UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS GEOQUÍMICOS DE SOLO E SEDIMENTO DE CORRENTE DA BACIA DO RIO ARAGUARI, ESTADO DO AMAPÁ

Tese Apresentada por

CARLOS HENRIQUE LOURENÇO BASTOS

como requisito parcial à obtenção do grau em

MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOQUÍMICA E PETROLOGIA

Conferido pelo Curso de Pós-Graduação em

Geociências da

Universidade Federal do Pará

Aprovado: 24.11.92

Comitê de Tese

JOSE FRANCISCO DA FONSECA RAMOS (ORIENTADOR)

JOSE DUARTE ALECRIM

WALTER SCHUCKMANN

AGRADECIMENTOS

Deposito meus sinceros agradecimentos à diretoria da CMP-Cia. de Mineração e Participações S.A., em nome do Engº Antenor Firmino Silva Junior e Geól. Márcio Martins pelo incentivo e apoio dado à realização deste trabalho. Em particular, agradeço ao Engº Luís Afonso Cornuth e Geól. César Augusto Torresini, da Mineração Novo Astro S.A., a permissão de utilizar os dados analíticos de fundamental importância no tratamento estatístico.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos e ao CPGG-UFPa pela oportunidade de desenvolver este trabalho a nível de mestrado.

Aos Prof. Dr. José Francisco da Fonseca Ramos e Prof. Dr. Walter K. Schuckmann, agradeço a orientação e dedicação oferecida durante todas as fases do desenvolvimento da tese.

À Paulo Cabral Filho, chefe do DPD do Museu Emílio Goeldi e ao estatístico Wagner, agradeço a colaboração dada na operação do computador COBRA C-12000 e na programação do "software" SAS.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS p.

FIGURA 1. Mapa de localização 6

FIGURA 2. Esboço geológico-estrutural do estado do Amapá ... 11

FIGURA 3. Esboço geológico local com disposição das seções de amostragem E-W 20

FIGURA 4. Histogramas das variáveis químicas em sedimento de corrente: a)Fe_2O_3 b)TiO_2 c)Zr d)Sr e)Y f)V g)La e h)Ni 35

FIGURA 5. Gráficos de probabilidade normal da variáveis químicas em sedimento de corrente: a)Fe_2O_3, b)SiO_2 c)Y e d)Ba 36

FIGURA 6. Gráficos de correlação dos pares de variáveis químicas com coeficientes de correlação superiores a 0.5, em sedimento de corrente 40

FIGURA 7. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 1 para as variáveis Fe_2O_3+Ni+Cr+V+TiO_2 47

FIGURA 8. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 2 para as variáveis Pb+Al_2O_3+V+TiO_2-SiO_2 48

FIGURA 9. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 3 para as variáveis Y+Zr+La+TiO_2 49

FIGURA 10. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 4 para as variáveis Sr+Ba 50

FIGURA 11. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 5 para as variáveis Cu+Co 51

p.

FIGURA 12. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 6 para a variável Zn 52

FIGURA 13. Mapa de localização dos grupos de amostras 57

FIGURA 14. Mapa geoquímico para o grupo 1 elaborado pela equação (Zr+SiO2)/(Co+Pb) 61

FIGURA 15. Mapa geoquímico para o grupo 3 elaborado pela equação Be+La+Sr+Y 62

FIGURA 16. Mapa geoquímico para o grupo 4 elaborado pela equação 1/Zn 63

FIGURA 17. Mapa geoquímico para o grupo 5 elaborado pela equação Zn+Pb+Co+Cr 64

FIGURA 18. Mapa geoquímico para o grupo 6 representado pela variável Ba 65

TABELAS

TABELA 1. Elementos e óxidos dosados 22

TABELA 2. Parâmetros estatísticos dos elementos em solo 33

TABELA 3. Parâmetros estatístcos dos elementos em sedimento de corrente 33

TABELA 4. Afinidade relativa para absorção de alguns cátions 38

TABELA 5. Matriz de correlação em 130 amostras de sedimento de corrente (dados logaritmicos) 39

TABELA 6. Matriz fatorial rotacionada varimax 39

TABELA 7. Parâmetros estatísticos dos grupos de amostras extraidas da análise de agrupamentos 56

LISTA DE ABREVIATURAS

a	Carga do fator ou "factor loading".
C	Coeficiente de variação.
d	Coeficiente de distância Euclidiana.
dp	Desvio padrão
D	Teste estatístico Kolmogorov-Smirnov.
f	factor score
km	Quilômetros
$\log_{10}$	Logarítmo na base 10.
m	Número de variáveis.
Ma	Milhões de anos.
n	Número de observações.
p	Número de fatores.
pH	Potencial de hidrogênio livre.
ppm	Partes por milhão.
r	Coeficiente de correlação de Pearson.
t	Toneladas
udp	Unidade de desvio padrão.
$x_{(nxm)}$	Valor padronizado de um objeto.
*	Sinal de multiplicação

SUMÁRIO

p.

AGRADECIMENTOS i

LISTA DE ILUSTRAÇÕES ii

LISTA DE ABREVIATURAS iv

RESUMO 1

ABSTRACT 3

1. **INTRODUÇÃO** 5

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS 5

1.2 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 7

1.3 GEOLOGIA REGIONAL 8

1.3.1 **Trabalhos Anteriores** 8

1.3.2 **Estratigrafia Regional** 9

1.3.3 **Geologia Estrutural** 13

1.3.4 **Geologia Econômica** 14

1.4 GEOLOGIA LOCAL 16

2. **METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE** 21

3. **MÉTODOS ESTATÍSTICOS** 23

3.1 MATRIZES DE DADOS 23

3.2 PARÂMETROS E DISTRIBUIÇÕES ESTATÍSTICAS 24

3.3 ESTATÍSTICA MULTIVARIADA 24

3.3.1 **Análise Fatorial** 25

3.3.2 **Análise de Agrupamentos** 28

4. **TRATAMENTO DOS DADOS** 31

4.1 DISTRIBUIÇÃO ESTATÍSTICA DAS POPULAÇÕES GEOQUÍMICAS 31

4.2 COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS 34

4.3 APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL. 38

4.3.1 Distribuição dos "Factor Scores" 44

4.4 APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS 53

4.4.1 Agrupamentos de Amostras 54

4.4.2 Mapeamento Geoquímico dos Agrupamentos 58

5. INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELOS MÉTODOS ESTATÍSTICOS 66

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS 69

7. CONCLUSÕES 71

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 73

ANEXO A: Parâmetros estatísticos para os elementos em solo .. 84

ANEXO B: Matriz de correlação das variáveis químicas em solo 97

ABSTRACT

Almost 32,300 geochemical data of the soil and active stream sediment sampling were statistically treated by factor and cluster multivariate analysis. The samples came from an area of aproximately 3,500 km^2 located in the central part of the state of the Amapa, involving part of the hidrographic basin of the Araguari river and tributaries.

Factor analysis (R-mode) was used on the stream sediment data and from the results 6 factors were chosen to explain 73.3% of the total variance. Factor 1 (Fe_2O_3+Ni+Cr+V+TiO_2) and 2 (Pb+Al_2O_3+V+TiO_2-SiO_2) correspond for 44% of the total variance and explain the presence of the detritic fragments originating from weathering (Fe-Al oxi-hidroxide and clay with absorved metal). Factor 3 (Y+Zr+La+TiO_2) is responsable for 9.6% of the total variance and can be related to the presence of the common resistate minerals in plutonic rocks. Factor 4 (Ba+Sr) is responsable for 8.1% of the total variance and may be explained by the predominance of the detritic feldspar in the sediment. Factor 5 (Cu+Co) is responsable for 6.2% of the variance explained and suggest a bedrock formed by mafic-ultramafic rocks and mineralizations. Factor 6 (Zn) is responsable for 5.4% of the total variance explained and suggest the presence of the ferromagnesium silicates in the sediments. The factors were represented by scores on the distribution maps, that showed the principal regional tendencies in stream sediment that may be related to the litological variations of the bedrock.

Cluster analysis (Q-mode) was used on soil, resulting in 6 distint sample groups. The groups were identified on the localization map that showed interesting regional tendencies. Group 1 was caracterized by high mean values for Zr and SiO_2, and low ones for Co and Pb. Group 2 didn't show significant variations in the mean values of its variable. Group 3 showed high concentration of Zn. In group 5 the elements Zn, Pb, Co and Cr are highlighted by their high mean concentrations, while in group 6 the Ba showed very high mean concentrations. The prominent variables of the sample groups were used in the drawing of the cluster geochemical maps. This maps showed the principal regional tendencies of the soil groups coinciding with their respective localizations.

The comparision among the geochemical and score maps reveal good results in the determination of the geochemically amomalous and potencialy interesting zones. The correlations among group 6 (Ba) and factor 3 (Y+Zr+La+TiO_2) stands out and this NW trend agreeing with the principal structural direction of the area. Group 5 (Zn+Pb+Co+Cr) and factor 6(Zn) delimit a positive anomaly that may relate to sulfide mineralizations.

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

No período de maio a outubro de 1989, a Mineração Novo Astro S.A. (Grupo CMA-Cia. de Mineração do Amapá S.A.) realizou uma campanha geoquimica regional com amostragem de solo e sedimento ativo de corrente, em uma área de 3.500 Km^2, localizada na parte central do estado do Amapá. A área de pesquisa engloba parte da bacia hidrográfica do rio Araguari e dos afluentes Tajauí, Mutum e Santo Antônio (Figura 1).

Os dados geoquímicos obtidos da campanha regional foram objetos de estudos estatísticos, através da aplicação de métodos multivariados, com objetivo de definir as assembléias geoquímicas mais significativas e o mapeamento de zonas geoquimicamente anômalas, em uma malha única de pesquisa para solo e sedimento ativo de corrente. A metodologia adotada procurou suprir a deficiência de informações geológicas de superfície, pelo exame das tendências dos grupos de variáveis químicas, cartografadas nos mapas de distribuição.

O acesso a área só é possível por via fluvial, pelo rio Araguari, em embarcações de pequeno porte. No periodo menos chuvoso, de junho à novembro, o rio Araguari não é navegável.

O clima da região é equatorial úmido, com período curto de seca compensado por um período de chuva abundante e temperatura média de 25 à 30° C.

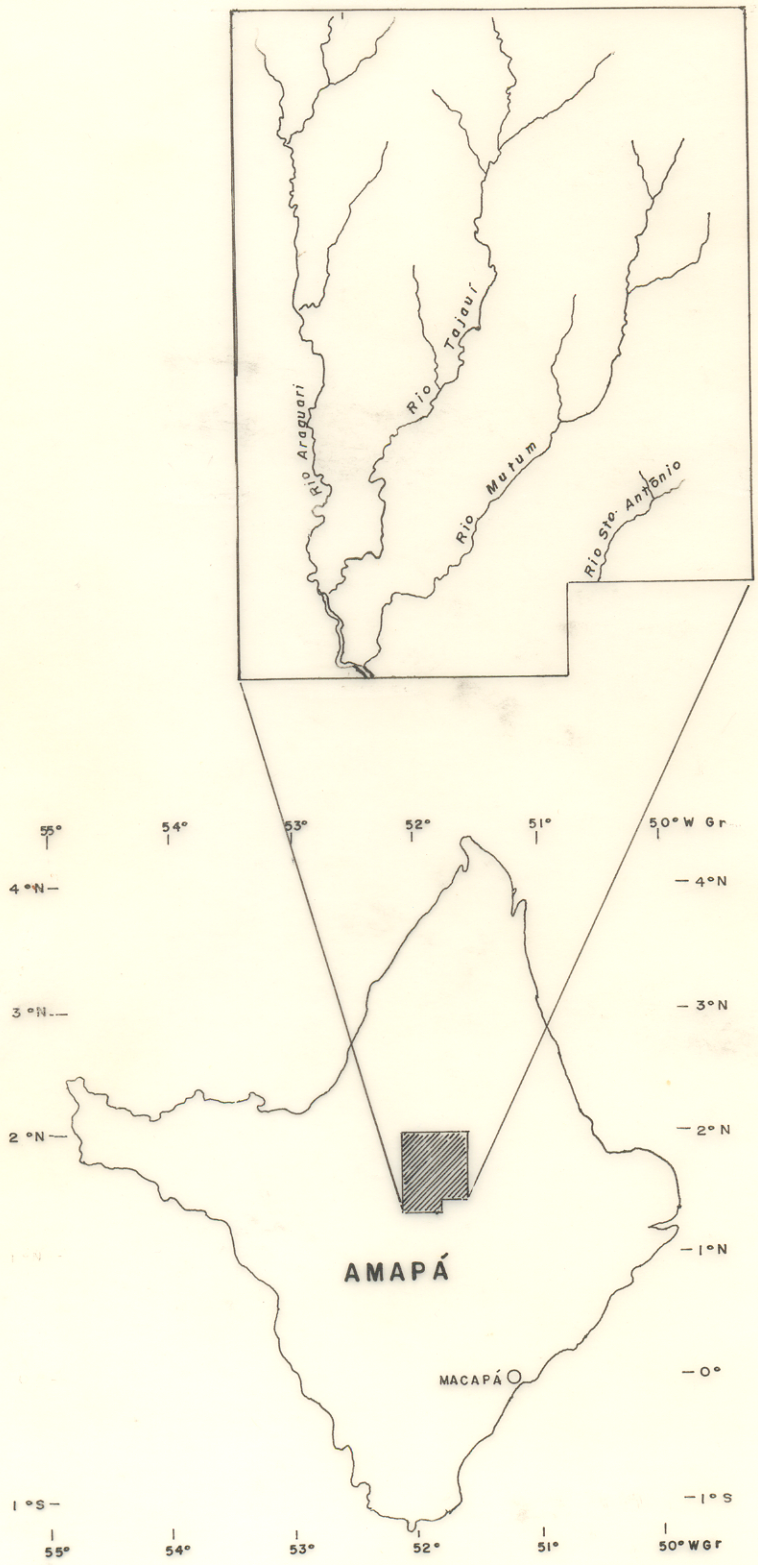


Figura 1 - Mapa de localização.

1.2 ASPECTOS FISIOGRÁFICOS

As formas de relevo de maior distribuição no Amapá, representadas pelo peneplano cristalino e maciços residuais, constituem superfícies planas com feições localizadas bastante irregulares, cuja altitude máxima não ultrapassa 600 metros. Destacam-se ainda os platôs terciários, planícies costeiras e planícies aluvionares (Jorge João et al., 1975).

A superfície morfologicamente plana ou peneplano cristalino caracteriza-se por uma sequência de morros baixos, de contornos arredondados e encostas suaves. O desenvolvimento dessa forma deu-se sobre rochas graníticas e gnáissicas do embasamento cristalino. O padrão de drenagem é dendrítico com variacões locais para circular concêntrico.

Os maciços residuais constituem largas faixas de serras e morros alongados na direção geral NW-SE, representados pela Serra da Lombarda, Serra do Navio, Serra do Ipitinga e Serra do Tumucumaque. Essas formas desenvolveram-se sobre rochas granito-gnáissicas e metassedimentares. De um modo geral, apresentam um relevo proeminente e acidentado, como elevações isoladas com escarpas fortemente inclinadas.

Os platôs terciários constituem superfícies tabulares aplainadas com bordas escarpadas e fortemente ravinadas, que se desenvolveram sobre sedimentos terciários da Formação Barreiras.

A zona costeira caracteriza-se por cordões litorâneos e

fluviais, que definem as planícies costeiras e aluvionares. As planícies costeiras constituem regiões pantanosas, desenvolvidas sobre sedimentos inconsolidados, com cotas inferiores a 10 m. A planície aluvionar está representada pelas largas faixas de sedimentacão da bacia do rio Amazonas e de outros cursos menores, cujo produto final corresponde a vários terraços fluviais.

1.3 GEOLOGIA REGIONAL

1.3.1 Tabalhos Anteriores

As primeiras expedições geológicas ao Amapá devem-se a Viera Jr. (1924) e Borges (1938), enviados com o objetivo de avaliar o potencial mineral da região, até então desconhecido. Esses técnicos desenvolveram trabalhos de reconhecimento, com coleta de rochas ao longo dos principais rios e sua descrição. Como consequência dessas investidas, foram encontradas as primeiras amostras de minérios de manganês no rio Amapari, resultando na descoberta do distrito manganesífero de Serra do Navio, na década de 40.

Os trabalhos científicos foram intensificados e direcionados para geologia da Serra do Navio. Destacam-se, nesta fase, os trabalhos de Paiva (1946), Ackermann (1948), Leinz (1949), Dorr et al. (1950), Park (1956) e Moraes (1959).

Nagell (1962) esboçou uma coluna lito-estratigráfica para a área central do Amapá, sendo a mesma modificada por Scarpelli (1966). A geologia conhecida limitava-se à região da Serra do

Navio e arredores. Poucos eram os dados geológicos disponíveis das áreas mais remotas do estado. Com o advento dos projetos de geologia regional, na década de 70, executados pelo RADAM (Lima et al., 1974) e pelo convênio DNPM-CPRM (Costa et al., 1974 e Jorge João et al., 1975) foi possível delinear um esboço geológico regional, fundamentado em dados de campo, imagens de radar, petrografia, geoquímica e geocronologia. Em seguida foram incorporados ao contexto geológico regional, informações oriundas de mapeamentos de semi-detalhe (Jorge João et al., 1978; Jorge João et al., 1979; Marinho & Farias, 1982 e Veiga et al., 1985) realizados em partes específicas do Amapá.

Schobbenhaus & Derze (1988) publicaram o mapa geológico do Amapá ao milionésimo, elaborado a partir da compilação dos trabalhos geológicos regionais. Lima et al. (1991) reavaliaram os dados geológicos regionais, acrescentando informações oriundas da análise por sensoriamento remoto, dando ênfase as feições estruturais mais significativa no contexto regional.

1.3.2 Estratigrafia Regional

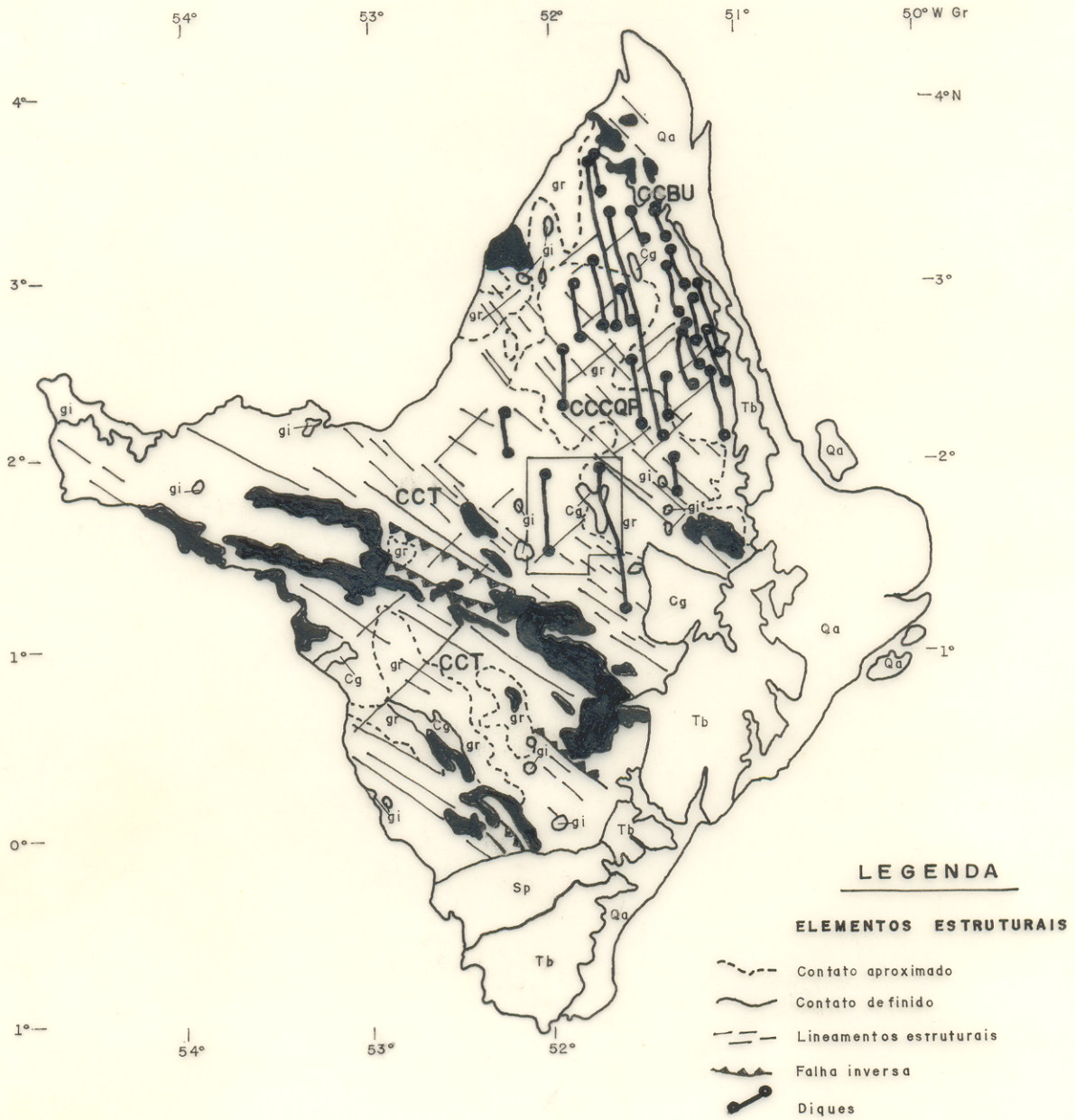
A associação litológica do Amapá é constituida predominantemente por rochas cristalinas pertencentes ao embasamento arqueano, inseridas no Cráton Amazônico (Almeida et al., 1976). O esboço geológico-estrutural regional está representado na Figura 2.

