	11.70504	-0.305500				
14	1_000014	11.39626	-0.605500				
15	1_000015	11.39626	-0.605500				
16	1_000016	11.36670	+0.300265				
17	1_000017	11.05158	+0.217570				
18	1_000018	12.92356	-0.020500				
19	1_000019	11.35167	+0.000000	-0.02			
20	1_000020	11.60000	-0.200000	-0.02			
21	1_000021	11.20000	-0.300000	-0.02			
22	1_000022	12.05700	-0.251000				
23	1_000023	12.13115	-0.132200				
24	1_000024	12.13115	-0.132200				
25	1_000025	11.58662	-0.173900				
26	1_000026	11.58662	-0.173900				
27	1_000027	11.09361	-0.270000				
28	1_000028	11.09361	-0.270000				
29	1_000029	11.11170	+1.066510				
30	1_000030	12.02330	-0.272160				
31	1_000031	11.00000	-0.214000				
32	1_000032	12.07121	-0.000000				
33	1_000033	12.18401	-0.000000				
34	1_000034	12.99152	-0.000000				
35	1_000035	12.99152	-0.000000				
36	1_000036	12.05552	+0.357510	-0.01			
37	1_000037	12.71002	-0.000000				
38	1_000038	11.96129	-0.000000				
39	1_000039	11.70504	-0.291610				
40	1_000040	11.50662	-0.300000				
41	1_000041	11.50662	-0.300000				
42	1_000042	11.50662	-0.300000				
43	1_000043	11.50662	-0.300000				
44	1_000044	12.70021	-0.200000				
45	1_000045	11.36670	-0.300000				
46	1_000046	12.49570	-0.000000				
47	1_000047	12.61521	-0.210000				
48	1_000048	11.36615	-0.331000				
49	1_000049	12.00000	-0.000000				
50	1_000050	12.00000	-0.000000				
51	1_000051	11.51150	-0.461000				
52	1_000052	11.77955	-0.210000				
53	1_000053	14.11102	-0.100000				
54	1_000054	13.05058	+0.150120				
55	1_000055	13.07500	-0.134000				
56	1_000056	13.31109	-0.569910				
57	1_000057	12.65922	-0.466070				
58	1_000058	11.75770	-0.562520				
59	1_000059	13.49932	-0.2773050	-0.01			
60	1_000060	13.37012	-1.000000				
61	1_000061	13.03516	-1.266610				
62	1_000062	12.70000	-0.954494	-0.01			
63	1_000063	11.51770	-0.571730				
64	1_000064	11.21050	-0.131000				
65	1_000065	11.27000	-0.131000				
66	1_000066	12.75107	-0.000000				
67	1_000067	13.39728	-0.105150				
68	1_000068	12.89102	-0.214120				
69	1_000069	13.31102	-0.622250				
70	1_000070	11.50686	-0.353435				
71	1_000071	13.68000	-0.709510				
72	1_000072	13.68000	-0.709510				
73	1_000073	13.68000	-0.709510				
74	1_000074	13.68000	-0.709510				
75	1_000075	11.19000	-0.709510				
76	1_000076	12.70000	-0.709510				
77	1_000077	19.13262	-0.711100				

END OF DATA INPUT READ COUNT 111 DATA LINES (0001-1000).

* * * * * PREDICTION STANDARDIZED RESIDUAL (PRED) = PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) * * * * *

DEPENDENT VARIABLE: Al2O3 VARIABLE LIST: PREDICTION LIST:



RESIDUALS VS. PREDICTED VALUES PREDICTED (-1.0, 0, 1.0) X RESIDUALS VALUE IN (-1.0, 0, 1.0) OR (2.0, 3.0)

Apêndice 4.3.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para Al_2O_3 .

DATOS - ACTS DO FERNAO + AXELA +
FILE: HASTOL (CREATION DATE: 09/06/79) TOTAL: 77 ANOTAS, 14 VARIÁVEIS
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEFINING VARIABLE: FE ESTIMATES DE FERNO
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 10: CO CORALTO

MULTIPLE R	R SQUARED	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
0.92294	0.85051	REGRESSION RESIDUAL	10, 66	510,39541 43,21609	51,03954 0,65171	19,1722

***** ESTIMATES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	t
Z1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
Z2	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
S1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
C1	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C2	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z4	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z5	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z6	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z7	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z8	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
(CONSTANT)	10,22661								

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEFINING VARIABLE: FE ESTIMATES DE FERNO
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 10: CO CORALTO

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	t
Z1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
Z2	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
S1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
C1	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C2	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z4	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z5	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z6	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z7	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z8	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
(CONSTANT)	10,22661								

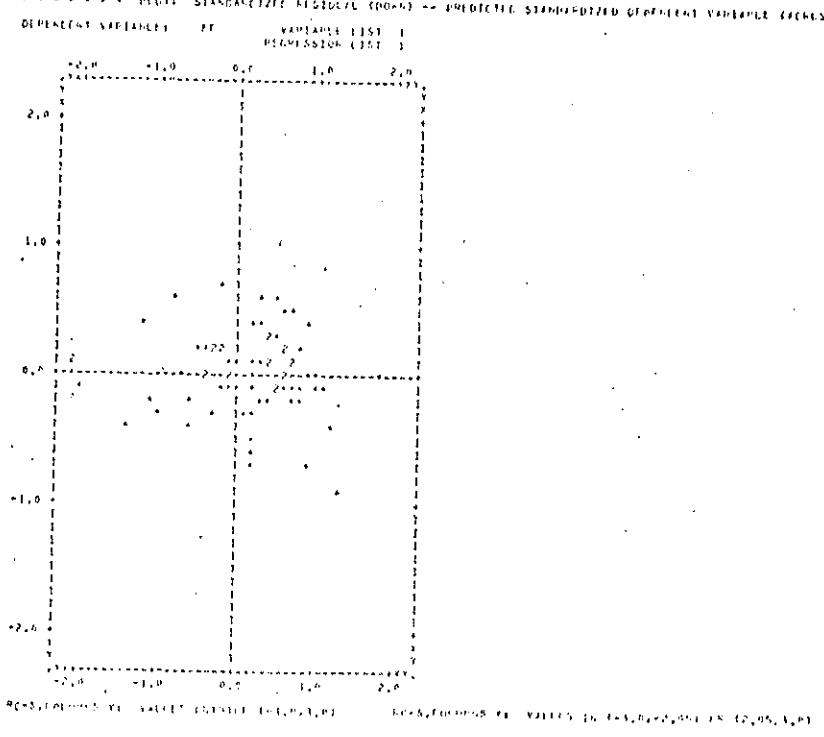
***** ESTIMATES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	t
Z1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
Z2	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
S1	-0,15130	C,15130	0,56129	-0,268					
C1	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C2	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
C3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z3	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z4	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z5	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z6	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z7	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
Z8	-0,05237	C,05237	0,56129	-0,091					
(CONSTANT)	10,22661								

Apêndice 4.4.a -- Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para Fe .

PREDICTOR VARIABLE & COEFF.		TOTAL N. OF ABSENSES IN VARIOUS			69/69/69	Page
PRED.	REGRESSION COEF.	INTERCEPT	VARIABLE LIST 1	REGRESSION LIST 1		
SERIALIZED	COEFFICIENT	PREDICTED	PREDICTOR	PREDICTOR	PRED. OF STANDARDIZED RESIDUAL	
	ESTIMATE	ESTIMATE	RESIDUAL	ESTIMATE	PRED. OF STANDARDIZED RESIDUAL	
1	16.38660	16.38660	+0.1299232		+0.0926150	
2	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
3	12.10523	12.10523	+0.2950316+0.08		+0.0926150	
4	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
5	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
6	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
7	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
8	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
9	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
10	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
11	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
12	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
13	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
14	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
15	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
16	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
17	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
18	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
19	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
20	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
21	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
22	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
23	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
24	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
25	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
26	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
27	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
28	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
29	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
30	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
31	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
32	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
33	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
34	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
35	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
36	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
37	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
38	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
39	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
40	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
41	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
42	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
43	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
44	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
45	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
46	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
47	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
48	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
49	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
50	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
51	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
52	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
53	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
54	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
55	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
56	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
57	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
58	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
59	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
60	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
61	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
62	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
63	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
64	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
65	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
66	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
67	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
68	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
69	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
70	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
71	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
72	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
73	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
74	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
75	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
76	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
77	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
78	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
79	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
80	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
81	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
82	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
83	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
84	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
85	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
86	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
87	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
88	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
89	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
90	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
91	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
92	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
93	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
94	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
95	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
96	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	
97	16.38660	16.38660	+0.3103148		+0.0926150	
98	16.38660	16.38660	-0.0104524		-0.0926150	
99	16.38660	16.38660	+0.2950316		+0.0926150	
100	16.38660	16.38660	-0.1099232		-0.0926150	

-149-



Apêndice 4.4.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para Fe.

PARÂMETROS - EQUAÇÃO DE REGRAÇÃO - ANEXO 4
 FILE - MASTERS CREATION DATE = 09/08/79 TOTAL 77 AMOSTRAS 19 VARIÁVEIS
 * * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE... PNO DEPENDENT VARIABLES... REGRESSION LIST 1
 VARIÁVEL(E) ENTRADA EM STEP NÚMERO 0... PA BARIO
 MULTIPLE R² 0.65111
 STANDARD ERROR... 0.09757
 ANALYSIS OF VARIANCE... DF SUM OF SQUARES... MEAN SQUARE... F
 REGRESSION 10... 0.09581 0.09581 0.09581 14.72926
 RESIDUAL 66... 0.00194 0.00194 0.00194
 * * * * * VARIÁVEIS NA EQUAÇÃO * * * * *
 VARIABLE... BETA... STD. ERROR B... T... VARIABLE... BETA IN... PARTIAL... TOLERANCE... F
 B0... -0.27002... -0.14098... -0.00018... 26.510
 X1... 0.60000... 0.24078... 2.00000... 0.127
 X2... -0.10000... -0.10000... 2.00000... 0.127
 X3... 0.20000... 0.19949... 0.00062... 0.126
 X4... -0.20000... -0.17235... 0.00012... 0.123
 X5... 0.10000... 0.10000... 0.00007... 1.513
 X6... 0.10000... 0.09963... 0.00019... 0.126
 X7... -0.10000... -0.11176... 0.00027... 1.121
 X8... 0.20000... 0.11520... 0.00055... 0.892
 X9... 0.20000... 0.10704... 0.00002... 0.006
 (CONSTANT)... 0.24011
 * * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE... PNO DEPENDENT VARIABLES... REGRESSION LIST 1
 VARIABLE... BETA... STD. ERROR B... T... VARIABLE... BETA IN... PARTIAL... TOLERANCE... F
 B0... -0.27002... -0.14098... -0.00018... 26.510
 X1... 0.60000... 0.24078... 2.00000... 0.127
 X2... -0.10000... -0.10000... 2.00000... 0.127
 X3... 0.20000... 0.19949... 0.00062... 0.126
 X4... -0.20000... -0.17235... 0.00012... 0.123
 X5... 0.10000... 0.10000... 0.00007... 1.513
 X6... 0.10000... 0.09963... 0.00019... 0.126
 X7... -0.10000... -0.11176... 0.00027... 1.121
 X8... 0.20000... 0.11520... 0.00055... 0.892
 X9... 0.20000... 0.10704... 0.00002... 0.006
 (CONSTANT)... 0.24011
 * * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE... PNO DEPENDENT VARIABLES... REGRESSION LIST 1
 VARIABLE... BETA... STD. ERROR B... T... VARIABLE... BETA IN... PARTIAL... TOLERANCE... F
 B0... -0.27002... -0.14098... -0.00018... 26.510
 X1... 0.60000... 0.24078... 2.00000... 0.127
 X2... -0.10000... -0.10000... 2.00000... 0.127
 X3... 0.20000... 0.19949... 0.00062... 0.126
 X4... -0.20000... -0.17235... 0.00012... 0.123
 X5... 0.10000... 0.10000... 0.00007... 1.513
 X6... 0.10000... 0.09963... 0.00019... 0.126
 X7... -0.10000... -0.11176... 0.00027... 1.121
 X8... 0.20000... 0.11520... 0.00055... 0.892
 X9... 0.20000... 0.10704... 0.00002... 0.006
 (CONSTANT)... 0.24011
 * * * * * MULTIPLE REGRESSION * * * * * VARIABLE LIST 1
 DEPENDENT VARIABLE... PNO DEPENDENT VARIABLES... REGRESSION LIST 1
 VARIABLE... BETA... STD. ERROR B... T... VARIABLE... BETA IN... PARTIAL... TOLERANCE... F
 B0... -0.27002... -0.14098... -0.00018... 26.510
 X1... 0.60000... 0.24078... 2.00000... 0.127
 X2... -0.10000... -0.10000... 2.00000... 0.127
 X3... 0.20000... 0.19949... 0.00062... 0.126
 X4... -0.20000... -0.17235... 0.00012... 0.123
 X5... 0.10000... 0.10000... 0.00007... 1.513
 X6... 0.10000... 0.09963... 0.00019... 0.126
 X7... -0.10000... -0.11176... 0.00027... 1.121
 X8... 0.20000... 0.11520... 0.00055... 0.892
 X9... 0.20000... 0.10704... 0.00002... 0.006
 (CONSTANT)... 0.24011

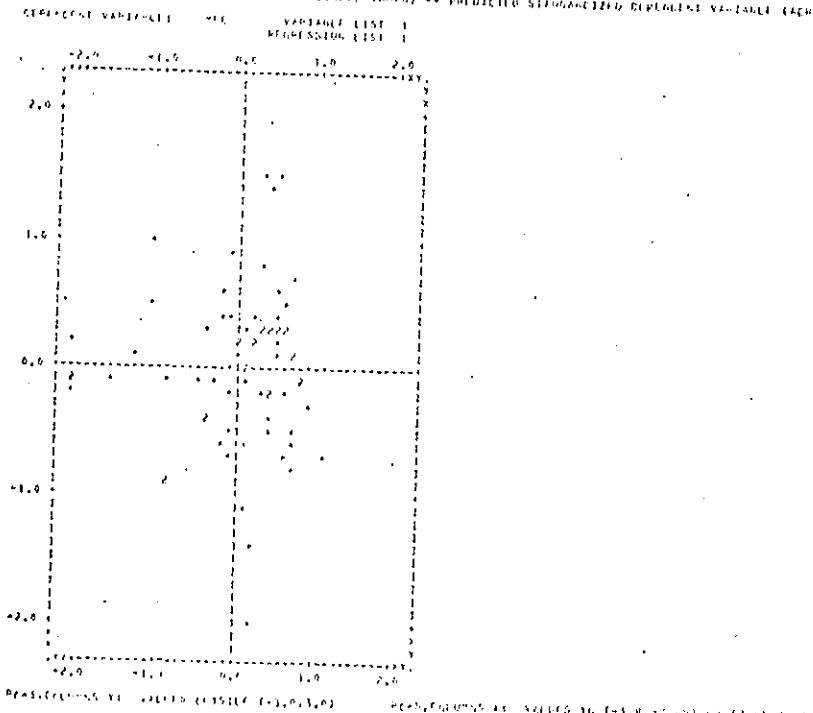
Apêndice 4.5.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para MnO.