O embasamento cristalino é formado por gnaisses, granitos, granodioritos, tonalitos, dioritos, granulitos e gnaisses de alto

grau metamórfico. Lima et al. (1974) denominou de Complexo Guianense ao conjunto de rochas cristalinas não diferenciadas, excluindo os gnaisses fortemente cataclasados e milonitizados ao qual denominou de Gnaisse Tumucumaque. Jorge João et al. (1979) delimitou uma faixa granulítica envolvida por rochas graníticas, na região do rio Falsino, que chamou de Suíte Metamórfica Ananaí e Suíte Metamórfica Guianese, respectivamente. Schobbenhaus & Derze (1988) renomearam o conjunto de granulitos charnoquíticos, granoblastitos, charnoenderbitos e gnaisses de composição variada com alto grau metamórfico de Complexo Granulítico. Jorge João & Marinho (1982) apresentaram uma isócrona Rb/Sr de referência (rocha total) para os granulitos, com idade de 2.450 Ma e razão inicial de 0.7063.

A Suíte Metamórfica Guianense compreende os granodioritos, trondhjeimitos, tonalitos, dioritos, migmatitos e gnaisses localmente diferenciados. Montalvão & Tassinari (1984) definiram uma isócrona Rb/Sr de referência para tonalitos e gnaisses com idade de 2.944 Ma e razão inicial de 0.701.

As supracrustais denominadas de grupo Vila Nova (Amaral, 1974) correspondem a uma sequência vulcano-sedimentar, metamorfisada no baixo e médio graus, portadora de mineralizações econômicas de ferro, manganês, cromo e ouro. Jorge João et al. (op.cit.) adotaram a denominação de Suíte Metamórfica Vila Nova para a sequência formada por ortoanfibolitos basais e metassedimentos (xistos e quartzitos) variados. Alguns autores associam o grupo Vila Nova a uma sequência tipo Greenstone Belt.



CCT - CINTURÃO DE CISALHAMENTO TUMUCUMAQUE

CCCQP - CINTURÃO DE CISALHAMENTO CARONI-QUATRO PANCADAS

CCBU - CINTURÃO DE CISALHAMENTO BAIXO UAÇÁ

UNIDADES LITOLÓGICAS

Qa	Sedimentos Cenozóicos.
Tb	Formação Barreiras
	Diabásio Cassiporé
Sp	Sedimentos Paleozóicos
gi	Granitóides intrusivos (Suite Metamórfica Mapuera e Falsino).
	Suite Metamórfica Vila Nova
gr	Suite Metamórfica Guianense; gr- granitóides diferenciados.
Cg	Complexo Granulítico

Fontes: Schobbenhaus & Derze, 1988.

Lima et al., 1991.

Figura 2-Esboço geológico estrutural do estado do Amapá.

Datações geocronológicas realizadas em minerais (anfibólio) e rocha total do grupo Vila Nova, pelo método K/Ar, revelaram respectivamente idades de 1.900-2.100 Ma e 1.700-1.900 Ma (Montalvão & Tassinari, 1984). As unidades metamórficas de médio grau e o complexo guainanense exibem idades em torno de 2.000 Ma, correspondentes ao evento transamazônico (Almeida & Hasui, 1984).

Os últimos eventos proterozóicos, ligados ao magmatismo plutônico, proporcionaram a formação de granitóides de composição granítica à tonalítica, contrastando com a faixa metamórfica que circundam. No Amapá, esses eventos estão representados pelo Granodiorito Falsino, Suíte Intrusiva Mapuera e Alcalinas do Mapari, de carater essencialmente intrusivo anorogênico. Idades geocronológicas Rb/Sr para o granodiorito Falsino revelaram 2.132 Ma e 2.339 Ma. A Suíte Intrusiva Mapuera inclui predominantemente granitos normais, granitos sódicos, monzogranitos e quartzo-dioritos, com idade radiométrica de 1.800 Ma (Santos & Reis Neto, 1981). As alcalinas do Mapari foram mapeadas por Jorge João et al.(1979) como sienitos e nefelina-sienitos, datados por Rb/Sr em 1.385 Ma, 1.680 Ma e 1.537 Ma.

Afloram no sul do estado do Amapá restos de sedimentos paleozóicos da bacia do Amazonas, representados pelas Formações Trombetas e Curuá, formadas respectivamente por arenitos brancos e folhelhos cinza escuros fossilíferos.

O mesozóico foi marcado por uma importante manifestação

magmática de carater básico, ligada a reativação Wealdeniana. Constituem nessa unidade diques de gabro-diabásio, extensos e alinhados preferencialmente N-S, denominado por Lima et al. (1974) de Diabásio Cassiporé. Datações K/Ar em feldspatos dos diabásios indicaram idades de 180-250 Ma.

Sedimentos recentes cobrem grande parte da costa do Amapá, formados por testemunhos da Formação Barreiras (terciário) e sedimentos inconsolidados atuais de carater flúvio-lacustre.

1.3.3 **Geologia Estrutural**

Barbosa (1975) considerou que o principal resultado dos episódios erosivos ocorridos na região foi a revelação, por exumação, dos principais traços estruturais. Esses traços são visivelmente identificados em imagens de radar e correspondem a lineamentos com direções preferenciais NW-SE, NE-SW e aproximadamente N-S.

As principais feições lineagênicas, segundo Montalvão (1975), foram denominadas Oiapoque, Jari-Falsino, Cassiporé e Tumucumaque. Outras estruturas menores estão representadas pelo graben de Iratapuru e horst da Lombarda. O regime tectônico adotado inicialmente considerava a prevalência quase total de horsts e grabens. Atualmente, considera-se que as direções estruturais principais correspondem a estruturas produzidas em regime transcorrente dúctil-rúptil. Lima et al. (1991) identificaram três cinturões de cisalhamento, de direção geral NW-SE, denominados Cinturões de Cisalhamento Tumucumaque,

Caroni-Quatro Pancadas e Baixo Uaçá, que cortam respectivamente o sul, centro e norte do Amapá.

A direção NW-SE predomina no contexto regional, correspondendo a extensas zonas de cisalhamento, falhamentos, eixos de dobras, foliações e fraturas impostas nas rochas do Complexo Granulítico, Suíte Metamórfica Guianense e Suíte Metamórfica Vila Nova. Essa direção é responsável pelo arranjo das principais feições fisiográficas regionais (Serra da Lombarda, Serra do Tumucumaque e Serra do Iratapuru) e pela disposição orientada dos metamorfitos da Suíte Metamórfica Vila Nova.

As feições orientadas NE-SW correspondem a extensos lineamentos regionais, representados pelo Lineamento Jari-Falsino (Lima et al., 1974) com direção N 40°-60° E, constituido por um sistema de falhas com extensão superior a 310 km. Os lineamentos NE-SW aparecem genericamente orientando os rios Cassiporé, Oiapoque, Araguari, Cricou, Tajauí e Mutum.

Um sistema de fraturamento N-S, com variação N 10°-25° W, corresponde a estruturas mais recentes. As fraturas foram preenchidas por magma básico toleítico durante o permo-triássico, destacando-se o Lineamento Cassiporé, com 250 km de extensão.

1.3.4 Geologia Econômica

O recurso mineral de destaque foi o manganês da Serra do Navio, explotado pela ICOMI S.A. desde a década de 40, considerada a jazida de manganês mais importante do país, com uma

produção anual em torno de 1.300.000 t de minério, com teor superior a 48% de mangasnês (Borges,1985). O minério é formado por uma associação de óxido-hidróxidos de manganês, enriquecidos por processos secundários de lateritização, a partir de carbonato-mangano-xistos. Atualmente a ICOMI S.A. explota cromo e ouro na região da Serra do Navio.

O ouro tornou-se o produto mineral de maior importância nas últimas décadas, em virtude do seu alto valor econômico. A garimpagem mecanizada contribuiu consideravelmente na alta produção desse bem mineral, retirado das aluviões dos rios Cassiporé, Reginá, Calçoene, Cricou, Tartarugalzinho, Cupixi e Amapari. Atualmente, duas empresas de mineração explotam ouro primário em veios de quartzo, na região de Lourenço, centro-norte do Amapá.

Cassiterita, columbita e tantalita são obtidas como subprodutos da garimpagem de ouro, nas regiões dos rios Amapari e Araguari (Lima et al., 1991). Essas mineralizações estão associadas a fases pegmatíticas. Ocorrências de minério de ferro são conhecidas nos rios Vila Nova e Ipitinga. São descritas também ocorrências de bauxita, diamante e sulfetos de cobre, chumbo e zinco (Lima et al., 1974; Schobbenhaus & Derze, 1988 e Faraco et al., 1991).

1.4 GEOLOGIA LOCAL

O contexto geológico local é caracterizado pelo predomínio de rochas granito-gnaíssicas de composição variada, intensamente deformadas, cataclasadas e milonitizadas da Suíte Metamórfica Guianense. Destacam-se ainda as ocorrências de rochas granulíticas e gabro-diabásios. O esboço geológico da área esta demonstrado na Figura 3.

Os representantes da Suíte Metamórfica Guianense apresentam-se sob a forma de extensas e contínuas lages, ocorrendo as melhores exposições ao longo dos rios e igarapés. Os gnaisses constituem os tipos predominantes dessa unidade, diferindo na sua composição e textura. A mineralogia é constituida de quartzo, plagioclásio, k-feldspato, hornblenda, biotita, granada, epidoto, zircão, apatita, clorita, titanita, sericita, muscovita e argilo minerais. Os gnaisses são geralmente leucocráticos e raramente melanocráticos. O aspecto mais comum exibido por essas rochas é uma acentuada foliação, com notável bandeamento de leitos félsicos e máficos alternados. Localmente ocorrem tipos maciços e isotrópicos. Outro aspecto comum é o desenvolvimento de texturas cataclástica e milonítica, resultado de esforços tectônicos superimpostos. Veios aplíticos e pegmatíticos ocorrem associados aos gnaisses.

Os granulitos representam um grupo de rochas individualizadas, pertencentes ao fácies granulito na sequência do metamorfismo regional, aflorando nas cabeceiras dos rios

Tajauí e Mutum, parte nordeste da área estudada. Essas rochas estão sempre associadas aos gnaisses da Suíte Metamorfica Guianense, definindo zonas de metamorfismo intenso. Os tipos variam de composição, desde ácidos leucocráticos (granoblastitos, enderbitos, kinzigitos e charnoquitos) até básicos melanocráticos (piriclasitos). Mineralogicamemte são constituidos por quartzo, plagioclásio, microclínio, hiperstênio, biotita, granada, silimanita, cordierita, hornblenda, diopsídio, sericita, clorita, zircão, muscovita, apatita e argilo minerais.

Estensos diques de natureza diabásica-gabróica são frequentes e amplamente distribuidos pela área. Alguns mais expressivos podem ser identificados em imagens de radar, formando corpos alongados com pequenos desníveis em relação ao embasamento arrasado, de direção predominante N 10°-20° W.

Os mapeamentos regionais não indicaram a presença de litotipos da Suíte Metamórfica Vila Nova. Essas rochas geralmente formam um relevo mais elevado em relação ao peneplano arrasado sobre granito-gnaisses. A morfologia da área é predominantemente plana, destacando-se algumas elevações ao norte sustentadas por rochas granulíticas.

O elevado grau de intemperismo desfavoreceu a preservação dos afloramentos representativos das unidades litológicas. Coberturas coluvionares pouco espessas são encontradas principalmente nas encostas. Essas coberturas chegam a avançar sobre os canais de drenagens, encobrindo parte das aluviões. A presença de "stone line" registra, na base dos colúvios, uma

superfície de discordância visível que provávelmente se formou em condições climáticas diferentes das atuais. O perfil de alteração "in situ" está em processo de lateritização, numa fase imatura, segundo classificação de Costa (1991), sem uma perfeita diferenciação em horizontes.

A área estudada está compreendida entre duas faixas de expressão regional e forte estruturação NW-SE. Ao norte, o cinturão de cisalhamento Caroni-Quatro Pancadas, definido pelo arranjo de morros alinhados que formam a Serra da Lombarda, e ao sul o Cinturão de Cisalhamento Tumucumaque, evidenciado pela forte atuação de esforços tectônicos oblíquos, com desenvolvimento de falhas de cavalgamentos e direcionais. As Serras do Navio, Iratapuru e Arú representam as feições fisiográficas de destaque.

Foram identificadas três direções preferenciais de lineamentos NW-SE, NE-SW e N-S, concordantes com as direções estruturais regionais. Nas imagens de radar, observa-se nítido controle estrutural das drenagens principais, que apresentam canais retilíneos concordantes com as direções regionais.

A direção NW-SE tende a predominar na parte sul da área onde é expressiva a concordância dos lineamentos nessa direção. Na parte norte da área predomina o "trend" NE-SW, evidenciado pelos traçados retilíneos dos rios Tajauí e Mutum. Essa direção é concordante com a direção do Lineamento Jari-Falsino, de escala regional. Os lineamentos encontrados na parte norte da área podem corresponder a falhamentos ou zonas de cisalhamento

transcorrentes. O "trend" N-S é correlacionado aos fraturamentos distencionais que proporcionaram a formação de diques básicos durante o mesozóico.

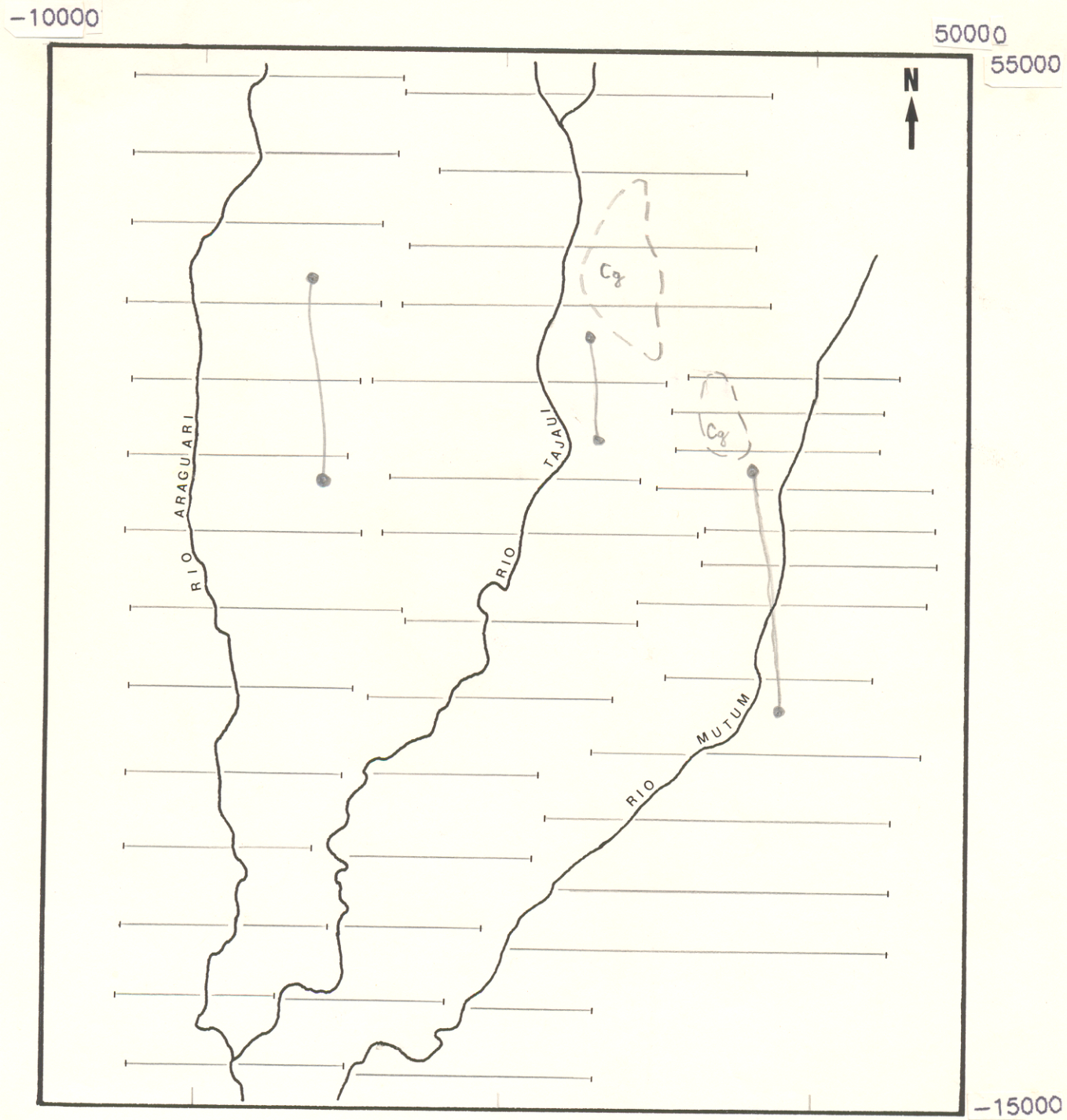


Figura 3. Esboço geológico local com disposição das seções de amostragem E-W. Os rios principais serviram de linhas-base. As convenções são as mesmas usadas na Figura 2.

2. METODOLOGIA DE AMOSTRAGEM E ANÁLISES

As etapas que antecederam a realização desse trabalho foram a coleta de amostras no campo e análise química em laboratório. A coleta de amostras foi realizada em malha de amostragem programada para cobrir toda área de pesquisa, com transversais de direção E-W espassadas em 5.000 metros. Os rios principais serviram de linhas-base com direção N-S. Ao longo das transversais (picadas) foram coletadas amostras de solo e sedimento ativo de corrente (Figura 3). O solo foi amostrado numa profundidade de 40 centímetros e intervalos regulares de 500 m. No sedimento de corrente amostrou-se o material síltico-argiloso depositados nos canais ativos das drenagens interceptadas pelas picadas.

As amostras foram eviadas ao NOMOS laboratório (NOMOS Análises Minerais Ltda.) para preparação e análise geoquímica multielementar, pelo método I.C.P. (Inductively Coupled Plasma). A rotina de preparação, adotada pelo laboratório, consistiu no peneiramento de toda a massa de amostra a uma granulometria inferior a 200 mesh. Na abertura, as amostras foram submetidas a fusão com hidróxido de sódio (NaOH). A técnica de I.C.P. permitiu a dosagem quantitativa simultânea de 27 elementos (tabela I), para uma ampla faixa de concentração (de ppm até %). Os elementos químicos e óxidos analisados foram: Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, K_2O, MgO, MnO, P_2O_5, SiO_2 e TiO_2 em % ; e B, Ba, Be, Ce, Co, Cr, Cu, La, Li, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr, V, Y, Zn e Zr em ppm.

TABELA 1. Elementos e óxidos dosados.

a) SOLO (n = 1314).

ELEMENTOS/ ÓXIDOS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	% DE DETECÇÃO
Al_2O_3	0.02	19.17	100
CaO	0.01	1.28	100
Fe_2O_3	0.02	18.87	100
K_2O	0.01	1.89	100
MgO	0.01	0.19	100
MnO	0.01	0.20	100
P_2O_5	0.01	0.63	100
SiO_2	0.05	48.46	100
TiO_2	0.01	5.28	100
B	5.00	2514.00	64
Ba	5.00	9401.00	100
Be	0.50	25.00	100
Ce	25.00	1200.00	100
Co	5.00	352.00	100
Cr	10.00	353.00	100
Cu	5.00	1050.00	100
La	5.00	184.00	100
Li	2.50	223.00	100
Mo	5.00	79.00	66
Ni	5.00	119.00	66
Pb	15.00	496.00	100
Sn	25.00	551.00	66
Sr	2.00	227.00	100
V	5.00	571.00	100
Y	2.50	39.00	100
Zn	15.00	1283.00	100
Zr	5.00	13328.00	100

b) SEDIMENTO AIIVO DE CORRENTE (n = 130).

ELEMENTOS/ ÓXIDOS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	% DE DETECÇÃO
Al_2O_3	0.32	10.89	100
CaO	0.01	0.42	85
Fe_2O_3	0.30	4.97	100
K_2O	0.05	1.06	100
MgO	0.01	0.10	27
MnO	0.01	0.14	88
P_2O_5	0.01	0.12	80
SiO_2	16.87	50.36	100
TiO_2	0.04	3.09	100
B	5.00	461.00	14
Ba	5.00	2741.00	100
Be	0.50	2.00	12
Ce	25.00	184.00	24
Co	5.00	106.00	100
Cr	10.00	97.00	100
Cu	5.00	700.00	92
La	5.00	113.00	100
Li	5.00	97.00	46
Mo	5.00	66.00	14
Ni	5.00	17.00	99
Pb	15.00	456.00	100
Sn	25.00	214.00	14
Sr	2.50	146.00	100
V	5.00	175.00	100
Y	2.50	83.00	100
Zn	15.00	594.00	100
Zr	365.00	18730.00	100

3. MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Na aplicação dos métodos estatísticos foi utilizado o programa "STATGRAPHICS" (Statistical Graphics System) versão 2.1, compatível com micro-computadores MICROTEC-PC-XT e IBM-PC-286, disponíveis no Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica da Universidade Federal do Pará. Especificamente para o tratamento multivariado de solo utilizou-se o pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc.) através do computados COBRA C-12000 do Museu Paraense Emílio Goeldi, em conexão via RENPAC com o computador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

3.1 MATRIZES DE DADOS

Foram elaboradas duas matrizes de dados (n X m), onde **n** representa o número de observações (amostras) e **m** o número de variáveis (elementos químicos) para solo e sedimento de corrente, respectivamente.

Os valores extremos ou aberrantes ("outliers") foram excluidos das matrizes de dados. Tal procedimento foi empregado afim de se evitar distorções nos parâmetros estatísticos. Esses valores isoladamente poderão ser utilizados na confirmação de possíveis áreas mineralizadas.

Utilizou-se como padronização dos dados a transformação logaritmica (log_{10}) dos valores das variáveis. A normalização (média = 0 e desvio padrão = 1) foi automática nos cálculos estatísticos do "software" STATGRAPHICS.

3.2 PARÂMETROS E DISTRIBUIÇÕES ESTATíSTICAS

Os elementos geoquímicos em solo e sedimento ativo de corrente foram avaliados estatisticamente com o objetivo de examinar as distribuições das populações e a obtenção dos parâmetros estatísticos de média, mediana, moda, desvio padrão, variância e coeficiente de variação diretamente das matrizes de dados. O coeficiente de variação é vantajoso para comparação de distribuições cujas unidades são diferentes.

A distribuição de frequência das populações em materiais geológicos tendem a seguir modelos de distribuição conhecidos, como normal e lognormal (Ahrens, 1954 e Durovic, 1959). As distribuições foram verificadas pelos histogramas e gráficos de probabilidades. No gráfico de probabilidade normal uma população normalmente distribuida desenhará uma reta, enquanto que numa população de distribuição lognormal a reta deverá ser obtida pelo gráfico de probabilidade lognormal. Os pontos de inflexão ou quebras na reta representam uma ou mais populações adicionais. Tennant & White (1959), Lepeltier (1969) e Sinclair (1974 e 1991) consideram os gráficos de probabilidades (normal ou log-normal) mais sensíveis à determinação de populações múltiplas e ao mesmo tempo mostram se as populações são normais ou log-normais.

3.3 ESTATíSTICA MULTIVARIADA

Alguns métodos estatísticos são comumente aplicados na

interpretação de variáveis múltiplas. Esses incluem análise de regressão, análise fatorial, análise de agrupamentos e discriminante. Neste trabalho utilizou-se os métodos de análise fatorial e de agrupamentos na avaliação dos dados de sedimento de corrente e solo, respectivamente. Ambos os métodos são amplamente descritos na literatura especializada sem critérios previamente estabelecidos para escolha do material geológico à ser avaliado. A disponibilidade dos dados e consequente conhecimento teórico dos métodos multivariados foram os principais responsáveis pela escolha.

A estatística multivariada foi empregada na avaliação das variáveis e observações do conjunto de dados geoquímicos. Quando se utiliza as variáveis (elementos químicos) diz-se aplicar o modo-R, e para as observações (amostras) o modo-Q.

3.3.1 Análise Fatorial

A análise fatorial é uma técnica estatística desenvolvida, no início do século, por psicólogos como ferramenta na pesquisa psicométrica. Na geologia, a análise fatorial foi incorporada nos últimos 30 anos, destacando-se, entre outros, os trabalhos pioneiros de Krumbein (1956), Krumbein (1957),Krumbein & Imbrie (1963), Imbrie & Purdy (1962), Imbrie (1963), Manson & Imbrie (1964) e Klovan (1966), aplicados à area de sedimentologia e estratigrafia. Ultimamente, a técnica fatorial vem sendo efetivamente aplicada na petrologia, paleontologia, geoquímica e exploração mineral. Na prospecção geoquímica, sua aplicação tornou-se indispensável na avaliação de dados multielementares,

devido principalmente ao grande número de dados obtidos nas campanhas regionais. O aperfeiçoamento dos computadores também, de certa forma, contribuiu para a segurança e rapidez na aplicação do método em um número praticamente ilimitado de dados. Destacam-se, nesta área, os trabalhos de Imbrie & Van Andel,1964; Nichol et al.,1969; Nichol et al.,1970; Armour-Brown & Nichol,1970; Chapman,1973, 1978 e Saager & Sinclair,1974.

A análise fatorial modo-R é uma técnica estatística empregada para demonstrar as relações existentes entre variáveis, em termos de um número mínimo de causas ou fatores extraidos para explicar ao máximo a variabilidade observada num conjunto de dados. A análise fatorial não explica as relações entre variáveis, somente as demonstra (Hitchon et al., 1971).

O método pode ser aplicado diretamente sobre a matriz de dados ou sobre a matriz de correlação de Pearson. Os coeficientes de correlação correspondem a medidas de similaridades entre variáveis, para os dados originais normalizados (média = 0 e desvio padrão = 1).

A técnica fatorial consiste na extração dos autovalores e autovetores. A dificuldade não se limita aos cálculos matemáticos desses valores, mas no significado intuitivo que eles representam. Davis (1988), demonstrou a interpretação geométrica dos autovalores e autovetores com a representação gráfica dos pontos de uma matriz de dados num espaço n-dimensional. A nuvem de pontos (variáveis) no espaço se ajusta a uma elipse de centro na origem do sistema de coordenadas, cujos comprimento e

inclinação dos eixos maior e menor representam os autovalores e autovetores, respectivamente. O método é semelhante ao de análise dos componentes principais (ACP). Alguns autores consideram APC como um tipo de análise fatorial. A principal diferença está na "normalização" dos autovetores, pelo método fatorial, de forma a definir vetores (fatores) cujos comprimentos são proporcinais as variações que eles representam (Davis,1988). Logo, os autovalores representam a proporção da variância total estimada pelos autovetores.

A escolha do número " p " de fatores é sugerida em função dos autovalores (Kaiser, 1960; Spencer,1966 e Cameron, 1967), considerando p < m, onde m é o número de variáveis. Os autores recomendam a retenção de fatores que tenham autovalores maiores que 1.0, 0.5 ou 0.1. Neste trabalho o número "p" de fatores escolhidos correspondeu ao limite da menor variação da variância acumulada.

A matriz fatorial é formada pelos fatores e variáveis avaliadas. As colunas (fatores) correspondem a valores das cargas "a" dos fatores (factor loading). O somatório das cargas ao quadrado será igual ao valor da variância total explicada pelo fator. Cada variável terá uma carga ou peso correspondente para os fatores extraidos. O somatório dos pesos dos fatores ao quadrado para cada variável é a comunalidade. A comunalidade representa a fração de variância da variável que é explicada pelos fatores. A magnitude das comunalidades é dependente do número de fatores eleitos e serão sempre menores que as variâncias originais (de valor 1.00 para os dados normalizados).

A interpretação do modelo fatorial pode ser facilitada quando aplicada a rotação varimax (Kaiser,1958), que consiste na rotação dos eixos ortogonais dos fatores, sobre a origem, até que as variâncias dos fatores sejam maximizadas. Os "factor scores" também são muito importantes na interpretação dos dados. Esses representam o peso dos fatores nas observações. A representação dos "factor scores" em mapas corresponde a aplicação do modo-Q. Os "scores" são obtidos, segundo Joreskog et al. (1976), pela equação $f = ax + e$, onde:

$f_{(NxP)}$ = "factor score";

$a_{(MxP)}$ = "factor loading";

$x_{(NxM)}$ = valor normalizado de um objeto em que "p" variáveis foram medidas;

$e_{(NxM)}$ = Resíduo ou valor da diferença entre o valor estimado e o observado.

3.3.2 Análise de Agrupamentos

A análise de agrupamentos ou "cluster analysis" é um método estatístico multivariado que classifica e separa um conjunto de dados em grupos, onde cada grupo é mais ou menos homogêneo e distinto entre si (Davis,1988). Esse método foi inicialmente difundido por psicólogos e biólogos, com objetivo de determinar grupos de indivíduos a partir de suas características e similaridades. Na geologia, a análise de agrupamentos é aplicada às áreas de paleontologia, sedimentologia, petrografia e geoquímica. Cabe resaltar os trabalhos de Imbrie & Purdy (1962), Parks (1966), Obrial (1970) e Obrial & James (1973).

O método de agrupamento consiste na classificação de objetos em função de suas similaridades, separando-os em categorias ou grupos distintos. Não existe solução analítica para esse problema, embora existam técnicas de classificação. A técnica de classificação mais usada é a de agrupamentos hierárquicos, ou seja, a união de pares de objetos de maior similaridade seguido dos de menor similaridades. Na classificação hierárquica os dados são primeiramente separados em classes maiores, cada uma delas será futuramente dividida em pequenas classes sucessivamente, até que as classes finais geradas não possam ser mais divididas (Everitt,1980). A técnica hierárquica compreende vários métodos de classificação, onde cada um deles corresponde um procedimento diferente exigido para a classificação dos grupos. Dentre os métodos de classificação hierárquicos destacam-se o centróide, mediana, média, "single linkage" e "complete linkage". A aplicação dos diferentes métodos de agrupamentos resultará em resultados distintos para um mesmo conjunto de dados. Neste trabalho adotou-se o método da média (average linkage), sem o objetivo de avaliar outros métodos. O método da média define a distância entre grupos com a média aritimética das distâncias entre todos os pares de indivíduos dos grupos.

A maioria das técnicas de agrupamentos começam com o cálculo da matriz de similaridades ou distâncias entre entidades. A matriz de similaridades consiste de valores medidos entre pares de variáveis (modo-R) ou observações (modo-Q), extraidos respectivamente das matrizes de correlação e distância

Euclidiana. O coeficiênte de distância Euclidiana (d_{ij}), é calculado pela equação:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^{m} (X_{ik} - X_{jk})^2 / m}$$

onde a expressão $(X_{ik} - X_{jk})^2/m$ dá a diferença média quadrada, ou seja, a variância da diferença entre as medidas em duas amostras.

As distâncias calculadas entre todos os possíveis pares de observações (modo-Q) resultará numa matriz quadrada (n x n), denominada de matriz distância entre os pares de observações. Graficamente, a distância Euclidiana é o intervalo medido entre os pontos (observações) no espaço m-dimensional. Esses valores são dispostos hierarquicamente de modo que as observações de maior similaridade mutua sejam colocados juntos. A representação gráfica é dada pelo diagrama de árvore ou dendrograma.

Parks (1966) demonstrou que a eliminação das variáveis altamente correlacionáveis na aplicação do modo-Q, não implicará em grandes perdas de informações e consequentemente não alterará o resultado do método estatístico . Segundo o autor, uma ou mais variáveis de cada grupo (modo-R) devem ser escolhidas para melhor representar a média ou centróide daquele grupo, e as outras variáveis devem ser excluidas do cálculo.

4. TRATAMENTO DOS DADOS

O tratamento estatístico dos dados geoquímicos constituiu na avaliação de 1314 amostras de solo e 130 amostras de sedimento ativo de corrente.

Uma primeira avaliação da matriz de dados de sedimento de corrente permitiu a exclusão das variáveis B, Ba, Be, CaO, Ce, K_2O, Li, MgO, MnO, Mo, Ni, P_2O_5 e Sn devido a predominância de valores abaixo do limite de detecção do método analítico. Para solo foram excluida da matriz de dados inicial as variáveis B, Mo, Ni e Sn. As variáveis excluidas serão tratadas isoladamente, de modo a fornecer informações complementares à interpretação multivariada.

4.1 DISTRIBUIÇÃO ESTATISTICA DAS POPULAÇÕES GEOQUÍMICAS

Na estatística univariada aplicada a solo utilizou-se o procedimento UNIVARIATE do pacote estatístico SAS. Esse procedimento permitiu extrair os parâmetros estatísticos básicos (média, mediana, moda, desvio padrão, variância e coeficientes de variação), histogramas, diagramas em caixa (box plot) e gráficos de probabilidade normal das variáveis contidas na matriz de dados. Por questões práticas do programa estatístico foi aplicado método estatístico Kolmogorov-Smirnov (teste D) para testar a hipótese de normalidade das variáveis, para um nível de confiança de 95 %. O teste D é menos rígido na avaliação da

distribuição em materiais geológicos em relação ao teste Qui-quadrado. Os óxidos SiO_2, Al_2O_3 e Fe_2O_3 aceitaram o teste, enquanto que para os demais óxidos e elementos o teste D não foi aceito para o nivel de confiança estabelecido (Anexo A). Os parâmetros estatísticos dos elementos em solo estão resumidos na Tabela 2. Para os dados geoquímicos de sedimento de corrente foi utilizado o programa estatístico "STATGRAPHICS". Os parâmetros estatísticos estão resumidos na Tabela 3.

O tipo da distribuição de frequência dos elementos e óxidos foi definida através dos histogramas e gráficos de probabilidade normal. No sedimento de corrente as distribuições estatísticas foram similares as distribuições normal e lognormal, e bimodais para a maioria dos elementos analizados. Os histogramas apresentaram uma constante assimetria positiva, marcada principalmente pela predominância de classes de baixos valores. As variáveis Pb e V se ajustaram ao modelo normal de distribuição, as demais variáveis foram lognormal. As distribuições de Fe_2O3-La-Ni e V-Zr-TiO_2-Y-Sr foram similares como mostra os histogramas da Figura 4. Esse comportamento indica processos comuns de dispersão. As curvas de probabilidade log-normal mostraram quebras negativas e positivas acentuadas para algumas variáveis. As quebras negativas para Co, Cu, Cr, La, Sr, V, Zn e Pb mostram excessos de baixos valores das populações consideradas, devido provavelmente ao limite de detecção analítico. As quebras positivas para Fe_2O_3, SiO_2, Ba e Y indicam excessos de altos valores e de duas populações distintas (Figura 5).

TABELA 2. Parâmetros estatísticos dos elementos em solo.

ELEMENTOS (unidade)	MEDIA	DESVIO PADRÃO	VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	MEDIANA	MODA
Al_2O_3 (%)	11.14	3.06	9.39	27.49	11.37	12.67
Ba (ppm)	140.12	453.67	205819	323.76	47.00	5.00
Be (ppm)	0.61	0.98	0.95	160.08	0.50	0.50
CaO (%)	0.03	0.05	0.01	178.08	0.02	0.02
Ce (ppm)	49.28	55.93	3127.92	113.49	25.00	25.00
Co (ppm)	23.78	25.98	675	109.27	19.00	5.00
Cr (ppm)	58.40	39.24	1540	67.22	49.00	10.00
Cu (ppm)	44.32	58.98	3479	133.06	35.00	5.00
Fe_2O_3 (%)	4.40	2.54	6.48	57.81	4.10	3.82
K2O (%)	0.14	0.15	0.02	105.14	0.05	0.05
La (ppm)	25.08	21.09	445	84.11	20.00	20.00
Li (ppm)	9.87	15.55	242	157.57	2.50	2.50
MgO (%)	0.01	0.01	0.01	70.97	0.01	0.01
MnO (%)	0.02	0.02	0.01	84.62	0.01	0.01
P_2O_5 (%)	0.03	0.03	0.01	96.49	0.02	0.01
Pb (ppm)	103.43	59.99	3599	58.00	99.00	15.00
SiO_2 (%)	26.19	6.62	43.82	25.28	25.90	18.61
Sr (ppm)	22.06	18.43	340	83.57	18.00	2.50
TiO_2 (%)	0.71	0.41	0.16	52.24	0.61	0.53
V (ppm)	112.13	74.28	5517	66.24	97.00	60.00
Y (ppm)	6.27	4.29	18.42	68.42	5.00	2.50
Zn (ppm)	134.40	106.98	11446	79.60	115.00	15.00
Zr (ppm)	953.73	565.01	319239	59.24	870.00	442.00

TABELA 3. Parâmetros estatísticos dos elementos em sedimento de corrente.

ELEMENTOS (unidade)	MEDIA	DESVIO PADRÃO	VARIÂNCIA	COEFICIENTE DE VARIAÇÃO	MEDIANA	MODA
Al_2O_3 (%)	3.86	2.21	4.87	57.25	3.29	2.22
Ba (ppm)	173.85	329.27	108421.00	189.34	104.00	43.00
Co (ppm)	20.61	17.47	305.28	84.76	17.00	5.00
Cr (ppm)	27.75	18.13	328.81	65.33	26.00	10.00
Cu (ppm)	44.88	64.23	4125.90	143.11	37.50	5.00
Fe_2O_3 (%)	1.46	0.85	0.72	58.22	1.25	0.94
La (ppm)	34.82	24.92	590.10	71.57	29.00	5.00
Ni (ppm)	4.95	3.61	13.06	72.93	4.00	3.00
Pb (ppm)	88.98	57.31	3284.80	64.41	82.50	15.00
SiO_2 (%)	34.23	8.14	66.33	23.78	34.30	23.79
Sr (ppm)	28.03	26.08	680.17	93.04	19.00	2.50
TiO_2 (%)	0.63	0.59	0.35	93.65	0.42	0.46
V (ppm)	31.16	28.67	822.24	92.01	23.50	5.00
Y (ppm)	14.42	11.06	122.42	76.70	12.00	12.00
Zn (ppm)	129.98	92.86	8622.61	71.44	111.00	113.00
Zr (ppm)	3772.96	3001.88	1011283.53	79.56	2897.50	1974.00

Para solo as distribuições foram frequentemente unimodais. As variáveis Al_2O_3 e SiO_2 se ajustaram à distribuição normal enquanto que TiO_2, K_2O, Co, Cr, Cu, La, Li, MnO, Sr, V, Y, Zn e Zr se ajustaram a distribuição lognormal. Para Pb e Fe_2O_3 os dois modelos se ajustaram simultaneamente . Os elementos maiores (exceto TiO_2) seguiram o modelo de distribuição normal. Para Ba, Be, CaO, MgO e P_2O_5 as distribuições encontradas não se ajustaram aos modelos conhecidos (normal e lognormal) devido a grande quantidade de valores baixos. Os gráficos de probabilidade normal mostraram com frequência quebras positivas que devem corresponder a valores anômalos das variáveis.

Os coeficientes de variação foram predominantemente inferiores à 94 % para a maioria dos elementos em solo e sedimento (Tabela 2 e 3). Miesh et al. (1966) relataram que para dados geoquímicos não são comuns coeficentes de variação abaixo de 100 %. Os coeficientes de variação acima de 100 % alcançados por Ba, Be, CaO, Ce, Co, Cu , K_2O e Li em solo, e Ba e Cu em sedimento sugerem falta de homogeneidade das distribuições.

4.2 COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DOS ELEMENTOS

Os baixos teores de Be, Ba, CaO, Ce, Li, MgO e P_2O_5 determinados nas amostras de solo devem-se à intensa lixiviação e consequente perda desses elementos nos níveis superiores do perfil de alteração. As modas de Al_2O_3 e Fe_2O_3 apresentaram concentrações maiores do que as correspondente em granitos e gnaisses. O enriquecimento de Al_2O_3 e Fe_2O_3 evidencia a moderada

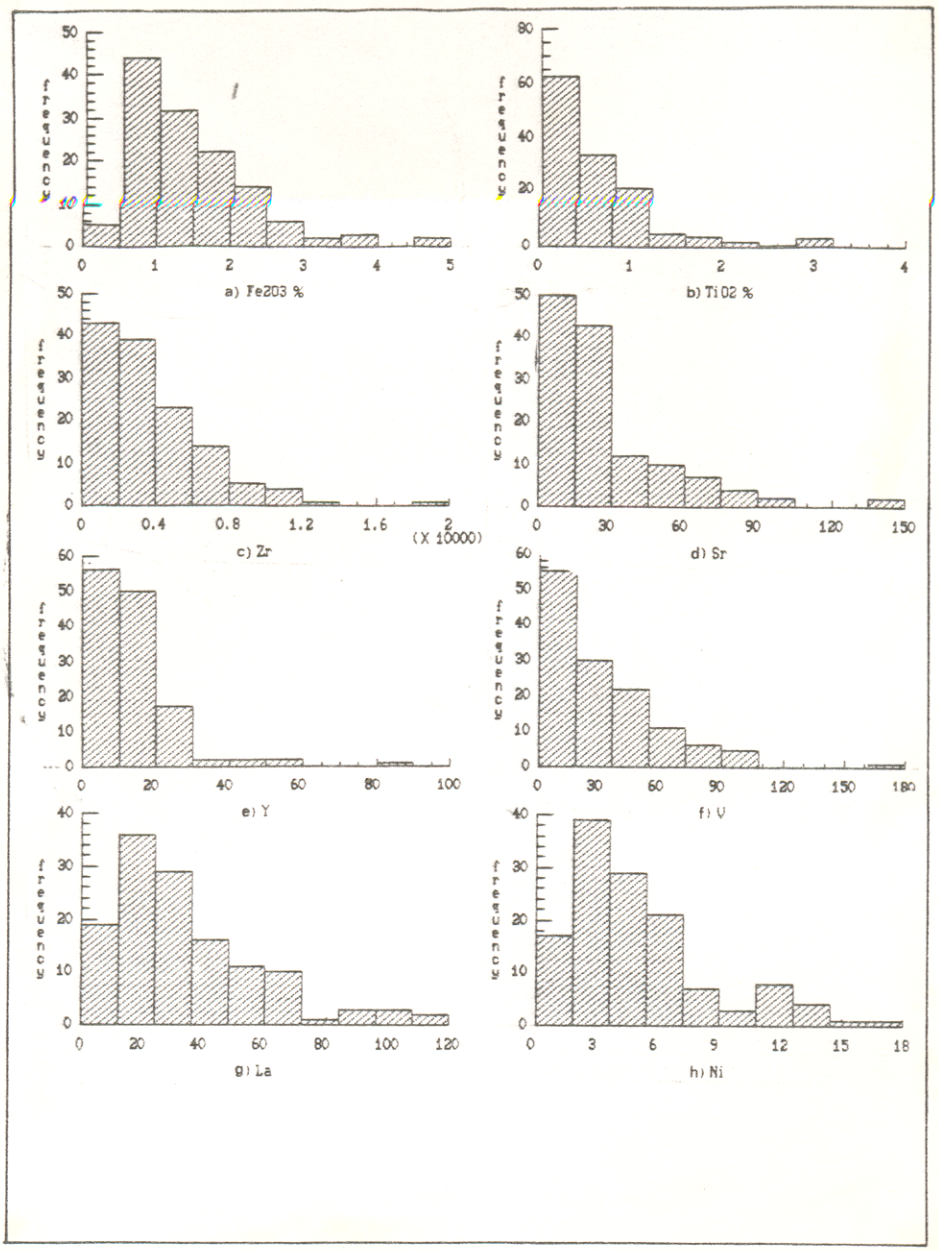


Figura 4. Histogramas das variáveis químicas em sedimento de corrente. a)Fe_2O_3, b)TiO_2, c)Zr, d)Sr, e)Y, f)V, g)La e h)Ni.