REGRESSION ANALYSIS OUTPUT
 DATE: FRIDAY, SEPTEMBER 10, 1982 00:00:00.000 / TOTAL 22 REGRESSIONS IN VARIABLES
 *
 DEPENDENT VARIABLE: MnO
 *
 SEQUENCE NUMBER PREDICTED MnO RESIDUALS LIST 1
 *

-151-

SEQUENCE NUMBER	PREDICTED MnO	RESIDUALS LIST 1
1	0.1173359	0.2000000
2	0.1173359	0.1999121
3	0.1173359	0.1999131
4	0.1173359	0.1999141
5	0.1173359	0.1999151
6	0.1173359	0.1999161
7	0.1173359	0.1999171
8	0.1173359	0.1999181
9	0.1173359	0.1999191
10	0.1173359	0.1999201
11	0.1173359	0.1999211
12	0.1173359	0.1999221
13	0.1173359	0.1999231
14	0.1173359	0.1999241
15	0.1173359	0.1999251
16	0.1173359	0.1999261
17	0.1173359	0.1999271
18	0.1173359	0.1999281
19	0.1173359	0.1999291
20	0.1173359	0.1999301
21	0.1173359	0.1999311
22	0.1173359	0.1999321
23	0.1173359	0.1999331
24	0.1173359	0.1999341
25	0.1173359	0.1999351
26	0.1173359	0.1999361
27	0.1173359	0.1999371
28	0.1173359	0.1999381
29	0.1173359	0.1999391
30	0.1173359	0.1999401
31	0.1173359	0.1999411
32	0.1173359	0.1999421
33	0.1173359	0.1999431
34	0.1173359	0.1999441
35	0.1173359	0.1999451
36	0.1173359	0.1999461
37	0.1173359	0.1999471
38	0.1173359	0.1999481
39	0.1173359	0.1999491
40	0.1173359	0.1999501
41	0.1173359	0.1999511
42	0.1173359	0.1999521
43	0.1173359	0.1999531
44	0.1173359	0.1999541
45	0.1173359	0.1999551
46	0.1173359	0.1999561
47	0.1173359	0.1999571
48	0.1173359	0.1999581
49	0.1173359	0.1999591
50	0.1173359	0.1999601
51	0.1173359	0.1999611
52	0.1173359	0.1999621
53	0.1173359	0.1999631
54	0.1173359	0.1999641
55	0.1173359	0.1999651
56	0.1173359	0.1999661
57	0.1173359	0.1999671
58	0.1173359	0.1999681
59	0.1173359	0.1999691
60	0.1173359	0.1999701
61	0.1173359	0.1999711
62	0.1173359	0.1999721
63	0.1173359	0.1999731
64	0.1173359	0.1999741
65	0.1173359	0.1999751
66	0.1173359	0.1999761
67	0.1173359	0.1999771
68	0.1173359	0.1999781
69	0.1173359	0.1999791
70	0.1173359	0.1999801
71	0.1173359	0.1999811
72	0.1173359	0.1999821
73	0.1173359	0.1999831
74	0.1173359	0.1999841
75	0.1173359	0.1999851
76	0.1173359	0.1999861
77	0.1173359	0.1999871

FIGURE 01 PREDICTED MnO LIST 1
 * * * * * PREDICTED MnO LIST 1 - PREDICTED STANDARDIZED RESIDUAL LIST 1
 *
 DEPENDENT VARIABLE: MnO
 *



Apêndice 4.5.b – Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão para MnO.

REGRESSION MODEL OF ALUMINA + AL2O3				09/08/79		PAGE - 85	
FILE - REGRESSAO TOTAL + COVARIAZAO		TOTAL - 27 AMOSTRAS, 19 VARIÁVEIS					
DEPENDENT VARIABLE - MGO		MULTIPLE REGRESSION		VARIABLE LIST 1		REGRESSION LIST 1	
VARIABLES USED IN THE MODEL		VARIABLES NOT IN THE MODEL					
MULTIPLE R	0.59219	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE		
P-VALUE	0.00197	REGRESSION	16	151.12719	9.444571		
STANDARD ERROR	0.01719	RESIDUAL	10	27.04968	2.704968	40.67332	
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							
VARIABLE	BETA IN	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
Zn	-0.1058	0.09491	-10.491				
Fe	-0.1793	0.09496	-1.898				
Ca	0.1058	0.09497	1.098				
C	-0.1019	0.09497	-1.095				
Si	0.1019	0.09497	1.095				
Al	-0.0019	0.09499	-0.099				
Na	0.0019	0.09499	0.099				
K	0.0019	0.09499	0.099				
Li	0.0019	0.09499	0.099				
Cr	0.0019	0.09499	0.099				
Co	0.0019	0.09499	0.099				
Al2O3	0.0019	0.09499	0.099				
(CONSTANT)	0.0019	0.09499	0.099				
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							
MULTIPLE R	0.59219	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE		
P-VALUE	0.00197	REGRESSION	16	151.12719	9.444571		
STANDARD ERROR	0.01719	RESIDUAL	10	27.04968	2.704968	40.67332	
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							
VARIABLE	BETA IN	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
Zn	-0.1793	0.09491	-18.491				
Fe	-0.1058	0.09496	-11.060				
Ca	0.1058	0.09497	11.060				
C	-0.1019	0.09497	-11.059				
Si	0.1019	0.09497	11.059				
Al	-0.0019	0.09499	-0.099				
Na	0.0019	0.09499	0.099				
K	0.0019	0.09499	0.099				
Li	0.0019	0.09499	0.099				
Cr	0.0019	0.09499	0.099				
Co	0.0019	0.09499	0.099				
Al2O3	0.0019	0.09499	0.099				
(CONSTANT)	0.0019	0.09499	0.099				
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							
MULTIPLE R	0.59219	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE		
P-VALUE	0.00197	REGRESSION	16	151.12719	9.444571		
STANDARD ERROR	0.01719	RESIDUAL	10	27.04968	2.704968	40.67332	
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							
VARIABLE	BETA IN	STD ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
Zn	-0.1793	0.09491	-18.491				
Fe	-0.1058	0.09496	-11.060				
Ca	0.1058	0.09497	11.060				
C	-0.1019	0.09497	-11.059				
Si	0.1019	0.09497	11.059				
Al	-0.0019	0.09499	-0.099				
Na	0.0019	0.09499	0.099				
K	0.0019	0.09499	0.099				
Li	0.0019	0.09499	0.099				
Cr	0.0019	0.09499	0.099				
Co	0.0019	0.09499	0.099				
Al2O3	0.0019	0.09499	0.099				
(CONSTANT)	0.0019	0.09499	0.099				
***** VARIABILIDADES NOVAIS *****							

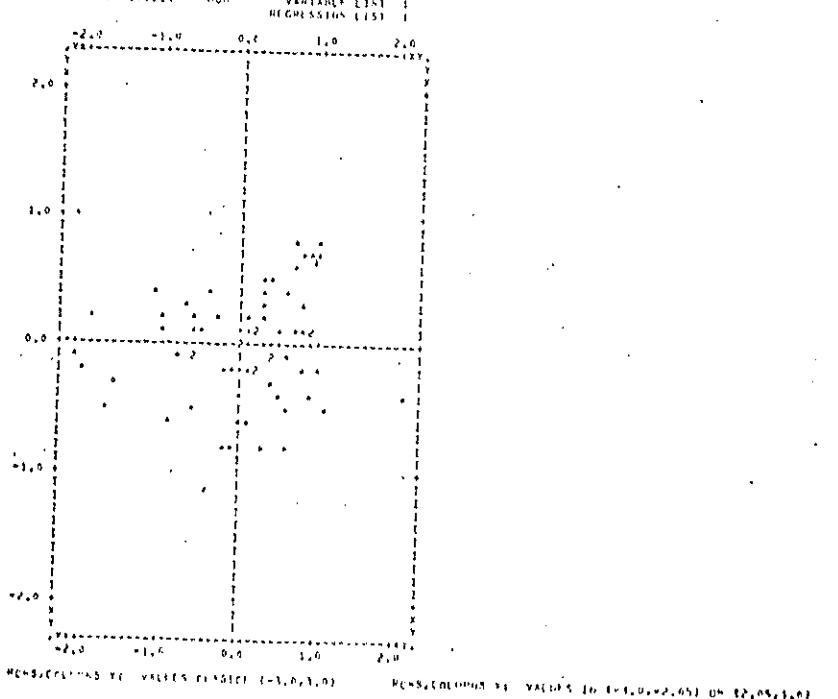
Apêndice 4.6.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para MgO.

***** MULTIPLE REGRESSION *****
 DEPENDENT VARIABLE: MgO FROM VARIABLE LIST 1
 REGRESSION LIST 1

NUMBER	UNSTANDARDIZED COEFFICIENT	PREDICTED COEFFICIENT	BESTFIT	-2,0	+2,0	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL		
NUMBER	COEFFICIENT	PREDICTED COEFFICIENT	BESTFIT	-2,0	+2,0	0,0	±1,0	2,0
1.	5,010000	5,075109	5,030611					
2.	4,222000	4,294221	4,277832					
3.	5,005000	5,030544	5,020050					
4.	5,021000	5,072159	5,067154					
5.	4,300000	3,991395	3,991395					
6.	5,000000	5,000000	5,000000					
7.	5,000000	5,000000	5,000000					
8.	5,000000	5,000000	5,000000					
9.	5,000000	5,000000	5,000000					
10.	5,000000	5,000000	5,000000					
11.	5,000000	5,000000	5,000000					
12.	5,000000	5,000000	5,000000					
13.	5,000000	5,000000	5,000000					
14.	5,000000	5,000000	5,000000					
15.	5,000000	5,000000	5,000000					
16.	5,000000	5,000000	5,000000					
17.	5,000000	5,000000	5,000000					
18.	5,000000	5,000000	5,000000					
19.	5,000000	5,000000	5,000000					
20.	5,000000	5,000000	5,000000					
21.	5,000000	5,000000	5,000000					
22.	5,000000	5,000000	5,000000					
23.	5,000000	5,000000	5,000000					
24.	5,000000	5,000000	5,000000					
25.	5,000000	5,000000	5,000000					
26.	5,000000	5,000000	5,000000					
27.	5,000000	5,000000	5,000000					
28.	5,000000	5,000000	5,000000					
29.	5,000000	5,000000	5,000000					
30.	5,000000	5,000000	5,000000					
31.	5,000000	5,000000	5,000000					
32.	5,000000	5,000000	5,000000					
33.	5,000000	5,000000	5,000000					
34.	5,000000	5,000000	5,000000					
35.	5,000000	5,000000	5,000000					
36.	5,000000	5,000000	5,000000					
37.	5,000000	5,000000	5,000000					
38.	5,000000	5,000000	5,000000					
39.	5,000000	5,000000	5,000000					
40.	5,000000	5,000000	5,000000					
41.	5,000000	5,000000	5,000000					
42.	5,000000	5,000000	5,000000					
43.	5,000000	5,000000	5,000000					
44.	5,000000	5,000000	5,000000					
45.	5,000000	5,000000	5,000000					
46.	5,000000	5,000000	5,000000					
47.	5,000000	5,000000	5,000000					
48.	5,000000	5,000000	5,000000					
49.	5,000000	5,000000	5,000000					
50.	5,000000	5,000000	5,000000					
51.	5,000000	5,000000	5,000000					
52.	5,000000	5,000000	5,000000					
53.	5,000000	5,000000	5,000000					
54.	5,000000	5,000000	5,000000					
55.	5,000000	5,000000	5,000000					
56.	5,000000	5,000000	5,000000					
57.	5,000000	5,000000	5,000000					
58.	5,000000	5,000000	5,000000					
59.	5,000000	5,000000	5,000000					
60.	5,000000	5,000000	5,000000					
61.	5,000000	5,000000	5,000000					
62.	5,000000	5,000000	5,000000					
63.	5,000000	5,000000	5,000000					
64.	5,000000	5,000000	5,000000					
65.	5,000000	5,000000	5,000000					
66.	5,000000	5,000000	5,000000					
67.	5,000000	5,000000	5,000000					
68.	5,000000	5,000000	5,000000					
69.	5,000000	5,000000	5,000000					
70.	5,000000	5,000000	5,000000					
71.	5,000000	5,000000	5,000000					
72.	5,000000	5,000000	5,000000					
73.	5,000000	5,000000	5,000000					
74.	5,000000	5,000000	5,000000					
75.	5,000000	5,000000	5,000000					
76.	5,000000	5,000000	5,000000					
77.	5,000000	5,000000	5,000000					
END OF DATA INPUT, READ COUNT 77, DATA END (6001 x 0)								

-153-

***** PLOT OF STANDARDIZED PREDICTOR (END=0) VS PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) *****
 DEPENDENT VARIABLE: MgO FROM VARIABLE LIST 1
 REGRESSION LIST 1



Apêndice 4.6.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para MgO.