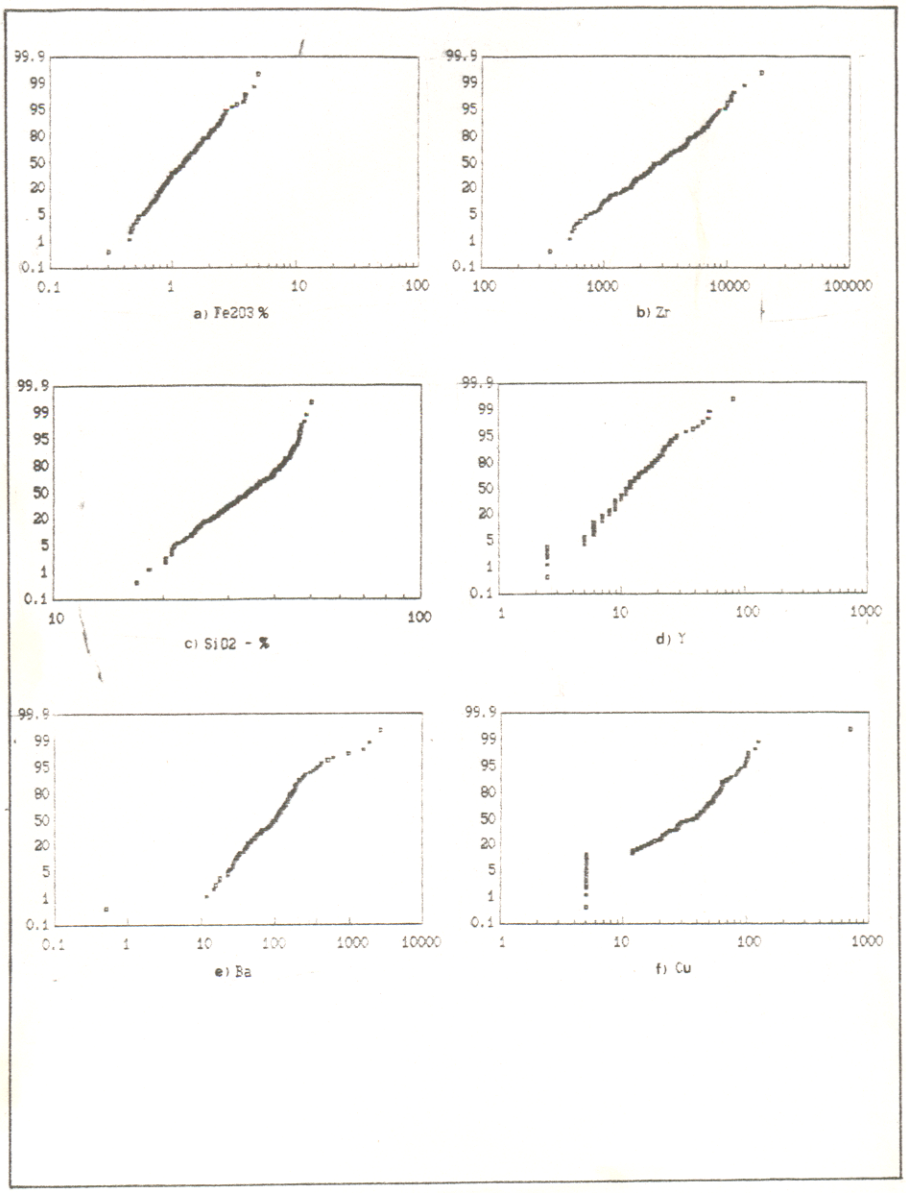


Figura 5. Gráficos de probabilidade normal das variáveis químicas em sedimento de corrente. a)Fe_2O_3, b)SiO_2, d)Y e e)Ba.

mobilidade desses elementos e acúmulos próximos à superfície. Os elementos K_2O, MnO, SiO_2 e Sr apresentaram concentrações relativamente baixas, indicando moderada mobilidade desses elementos durante o intemperismo. As elevadas concentrações dos elementos TiO_2, Cr, V e Zr podem ser explicadas pela presença de minerais residuais. As concentrações de Co, Cu, Zn e Pb podem corresponder a retenções pelos óxi-hidróxidos de ferro e alumínio ou matéria orgânica.

As médias dos teores dos elementos no sedimento de corrente foram consideravelmente inferiores as médias encontradas no solo. Woodsworth (1971) definiu que o conteúdo dos elementos metálicos nos sedimentos de corrente é função da concentração média da rocha fonte, do pH da água, do grau de ataque químico e físico nas rochas do substrato e do conteúdo de matéria orgânica. Plant et al. (1988) destacam a importância dos colóides (óxidos e hidróxidos de Fe, Al e Mn) nos sedimentos pela capacidade para complexar e adsorver grandes quantidades de íons metálicos. Os autores consideraram que os elementos químicos são distribuidos diferentemente entre as partículas detríticas das rochas e minerais resistatos, soluções e colóides orgânicos e inorgânicos. A Tabela 4 mostra a afinidade dos íons metálicos na adsorção pelos óxi-hidróxidos de Fe, Mn e Al.

O pH ligeiramente ácido (5.0 - 6.0) da água corrente deve ter proporcionado uma leve a moderada mobilidade dos elementos Co, Cu, Ni, Pb, Sr, V e Zn, de acordo com previsões teóricas gerais apresentadas em Rose et al. (1979). Para o mesmo intervalo de variação do pH, os elementos Cr, La, Y, Zr são

imóveis. Os elementos Ba, La, SiO_2, Sr, Y e Zr destacam-se pelas médias elevadas no sedimento de corrente. Esses elementos representam dois grupos com coerência petrogenética, a saber La-Y-Zr e Ba-Sr, que podem fornecer informações substanciais sobre o contexto geológico.

TABELA 4. AFINIDADE RELATIVA PARA ABSORÇÃO DE ALGUNS CÁTIONS.

	ÓXIDOS DE Mn	ÓXIDOS AMORFOS DE Fe	GOETITA	ÓXIDOS AMORFOS DE Al
MAIOR	Cu	Pb	Cu	Cu
	Co	Cu	Pb	Pb
	Mn	Zn	Zn	Zn
	Ni	Cd	Cd	Co
	Ba	Co		Cd
	Sr	Sr		Mg
	Ca	Mg		Sr
MENOR	Mg			

FONTE: ROSE et al. (1979)
Todos os cátions possuem carga +2.

4.3 APLICAÇÃO DA ANÁLISE FATORIAL

O método estatístico multivariado da análise fatorial (modo-R) foi aplicado aos dados geoquímicos de sedimento ativo de corrente. Como a distribuição da maioria dos elementos foi lognormal, utilizaram-se as concentrações logarítmicas de cada 9elemento no cálculo da matriz de correlação de Pearson para a análise fatorial.

A matriz de correlação (Tabela 5) apresentou alguns pares de variáveis com boa correlação. Destacam-se as associações Fe_2O_3-TiO_2 (r = 0.69), Fe_2O_3-V (r = 0.63), Zr-Y (r = 0.63), TiO_2-V (r = 0.61), Al_2O_3-V (r = 0.58), Ba-Sr (r = 0.53) e Y-La (r = 0.52). Os gráficos de dispersão (Figura 6) mostram o grau de espalhamento da nuvem de correlação dos pares de variáveis.

TABELA 5. MATRIZ DE COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO EM 130 AMOSTRAS DE SEDIMENTO.
(DADOS LOGARÍTMICOS)

	Fe_2O_3	TiO_2	Y	Zr	Cr	Co	Ni	Zn	Cu	Pb	Ba	Sr	Al_2O_3	La	V	SiO_2
Fe_2O_3	1.00															
TiO_2	0.69	1.00														
Y	0.24	0.30	1.00													
Zr	0.06	0.07	0.63	1.00												
Cr	0.44	0.32	0.03	-0.22	1.00											
Co	0.17	0.27	-0.11	-0.19	0.22	1.00										
Ni	0.45	0.18	0.12	-0.12	0.28	-0.02	1.00									
Zn	0.19	0.14	-0.06	-0.11	0.19	0.27	0.03	1.00								
Cu	0.37	0.39	0.03	-0.04	0.27	0.47	0.06	0.09	1.00							
Pb	0.10	0.22	-0.17	-0.21	0.13	0.36	0.01	0.02	0.17	1.00						
Ba	0.09	0.12	0.22	0.15	0.11	-0.01	0.13	-0.03	0.10	0.07	1.00					
Sr	0.18	0.07	0.27	-0.30	0.13	-0.13	0.21	-0.30	-0.11	0.40	0.53	1.00				
Al_2O_3	0.40	0.36	-0.01	-0.25	0.39	0.33	0.27	0.08	0.09	0.36	0.08	0.04	1.00			
La	0.36	0.46	0.52	0.13	0.35	0.13	0.26	-0.08	0.26	0.12	0.32	0.34	0.35	1.00		
V	0.63	0.61	0.32	-0.48	0.42	0.28	0.25	0.14	0.27	0.23	0.04	0.12	0.58	0.32	1.00	
SiO_2	-0.36	-0.42	-0.30	0.36	-0.24	-0.25	-0.28	-0.11	-0.10	-0.24	-0.01	0.05	-0.45	-0.30	-0.47	1.00

TABELA 6. MATRIZ FATORIAL ROTACIONADA VARIMAX.

VARIÁVEIS\FATORES	1	2	3	4	5	6	COMUNALIDADE
Al_2O_3	.	0.603	.	.	.	.	0.682
Ba	.	.	.	0.807	.	.	0.697
Co	.	.	.	.	0.711	.	0.700
Cr	0.629	.	.	.	.	.	0.580
Cu	.	.	.	.	0.879	.	0.852
Fe_2O_3	0.772	.	.	.	.	.	0.776
La	.	.	0.499	.	.	.	0.638
Ni	0.711	.	.	.	.	.	0.531
Pb	.	0.660	.	.	.	.	0.641
SiO_2	.	-0.740	.	.	.	.	0.691
Sr	.	.	.	0.816	.	.	0.836
TiO_2	0.493	0.488	0.431	.	.	.	0.748
V	0.625	0.547	.	.	.	.	0.753
Y	.	.	0.891	.	.	.	0.834
Zn	.	.	.	.	.	0.956	0.944
Zr	.	.	0.799	.	.	.	0.812
EIGENVALORES:	4.457	2.569	1.534	1.301	0.987	0.865	
PERCENTAGEM DA VARIÂNCIA EXPLICADA:	27.9	16.1	9.6	8.1	6.2	5.4	*ACUMULADA:* 73.3 %

AS CARGAS -0.400 à 0.400 FORAM EXCLUIDAS DA MATRIZ

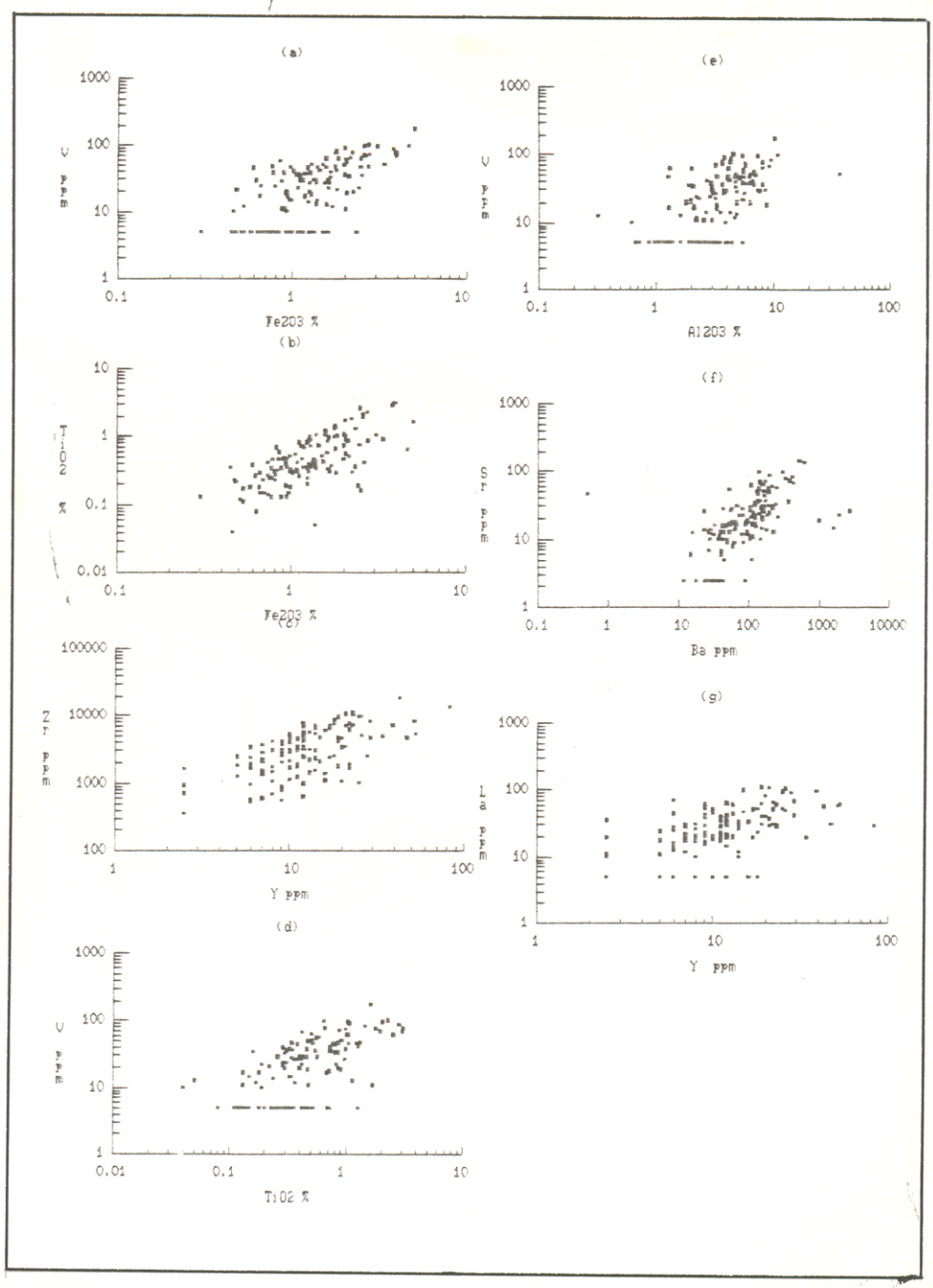


FIGURA 6. Gráfico de correlação dos pares de variáveis químicas com coeficiente de correlação superior a 0.5, em sedimento de corrente.

A matriz fatorial rotacionada varimax (Tabela 6) foi obtida para 6 fatores que explicam 73,3 % da variância total. Os fatores carregam as variáveis de maior carga neles contidas. As cargas (factor loading) que excederam de -0.400 à 0.400 foram consideradas na identificação de membros significantes dos fatores. A fração da variância da variável explicada pelo fator é o quadrado da carga "a" correspondente, e o percentual da variância é definido por $a^2 * 100$. As variáveis TiO_2 e V apresentaram cargas significativas em mais de um fator, com percentuais de 24 e 19% para TiO2, e 39 e 30% para V nos respectivos fatores. Esses percentuais mostram uma participação quase equilibrada dessas variáveis nos primeiros fatores. O método fatorial permite o fracionamento da variância das variáveis entre os fatores.

A comunalidade quantifica o grau de contribuição da variável nos fatores. Para Cu e Ni as comunalidades obtidas explicam aproximadamente 50% da variância total dos elementos, implicando num baixo aproveitamente pelo método. A maior comunalidade foi obtida pelo Zn, alcançando cerca de 95% da variância total, confinada em um único fator.

O conteúdo dos elementos no sedimento de corrente é uma combinação de vários constituintes com caracteristicas geoquímicas distintas e distribuição controlada por inúmeras feições geológicas e ambientais (Armour-Brown & Nichol,1970). Os fatores extraidos da análise fatorial representam associações de elementos usados na identificação dos processos que controlam a distribuição dos elementos no sedimento de corrente. Os fatores

dominante relacionam o tipo de embasamento, ambiente e/ou mineralizações.

O fator 1 (Fe_2O_3+Ni+Cr+V+TiO_2) ocorre para 27.9% da variância total explicada. O fator explica a influência de processos secundários ligados ao intemperismo químico e físico. A associação Fe_2O_3-Ni-Cr-V sugere adsorção de metais por minerais supergênicos, como óxi-hidróxidos de ferro. Os óxidos de ferro, na forma de hematita e maghemita, permitem a adsorção dos elementos Ti e Cr. Os hidróxidos de ferro, na forma de goetita, possuem a capacidade de adsorção dos metais Ni e Cr (Costa,1988). O TiO_2 possui baixa mobilidade em ambiente secundário e sua presença está subordinada ao acúmulo de minerais resistatos no sedimento de corrente, representados por rutilo, anatásio, ilmenita, titanita e titano-magnetita. Os dois últimos minerais representam a associação Ti-Fe, na forma de minerais resistatos comuns de rochas granulíticas e eruptivas (titaníferas), respectivamente.

O fator 2 (Pb+Al_2O_3+V+TiO_2-SiO_2) ocorre para 16.1% da variância total explicada. O fator 2 também explica os processos secundários de intemperismo físico e químico. A maior carga no fator é dada pelo Pb, que associado ao Al_2O_3 e V pode indicar fixação de metais por óxidos de alumínio e argilo minerais. O chumbo pode ocorrer também pela presença de K-feldspatos e micas no sedimento. O sinal menos atribuido à carga da SiO_2 mostra uma correlação negativa da variável, ou seja, registra um comportamento oposto em relação a esse fator e aos demais

elementos e óxidos considerados.

O fator 3 (Y+Zr+La+TiO_2) ocorre para 9.6% da variância total explicada. A associação formada por elementos litófilos representa os componentes detríticos do sedimento de corrente. O fator 3 sugere a presença de minerais resistatos, indicativos de um embasamento rochoso formado por rochas de composição ácida. O ítrio e o lantânio ocorrem em minerais próprios de rochas graníticas, pegmatitos, sienitos e carbonatitos, na forma de xenotíma e monazita. O zirconio é em maior quantidade encontrado como zircão, mineral acessório de rochas plutônicas ricas em sódio.

O fator 4 (Sr+Ba) ocorre para 8.1% da variância total explicada. A associação de elementos alcalinos terrosos pode corresponder aos componentes detríticos do sedimento de corrente. Esse fator registra a influência dos feldspatos (potássicos e/ou plagioclásios) detríticos na composição do sedimento. O Ba ocorre preferencialmente na forma de barita e/ou minerais de potássio, como feldspatos e micas. O Sr ocorre pela substituição do Ca e Ba em plagioclásio.

O fator 5 (Cu+Co) ocorre para 6.2% da variância total explicada. A associação de elementos calcófilos sugere um embasamento rochoso formado por rochas máficas e ultramáficas ou mineralizações associadas. Boyle (1974) indicou o Co como um bom indicador de depósitos de cobre, onde ele ocorre como menor constituinte devido sua alta mobilidade durante o intemperismo. A adsorção desses metais por óxidos de Fe-Al (Tabela 5) também

sugere uma distribuição controlada pelos detritos oxidados do intemperismo, apesar desse fator não carregar as váriaveis Fe_2O_3 e Al_2O_3. A ocorrência de sulfetos associados a máficas-ultramáfica poderá ser explicada por este fator.