BASSETE'S NOCTA GO. PARANA - ARTE

09/08/79

PAGE 100

FILE: ESTATISTICAL DATE: 09/08/79 TOTAL: 27 AMOSTRAS, 19 VARIABES

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1

DEPENDENT VARIABLE: CaO OXIDO DE CALCIO

REGRESSION LIST 1

VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER 1, Y VARIABLE

MULTIPLE R.	0.495752	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R-SQUARED	0.195454	REGRESSION	10	249,45194	24,945194	
STANDARD ERROR	0.260911	RESIDUAL	66	27,07650	0.41025	

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	STD. ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
Zn	-0.001139	0.000676	-1.626				
Zr	-0.000811	0.000727	-1.129				
Cu	0.00003	0.00000	0.016				
Cr	-0.001174	0.000612	-1.804				
Co	0.001116	0.000612	1.806				
Ge	-0.000858	0.000417	-2.008				
Si	0.001107	0.000672	1.500				
Zr	0.001207	0.000693	1.716				
Al	0.001172	0.000628	1.622				
X	0.001110	0.000649	1.593				
(CONSTANT)	11.03110						

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: CaO OXIDO DE CALCIO REGRESSION LIST 1

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R. & SQUARE	PSN CHANGE	SIMPLE R.	B	BETA
Zn	0.495752	0.233151	0.233151	0.001565	0.001565
Zr	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Cu	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Cr	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Co	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Ge	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Si	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Zr	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Al	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
Y	0.495752	0.194018	0.194018	0.001565	0.001565
(CONSTANT)	11.03110				

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: CaO OXIDO DE CALCIO REGRESSION LIST 1

VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER 1, Y VARIABLE

MULTIPLE R.	0.495752	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R-SQUARED	0.195454	REGRESSION	10	247,6759	24,76759	
STANDARD ERROR	0.260911	RESIDUAL	72	24,65271	0.34069	

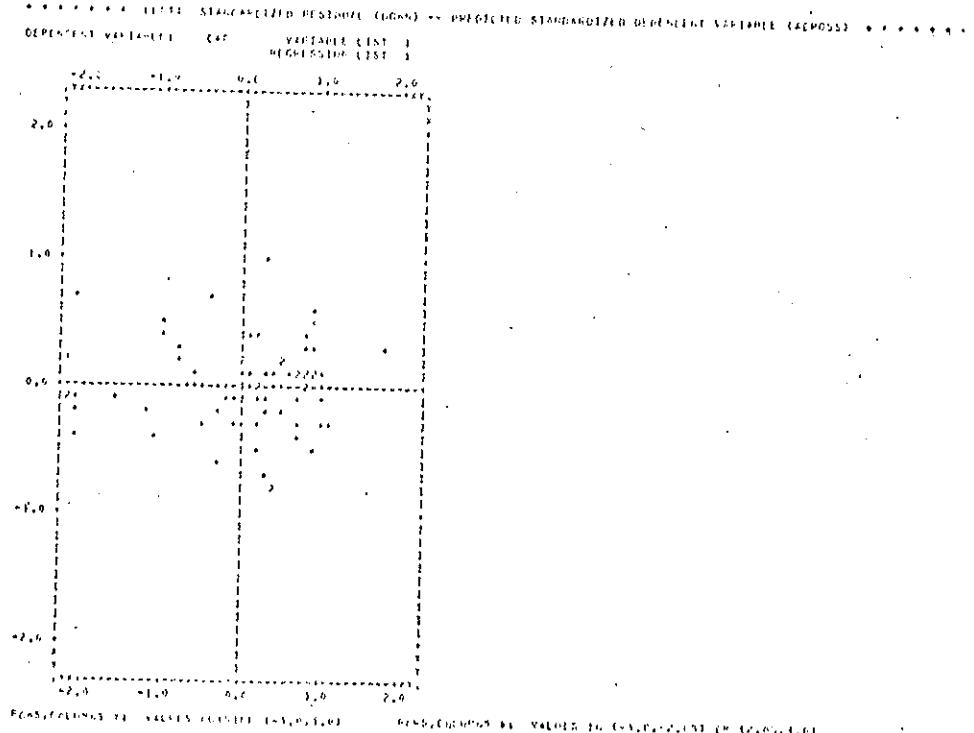
***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	STD. ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
Zn	-0.001139	0.000676	-1.626	Zn	0.0011393	0.0011393	0.0011393
Zr	-0.001174	0.000612	-1.804	Zr	0.001174	0.001174	0.001174
Cu	0.00003	0.00000	0.016	Cu	0.00003	0.00003	0.00003
Cr	-0.001174	0.000612	-1.804	Cr	0.001174	0.001174	0.001174
Co	0.001116	0.000612	1.806	Co	0.001116	0.001116	0.001116
Ge	-0.000858	0.000417	-2.008	Ge	0.000858	0.000858	0.000858
Si	0.001107	0.000672	1.500	Si	0.001107	0.001107	0.001107
Zr	0.001207	0.000693	1.716	Zr	0.001207	0.001207	0.001207
Al	0.001172	0.000628	1.622	Al	0.001172	0.001172	0.001172
X	0.001110	0.000649	1.593	X	0.001110	0.001110	0.001110
(CONSTANT)	11.03110			(CONSTANT)	11.03110		

Apêndice 4.7.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para CaO.

DEPENDENT VARIABLE	ESTIMATE	VARIABLE LIST 1		PREDICTED STANDARDIZED RESIDUAL		
		REGRESSION LIST 1		-2,0	+1,0	-1,0
1	5,11100			0,1172369		
2	5,12120			0,1250184		
3	5,12130			-0,1250184		
4	5,12140			-0,1250184+0,01		
5	5,12150			0,1250184+0,01		
6	5,12160			0,1250184+0,01		
7	5,12170			-0,1250184+0,01		
8	5,12180			0,1250184+0,01		
9	5,12190			0,1250184+0,01		
10	5,12200			0,1250184+0,01		
11	5,12210			0,1250184+0,01		
12	5,12220			0,1250184+0,01		
13	5,12230			-0,1250184+0,01		
14	5,12240			-0,1250184+0,01		
15	5,12250			-0,1250184+0,01		
16	5,12260			-0,1250184+0,01		
17	5,12270			-0,1250184+0,01		
18	5,12280			-0,1250184+0,01		
19	5,12290			-0,1250184+0,01		
20	5,12300			-0,1250184+0,01		
21	5,12310			-0,1250184+0,01		
22	5,12320			-0,1250184+0,01		
23	5,12330			-0,1250184+0,01		
24	5,12340			0,1250184+0,01		
25	5,12350			0,1250184+0,01		
26	5,12360			0,1250184+0,01		
27	5,12370			0,1250184+0,01		
28	5,12380			0,1250184+0,01		
29	5,12390			0,1250184+0,01		
30	5,12400			0,1250184+0,01		
31	5,12410			0,1250184+0,01		
32	5,12420			0,1250184+0,01		
33	5,12430			0,1250184+0,01		
34	5,12440			0,1250184+0,01		
35	5,12450			0,1250184+0,01		
36	5,12460			0,1250184+0,01		
37	5,12470			0,1250184+0,01		
38	5,12480			0,1250184+0,01		
39	5,12490			0,1250184+0,01		
40	5,12500			0,1250184+0,01		
41	5,12510			0,1250184+0,01		
42	5,12520			0,1250184+0,01		
43	5,12530			0,1250184+0,01		
44	5,12540			0,1250184+0,01		
45	5,12550			0,1250184+0,01		
46	5,12560			0,1250184+0,01		
47	5,12570			0,1250184+0,01		
48	5,12580			0,1250184+0,01		
49	5,12590			0,1250184+0,01		
50	5,12600			0,1250184+0,01		
51	5,12610			0,1250184+0,01		
52	5,12620			0,1250184+0,01		
53	5,12630			0,1250184+0,01		
54	5,12640			0,1250184+0,01		
55	5,12650			0,1250184+0,01		
56	5,12660			0,1250184+0,01		
57	5,12670			0,1250184+0,01		
58	5,12680			0,1250184+0,01		
59	5,12690			0,1250184+0,01		
60	5,12700			0,1250184+0,01		
61	5,12710			0,1250184+0,01		
62	5,12720			0,1250184+0,01		
63	5,12730			0,1250184+0,01		
64	5,12740			0,1250184+0,01		
65	5,12750			0,1250184+0,01		
66	5,12760			0,1250184+0,01		
67	5,12770			0,1250184+0,01		
68	5,12780			0,1250184+0,01		
69	5,12790			0,1250184+0,01		
70	5,12800			0,1250184+0,01		
71	5,12810			0,1250184+0,01		
72	5,12820			0,1250184+0,01		
73	5,12830			0,1250184+0,01		
74	5,12840			0,1250184+0,01		
75	5,12850			0,1250184+0,01		
76	5,12860			0,1250184+0,01		
77	5,12870			0,1250184+0,01		
78	5,12880			0,1250184+0,01		
79	5,12890			0,1250184+0,01		
80	5,12900			0,1250184+0,01		
81	5,12910			0,1250184+0,01		
82	5,12920			0,1250184+0,01		
83	5,12930			0,1250184+0,01		
84	5,12940			0,1250184+0,01		
85	5,12950			0,1250184+0,01		
86	5,12960			0,1250184+0,01		
87	5,12970			0,1250184+0,01		
88	5,12980			0,1250184+0,01		
89	5,12990			0,1250184+0,01		
90	5,12000			0,1250184+0,01		
91	5,12010			0,1250184+0,01		
92	5,12020			0,1250184+0,01		
93	5,12030			0,1250184+0,01		
94	5,12040			0,1250184+0,01		
95	5,12050			0,1250184+0,01		
96	5,12060			0,1250184+0,01		
97	5,12070			0,1250184+0,01		
98	5,12080			0,1250184+0,01		
99	5,12090			0,1250184+0,01		
100	5,12100			0,1250184+0,01		

-155-



Apêndice 4.7.b – Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para CaO.

RESULTS - FILE OF EQUATION ANALYSIS
FILE - BASIC EQUATION DATE = 09/08/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVELIS
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = NAO2 OXICO DE SODIO REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER 164 NN SUMMARY

VARIABLE	B	STD ERROR B	ANALYSIS OF VARIANCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE
NO2	-0.75122	0.00422	HIGHDGEON RESIDUAL	10.	0.39014	0.03901
STDEV. ERROR	0.22756			66	0.86647	0.00009

***** VARIABES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
NO2	-0.75122	0.00422	-179.271	NO2	-0.75122	-0.75122	0.00009
SI	0.13512	0.00521	25.6271	SI	0.13512	0.13512	0.00009
SC	0.21120	0.00529	40.6918	SC	0.21120	0.21120	0.00009
SD	0.19008	0.00520	37.3739	SD	0.19008	0.19008	0.00009
V	0.21054	0.00530	39.8559	V	0.21054	0.21054	0.00009
CL	0.27519	0.00521	52.6029	CL	0.27519	0.27519	0.00009
ZP	0.21033	0.00526	39.6956	ZP	0.21033	0.21033	0.00009
C	0.21003	0.00523	39.6705	C	0.21003	0.21003	0.00009
ZI	0.21003	0.00527	39.6705	ZI	0.21003	0.21003	0.00009
RS	0.00001	REGRESSION	0.00000	RS	0.00001	0.00001	0.00009
(CONSTANT)	2.15206			(CONSTANT)	2.15206	2.15206	

RESULTS - FILE OF EQUATION ANALYSIS
FILE - BASIC EQUATION DATE = 09/08/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVELIS
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = NAO2 OXICO DE SODIO REGRESSION LIST 1

VARIABLE	B	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
NO2	-0.75122	0.00422	-179.271	NO2	-0.75122	-0.75122	0.00009
SI	0.13512	0.00521	25.6271	SI	0.13512	0.13512	0.00009
SC	0.21120	0.00529	40.6918	SC	0.21120	0.21120	0.00009
SD	0.19008	0.00520	37.3739	SD	0.19008	0.19008	0.00009
V	0.21054	0.00530	39.8559	V	0.21054	0.21054	0.00009
CL	0.27519	0.00521	52.6029	CL	0.27519	0.27519	0.00009
ZP	0.21033	0.00526	39.6956	ZP	0.21033	0.21033	0.00009
C	0.21003	0.00523	39.6705	C	0.21003	0.21003	0.00009
ZI	0.21003	0.00527	39.6705	ZI	0.21003	0.21003	0.00009
RS	0.00001	REGRESSION	0.00000	RS	0.00001	0.00001	0.00009
(CONSTANT)	2.15206			(CONSTANT)	2.15206	2.15206	

***** VARIABES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
NO2	-0.75122	0.00422	-179.271	NO2	-0.75122	-0.75122	0.00009
SI	0.13512	0.00521	25.6271	SI	0.13512	0.13512	0.00009
SC	0.21120	0.00529	40.6918	SC	0.21120	0.21120	0.00009
SD	0.19008	0.00520	37.3739	SD	0.19008	0.19008	0.00009
V	0.21054	0.00530	39.8559	V	0.21054	0.21054	0.00009
CL	0.27519	0.00521	52.6029	CL	0.27519	0.27519	0.00009
ZP	0.21033	0.00526	39.6956	ZP	0.21033	0.21033	0.00009
C	0.21003	0.00523	39.6705	C	0.21003	0.21003	0.00009
ZI	0.21003	0.00527	39.6705	ZI	0.21003	0.21003	0.00009
RS	0.00001	REGRESSION	0.00000	RS	0.00001	0.00001	0.00009
(CONSTANT)	2.15206			(CONSTANT)	2.15206	2.15206	

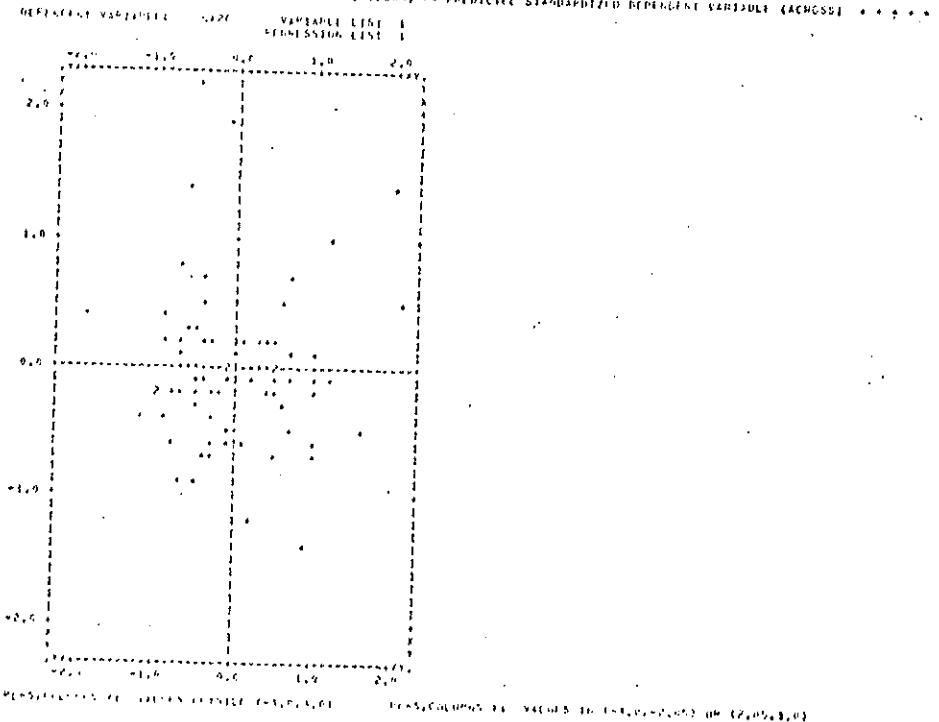
RESULTS - FILE OF EQUATION ANALYSIS
FILE - BASIC EQUATION DATE = 09/08/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIAVELIS
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = NAO2 OXICO DE SODIO REGRESSION LIST 1

VARIABLE	B	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
NO2	-0.75122	0.00422	-179.271	NO2	-0.75122	-0.75122	0.00009
SI	0.13512	0.00521	25.6271	SI	0.13512	0.13512	0.00009
SC	0.21120	0.00529	40.6918	SC	0.21120	0.21120	0.00009
SD	0.19008	0.00520	37.3739	SD	0.19008	0.19008	0.00009
V	0.21054	0.00530	39.8559	V	0.21054	0.21054	0.00009
CL	0.27519	0.00521	52.6029	CL	0.27519	0.27519	0.00009
ZP	0.21033	0.00526	39.6956	ZP	0.21033	0.21033	0.00009
C	0.21003	0.00523	39.6705	C	0.21003	0.21003	0.00009
ZI	0.21003	0.00527	39.6705	ZI	0.21003	0.21003	0.00009
RS	0.00001	REGRESSION	0.00000	RS	0.00001	0.00001	0.00009
(CONSTANT)	2.15206			(CONSTANT)	2.15206	2.15206	

Apêndice 4.8.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para Na_2O .

REFERRING VARIABLE	S220	DEPENDENT LIST		PREDICTED STANDARDIZED PREDICTOR	
		REGRESSION LIST 1	REGRESSION LIST 2	S220	S220
1	2,404,000	2,429,748	-0,170,913		
2	2,404,000	2,429,056	-0,170,635 +0,02		
3	2,404,000	2,429,154	-0,170,631 -0,04		
4	2,404,000	2,429,058	-0,170,631 +0,01		
5	2,404,000	2,429,057	-0,170,631 +0,01		
6	2,404,000	2,429,152	-0,170,628 +0,01		
7	2,404,000	2,429,227	-0,170,628 +0,01		
8	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
9	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
10	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
11	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
12	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
13	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
14	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
15	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
16	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
17	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
18	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
19	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
20	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
21	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
22	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
23	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
24	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
25	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
26	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
27	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
28	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
29	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
30	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
31	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
32	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
33	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
34	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
35	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
36	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
37	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
38	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
39	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
40	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
41	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
42	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
43	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
44	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
45	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
46	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
47	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
48	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
49	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
50	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
51	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
52	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
53	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
54	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
55	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
56	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
57	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
58	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
59	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
60	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
61	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
62	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
63	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
64	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
65	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
66	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
67	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
68	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
69	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
70	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
71	2,404,000	2,429,154	-0,170,628 +0,01		
TSC FF 2014 Input, Step Count 177,211, Error 0,013 ± 0,0					

REFERRING VARIABLE S220 DEPENDENT VARIABLE (000.0) = PREDICTED STANDARDIZED PREDICTOR (000.0) - PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (000.0)



Apêndice 4.8.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para Na_2O .

RESULTS - 01/01/1979 - 01/01/1980
FILE: DATA STATION DATE = 09/06/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIÁVEIS
***** MULTIPLE REGRESSIONS ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = Y20 CÓDIGO DE POTÁSSIO REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 001 CV COPE

SUMMARY TABLE

MULTIPLE R: 0.96273
STANDARD ERROR: 0.021558

ANALYSIS OF VARIANCE

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE
19	0.056527	0.003027
68	3.10961	0.046034

REGRESSION RESIDUAL

***** VARIÁVEIS IN THE EQUATION *****
VARIABLE N: 001 CV COPE STD ERROR: 0.021558
VARIABLES NOT IN THE EQUATION *****

VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
67	0.001529	0.001529	0.99310
70	0.001326	0.001326	0.99310
59	0.001316	0.001316	0.99310
60	0.001316	0.001316	0.99310
75	0.001319	0.001319	0.99310
61	0.001319	0.001319	0.99310
62	0.001320	0.001320	0.99310
63	0.001320	0.001320	0.99310
64	0.001320	0.001320	0.99310
65	0.001320	0.001320	0.99310
66	0.001320	0.001320	0.99310
68	0.001320	0.001320	0.99310
70	0.001320	0.001320	0.99310
71	0.001320	0.001320	0.99310
72	0.001320	0.001320	0.99310
73	0.001320	0.001320	0.99310
74	0.001320	0.001320	0.99310
75	0.001320	0.001320	0.99310
76	0.001320	0.001320	0.99310
77	0.001320	0.001320	0.99310
(CONSTANT)	0.046034	0.046034	0.046034

MAXIMUM STEP REACHED

RESULTS - 01/01/1979 - 01/01/1980
FILE: DATA STATION DATE = 09/06/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIÁVEIS
***** MULTIPLE REGRESSIONS ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = Y20 CÓDIGO DE POTÁSSIO REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 001 CV COPE

SUMMARY TABLE

MULTIPLE R: 0.96273
STANDARD ERROR: 0.021558

ANALYSIS OF VARIANCE

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE
19	0.056521	0.003026
59	0.057149	0.003026
60	0.057149	0.003026
75	0.057149	0.003026
76	0.057149	0.003026
77	0.057149	0.003026
78	0.057149	0.003026
79	0.057149	0.003026
80	0.057149	0.003026
81	0.057149	0.003026
82	0.057149	0.003026
83	0.057149	0.003026
84	0.057149	0.003026
85	0.057149	0.003026
86	0.057149	0.003026
87	0.057149	0.003026
88	0.057149	0.003026
89	0.057149	0.003026
90	0.057149	0.003026
91	0.057149	0.003026
(CONSTANT)	0.046034	0.046034

RESULTS - 01/01/1979 - 01/01/1980
FILE: DATA STATION DATE = 09/06/79 TOTAL 77 AMOSTRAS, 19 VARIÁVEIS
***** MULTIPLE REGRESSIONS ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE = Y20 CÓDIGO DE POTÁSSIO REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 001 CV COPE

SUMMARY TABLE

MULTIPLE R: 0.96273
STANDARD ERROR: 0.021558

ANALYSIS OF VARIANCE

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE
19	0.056538	0.003029
68	3.10963	0.046041

REGRESSION RESIDUAL

***** VARIÁVEIS IN THE EQUATION *****
VARIABLE N: 001 CV COPE STD ERROR: 0.021558
VARIABLES NOT IN THE EQUATION *****

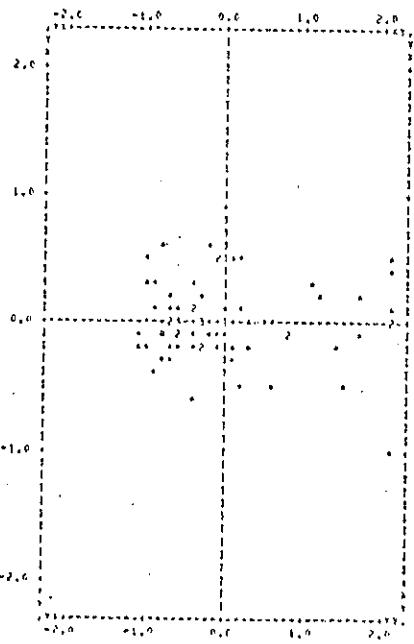
VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
67	0.001720	0.001720	0.99531
70	0.001720	0.001720	0.99531
59	0.001720	0.001720	0.99531
60	0.001720	0.001720	0.99531
75	0.001720	0.001720	0.99531
76	0.001720	0.001720	0.99531
77	0.001720	0.001720	0.99531
78	0.001720	0.001720	0.99531
79	0.001720	0.001720	0.99531
80	0.001720	0.001720	0.99531
81	0.001720	0.001720	0.99531
82	0.001720	0.001720	0.99531
83	0.001720	0.001720	0.99531
84	0.001720	0.001720	0.99531
85	0.001720	0.001720	0.99531
86	0.001720	0.001720	0.99531
87	0.001720	0.001720	0.99531
88	0.001720	0.001720	0.99531
89	0.001720	0.001720	0.99531
90	0.001720	0.001720	0.99531
91	0.001720	0.001720	0.99531
(CONSTANT)	0.046034	0.046034	0.046034

Apêndice 4.9.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para K_2O .

DEPENDENT VARIABLE	K20	VARIABLE LIST 1		PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (XCHG5)	
		PREDICTOR	ESTIMATE	PREDICTOR	ESTIMATE
1.	0.9500000	1.2500000	+0.4342514		
2.	1.1500000	1.1500000	+0.3210000+01		
3.	1.5000000	1.5000000	+0.3800000+02		
4.	1.5000000	1.4300000	+0.3500000+01		
5.	2.1000000	2.1000000	+0.4100000+01		
6.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
7.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
8.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
9.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
10.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
11.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
12.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
13.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
14.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
15.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
16.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
17.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
18.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
19.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
20.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
21.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
22.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
23.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
24.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
25.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
26.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
27.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
28.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
29.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
30.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
31.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
32.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
33.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
34.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
35.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
36.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
37.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
38.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
39.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
40.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
41.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
42.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
43.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
44.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
45.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
46.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
47.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
48.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
49.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
50.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
51.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
52.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
53.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
54.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
55.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
56.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
57.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
58.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
59.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
60.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
61.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
62.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
63.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
64.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
65.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
66.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
67.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
68.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
69.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
70.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
71.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
72.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
73.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
74.	2.1000000	1.2000000	+0.4000000+01		
75.	2.1000000	2.5500000	+0.1742500		
76.	2.1000000	1.2000000	+0.1250000		
77.	2.1000000	1.2000000	+0.1250000		

• PLOT 11. STANDARDIZED RESIDUAL (RHO-R) * PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (XCHG5) • • • •

DEPENDENT VARIABLE K20 VARIABLE LIST 1 REGRESSION LIST 1



RESIDUOS E VALORES PREDICOS (-2,0, 0,0, 2,0) PREDIÇÕES E VALORES PREDICOS (-2,0, 0,0, 2,0)

Apêndice 4.9.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para K₂₀.

BALANÇO DA TABELA DE ALÍTI *

FILE - ESTATÍSTICO DATA: 09/08/79 TOTAL 77 ANOSTRAS, 19 VARIÁVEIS

MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS VARIABLE LIST 1

DEPENDENT VARIABLE: AK ALGEMA REGRESSION LIST 1

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP ALPHAS: BA PARSO

MULTIPLE R: 0.74000 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

STANDARD ERROR: 0.20600 REGRESSION 9 20102.74010 2233.60012 5.61433 RESIDUAL 67 3669.70020

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	BETA	STD ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F
BA	-0.41937	0.10179	0.45140	CH	0.00000	0.00000	0.000
ZB	-0.05937	0.10179	0.61329	16.017			
CG	0.11740	0.00711	3.761				
Y	-0.00000	0.11740	0.51103				
ZV	-0.00000	0.11740	0.62120	2.563			
CC	0.00000	0.11740	0.62120	0.692			
ZS	-0.00000	0.11740	0.62120	1.110			
S1	-0.00000	0.11740	0.62120	0.672			
PA	-0.00000	0.11740	0.62120	0.352			
(CONSTANT)	0.71259	0.00000	0.103				

***** F-LEVEL OR TOLERANCE-LEVEL INSUFFICIENT FOR FURTHER COMPUTATION *****

MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS VARIABLE LIST 1

DEPENDENT VARIABLE: AK ALGEMA REGRESSION LIST 1

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	REG. CHARGE	SIMPL. R	t	ELIA
BA	0.41937	0.16962	0.45142	-0.82423	-0.41717	+0.57304
ZB	0.05937	0.00000	0.11740	+0.41717	+0.11740	
CG	0.11740	0.01377	0.20600	+0.62120	+0.62120	
Y	-0.00000	0.11740	0.51103	-0.62120	-0.62120	
ZV	-0.00000	0.11740	0.62120	2.563	2.563	
CC	0.00000	0.11740	0.62120	0.692	0.692	
ZS	0.00000	0.11740	0.62120	1.110	1.110	
S1	0.00000	0.11740	0.62120	0.672	0.672	
PA	0.00000	0.11740	0.62120	0.352	0.352	
(CONSTANT)	0.71259	0.00000	0.103	-0.40192	-0.40192	+0.57304

MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS VARIABLE LIST 1

DEPENDENT VARIABLE: AK ALGEMA REGRESSION LIST 1

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP ALPHAS: ZB ZIRCONIO

MULTIPLE R: 0.69600 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE

STANDARD ERROR: 0.19600 REGRESSION 2 196.02470 98.01235 RESIDUAL 74 4124.71220 55.71233

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****

VARIABLE	BETA	STD ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL TOLERANCE	F		
BA	-0.33362	0.17120	0.02327	205.340	64	0.36885	0.73145	0.161	
ZB	-0.06742	0.17120	0.00024	59.446	CG	-0.05667	0.10049	0.56770	0.775
(CONSTANT)	0.71241	0.00000	0.00000		CH	-0.06946	0.05151	0.74400	
				CV	-0.05557	0.14724	0.92241	2.455	
				S1	-0.01604	0.04910	0.51105	0.066	
				Y	-0.01642	0.04191	0.51126	0.035	
				ZB	-0.09031	0.16316	0.13324	1.550	
					0.01790	0.17120	0.01118	2.481	

Apêndice 5.1.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice Al/3 - K.