O fator 6 (Zn) ocorre para 5.4% da variância total exlicada. O zinco ocorre isoladamente no fator com carga considerávelmente alta. O conteúdo de zinco em sedimento de corrente pode ser controlado pela presença de silicatos ferromagnesianos derivados de rochas graníticas. Goldschmidt (1958) comenta a alta concentração de Zn em ilmenitas e magnetitas de rochas gabróicas. O zinco é um elemento de moderada mobilidade no ambiente supergênico, removido em solução e trapeado pela matéria orgânica e óxi-hidróxidos de ferro por coprecipitação e adsorção (Laville-Timsit el al., 1983). Esse fator reflete diretamente a composição do sedimento em função dos componentes detríticos.

4.3.1 Distribuição dos "factor Scores"

O efeito ou peso que os fatores representam em cada amostra é denominado de "factor score". Os "factor scores" foram representados pelos mapas de distribuição, para os respectivos fatores, com a finalidade de mostrar as variações máximas positivas e negativas dos "scores", em unidade de desvio padrão (udp). O contorno dos isovalores foi a melhor forma encontrada de cartografar os "factor scores" em sedimento de corrente. As simbologias convencionais (circulos de diferentes tamanhos, por exemplo) quando aplicadas não mostraram claramente as principais

tendências dos "scores". Convem lembrar que as amostragens de sedimento ativo de corrente foram coletadas ao longo de transversais previamente estabelecidas, semelhante as amostragens de solo, fugindo da metodologia de amostrgem para sedimento ao longo das drenagens. As zonas delimitadas pelas isolinhas dos "scores" máximos e minimos correspondem a anomalias regionais positivas e negativas, respectivamente.

O mapa de distribuição dos "factor scores" 1 representa a tendência regional das variáveis definidas pelo fator 1 (Figura 7). O efeito regional mostrado revelou um crescimento progressivo dos "scores" na direção leste da área de pesquisa. Uma zona anomalamente positiva foi definida pelos valores dos "scores" superiores à 1.8 udp.

O mapa do fator 2 (Figura 8) mostrou a mesma tendência regional de crescimento dos "scores" para leste da área, delimitando uma anomalia positiva coincidente com a definida pelos "factor scores" 1. A boa correlação entre os "scores" revela a atuação dos mesmos processos de distribuição dos elementos.

O mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 3 (Figura 9) apresentou uma distribuição menos regular, marcada pela orientação NW crescentes das curvas dos "scores", na parte sul da área. Ao norte da área predominou os "scores" negativos, mostrando uma clara tendência decrescente no sentido norte, que definiram uma anomalia negativa marcada pelos "scores" inferiores a -1.8 udp. Uma anomalia positiva foi determinada na parte leste

da área coincidente com as anomalias definidas pelos fatores 1 e 2.

Para o fator 4, os "factor scores" mostraram um tendência geral dos valores crescerem no sentido oeste da área de pesquisa, e uma sutíl orientação NW dos altos "scores" ao sul da área (Figura 10).

Os "factor scores" do fator 5 delimitaram uma zona anomalamente positiva a nordeste da área (Figura 11) e uma tendência dos valores aumentarem para sul. A configuração das curvas mostraram uma orientação preferencial na direção NW-SE paralela ao "trend" definido pelos "factor scores" do fator 3. As anomalias positivas reveladas pelos "factor scores" 1, 2 e 5 são justapostamente coincidentes com a anomalia à nordeste da área. O mesmo padrão de configuração concentrica das curvas de isovalores podem sugerir processos semelhantes de dispersão dos elementos que compoem esses fatores.

A distribuição dos "scores" do fator 6 (Figura 12) revelou uma notável concentração dos altos "scores" para Zn ao norte da área de pesquisa. As curvas mostraram um aumento brusco dos "scores" para norte. Os "scores" negativos delimitaram uma anomalia à oeste da área onde as curvas mostraram um padrão concentrico. A anomalia positiva definida pelo "factor score" 6 é coincidente com a anomalia negativa do "factor score" 3.

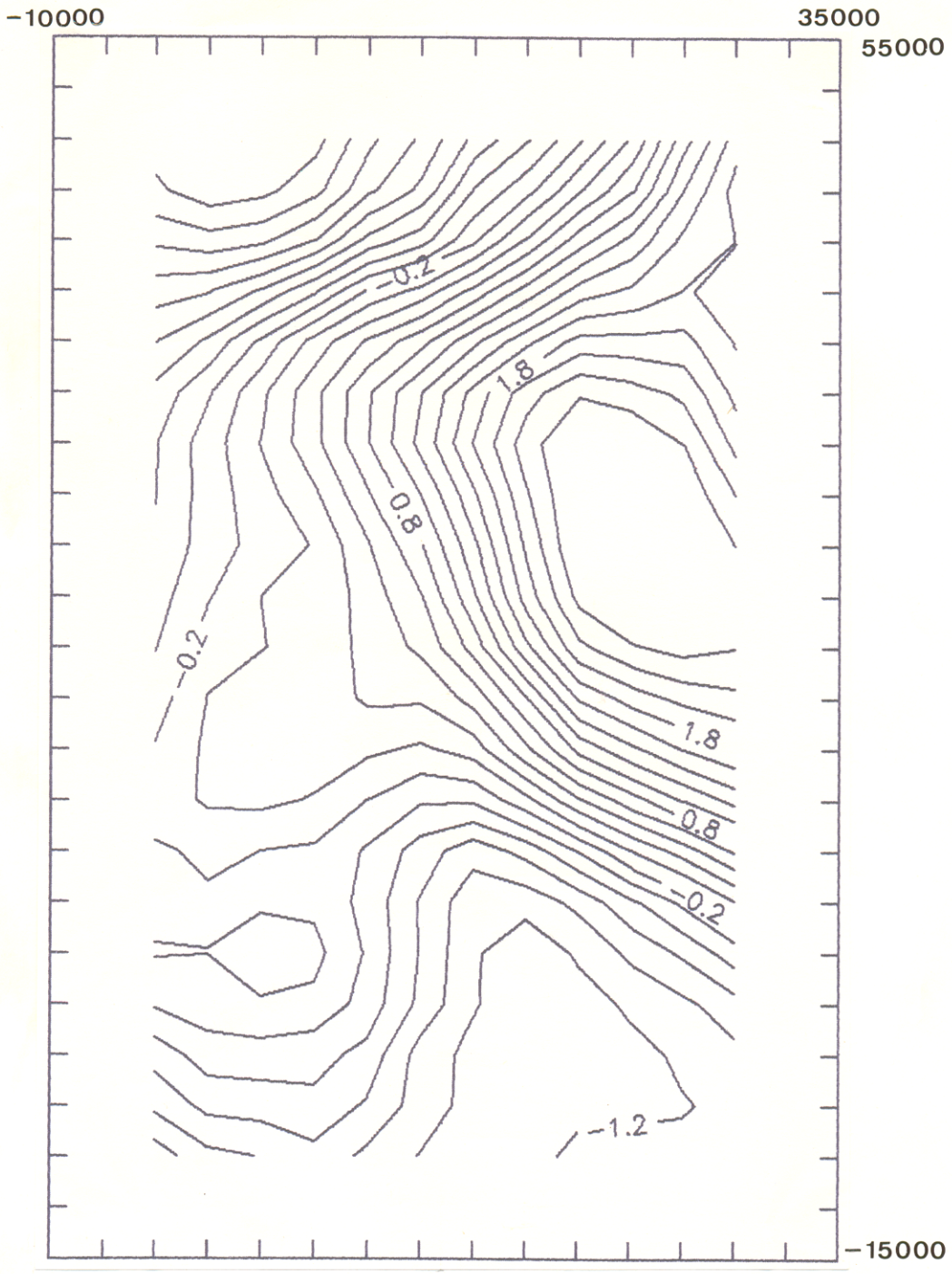


Figura 7. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 1 para as variáveis Fe_2O_3 + Ni + Cr + V + TiO_2.

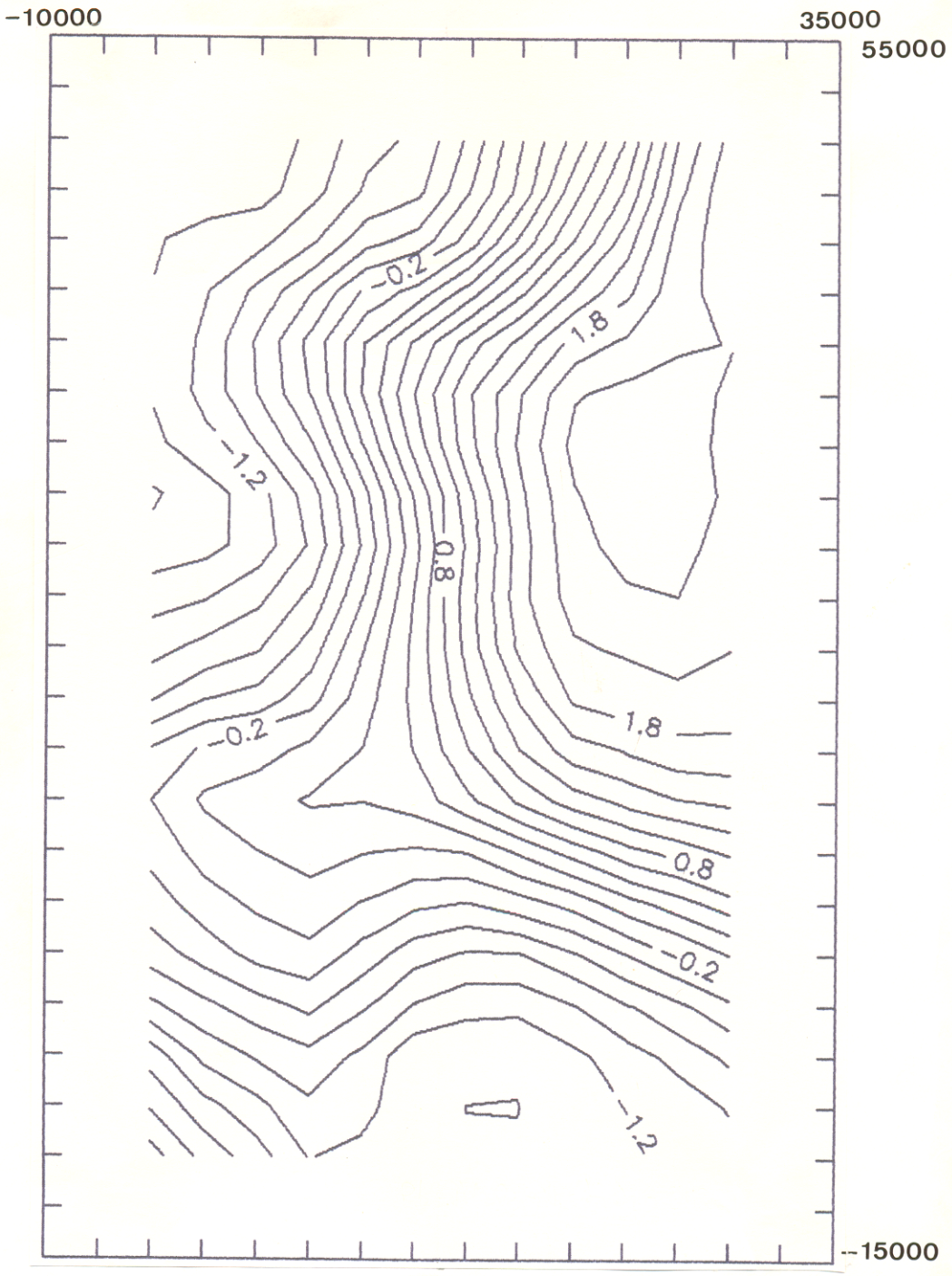


Figura 8. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 2 para as variáveis $Pb + Al_2O_3 + V + TiO_2 - SiO_2$.

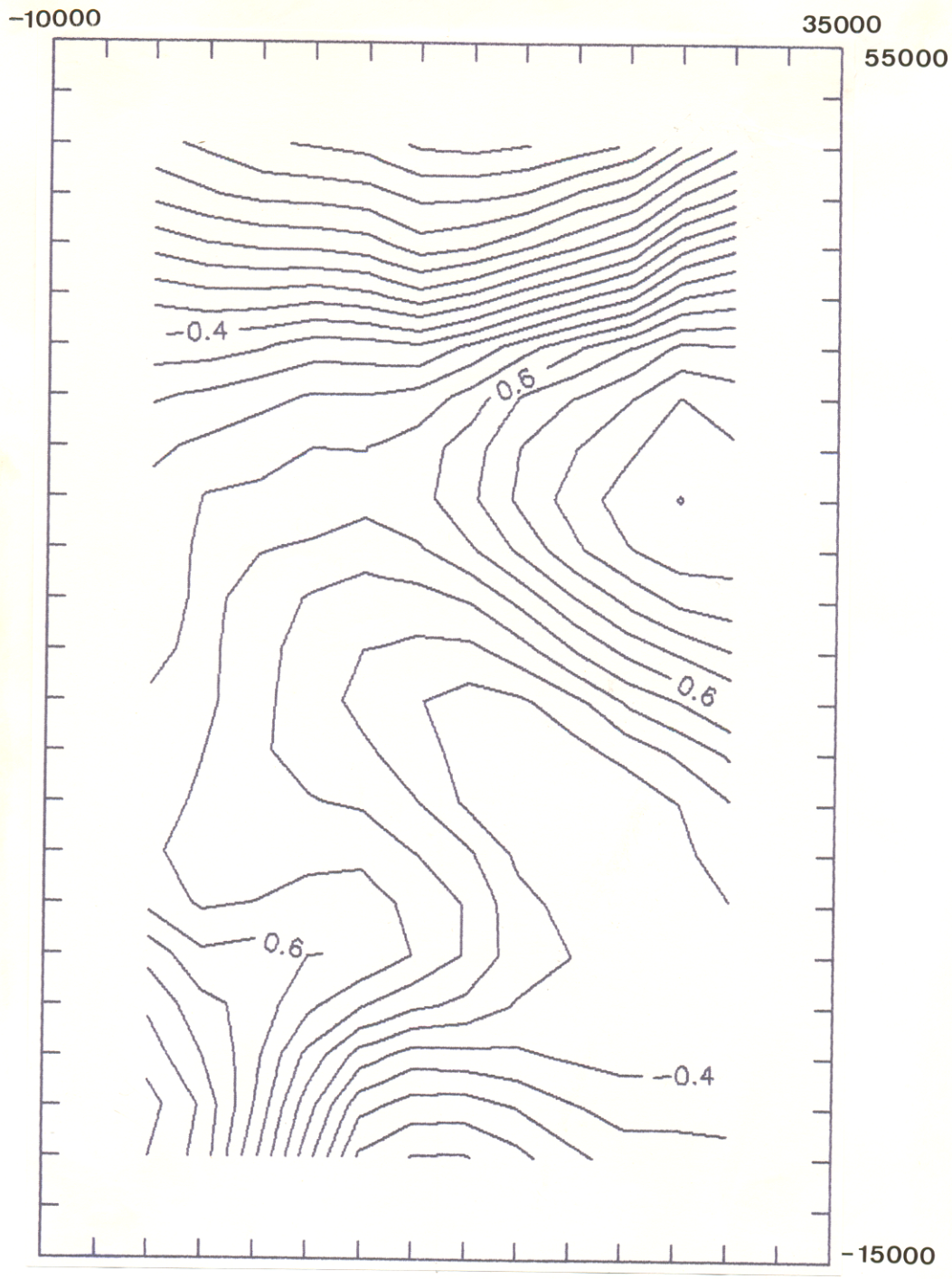


Figura 9. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 3 para as variáveis Y + Zr + La + TiO_2.

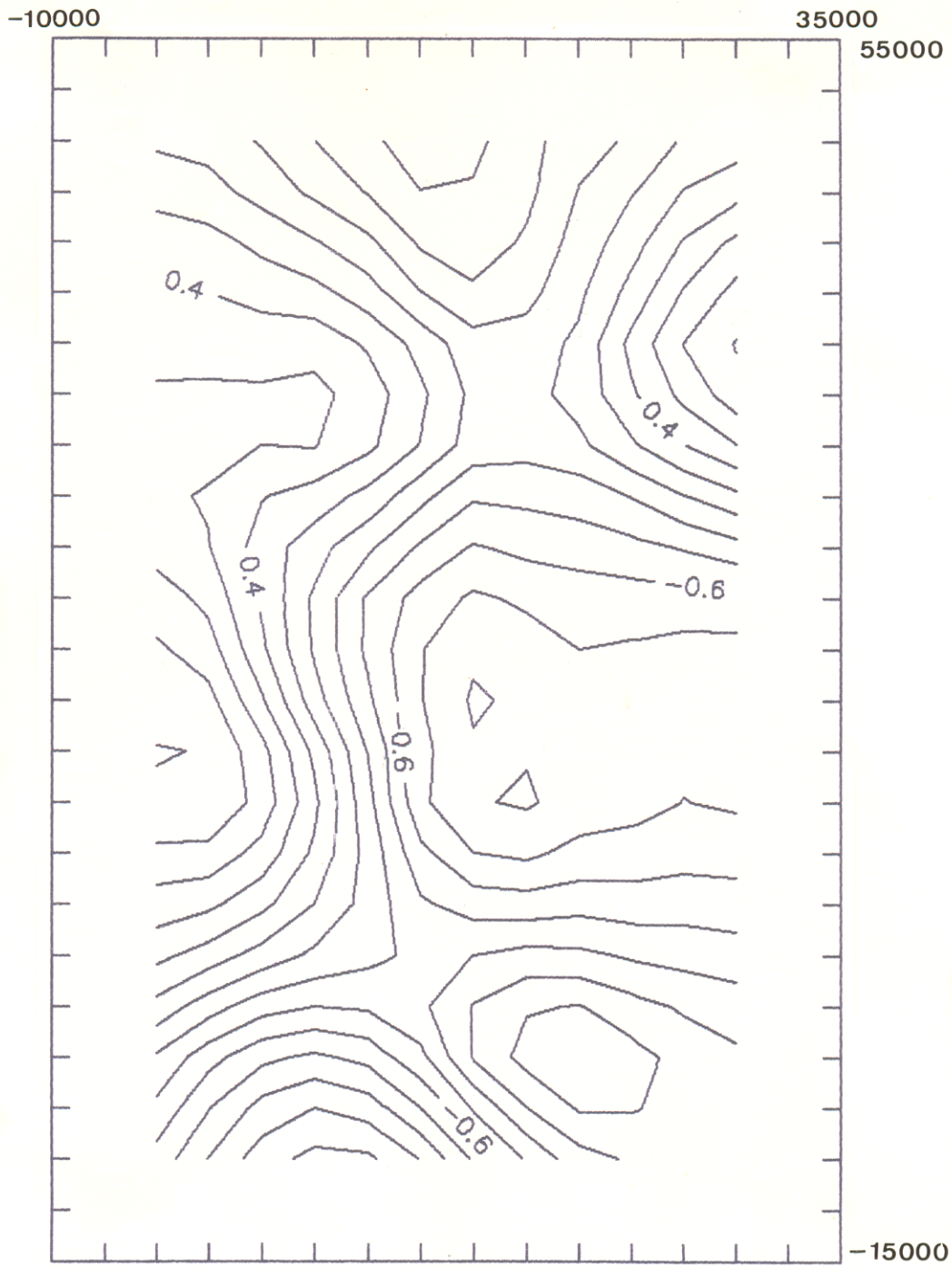


Figura 10. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 4 para as variáveis Sr + Ba.

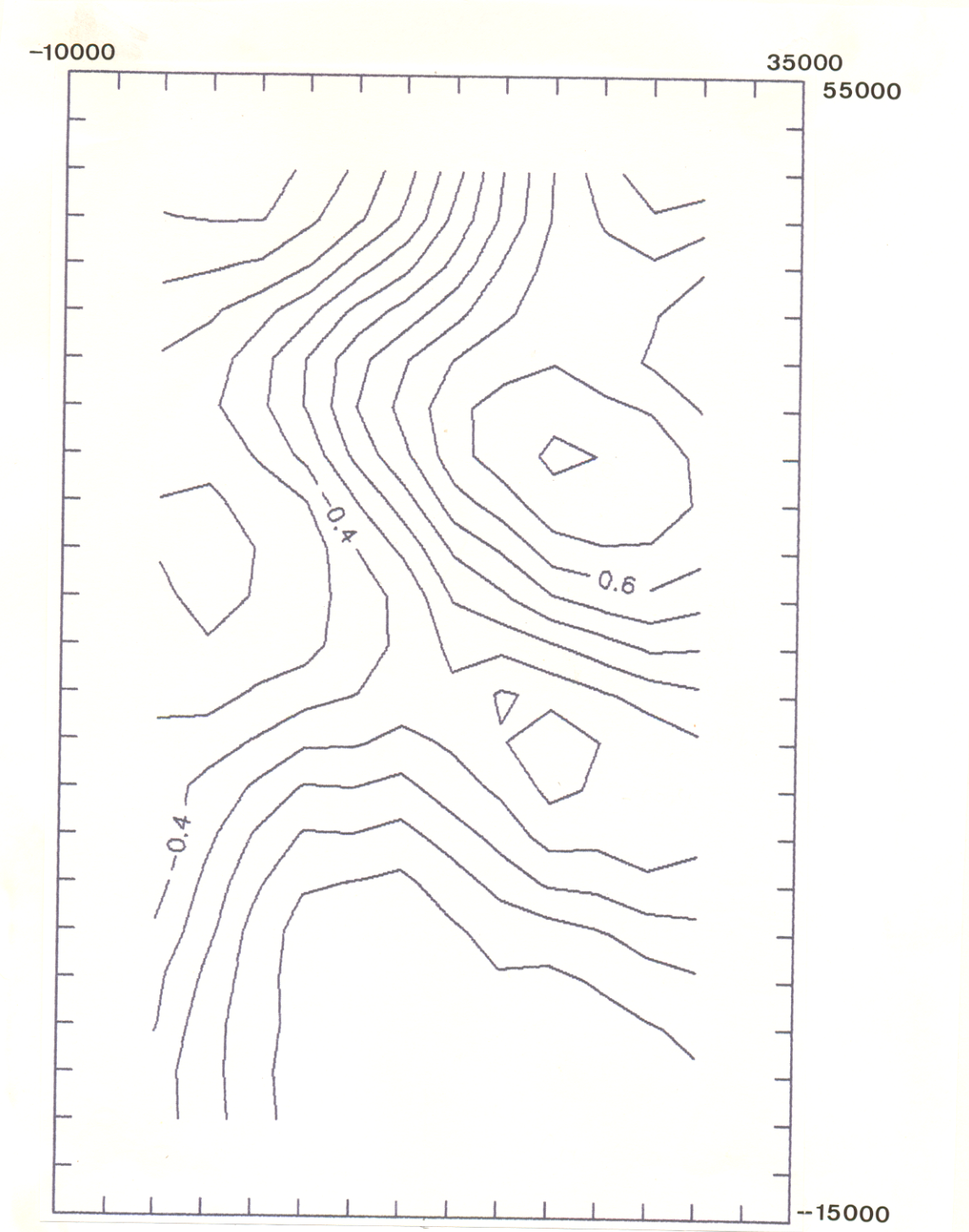


Figura 11. Mapa de distribução dos "factor scores" do fator 5 para as variáveis Cu + Co.