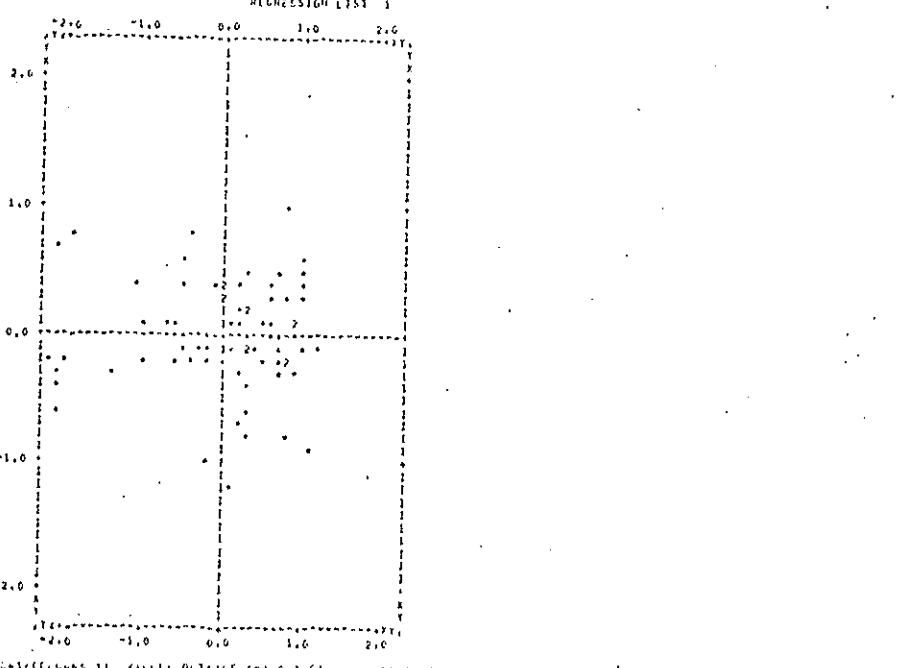
BASALTOS FÁCIAIS DA REPÚBLICA DE ANGOLA
FILE: RASTOR CENSUS DATE = 07/21/2002 2 TOTAL 77 ANOMALIAS IN VARIABLES
***** * MULTIPLE REGRESSION *****

DEPENDENT VARIABLE: AF EACH VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SLNO/RN	DECODED AF	PREDICTED AF	RESIDUAL	+2.0	-2.0	MEAN OF STANDARDIZED RESIDUALS	+1.0	-1.0
1	51+2+300	53+4+12	-14.12492					
2	57+10+00	50+0+16	-14.26441					
3	61+12+00	65+7+119	-14.262192					
4	63+2+500	61+4+365	-14.262192					
5	41+11+000	42+0+710	-0.7771713					
6	61+17+00	64+16+176	1.466136					
7	52+0+400	52+22+186	2.416136					
8	36+5+500	52+7+181	2.416136					
9	50+1+500	50+5+333	2.416136					
10	54+5+200	54+4+504	2.416136					
11	31+12+000	49+7+695	-6.162062					
12	61+5+300	51+7+420	-3.162062					
13	51+6+500	50+4+161	-0.162062					
14	36+5+500	33+7+420	-3.466136					
15	61+2+100	61+6+715	-0.616136					
16	51+9+225	48+7+766	-0.616136					
17	56+4+700	44+10+442	-1.416136					
18	76+4+750	71+17+055	-0.916136					
19	55+9+600	50+6+322	4.466136					
20	71+3+900	65+7+500	5.551081					
21	56+1+500	56+12+70	7.0433270					
22	57+0+100	50+6+359	7.166136					
23	72+9+100	64+6+037	8.459125					
24	61+12+100	67+4+242	7.915223					
25	61+12+100	64+14+155	7.915223					
26	45+12+005	60+3+719	7.915223					
27	40+5+500	43+6+158	7.915223					
28	51+8+300	49+12+137	14.466136					
29	66+0+500	57+6+620	14.466136					
30	41+3+300	50+7+115	15.166136					
31	56+1+500	56+7+613	15.166136					
32	46+1+300	47+6+527	15.277113					
33	54+2+100	56+6+331	15.277113					
34	42+8+100	44+9+367	2.176310					
35	58+6+1000	62+7+315	2.176310					
36	53+1+100	53+7+314	3.166136					
37	42+7+200	54+3+033	2.561136					
38	74+1+300	67+9+120	4.466136					
39	47+6+200	65+2+650	4.466136					
40	61+1+500	17+7+501	3.156136					
41	62+0+200	60+10+213	3.156136					
42	36+0+00	31+6+921	0.166136					
43	51+3+000	53+15+589	0.166136					
44	60+5+200	62+0+220	0.516136					
45	37+3+200	40+7+214	3.156136					
46	36+6+725	41+3+549	2.166136					
47	47+1+730	47+7+179	0.277113					
48	20+3+210	13+10+67	-7.466136					
49	20+6+100	25+7+393	-4.616136					
50	47+5+300	51+4+597	-3.526495					
51	49+6+700	57+6+618	-7.416136					
52	77+1+200	60+3+745	-7.416136					
53	51+6+920	62+2+074	-7.416136					
54	52+1+700	53+6+246	-1.166136					
55	52+1+700	51+6+626	11.166136					
56	57+2+675	55+7+208	3.466136					
57	14+4+370	2+6+7+261	13.666136					
58	27+5+200	66+1+511	1.416136					
59	23+3+100	64+1+372	16.352113					
60	45+1+500	69+5+662	11.666136					
61	51+1+500	54+6+743	3.026495					
62	61+4+930	66+4+700	-4.766136					
63	55+1+500	55+6+539	0.151554					
64	36+6+100	47+1+311	-1.166136					
65	61+0+200	62+1+391	1.166136					
66	67+1+100	66+1+493	0.166136					
67	49+1+520	41+6+545	7.156136					
68	65+1+300	54+6+975	4.734411					
69	61+1+520	61+1+443	1.012649E+01					
70	60+4+520	57+6+339	3.126621					
71	56+6+200	50+6+730	5.776013					
72	11+1+100	14+6+231	-3.103349					
73	46+1+500	39+6+675	1.712754					
74	46+1+100	36+6+630	2.009704					
75	35+9+100	31+5+786	2.417136					
76	56+3+200	59+7+810	-3.341102					
77	33+5+200	67+6+621	5.651793					

***** PLOT: STANDARDIZED RESIDUAL (ROW2) -- PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) *****

DEPENDENT VARIABLE: AF VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1



OUTLIER CELLS IN CELLS OUTSIDE (-3.0,-1.0) AND (2.0,3.0)

Apêndice 5.1.b – Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice Al/3 – K.

BASILIO'S MARCH OF PREGNANCY ANALYSIS
FILE: MARCH1.CSV DATE: 22/08/2010 TOTAL: 77 AMOSTRAS, 14 VARIÁVEIS
DEPENDENT VARIABLE: AN ALGIMNA MULTIPLE REGRESSION VARIABLE LIST 1
VARIABLE(S) ENTERED IN STEP NUMBER 9: SR ESTRENO
MULTIPLE R: 0.54294
STANDARD ERROR: 10.97362 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F
REGRESSION 9 7253.74105 795.93706 0.69521
RESIDUAL 67 126.42004
***** VARIÁVEIS NA EQUAÇÃO *****
VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F
A1 0.13516 0.125735 0.65642 1.639 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B1 -0.01177 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B2 -0.11116 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B3 -0.01122 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C1 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C2 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C3 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C4 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C5 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C6 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
E(CONSTANT) 0.020326 0.01025 0.01025 0.017 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
***** NÍVEL DE INFLUÊNCIA-LEVEL INSUFFICIENTE PARA FUTURA COMPUTAÇÃO *****
***** MULTIPLE REGRESSION *****
DEPENDENT VARIABLE: AN ALGIMNA VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1
VARIABLE SUMMARY TABLE
VARIABLE MULTIPLE R A-SQUARE R-SQ CHANGE SIMPLE R D BETA
A1 0.54294 0.125735 0.125735 0.125735 0.125735
B1 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982
B2 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982
B3 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982 0.120982
C1 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
C2 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
C3 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
C4 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
C5 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
E(CONSTANT) 0.020326 0.01025 0.01025 0.017 0.017
***** VARIÁVEIS NA EQUAÇÃO *****
VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F
A1 0.13516 0.125735 0.65642 1.639 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B1 -0.01177 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B2 -0.11116 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B3 -0.01122 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C1 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C2 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C3 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C4 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C5 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
E(CONSTANT) 0.020326 0.01025 0.01025 0.017 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
***** NÍVEL DE INFLUÊNCIA-LEVEL INSUFFICIENTE PARA FUTURA COMPUTAÇÃO *****
***** MULTIPLE REGRESSION *****
DEPENDENT VARIABLE: AN ALGIMNA VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1
VARIABLE(S) ENTERED IN STEP NUMBER 9: SR ESTRENO
MULTIPLE R: 0.54294
STANDARD ERROR: 10.96631 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F
REGRESSION 9 7195.66215 799.51759 15.73785
RESIDUAL 72 4173.02453
***** VARIÁVEIS NA EQUAÇÃO *****
VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F
A1 0.13516 0.125735 0.65642 1.639 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B1 -0.01177 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B2 -0.11116 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
B3 -0.01122 0.120982 0.66205 1.645 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C1 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C2 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C3 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C4 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
C5 0.00000 0.00000 0.00000 0.000 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032
E(CONSTANT) 0.020326 0.01025 0.01025 0.017 ZH 0.00049 0.00510 0.75717 0.032

Apêndice 5.2.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice Al/3 - Na.

FILE = RASTOR ELEVATION DATE = 07/21/79 2 TOTAL 77 AMOUNTS IN VARIABLES

***** MULTIPLE REGRESSION *****

DEPENDENT VARIABLE: AN FROM VARIABLE LIST 1

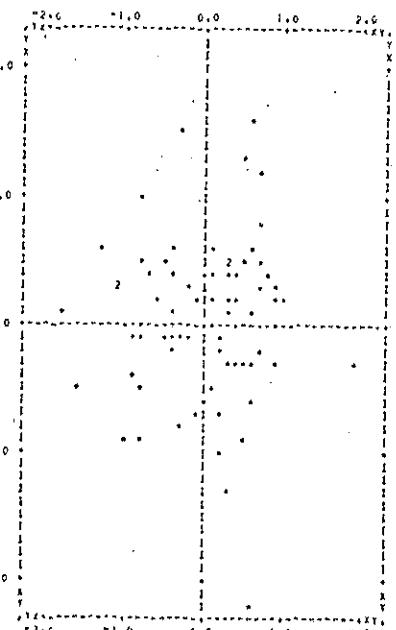
REGRESSION LIST 1

NUMBER	OBSERVED	PREDICTED	RESIDUAL	+2.0	-2.0	PLT OF STANDARDIZED RESIDUAL
	AN	AN	RESIDUAL	0.0	0.0	0.0
1	5.433300	7.458570	-2.160070			
2	-5.422270	-7.182260	1.759444			
3	4.333300	6.222160	0.106639			
4	6.222270	9.177170	-2.954470			
5	"14.67300	"14.65546	"0.018271			
6	7.555300	7.600430	-0.055006			
7	-2.155300	-2.076795	0.078195			
8	"1000.9760E-01	"0.120264	0.201264			
9	-6.433300	-3.393570	-0.949445			
10	"33.75300	"12.57506	"1.224436			
11	-25.25300	-14.45370	-5.609200			
12	-10.07300	-13.18759	-7.357407			
13	23.07300	5.952726	10.11703			
14	-7.240300	-3.302143	3.160429			
15	5.309300	2.51270	2.311181			
16	3.309300	2.342271	1.066666			
17	"21.67300	"25.04784	"6.371173			
18	20.67300	25.55123	"5.481230			
19	-5.572260	-4.746313	-1.233407			
20	-7.1297360	5.656374	-12.746637			
21	"4.493269	"11.13425	6.324465			
22	10.04300	10.30412	-0.234118			
23	15.96340	12.71769	3.154431			
24	6.490300	3.546229	3.363375			
25	11.65160	10.4166	2.272664			
26	"1.459260	0.6516246	2.791175			
27	-5.1269260	-7.208446	-1.408156			
28	"31.51300	"6.221225	"56.551220			
29	0.77709100	4.1113330	-5.003530			
30	"0.3360165	3.158723	"1.947131			
31	"13.44100	0.6274177	-13.671182			
32	"-3.313100	1.1287510	-10.6172			
33	"15.03100	3.1343761	"16.112176			
34	"15.851200	"13.63610	"6.394148			
35	"2.1493100	"2.711170	"4.681780			
36	"1.569100	1.679773	"3.191133			
37	"6.660100	"0.7220611	"7.321119			
38	15.75100	9.516795	6.181205			
39	"14.19250	10.30397	"4.070706			
40	"1.613260	"7.61649	3.566495			
41	"1.720100	5.64176	6.611524			
42	"6.650300	"13.63610	7.436124			
43	4.643160	"2.083250	"6.122250			
44	"0.1000160	"2.1856600	2.465400			
45	"10.54300	"1.0559	"3.053441			
46	"9.543300	"8.134630	"0.903370			
47	"2.0553200	"7.45949	5.666486			
48	"27.01300	"13.75159	"13.24261			
49	"13.76100	"13.07120	"0.603011			
50	15.65700	"5.924367	21.56539			
51	"1.722120	"1.174721	"-0.6767670-01			
52	25.73700	"6.121269	"17.55673			
53	7.559300	"6.204311	"1.292169			
54	"1.113300	"7.554759	6.656799			
55	"5.61300	"16.19390	"12.36102			
56	"1.264300	"6.315973	6.644527			
57	"13.15100	"17.11403	3.964026			
58	"6.470100	2.310294	6.441196			
59	"24.01300	0.571769	22.64211			
60	16.93300	7.564473	"11.44553			
61	"4.429100	"2.562701	6.611524			
62	2.332700	6.594197	"-0.650197			
63	"12.69300	"2.614153	"10.67205			
64	"17.44700	"5.919356	"11.55246			
65	"4.64360	"7.623070	7.601924			
66	6.126930	"10.78249	"4.206010			
67	"1.213602	"5.669517	3.876511			
68	"5.610300	"1.050787	6.064967			
69	"3.303999	"7.066404	"6.226754			
70	10.47300	4.111374	6.012106			
71	"2.435762	"0.6029756	3.027390			
72	"26.52500	"27.66160	1.181350			
73	"15.63569	"15.36219	0.353452			
74	"11.76100	"20.72726	"6.610277			
75	1.179300	"13.36319	1.655269			
76	"29.55700	"1.701665	"27.77631			
77	"13.42360	"6.679662	4.240230			

***** PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL (RIGHT) VS PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) *****

DEPENDENT VARIABLE: AN FROM VARIABLE LIST 1

REGRESSION LIST 1



ACROSS COLUMNS XI VALUES OUTSIDE (-3.0,-1.0) AND (3.0,1.0) ARE FORGED AS COLUMNS XI VALUES IN (-3.0,-2.0) OR (2.0,3.0)

-163-

Apêndice 5.2.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice Al/3 - N.

RESULTADOS MELHORADA DE PARADA & ALFREY			09/06/79			PAGE 39		
FILE: RASTROS (CREATION DATE: 09/06/79) 2 TOTAL 27 AMOSTRAS, 39 VARIÁVEIS								
DEPENDENT VARIABLE: Y INDICE X DE LETERRIER & DE LA ROCHE			MULTIPLE REGRESSION			VARIABLE LIST 1 REGRESSION LIST 1		
VARIABLES ENTERED ON STEP ALPHABETICALLY: NT SIGNIFICANT								
MULTIPLE R-SQUARE 0,96082 REGRESSION STANDARD ERROR 0,03067	ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F	10, 166206,31056 166,2063105 66,67012	66, 12345,57016 107,02305					
VARIABLES IN THE EQUATION								
VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
PH	-0,90070	-0,70275	0,02653	55,942				
ZH	-0,15276	-0,12102	0,02650	55,922				
C0	-0,10211	-0,09916	0,01319	5,922				
PA	-0,02500	-0,13139	0,00703	7,328				
CG	-0,02603	-0,13629	0,01062	6,598				
ZS	-0,02619	-0,09807	0,01030	2,671				
SD	-0,01104	-0,01127	0,01130	1,889				
CR	-0,02147	-0,01132	0,00800	6,020				
V	-0,02122	-0,01072	0,01289	6,552				
NJ	-0,01015	-0,03105	0,01502	6,197				
(CONSTANT)	10,91279							
PACIFIC STEP REACHED								
MULTIPLE REGRESSION			VARIABLE LIST 1			REGRESSION LIST 1		
DEPENDENT VARIABLE: Y INDICE X DE LETERRIER & DE LA ROCHE								
SUMMARY TABLE								
VARIABLE	B	B-SQURE	R-SQ CHAGE	SIMPLE R	B	B-SQURE		
PH	-0,90070	0,70275	0,70275	0,90070	0,90070	0,70275		
ZH	-0,15276	-0,12102	-0,12102	-0,15276	-0,15276	-0,12102		
C0	-0,10211	-0,09916	-0,09916	-0,10211	-0,10211	-0,09916		
PA	-0,02500	-0,13139	-0,13139	-0,02500	-0,02500	-0,13139		
CG	-0,02603	-0,13629	-0,13629	-0,02603	-0,02603	-0,13629		
ZS	-0,02619	-0,09807	-0,09807	-0,02619	-0,02619	-0,09807		
SD	-0,01104	-0,01127	-0,01127	-0,01104	-0,01104	-0,01127		
CR	-0,02147	-0,01132	-0,01132	-0,02147	-0,02147	-0,01132		
V	-0,02122	-0,01072	-0,01072	-0,02122	-0,02122	-0,01072		
NJ	-0,01015	-0,03105	-0,03105	-0,01015	-0,01015	-0,03105		
(CONSTANT)	10,91279			10,91279				
MULTIPLE REGRESSION								
DEPENDENT VARIABLE: Y INDICE X DE LETERRIER & DE LA ROCHE								
VARIABLES ENTERED ON STEP ALPHABETICALLY: ZP ZINC/COD								
MULTIPLE R-SQUARE 0,95029 REGRESSION STANDARD ERROR 0,03015 STANDARD ERROR 16,27042	ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F	2, 161200,73699 161,2003645 344,62746	2, 17341,15016 233,43248					
VARIABLES IN THE EQUATION								
VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	T	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE
PH	-0,00170	-0,72999	0,00169	432,546	ZP	0,00393	0,17319	0,73145
ZH	-0,17148	-0,38064	0,01193	53,610	CO	0,10649	0,25771	0,57718
(CONSTANT)	-0,24610				CR	-0,00390	-0,25557	0,76058
					C0	-0,00797	-0,27155	0,52261
					V	-0,00101	-0,13139	0,51165
					SD	-0,00060	-0,17307	0,52776
					ZH	-0,00095	-0,13135	0,51150
						-0,05577	-0,16397	0,68140

Apêndice 5.3.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice X de LETERRIER & de LA ROCHE.

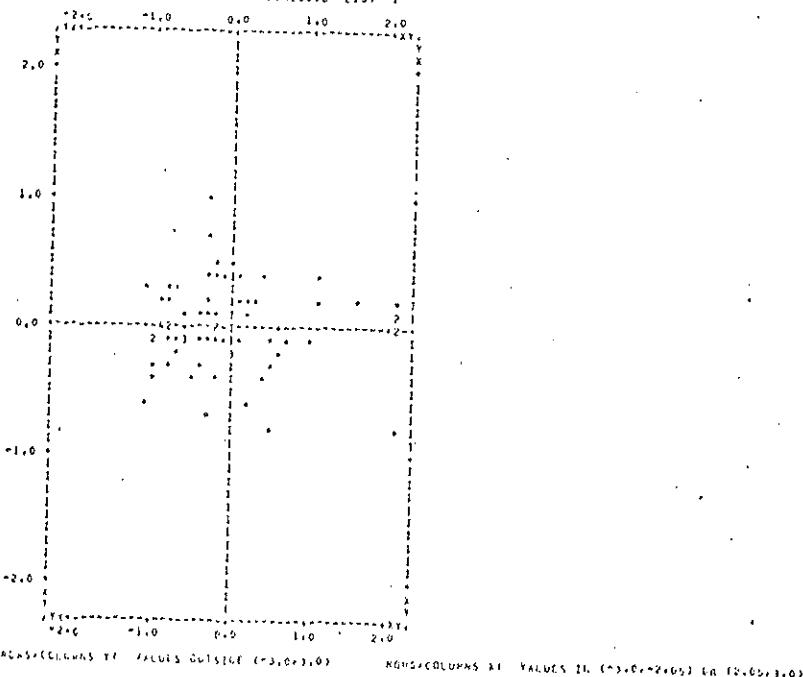
-165-

DEPENDENT VARIABLE X FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

SEGNUM	CALCULATED X	PREDICTED X	RESIDUAL	+2.0	-1.0	0.0	-1.0	+2.0
1	-115.9300	-115.7751	0.155182					
2	-116.1300	-115.6379	0.166205					
3	-115.1700	-115.6117	0.061664					
4	-116.4300	-115.7737	-2.66326					
5	-115.12700	-115.6400	-3.639964					
6	-115.5300	-116.6715	-5.070169					
7	-115.1100	-116.1679	11.65765					
8	-115.1400	-115.0413	22.57143					
9	-115.1200	-115.4972	-7.246780					
10	-29.8300	-29.7153	3.03574					
11	-30.53200	-31.13310	1.60018					
12	-35.5200	-32.22349	2.172053					
13	-37.77200	-34.95220	21.74199					
14	-61.37200	-61.17336	20.43298					
15	-152.1100	-149.64116	-4.066615					
16	-154.13100	-149.23860	-30.02402					
17	-154.1620	-150.3175	-16.27274					
18	-217.17200	-228.9222	-7.656716					
19	-313.3200	-315.6472	-7.710572					
20	-315.1300	-315.7068	-7.376696					
21	-325.1200	-325.1793	-6.745014					
22	-319.1160	-316.8709	3.698154					
23	-319.1190	-312.5578	-7.052180					
24	-317.5350	-319.1135	-14.573107					
25	-319.19200	-319.1372	13.52210					
26	-317.11300	-317.1279	9.977866					
27	-316.23200	-315.6652	17.08556					
28	-325.1700	-320.2275	-0.45215647					
29	-325.11200	-322.3736	-12.727203					
30	-325.1200	-317.6265	30.95694					
31	-325.1400	-316.3210	11.206164					
32	-325.14000	-317.1354	-2.000166					
33	-315.42200	-310.2457	19.36515					
34	-317.77200	-315.5457	9.529632					
35	-317.5260	-317.6016	12.96497					
36	-318.21200	-316.4233	5.693120					
37	-316.92200	-315.3743	2.509119					
38	-325.12200	-319.6266	-4.333611					
39	-315.14200	-312.7627	6.344735					
40	-315.72200	-314.4921	-1.222769					
41	-315.63200	-316.7620	-0.1133769					
42	-305.33200	-306.6177	10.36364					
43	-316.57200	-317.5247	20.48524					
44	-318.12400	-316.6356	-3.365547					
45	-316.41200	-316.6577	-2.22612E-01					
46	-312.19200	-312.6467	0.0312106					
47	-316.75200	-315.1415	6.361514					
48	-330.12200	-311.63109	11.716099					
49	-316.44200	-317.55153	9.111303					
50	-312.17100	-313.54543	24.411412					
51	-317.47100	-317.6157	-2.0861139					
52	-311.47100	-301.6617	-17.516111					
53	-311.46200	-306.6205	-7.4551657					
54	-312.77100	-311.3624	0.5521743					
55	-314.17100	-312.6262	-12.440355					
56	-312.14200	-310.6571	-5.264764					
57	-319.03200	-311.75670	-37.163112					
58	-319.12200	-315.3104	12.840444					
59	-327.14200	-318.1642	-11.193033					
60	-319.13200	-320.6110	-6.7179008					
61	-314.12200	-313.6463	20.76329					
62	-319.11400	-319.7299	1.1315053					
63	-316.75200	-315.5753	74.153632					
64	-317.12200	-315.2637	7.1446741					
65	-312.17200	-305.1555	-7.014468					
66	-312.14200	-312.2276	-0.4622446					
67	-316.11200	-317.91366	-37.95130					
68	-319.11200	-318.4727	-17.664732					
69	-312.17100	-311.6171	-0.42226912					
70	-303.11200	-306.6582	-31.161935					
71	-312.11200	-312.1439	-1.4515197					
72	-347.61200	-352.00620	-4.4951597					
73	-311.17200	-322.03369	-6.6123596					
74	-312.15200	-319.2437	-1.3112266					
75	-311.17200	-315.7415	-5.6000525					
76	-319.12200	-316.8150	26.664593					
77	-315.10200	-319.7772	-19.330229					

***** PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL (000H) vs PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (XACROSS) *****

DEPENDENT VARIABLE X FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1



Apêndice 5.3.b – Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice X de LETERRIER & de LA ROCHE.