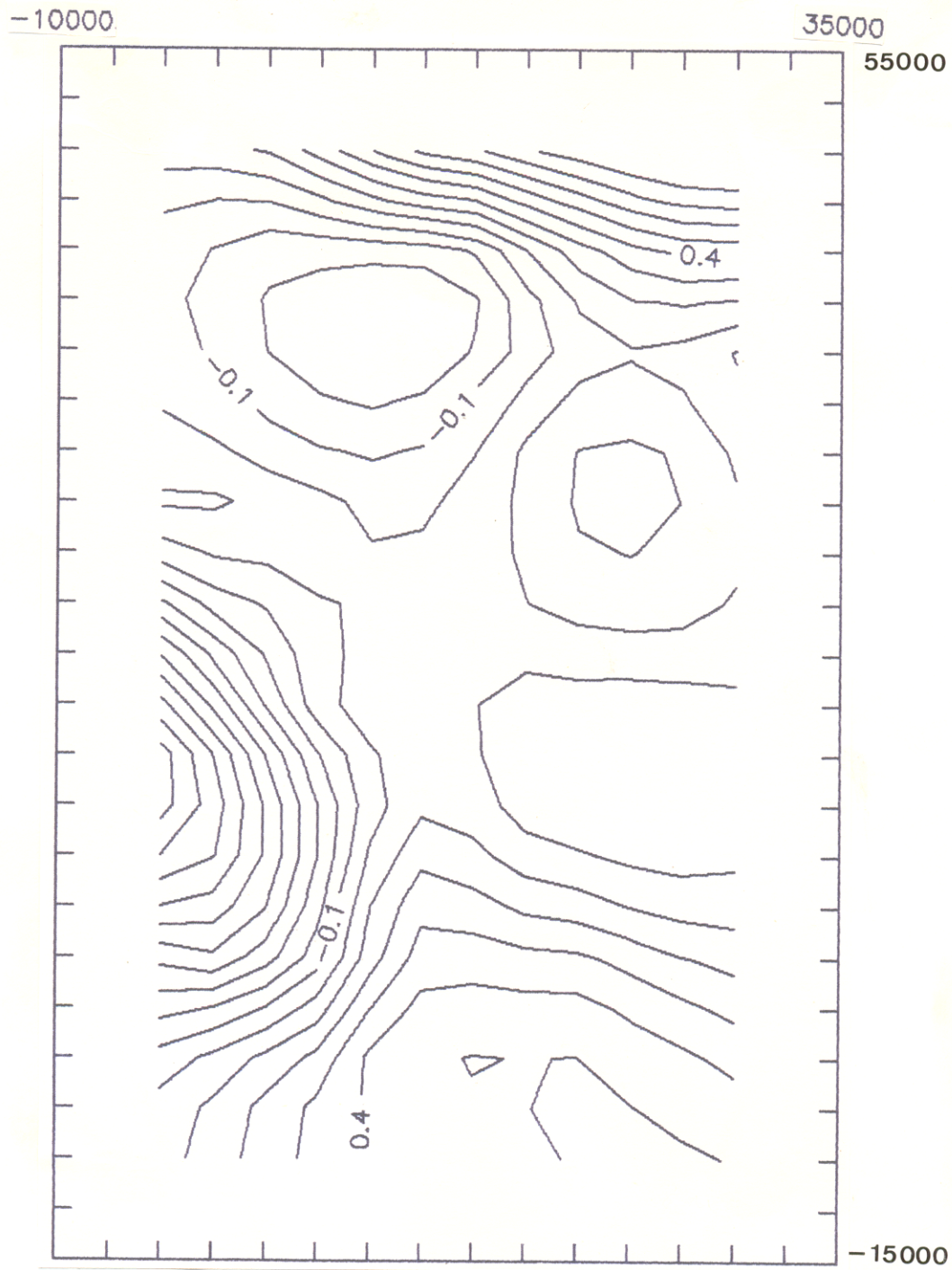


Figura 12. Mapa de distribuição dos "factor scores" do fator 6 para a variável Zn.

4.4 APLICAÇÃO DA ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS

Na aplicação da análise de agrupamentos (modo-Q) em solo, foi obedecida a sistemática de Parks (1966), que consistiu em:

1) extrair os coeficientes de correlação de todos os pares de variáveis;

2) identificar os pares de variáveis de alta correlação; e

3) selecionar as variáveis não correlacionáveis para o cálculo da matriz de similaridades entre os objetos.

Para efeito de padronização foram utilizados dados logarítimicos na obtenção da matriz de correlação (Anexo B). Os pares de variáveis correlacionáveis foram: Fe_2O_3-V (r = 0.89), TiO_2-V (r = 0.72), MnO-TiO_2 (r = 0.73), Al_2O_3-Fe_2O_3 (r = 0.69), Fe_2O_3-TiO_2 (r = 0.67), La-Sr (r = 0.63), SiO_2-Zr (r = 0.63), Al_2O_3-V (r = 0.58), Cr-V (r = 0.56), Cr-Fe_2O_3 (r = 0.52) e La-Y (r = 0.52).

Utilizou-se o procedimento CLUSTER e as opções do método AVERAGE para distâncias não quadradas (NONSQUARE) do pacote estatístico SAS. Seguindo a sistemática mencionada acima, após a identificação das variáveis correlacionáveis (r) 0.50), selecionaram-se as variáveis Ba, Cr, Co, Pb, TiO_2, Zn e Zr para o cálculo dos coeficientes de distância. As variáveis selecionadas apresentaram distribuições regulares de padrão lognormal. O procedimento de análise da matriz de correlação evitou a aplicação do método no modo-R, ou seja, de identificar grupos de variáveis correlacionáveis pelo método de agrupamentos. Os pares

de objetos de alta similaridades, extraidos da matriz de distâncias (ou similaridades), foram agrupados hierarquicamente e representados pelo diagrama de árvore ou dendrograma.

A análise do dendrograma permitiu definir 6 grupos ou agrupamentos de amostras denominados 1, 2, 3, 4, 5, e 6. Para identificar possíveis associações geológicas e correspondências com processos geoquímicos-geológicos, procurou-se delimitar os grupos em mapa, através da identificação e localização das amostras na malha de pesquisa. Como resultado, obtiveram-se várias concentrações de amostras que delimitaram áreas geográficamente próximas para cada grupo (Figura 13). As amostras que não formaram áreas geográficamente afins e de distribuição aleatória não foram consideradas na interpretação dos grupos. O mapa dos grupos mostra uma notável tendência das áreas alinharem-se segundo a direção NW-SE. Esse comportamento pode refletir o embasamento intensamente afetado pela tectônica regional.

A caracterização dos grupos foi definida pelos parâmentros estatísticos de média e desvio padrão das variáveis, tomados das amostras que compõem os respectivos grupos (Tabela 7). As observações tomadas na tabela permitiram extrair as variáveis que mais se destacaram nos grupos, através dos valores (altos ou baixos) das médias.

4.4.1 Agrupamentos de Amostras

Os seis grupos apresentaram uma distribuição geográfica

significativa e associações químicas representativas.

O grupo 1 concentrou-se preferencialmente na parte oeste da área de pesquisa, ao longo do rio Araguari (Figura 13). Foram definidas 4 áreas isoladas e orientadas segundo as direções NW-SE, N-S e NE-SW. As variações significativas dos elementos químicos nesse grupo corresponderam aos teores médios altos de Zr (1118.71 ppm) e SiO_2 (28.03 %), e baixos de Co (9.67 ppm) e Pb (96.97 ppm), quando comparados com os outros grupos.

O grupo 2 ocorre como grupo de maior distribuição areal, preferencialmente no médio-alto curso dos rios Tajaui e Mutum. Os teores médios dos elementos não apresentaram variações significativas para a caracterização do grupo.

O grupo 3 ocorre como pequenas áreas espalhadas e dispostas preferencialmente ao longo do "trend" NW-SE. Os elementos Be, La, Sr e Y apresentaram teores médios relativamente superiores aos dos outros grupos.

O grupo 4 ocorre no rio Araguari e Mutum, na forma de áreas com orientação NW-SE e NE-SW. O teor baixo para Zn (48.74 ppm) caracteriza essa unidade.

O grupo 5 ocorre isoladamente na cabeceira do rio Tajaui, parte NE da área de pesquisa. O elemento Zn destaca-se pelo teor médio elevado (481.65 ppm), comparado com os outros grupos, seguido pelo Pb (191.94 ppm), Co (51.55 ppm) e Cr (73.05 ppm).

O grupo 6 ocorre no alto rio Mutum e na parte sul da área de pesquisa. O bário destacou-se pelo teor médio de 384.22 ppm

e uma distribuição extremamente irregular. O elevado valor do desvio padrão mostra essa irregularidade que é acompanhada por valores anomalamente altos para o elemento em solo. Esses valores anomalos podem indicar zonas potencialmente interessantes e favoráveis à mineralizações primárias.

TABELA 7. PARAMETROS ESTATÍSTICOS DOS GRUPOS DE AMOSTRAS EXTRAIDOS DA ANÁLISE DE AGUPAMENTOS.

ELEMENTO QUÍMICO	GRUPO 1 (n = 76)		GRUPO 2 (n = 350)		GRUPO 3 (n = 97)		GRUPO 4 (n = 94)		GRUPO 5 (n = 44)		GRUPO 6 (n =166)	
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
Al_2O_3	17.70	30.09	10.94	2.70	12.60	2.64	12.18	2.56	12.26	3.08	10.23	3.22
Ba	84.47	59.60	42.09	58.04	103.38	52.59	61.45	30.95	44.00	24.58	384.22	986.05
Be	0.54	0.13	0.56	0.21	0.63	0.22	0.58	0.19	0.59	0.39	0.55	0.15
CaO	0.03	0.01	0.02	0.01	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01
Ce	52.61	50.10	40.54	31.82	67.55	87.18	44.00	30.25	53.24	32.72	47.72	39.69
Co	9.67	9.22	21.92	22.05	24.05	9.42	31.79	25.34	51.55	15.02	21.89	27.13
Cr	64.49	53.15	58.19	33.19	56.47	26.66	50.15	15.89	73.05	54.31	60.95	41.88
Cu	31.31	43.32	49.43	58.43	48.24	34.32	46.91	72.26	41.15	31.80	38.77	47.49
Fe_2O_3	4.34	2.63	4.49	2.26	4.74	2.23	3.92	1.85	4.41	2.10	4.38	2.78
K_2O	0.18	0.16	0.19	0.09	0.19	0.13	0.17	0.14	0.06	0.04	0.11	0.12
La	29.93	23.58	20.27	12.77	44.17	27.26	23.30	14.72	26.27	15.01	18.01	15.76
Li	10.70	28.74	10.96	11.73	12.49	19.00	12.32	16.60	4.77	4.03	7.01	9.32
MgO	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01
MnO	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
P_2O_5	0.03	0.02	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
Pb	96.97	46.65	109.24	39.48	115.02	51.18	121.61	62.64	191.94	52.47	55.39	56.70
SiO_2	28.03	6.23	24.89	6.37	26.22	5.19	27.19	5.15	27.92	5.68	26.61	7.34
Sr	30.44	17.39	15.83	11.29	36.48	20.62	31.37	16.96	18.25	12.56	14.34	14.49
TiO_2	0.65	0.33	0.73	0.40	0.72	0.32	0.61	0.30	0.76	0.32	0.69	0.40
V	103.58	69.36	120.43	79.58	111.29	59.32	102.23	61.93	118.61	72.87	110.96	71.65
Y	6.72	4.04	5.99	3.69	7.91	3.61	5.15	2.28	6.62	4.87	5.99	5.01
Zn	114.35	66.23	120.12	45.97	160.76	47.25	48.74	20.69	481.65	183.00	107.49	78.09
Zr	1118.71	587.74	799.19	325.89	1029.84	453.20	1079.12	413.37	1016.99	262.06	929.64	410.23

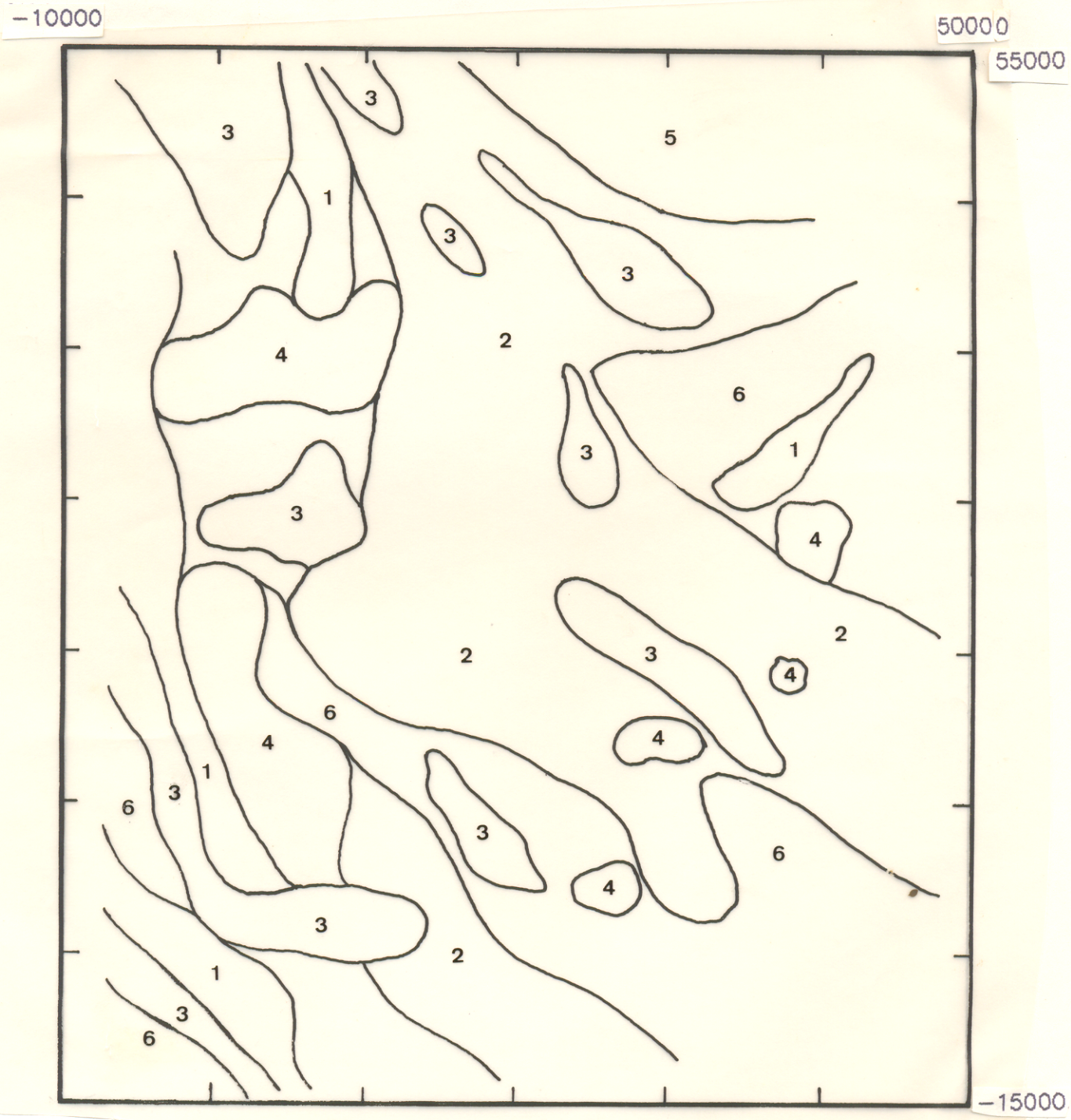


Figura 13. Mapa de localização dos grupos de amostras.

4.4.2 Mapeamento Geoquímico dos Agrupamentos

As variáveis químicas que se destacaram pelos altos e baixos valores de média nos grupos foram utilizadas na elaboração de mapas geoquímicos, com a finalidade de representar as variações regionais dos grupos de amostras. Deste modo, foram montadas equações para os respectivos grupos:

Grupo 1 = (Zr * SiO_2) / (Co * Pb)

Grupo 3 = Be * La * Sr * Y

Grupo 4 = 1 / Zn

Grupo 5 = Zn * Pb * Co * Cr

Grupo 6 = Ba

Na fórmula do grupo 1 foram utilizadas as variáveis Zr, SiO_2, Co e Pb, sendo que as duas últimas no denominador. O grupo 2 não foi representado por apresentar valores médios das variáveis dentro do intervalo de variação dos grupos. No grupo 3 utilizaram-se os elementos Be, La, Sr e Y devido seus valores médios significativos. O grupo 4 correspondeu a ausência de Zn, sendo portanto representada a razão inversa. O grupo 5 incorporou os elementos Zn, Pb, Co e Cr por apresentarem valores médios elevados. O grupo 6 foi representado pelos teores médios altos do elemento bário.

Os mapas geoquímicos foram confeccionados através dos contornos dos isovalores (isolinhas) obtidos da equações

referidas nos parágrafos anteriores.

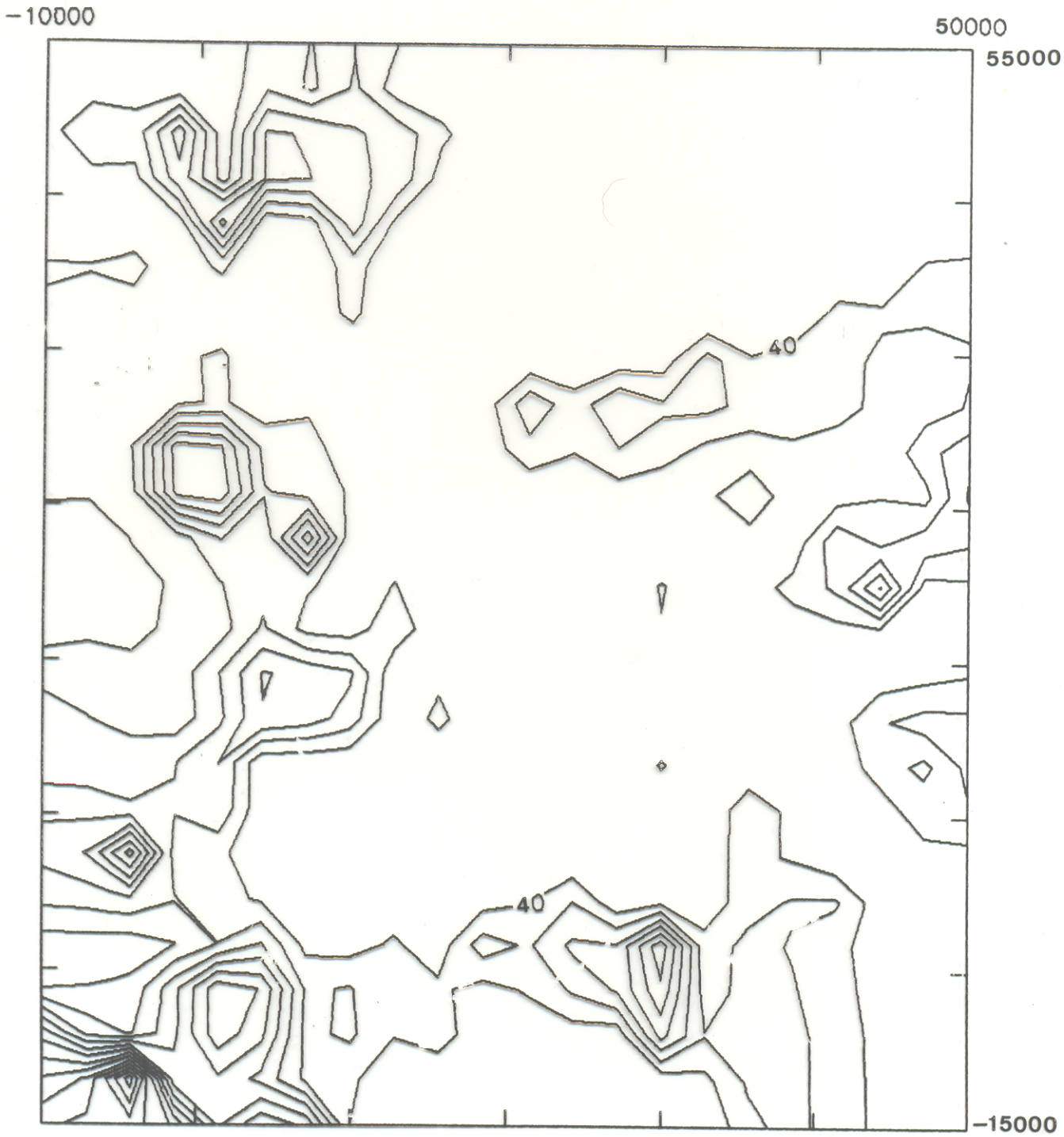
O mapa geoquímico do grupo 1 (Figura 14) mostrou uma predominância dos altos valores na parte oeste, sul e leste da área de pesquisa. As coincidências das curvas de isovalores com asd áreas de predominancia do grupo 1 mostra uma tendência indicativa do embasamento caracterizado pela associação Zr-SiO_2.