BASADOS NA TABELA DE ERROS E ALÉGIAS
FILE: RASTRE LOCATION DATE: 09/09/79 TOTAL: 17 AMOSTRAS, 19 VARIÁVEIS
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: Y INDEXE Y DE LETERRIER & DE LA ROCHE REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 51 CO CORREL

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F
SR	-0.02498			
PS	0.02356			
CO	0.73753			

ANALYSIS OF VARIANCE DF SS MS F

REGRESSION	51	30513.41672	6102.67351
RESIDUAL	71	24053.80251	339.61139

SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****
VARIABLES NOT IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
SR	-0.02498	-0.02498	0.01275	17.005	CR	0.01594	0.01209	0.20531	0.010
PS	0.02356	0.02356	0.01264	1.608	ZI	0.00149	0.00066	0.75075	0.006
CO	0.73753	0.73753	0.21662	3.497					
NI	-0.20923	-0.20923	0.11005	5.572					
CI	0.11322	0.11322	0.14921	2.164					
ZP	0.04921	0.04921	0.01396	1.095					
RA	0.29312	0.29312	0.01262	0.546					
(CONSTANT)	116.05140								

LEVEL OF RELEVANCE=0.05, INSUFFICIENT FOR FURTHER COMPUTATION

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: Y INDEXE Y DE LETERRIER & DE LA ROCHE REGRESSION LIST 1
SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARED	PCT CHANGE	SIMPL P	B	BETA
SR	0.56120	0.315430	+3.60170	+0.17225	-0.50554	
PS	0.02356	0.000412	-0.13370	-0.01375	-0.01575	
CO	0.73753	0.540001	-0.13370	-0.11103	-0.05423	
NI	-0.20923	0.04921	0.000412	0.17225	0.16956	
CI	0.11322	0.04921	0.000412	0.17225	0.16956	
ZP	0.04921	0.04921	0.000412	0.17225	0.16956	
ZI	0.29312	0.29312	0.000412	0.17225	0.16956	
RA	0.29312	0.29312	0.000412	0.17225	0.16956	
(CONSTANT)	116.05140					

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: Y INDEXE Y DE LETERRIER & DE LA ROCHE REGRESSION LIST 1
VARIABLES ENTERED ON STEP NUMBER 51 CO CORREL

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F
SR	-0.02498			
PS	0.02356			
CO	0.73753			

ANALYSIS OF VARIANCE DF SS MS F

REGRESSION	51	30513.41672	6102.67351
RESIDUAL	71	24053.80251	339.61139

SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F

***** VARIABLES IN THE EQUATION *****
VARIABLES NOT IN THE EQUATION *****

VARIABLE	B	BETA	STD. ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
SR	-0.02498	-0.02498	0.01275	17.005	RA	-0.00373	-0.01275	0.47792	0.347
PS	0.02356	0.02356	0.01264	1.608	CR	0.000412	0.00291	0.11060	0.274
CO	0.73753	0.73753	0.21662	3.497	ZI	-0.02557	0.03310	0.73427	0.076
NI	-0.20923	-0.20923	0.11005	5.572					
CI	0.11322	0.11322	0.14921	2.164					
ZP	0.04921	0.04921	0.01396	1.095					
ZI	0.29312	0.29312	0.01262	0.546					
RA	0.29312	0.29312	0.01262	0.546					
(CONSTANT)	116.05140								

MAXIMUM STEP REACHED

Apêndice 5.4.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice Y de LETERRIER & de LA ROCHE.

DEPENDENT VARIABLE: Y VARIABLE LIST: 1

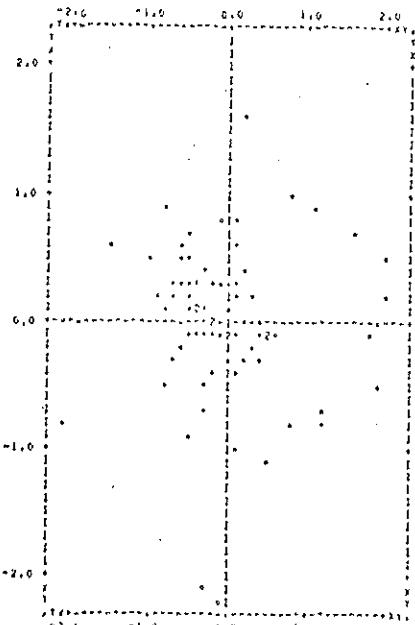
REGRESSION LIST: 1

SEQUENCIAL	DESCRITIVO	PREDICTOR	RESIDUAL	-2.0	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL	+2.0
				-1.0	C.I.G.	1.0
1	69+24700	71+28140	-1+0.01464			
2	45+15265	57+15265	-0.5+0.500			
3	73+19750	62+19750	1+0.0233			
4	67+01750	50+01750	0+2+0.023			
5	41+13750	44+13750	-2+0.06748			
6	66+13750	54+13750	7+0.06748			
7	66+13750	54+13750	5+0.06748			
8	71+19750	54+19750	5+0.06748			
9	54+11750	48+11750	0+0.06748			
10	31+11750	42+11750	0+0.06748			
11	12+11750	12+11750	1+0.06748			
12	16+11750	12+11750	0.5+0.06748			
13	1+22750	101+22750	-2+0.06748			
14	66+22750	103+22750	-19+0.06748			
15	66+17300	54+17300	11+0.01700			
16	49+13300	43+13300	5+0.03463			
17	74+13300	67+13300	-0.5+0.03463			
18	10+13300	10+13300	-2+0.03463			
19	60+13300	50+13300	1+0.03463			
20	62+11300	60+11300	0+0.03463			
21	16+11300	94+11300	-1+0.03463			
22	61+11300	65+11300	-1+0.03463			
23	63+12300	71+12300	5+0.03463			
24	62+11300	53+10300	5+0.01666			
25	50+07300	67+03000	2+0.06666			
26	65+05300	62+03000	3+0.01666			
27	62+05300	68+07300	-0.5+0.01666			
28	10+05300	10+05300	-2+0.01666			
29	74+05300	69+05300	-1+0.01666			
30	121+01500	75+01500	2+0.01666			
31	69+11500	77+11500	-1+0.01666			
32	66+11500	75+00500	1+0.01666			
33	1+04500	77+02000	-2+0.01666			
34	76+02000	76+13000	0+0.01666			
35	66+51300	64+51300	-1+0.00066			
36	77+03100	77+05300	-1+0.00066			
37	62+09100	65+05900	-3+0.00066			
38	75+09100	69+05900	-3+0.00066			
39	65+13100	60+11100	-2+0.00066			
40	101+01000	101+01000	2+0.00066			
41	65+13100	65+13400	0+0.00066			
42	28+35300	60+01300	-2+0.00066			
43	20+60300	82+05100	-1+0.01103			
44	67+41300	69+09700	-2+0.01103			
45	56+11300	59+05400	-3+0.00066			
46	49+07300	62+05100	-1+0.01103			
47	53+17300	53+00700	-6+0.00066			
48	111+01500	125+01500	-1+0.01103			
49	122+01200	122+01200	-1+0.00066			
50	92+15700	73+15700	1+0.02664			
51	61+70300	52+21150	5+0.00066			
52	56+07200	72+05720	2+0.00066			
53	71+17200	60+03112	1+0.00066			
54	61+17200	59+34622	5+0.00066			
55	25+17200	32+02300	-2+0.00066			
56	71+09200	66+27602	0+0.00066			
57	8+07200	85+07200	-1+0.00066			
58	77+02300	75+11300	2+0.00066			
59	62+07300	55+11300	2+0.00066			
60	71+03200	93+12200	-2+0.00053			
61	74+03200	65+5122	0+0.01779			
62	71+02200	54+14300	1+0.01779			
63	49+07200	62+45176	-1+0.01779			
64	72+12300	57+10012	1+0.01779			
65	64+07300	75+75300	-7+0.00734			
66	6+17200	1+25100	-7+0.00734			
67	62+02200	58+02200	-2+0.02795			
68	56+02200	64+02200	-1+0.01795			
69	65+01000	72+01000	-3+0.00606			
70	57+01000	65+24302	-1+0.00606			
71	57+01000	42+44715	1+0.00606			
72	32+02000	47+01111	1+0.01761			
73	53+02000	55+52225	-1+0.01761			
74	65+02000	20+46303	1+0.01761			
75	51+02000	56+72309	-2+0.01761			
76	34+02000	66+56736	-2+0.01761			
77	71+02000	81+73779	-2+0.01761			

***** PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL (C.I.G.) vs. PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) *****

DEPENDENT VARIABLE: Y VARIABLE LIST: 1

REGRESSION LIST: 1



ACROSS COLUMN: 1 VALUES OUTSIDE (-1.0, 1.0), 0.0 - ROWS: COLUMNS 11 VALUES IN (-1.0, 1.0) IN (2.0, 3.0)

Apêndice 5.4.b – Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice Y de LETERRIER & de LA ROCHE.

BASICS: DATA OR EQUATION + ANALYSIS
FILE: INDEX REGRESSION DATE = 09/08/74 TOTAL 77 AMOUNTS, 19 VARIABLES
***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: YL INDEX ALTIMA DE LETERRIER & DE LA ROCHE
VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER: 24 ZIRCONIO

MULTIPLE R: 0.99654
STANDARD ERROR: 17.53569 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F
REGRESSION 9 8836.99370 982.00000 31.93703
RESIDUAL 67 20602.53711 307.55055

VARIABLES IN THE EQUATION
VARIABLE N BETA STD ERROR B F
B1 C1 0.00532 0.007232 0.012510 29.675
C2 -0.05367 -0.21172 0.01693 10.000
C3 0.00171 0.10763 0.17503 0.197
S1 -0.00709 -0.30196 0.01662 17.210
T1 0.01052 0.02146 0.01278 9.706
V 0.00176 -0.13170 0.02122 8.215
R1 0.00176 0.00720 0.01199 2.212
R2 0.00176 0.011652 0.01199 2.212
Z1 0.00176 0.00720 0.01092 0.102
(CCSTANT) 0.00176 0.002613 0.00539 0.180

VARIABLES NOT IN THE EQUATION
VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F
C4 -0.00143 -0.00173 0.28479 0.000

LEVEL OF TOLERANCE=LEVEL INSUFFICIENT FOR FURTHER COMPUTATION

***** MULTIPLE REGRESSION ***** VARIABLE LIST 1
DEPENDENT VARIABLE: YL INDEX ALTIMA DE LETERRIER & DE LA ROCHE REGRESSION LIST 1

SUMMARY TABLE
VARIABLE
MULTIPLE R R SQUARE RSU CHANGE SINGL R B BETA
B1 0.9965 0.98165 0.98165 0.98165 0.00532 0.00532
C2 0.00171 0.00171 0.00171 0.00171 0.00532 0.00532
C3 -0.05367 -0.05367 -0.05367 -0.05367 0.00532 0.00532
S1 0.00171 0.00171 0.00171 0.00171 0.00532 0.00532
T1 0.01052 0.01052 0.01052 0.01052 0.00532 0.00532
V 0.00176 0.00176 0.00176 0.00176 0.00532 0.00532
R1 0.00176 0.00176 0.00176 0.00176 0.00532 0.00532
R2 0.00176 0.00176 0.00176 0.00176 0.00532 0.00532
Z1 0.00176 0.00176 0.00176 0.00176 0.00532 0.00532
(CCSTANT) 0.00176 0.00176 0.00176 0.00176 0.00532 0.00532

VARIABLES ENTERED IN STEP NUMBER: 24 ZIRCONIO

MULTIPLE R: 0.99654 ANALYSIS OF VARIANCE DF SUM OF SQUARES MEAN SQUARE F
STANDARD ERROR: 17.53569 REGRESSION 9 8836.99370 982.00000 31.93703
RESIDUAL 67 20602.53711 307.55055

VARIABLES IN THE EQUATION
VARIABLE N BETA STD ERROR B F
B1 C1 0.00532 0.007231 0.006858 87.562
C2 -0.05367 -0.21171 0.01695 12.796
C3 0.00171 0.10767 0.17657 6.756
S1 -0.00709 -0.30193 0.01650 12.936
T1 0.01052 0.02128 0.011695 8.987
(CCSTANT) 0.00176 0.002610 0.00539

VARIABLES NOT IN THE EQUATION
VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE F
B2 0.10140 0.22151 0.57269 3.812
C4 0.00173 0.01171 0.05303 0.712
T2 0.00139 0.00125 0.57111 0.580
V 0.00165 0.00157 0.17777 4.560
ZN 0.00139 0.00127 0.00103 0.004

Apêndice 5.5.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice Xº de LETERRIER & de LA ROCHE.

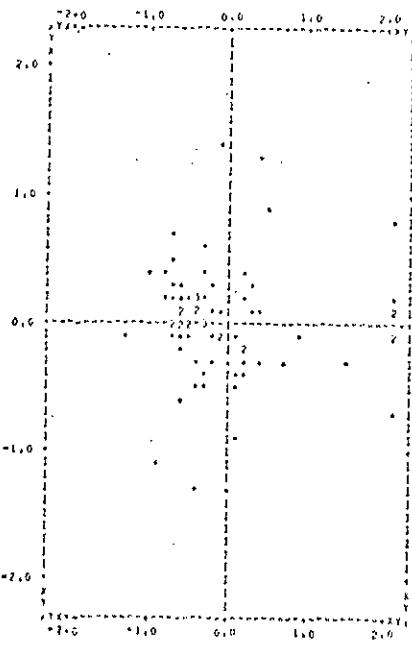
-169-

DEPENDENT VARIABLE: XL FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1

STNUM	USERSPECIFIED XL	PREDICTED XL	RESIDUAL	+2.0	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL XL	0.0	-2.0
1	-60.61700	-74.90788	"-1.700124				
2	-74.29300	-61.54400	"-12.65132				
3	-70.37700	-79.62369	"-9.556493				
4	-74.73250	-76.66175	"-1.931751				
5	-64.30200	-53.48344	"-19.819556				
6	-77.49300	-75.13350	"-2.360031				
7	-63.13300	-63.13350	"-6.000000				
8	-59.43200	-75.02374	"-16.99985				
9	-71.62200	-71.34422	"-1.680000				
10	-46.56300	-46.24727	"-2.31710				
11	-55.23300	-47.28316	"-8.556641				
12	-45.87300	-42.57363	"-3.301175				
13	-72.20320	-74.82766	"-2.604266				
14	-24.10720	-2.761720	"-10.65572				
15	-76.57300	-76.17951	"-0.405007				
16	-76.67300	-76.17950	"-0.500001				
17	-106.95300	-92.15251	"-1.821395				
18	-11.57300	-12.03149	"-2.500001				
19	-21.33300	-20.23395	"-1.000000				
20	-94.51300	-75.16376	"-17.34974				
21	-10.74300	-10.12240	"-0.61564				
22	-83.91300	-84.93312	"-1.000000				
23	-65.63320	-65.62269	"-0.000000				
24	-72.01305	-76.55803	"-4.546433				
25	-55.01300	-60.53046	"-5.520506				
26	-65.01300	-65.62237	"-0.602374				
27	-11.01300	-23.13395	"-3.001916				
28	-12.01300	-86.42252	"-39.00548				
29	-51.17300	-60.00132	"-9.311320				
30	-4.340200	-58.63316	"-5.300016				
31	-62.17300	-51.60721	"-16.71179				
32	-55.01320	-40.42467	"-15.01669				
33	-61.37310	-56.66314	"-4.500314				
34	-33.91310	-37.25177	"-3.321772				
35	-64.65305	-71.63323	"-6.760176				
36	-53.21325	-55.50213	"-2.600039				
37	-61.24320	-56.24252	"-3.011452				
38	-71.23320	-73.09459	"-14.217513				
39	-64.43320	-62.13359	"-1.930379				
40	-56.31320	-24.18037	"-26.44672				
41	-62.51320	-43.14372	"-19.40000				
42	-29.71320	-42.15165	"-13.00000				
43	-34.44320	-45.16339	"-11.75000				
44	-62.33320	-67.67025	"-5.320506				
45	-51.65320	-54.36282	"-7.241779				
46	-57.66320	-45.19105	"-12.001792				
47	-61.18320	-67.45761	"-6.761609				
48	-37.21320	-42.69369	"-5.450581				
49	-26.02320	-24.100269	"-2.761665				
50	-31.77320	-47.66695	"-15.13395				
51	-73.03320	-74.16194	"-1.543200				
52	-65.63320	-76.80052	"-1.993353				
53	-71.17320	-77.63230	"-7.461799				
54	-63.33320	-59.45266	"-3.417416				
55	-72.21320	-68.35617	"-19.11176				
56	-66.83320	-65.74266	"-1.145557				
57	-71.45320	-75.54570	"-4.000170				
58	-61.51320	-62.10123	"-13.61123				
59	-75.53320	-73.02223	"-1.980170				
60	-62.72320	-46.76115	"-33.455005				
61	-42.12320	-65.30317	"-23.200017				
62	-75.57320	-92.66372	"-16.117472				
63	-77.13320	-63.47646	"-13.61354				
64	-64.81320	-54.36744	"-12.470794				
65	-75.81320	-60.46530	"-16.001640				
66	-10.60320	-10.60320	"-0.000000				
67	-67.97320	-70.08934	"-2.121466				
68	-52.11320	-66.58409	"-17.20011				
69	-66.41320	-60.47948	"-2.213462				
70	-12.81320	-51.17212	"-39.31526				
71	-66.97320	-81.67233	"-12.68253				
72	-35.33320	-25.43150	"-10.660203				
73	-55.63320	-47.46353	"-6.000170				
74	-55.11320	-66.30249	"-11.190157				
75	-50.69320	-40.11730	"-10.677359				
76	-57.11320	-66.09700	"-4.000000				
77	-64.65320	-68.45322	"-20.35577				

***** PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL (XL) vs. PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (XL) *****

DEPENDENT VARIABLE: XL FROM VARIABLE LIST 1
REGRESSION LIST 1



CONSELHOS DE VALORES OUTLIERES (-1.0, 0, 1, 0, 2, 0) E DIFERENÇAS DE VALORES EM (-1.0, 0, 1, 0, 2, 0)

Apêndice 5.5.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice X' de LETERRIER & de LA ROCHE.

REGRESSION		SUMMARY		PAGE					
Y	125,17271	125,17271	125,17271	125,17271	125,17271				
INTERCEPT	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000				
ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE						
REGRESSION	10	126384,01939	12638,40193						
RESIDUAL	71	126,02931	1,78541						
DEPENDENT VARIABLE: Y		INDEX Y' DE LETERRIER & DE LA ROCHE		REGRESSION LIST 1					
INDEPENDENT VARIABLES: X1-X10		INDEX Y' DE LETERRIER & DE LA ROCHE		REGRESSION LIST 1					
SUMMARY TABLE		VARIABLES NOT IN THE EQUATION		TOLERANCE					
variable	BETA	ST. ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	t	
X1	-0,15494	0,15494	-1,00000	Z1	-0,15494	-0,10000	0,99999	-0,15494	
X2	-0,15523	0,15523	-1,00000	Z2	-0,15523	-0,10000	0,99999	-0,15523	
X3	-0,15552	0,15552	-1,00000	Z3	-0,15552	-0,10000	0,99999	-0,15552	
X4	-0,15581	0,15581	-1,00000	Z4	-0,15581	-0,10000	0,99999	-0,15581	
X5	-0,15610	0,15610	-1,00000	Z5	-0,15610	-0,10000	0,99999	-0,15610	
X6	-0,15639	0,15639	-1,00000	Z6	-0,15639	-0,10000	0,99999	-0,15639	
X7	-0,15668	0,15668	-1,00000	Z7	-0,15668	-0,10000	0,99999	-0,15668	
X8	-0,15717	0,15717	-1,00000	Z8	-0,15717	-0,10000	0,99999	-0,15717	
X9	-0,15746	0,15746	-1,00000	Z9	-0,15746	-0,10000	0,99999	-0,15746	
X10	-0,15775	0,15775	-1,00000	Z10	-0,15775	-0,10000	0,99999	-0,15775	
(CONSTANT)	125,17271	0,15494	830,000						
MÉTODOS MÚLTIPLOS						VARIABLE LIST 1			
MULTIPLE REGRESSION						REGRESSION LIST 1			
DEPENDENT VARIABLE: Y		INDEX Y' DE LETERRIER & DE LA ROCHE		REGRESSION LIST 1					
SUMMARY TABLE		VARIABLES NOT IN THE EQUATION		TOLERANCE		ALFA		ALFA	
variable	MULTIPLE R	R SQUARED	BSL CHANGE	SIMPL R	t	0	0	0	
X1	0,99999	0,99999	0,00000	0,15494	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X2	0,99999	0,99999	0,00000	0,15523	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X3	0,99999	0,99999	0,00000	0,15552	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X4	0,99999	0,99999	0,00000	0,15581	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X5	0,99999	0,99999	0,00000	0,15610	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X6	0,99999	0,99999	0,00000	0,15639	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X7	0,99999	0,99999	0,00000	0,15668	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X8	0,99999	0,99999	0,00000	0,15717	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X9	0,99999	0,99999	0,00000	0,15746	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
X10	0,99999	0,99999	0,00000	0,15775	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
(CONSTANT)	0,99999	0,99999	0,00000	0,99999	0,10000	0,10000	0,10000	0,10000	
VARIABLES NOT IN THE EQUATION		VARIABLES NOT IN THE EQUATION		TOLERANCE		ALFA		ALFA	
variable	BETA	ST. ERROR B	t	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	t	
X1	0,15494	0,15494	0,10000	0,1	0,15494	0,10000	0,99999	0,15494	
X2	0,15523	0,15523	0,10000	0,2	0,15523	0,10000	0,99999	0,15523	
X3	0,15552	0,15552	0,10000	0,3	0,15552	0,10000	0,99999	0,15552	
X4	0,15581	0,15581	0,10000	0,4	0,15581	0,10000	0,99999	0,15581	
X5	0,15610	0,15610	0,10000	0,5	0,15610	0,10000	0,99999	0,15610	
X6	0,15639	0,15639	0,10000	0,6	0,15639	0,10000	0,99999	0,15639	
X7	0,15668	0,15668	0,10000	0,7	0,15668	0,10000	0,99999	0,15668	
X8	0,15717	0,15717	0,10000	0,8	0,15717	0,10000	0,99999	0,15717	
X9	0,15746	0,15746	0,10000	0,9	0,15746	0,10000	0,99999	0,15746	
X10	0,15775	0,15775	0,10000	1,0	0,15775	0,10000	0,99999	0,15775	
(CONSTANT)	125,17271	0,15494	830,000	SI	0,15494	0,10000	0,99999	0,15494	

Apêndice 5.6.a - Equação de regressão total, tabela sumário total e equação de regressão final para índice Y' de LETERRIER & de LA ROCHE.

RASULTOS DA TÉ DO PÁRANA + ANEXO +
 FILE: MASTOR (CREATION DATE = 07/21/79) TOTAL 23 ANÚNCIOS 19 VARIÁVEIS
 * * * * * MULTIPLE REGRESSIONS * * * * *

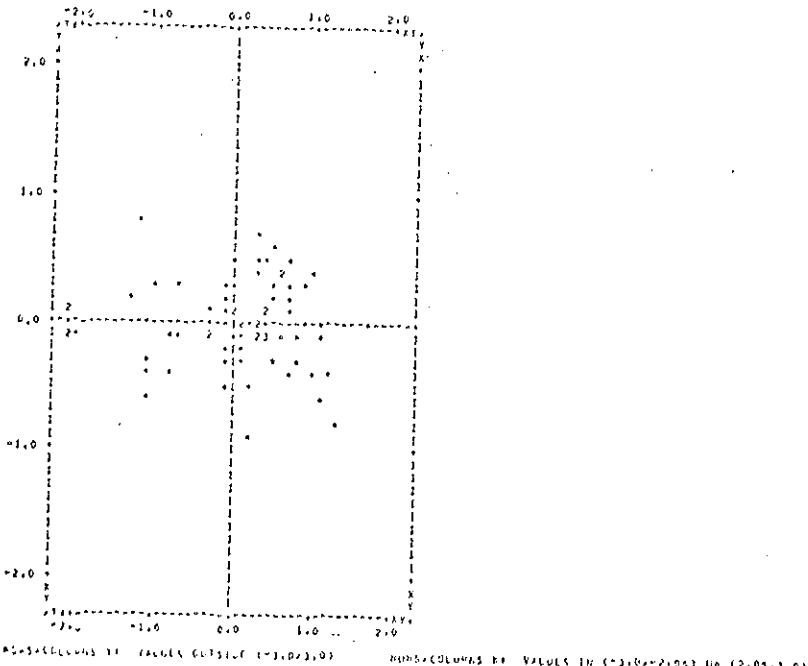
07/21/79 PAGE 54

-171-

SCENUM	CALCULATED Y _L	PREDICTED Y _L	RESIDUAL	PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL		
				+2.0	0.0	-2.0
1	260.7250	260.7218	.525001			
2	230.6700	230.6430	-.337004			
3	210.6100	210.5255	.351504			
4	245.4700	245.4700	0.000000			
5	197.1500	197.1500	0.000000			
6	217.1000	217.1000	0.000000			
7	220.3100	220.3127	.000027			
8	195.3700	195.3458	.344142			
9	197.1300	197.1300	0.000000			
10	89.6250	89.6250	0.000000			
11	64.7300	64.7300	0.000000			
12	60.0000	60.0000	0.000000			
13	133.5700	133.5700	0.000000			
14	137.2100	137.2100	0.000000			
15	245.1200	245.1200	0.000000			
16	171.9700	171.9700	0.000000			
17	117.3700	117.3700	0.000000			
18	157.1500	157.1500	0.000000			
19	239.7100	239.7100	0.000000			
20	241.1400	241.1400	0.000000			
21	370.5500	370.5500	0.000000			
22	219.2400	219.2400	0.000000			
23	261.7400	261.7400	0.000000			
24	219.7300	219.7300	0.000000			
25	232.7312	232.7312	0.000000			
26	201.9115	201.9115	0.000000			
27	159.6300	159.6300	0.000000			
28	173.1200	173.1200	0.000000			
29	215.7500	215.7500	0.000000			
30	215.7500	215.7500	0.000000			
31	257.3400	257.3400	0.000000			
32	217.5300	217.5300	0.000000			
33	232.7100	232.7100	0.000000			
34	260.7300	260.7300	0.000000			
35	239.7100	239.7100	0.000000			
36	230.7700	230.7500	.220000			
37	165.5100	165.5100	0.000000			
38	165.5100	165.5100	0.000000			
39	157.3700	157.3700	0.000000			
40	85.7300	85.7300	0.000000			
41	235.1200	235.1200	0.000000			
42	177.1800	177.1800	0.000000			
43	164.5200	164.5200	0.000000			
44	189.9700	189.9700	0.000000			
45	232.9400	232.9400	0.000000			
46	213.5700	213.5700	0.000000			
47	213.5700	213.5700	0.000000			
48	164.2700	164.2700	0.000000			
49	197.2400	197.2400	0.000000			
50	197.2400	197.2400	0.000000			
51	227.5500	227.5500	0.000000			
52	169.1100	169.1100	0.000000			
53	224.5100	224.5100	0.000000			
54	231.1200	231.1200	0.000000			
55	225.1700	225.1700	0.000000			
56	241.7400	241.7400	0.000000			
57	161.1700	161.1700	0.000000			
58	213.1100	213.1100	0.000000			
59	161.1700	161.1700	0.000000			
60	229.7200	229.7200	0.000000			
61	231.1200	231.1200	0.000000			
62	231.1200	231.1200	0.000000			
63	157.1100	157.1100	0.000000			
64	215.5120	215.5120	0.000000			
65	245.1200	245.1200	0.000000			
66	200.1400	200.1400	0.000000			
67	241.1200	241.1200	0.000000			
68	224.1200	224.1200	0.000000			
69	229.1400	229.1400	0.000000			
70	141.2100	141.2100	0.000000			
71	224.1200	224.1200	0.000000			
72	151.1100	151.1100	0.000000			
73	159.1500	159.1500	0.000000			
74	201.5000	201.5000	0.000000			
75	167.1300	167.1300	0.000000			
76	252.1700	252.1700	0.000000			
77	170.6400	170.6400	0.000000			

* * * * * PLOT OF STANDARDIZED RESIDUAL (YRDN) - PREDICTED STANDARDIZED DEPENDENT VARIABLE (ACROSS) * * * *

DEPENDENT VARIABLE Y_L VARIABLE LIST 1 REGRESSION LIST 1



Apêndice 5.6.b - Valores observados e calculados, resíduos, plotagem sequencial de resíduos e plotagem de resíduos X valores calculados segundo equação de regressão final para índice Y' de LETERRIER & de LA ROCHE.