O mapa gegoquímico para o grupo 3 (Figura 15) mostrou algumas concentrações coincidentes com as definidas pelos agrupamentos das amostras. As zonas geoquímicamente anômalas para esse grupo poderão corresponder a presença e acúmulo de minerais resistatos no solo caracterizados pela associação Be-La-Sr-Y.

O grupo 4 definiu no mapa geoquímico (Figura 16) anomalias negativas para Zn. Foram constatadas as quase perfeitas coincidências das anomalias com o mapa de localização dos agrupamentos das amostras. As anomalias foram caracterizadas pelo empobrecimento de Zn, em solo, que não podem ser explicadas ao nível de conhecimento geológico da área.

O mapa gegoquímico para o grupo 5 ao contrário do mapa anterior, apresentou anomalia positiva para Zn, Pb, Co e Cr localizada na parte nordeste da área de pesquisa (Figura 17). A anomalia foi perfeitamente coincidente com a zona definida pelo grupo 5 no mapa de localização dos agrupamentos. Essa correspondência pode sugerir a presença de mineralizações sulfetadas.

O grupo 6 mostrou no mapa geoquímico (Figura 18) uma perfeita correspondência com o mapa de agrupamentos. O "trend" NW-SE definido para Ba poderá representar um domínio litológico específico controlado pela estruturação regional.


−10000
50000
55000
40
40
−15000

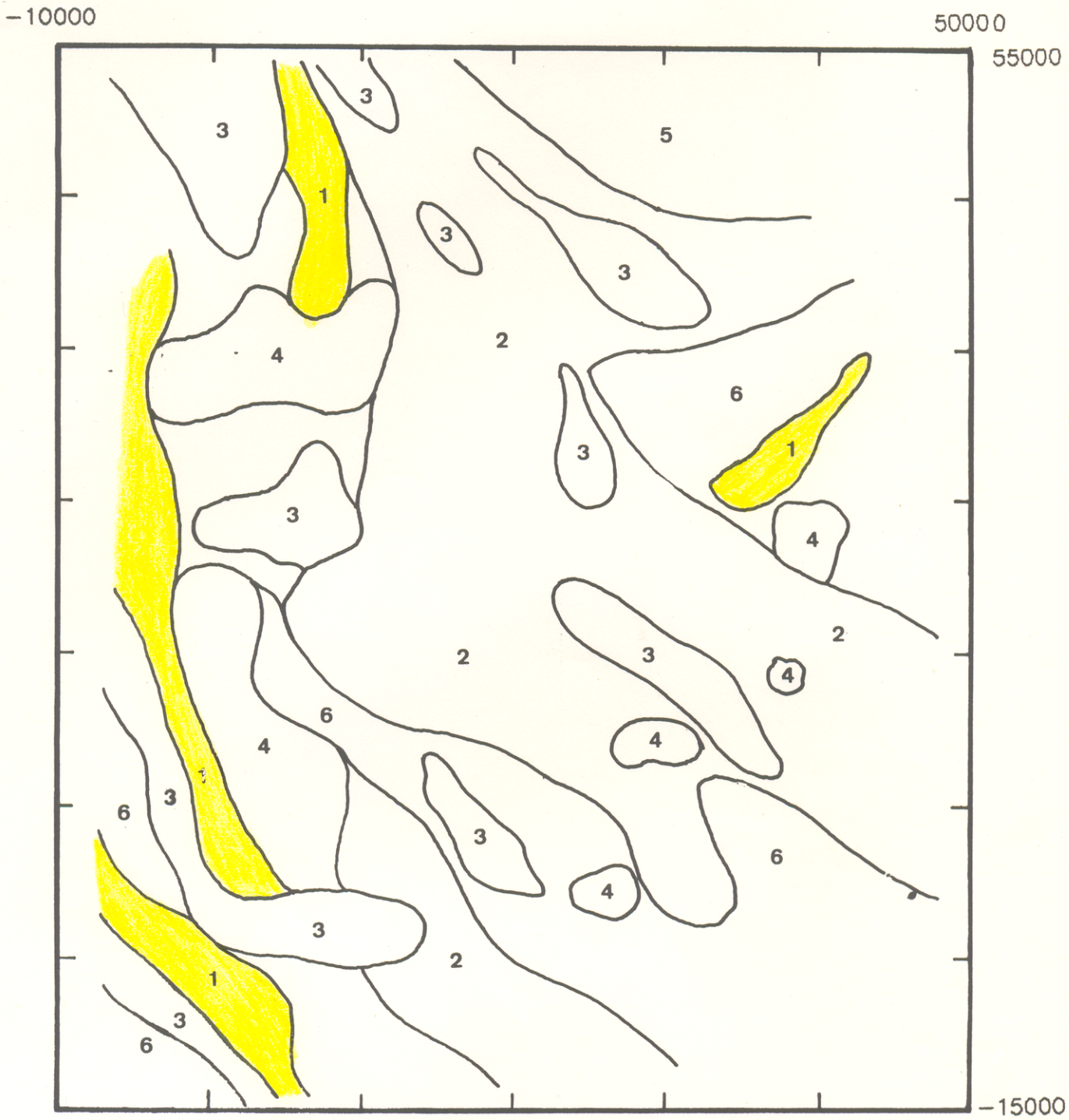
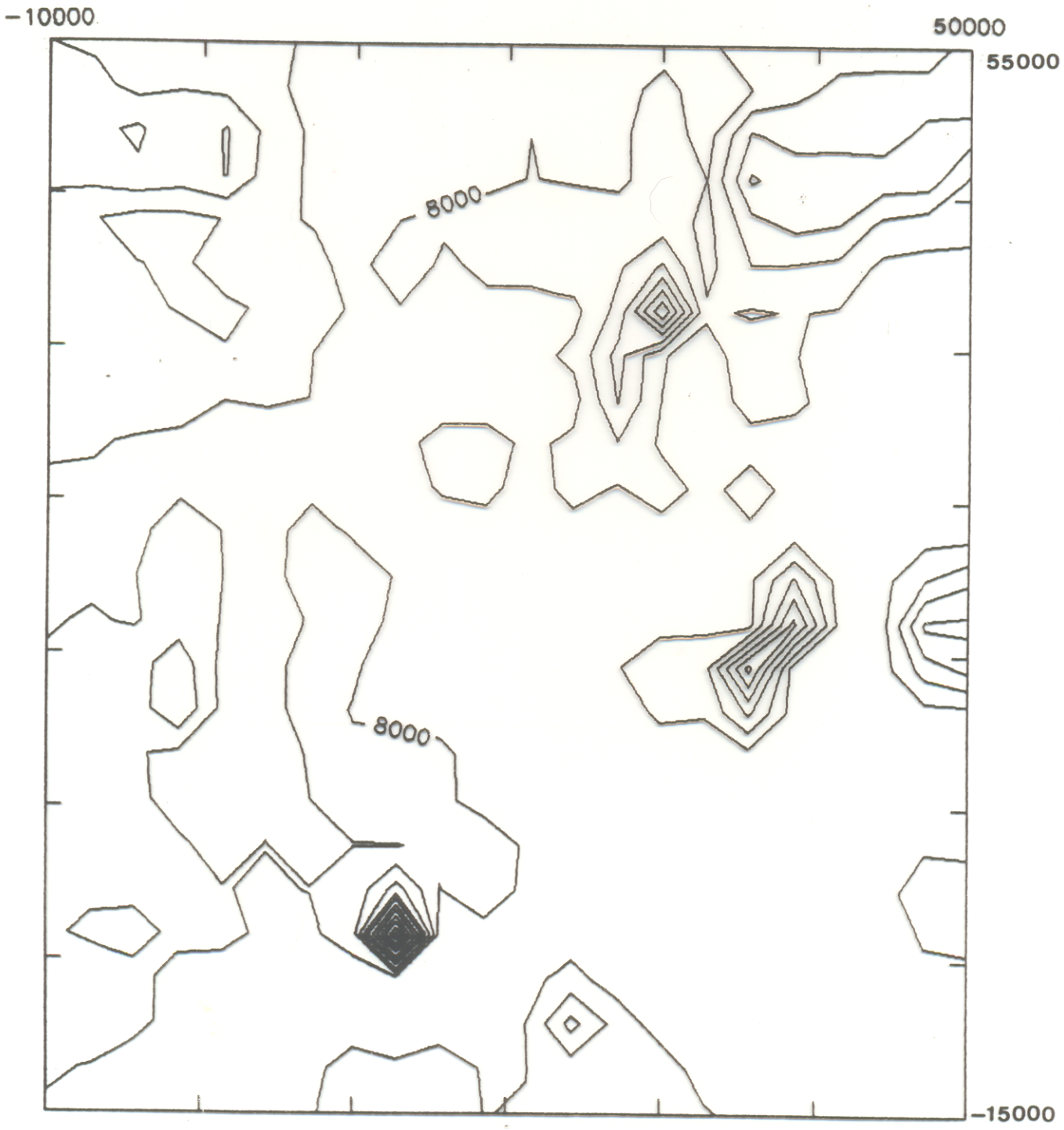


Figura 14. Mapa geoquímico para o grupo 1 elaborado pela equação: $(Zr * SiO_2) / (Co * Pb)$.


-10000
50000
55000
8000
8000
-15000

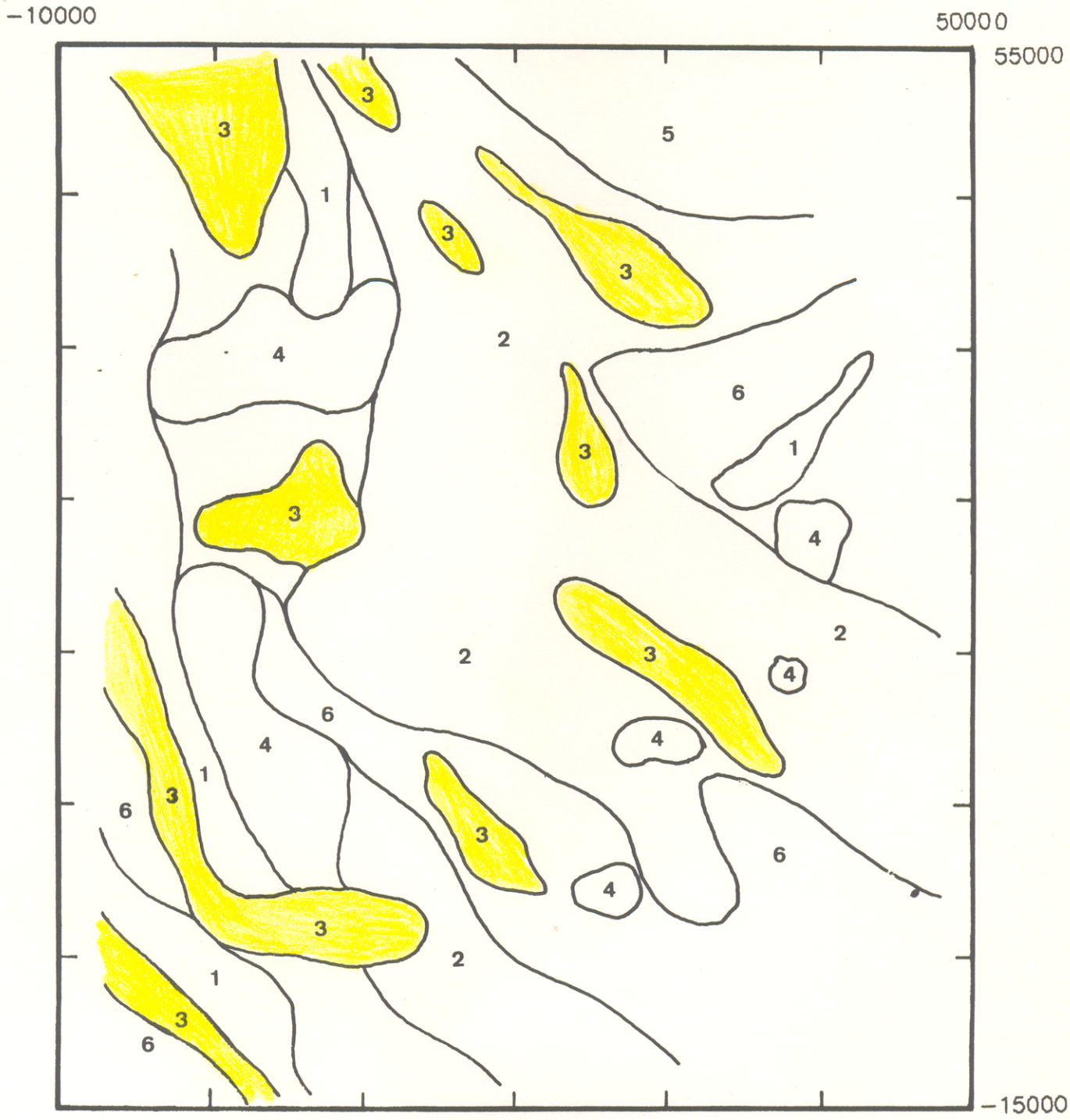
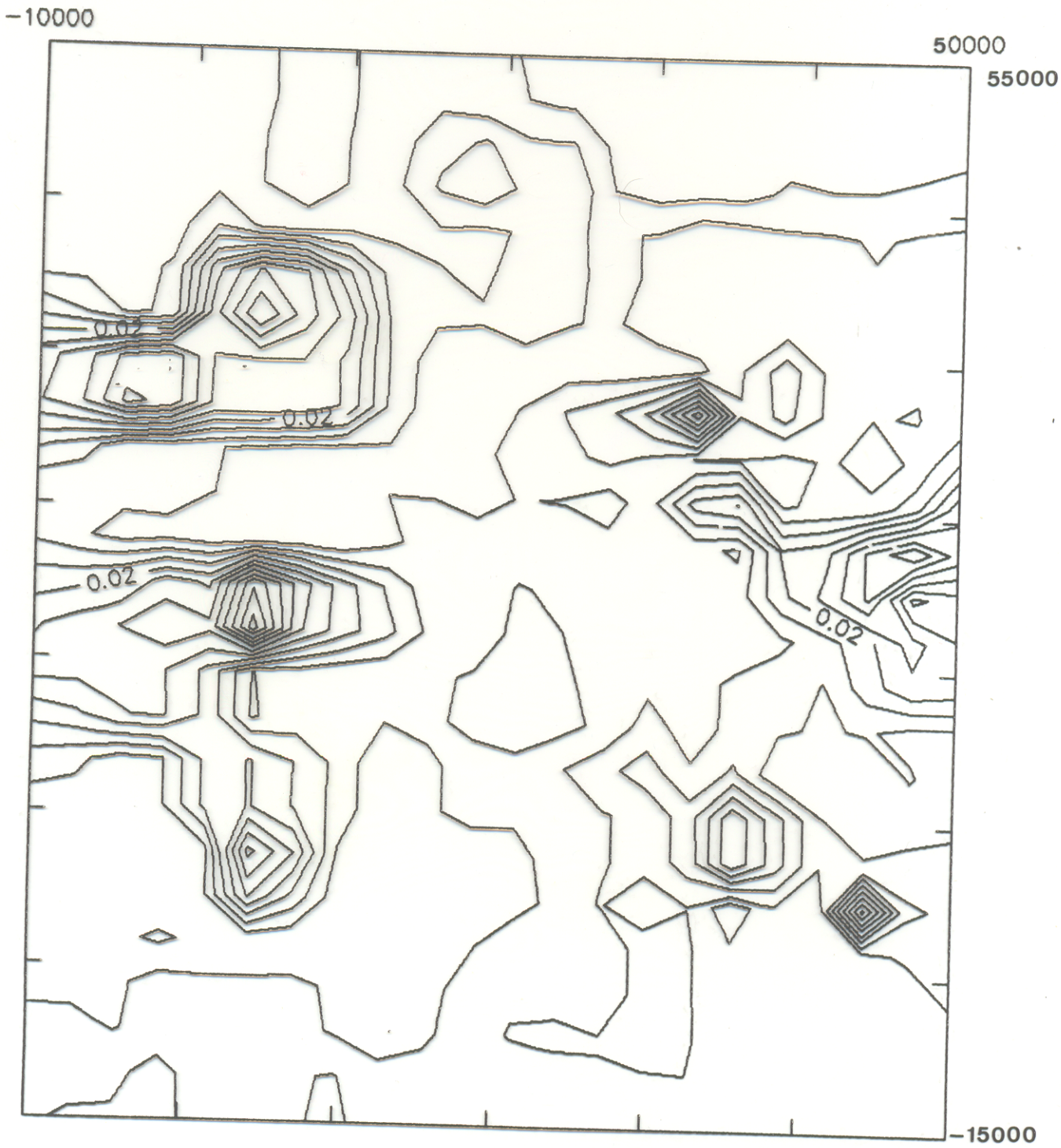


Figura 15. Mapa geoquímico para o grupo 3 elaborado pela equação : Be * La * Sr * Y.


−10000
50000
55000
0.02
0.02
0.02
0.02
−15000

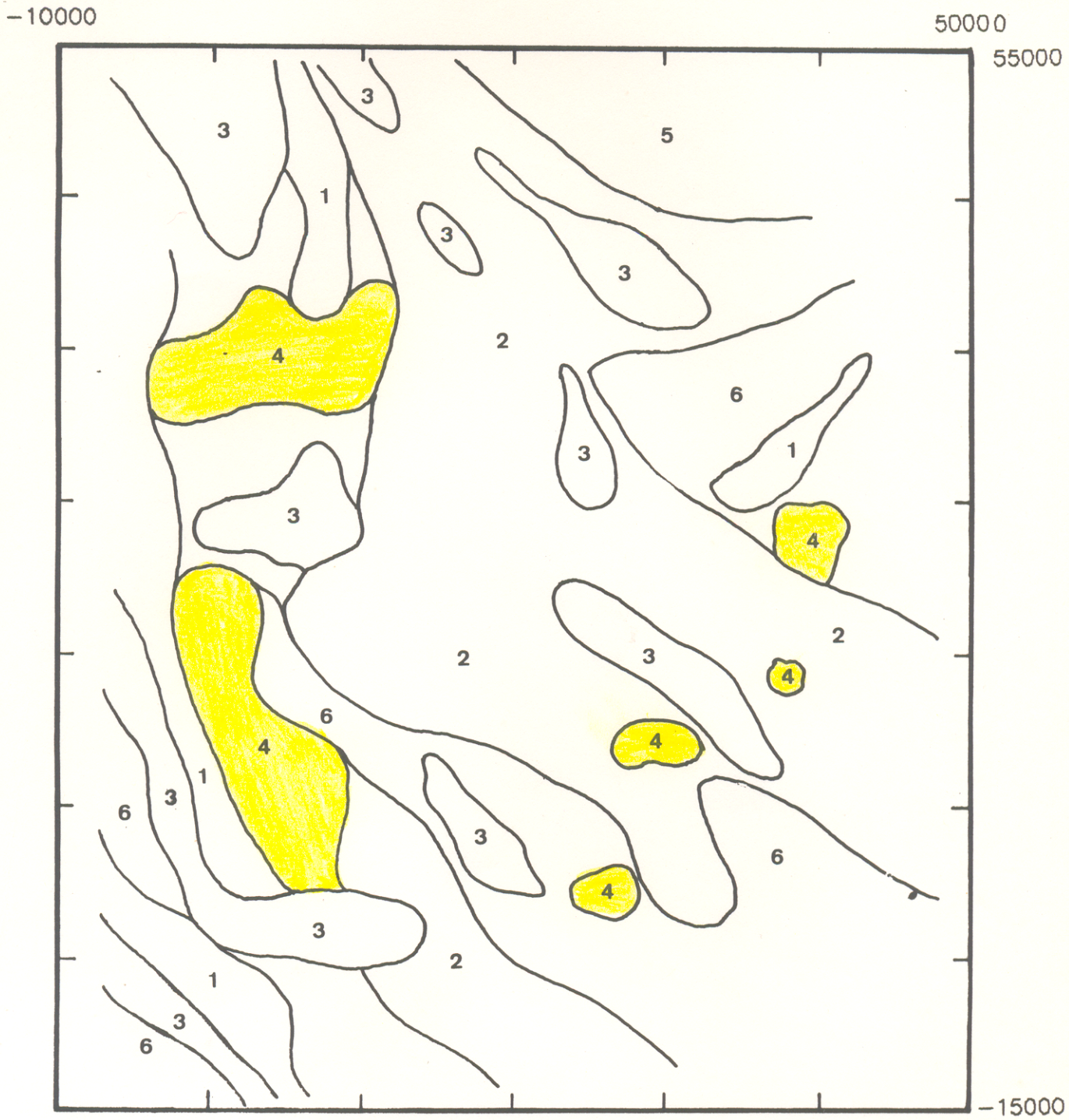
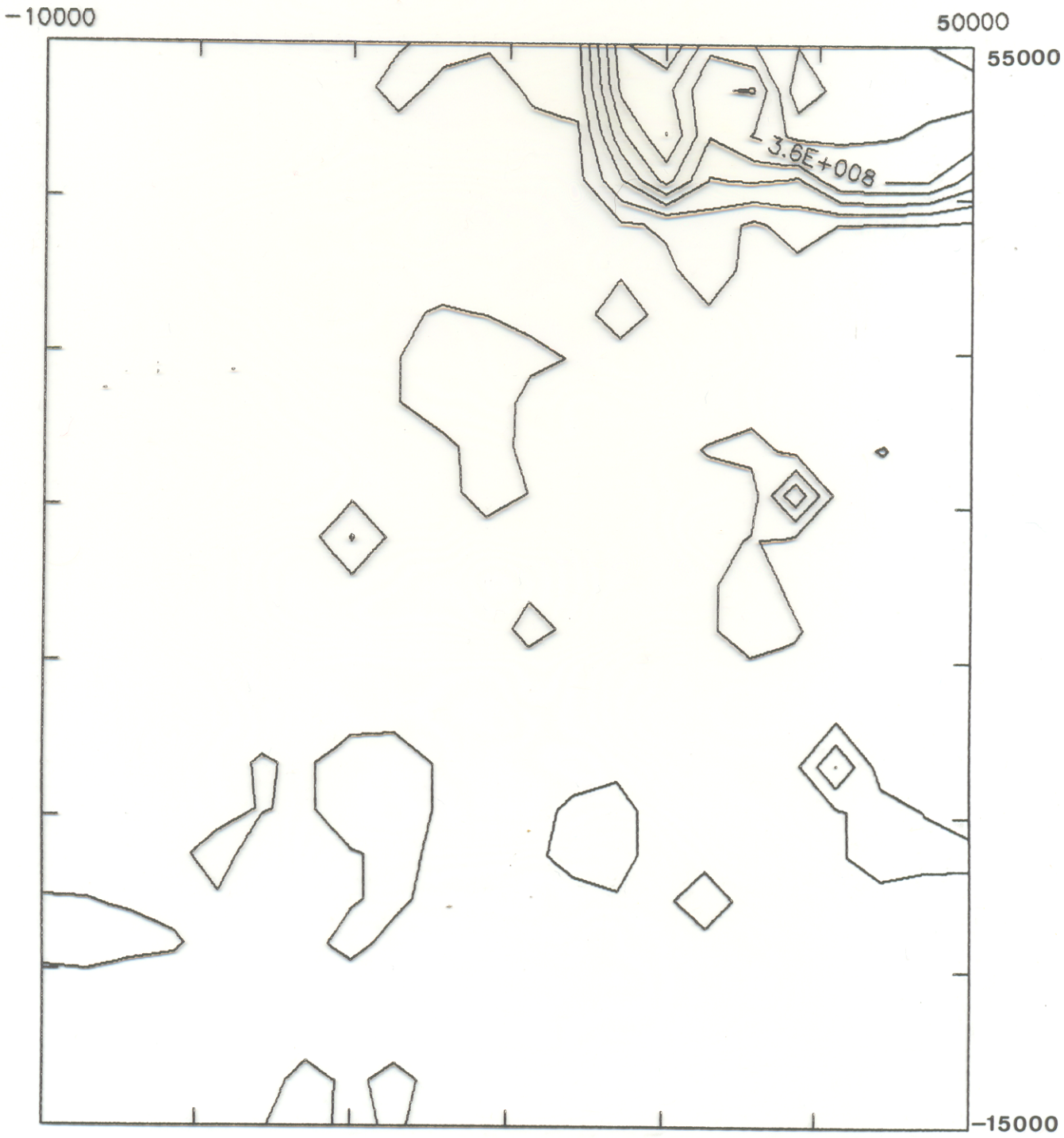


Figura 16. Mapa geoquímico para o grupo 4 elaborado pela equação: 1 / Zn.


−10000
50000
55000
3.6E+008
−15000

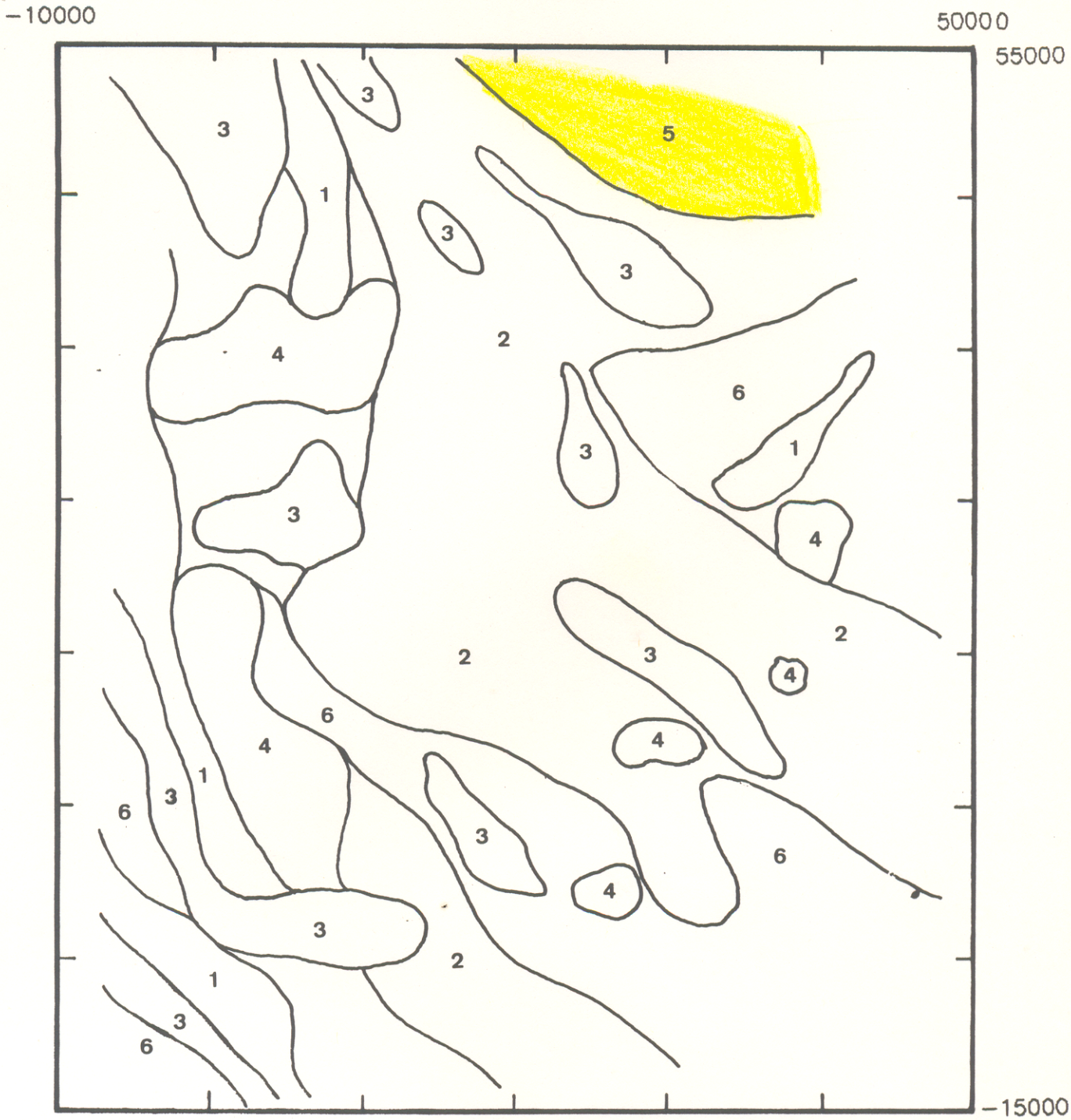
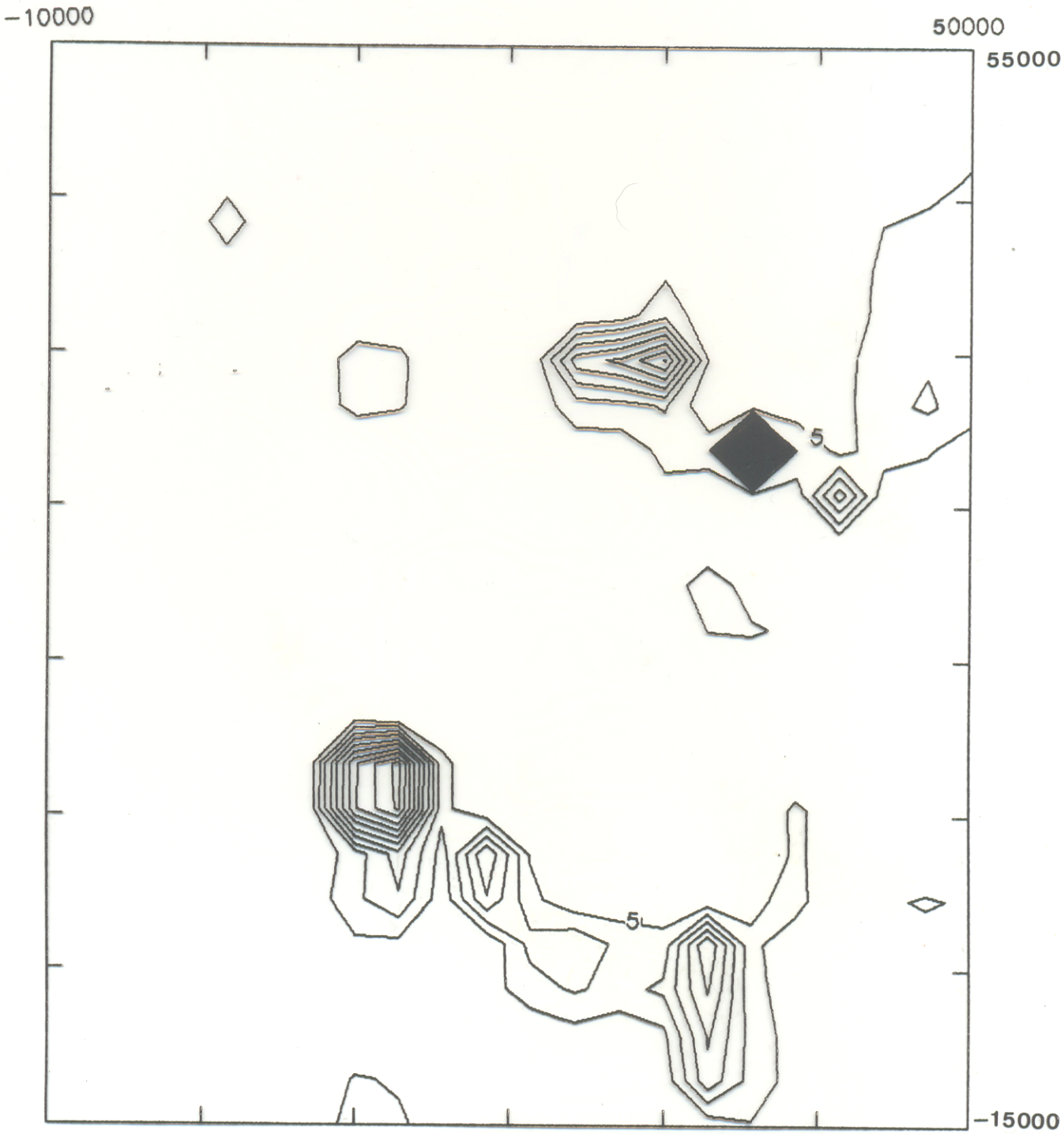


Figura 17. Mapa geoquímico para o grupo 5 elaborado pela equação: Zn * Pb * Co * Cr.


-10000
50000
55000
5
5
-15000

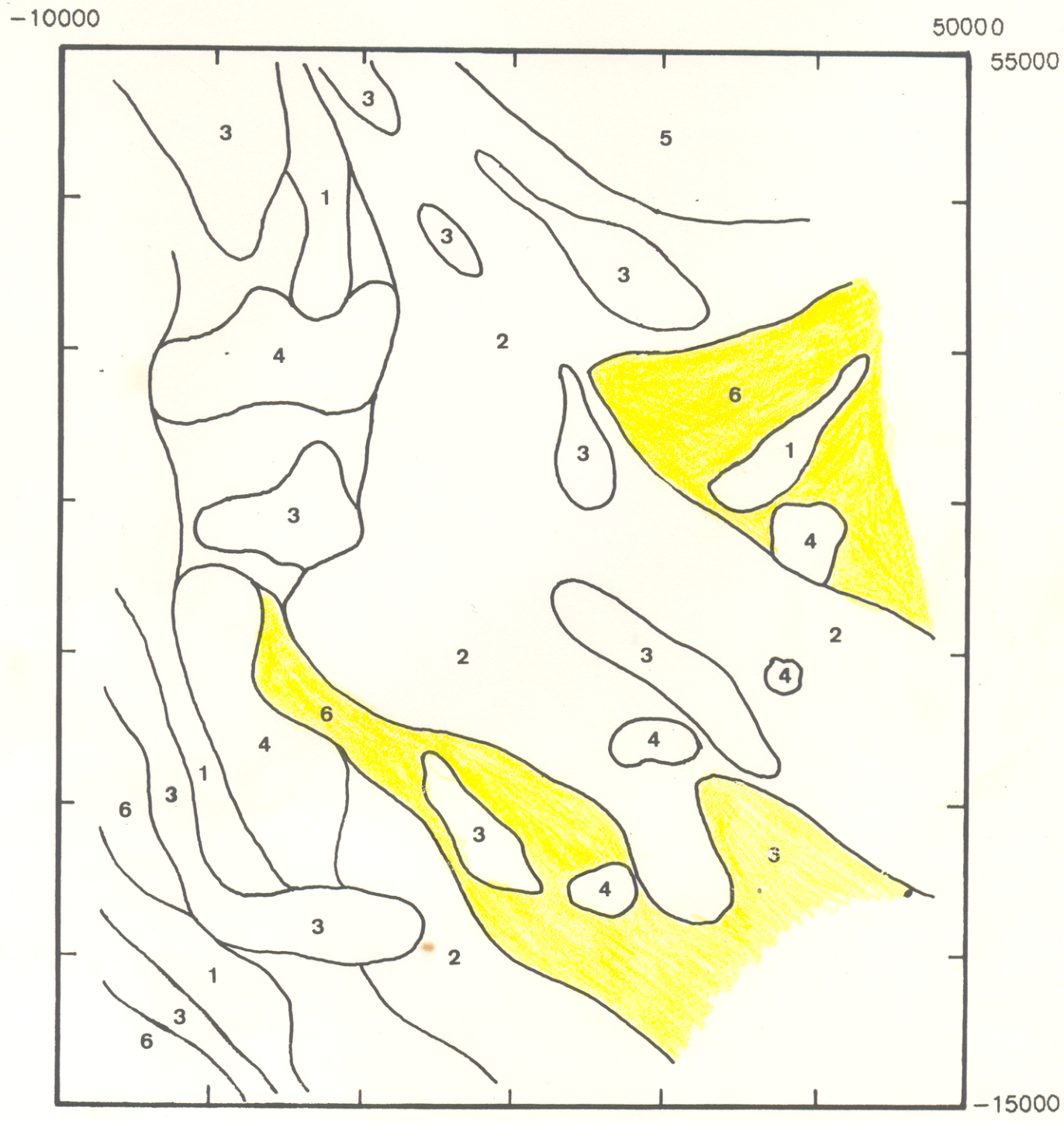


Figura 18. Mapa geoquímico para o grupo 6 representado pela variável Ba.

5. INTEGRAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS PELOS MÉTODOS ESTATÍSTICOS

A integração dos resultados obtidos para solo e sedimento ativo de corrente, pela aplicação dos métodos de "cluster" e fatorial, resultou da comparação dos mapas de distribuição dos agrupamentos, dos "factor scores" e dos mapas geoquímicos dos grupos em solo, que revelaram algumas feições de destaque que mereceram algumas considerações.

Numa primeira avaliação dos mapas observa-se uma tendência geral das curvas alinharem-se preferencialmente na direção NW-SE. Os mapas de distribuição dos "factor scores" 3, 4 e 5 mostram nitidamente as curvas alinharem-se segundo NW-SE. Todos os agrupamentos em solo também mostram no geral essa tendência. O grupo 6 apresentou um teor médio para Ba de 384.22 ppm . O valor máximo encontrado para o bário no referido grupo foi de 9332 ppm. Esse valor é anômalo para as concentrações mais frequentes encontrados em solo. As concentrações de Ba maiores que 5.000 ppm, em solo, são relacionadas a mineralizações de barita. Frizzo (1975) considerou a associação Ba-Sr, identificada em sedimentos de corrente no domínio Oiapoque-Jari (AP), como representantes de rochas alcalinas de provável afinidade básica. Boyle (1974) considerou o Sr e Pb, entre outros metais, como bons indicadores de mineralizações de Ba em solo e sedimento. Um segundo "trend" NW-SE mais ao sul da área de pesquisa, definido pelo fator 3, foi representado pela associação de elementos litófilos (Y-Zr-La-TiO2). A comparação

visual desta faixa com a do grupo 3 mostrou a alternância de zonas orientadas dominadas pelas associações dos elementos litófilos, principalmente os terras raras, identificados no sedimento e solo. Plant et al. (1988) consideraram os elementos petrogenéticos terras raras, Y, Zr, Ti e K, Rb, Li, Ba, Sr e suas razões, importantes para fornecer informações sobre o posicionamento tectôno-estratigráfico de depósitos minerais.

O fator 6 (Zn) e grupo 5 (Zn-Pb-Co-Cr) apresentaram em comum valores extremos de Zn, acompanhado de Pb, Co, Cr e Cu. Essa associação de elementos predominantemente calcófilos sugere a ocorrência de mineralizações sulfetadas. Trabalho de reconhecimento geoquímico regional por sedimento de corrente realizado anteriormente (Frizzo,1985) revelou uma anomalia para Cu-Pb-Zn, situadas no rio Tajauí. Estudos voltados à mineralizações sulfetadas do tipo pirrotita-pirita-calcopirita-esfalerita-galena, na região da Serra do Iratapuru (Faraco et al., 1991), revelaram estreita associação desses sulfetos com rochas metavulcânicas hidrotermalizadas.

As principais associações geoquímicas definidas pelos métodos estatísticos podem não corresponder às associações primárias relacionadas ao embasamento. No ambiente secundário uma significativa porção dos elementos oriunda das fases minerais primárias é liberada, e parte é fixadas em fases minerais secundárias (óxi-hidróxidos de Fe-Al). Esse fenômeno está presente principalmente no solo e é caracterizado pelas correlações (Tabela 7) entre os elementos Fe_2O_3-Al_2O_3-TiO_2-MnO-V-Cr. No sedimento de corrente essa

associação também foi encontrada (fatores 1 e 2), e devem corresponder aos fragmentos detríticos remanescentes das fases minerais primária e secundária. A distinção entre as fases minerais só poderá ser definida pela análise mineralógica do sedimento. Do ponto de vista geoquímico, as associações de elementos de boa afinidade são utilizadas na distinção de áreas geologicamente semelhantes e de ocorrências minerais. A literatura especializada descreve diferentes situações de avaliação de dados geoquímicos em que os resultados finais foram correspondentes às unidades geológicas de maior representatividade (Armour-Brown & Nichol (1970), Nichol et al. (1970), Obrial & James (1973), Saager & Sinclair (1974), Chapman (1978), Silva (1980), Moura (1985) e Medeiros Neto (1987)).

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Dois pontos principais mereceram discussão e avaliação para a consolidação dos objetivos a que se propos este trabalho: a técnica de pesquisa, avaliada do ponto de vista do material amostrado e malha de pesquisa adotada; e os métodos estatísticos multivariados como ferramenta indispensável no tratamento de dados geoquímicos.

A ausência de um mapeamento geológico em escala adequada para área de pesquisa não permitiu uma correlação direta da geologia com os mapas de distribuição e geoquímicos montados para os fatores e agrupamentos. Essa deficiência é devida da dimensão da área, à geologia complexa e ao avançado grau de intemperismo das rochas. As amostragens geoquímicas de sedimento de corrente e solo são essencialmente técnicas de superfície que podem dar boas indicações para o reconhecimento de áreas anomalamente enriquecidas em certos elementos e mostrar claramente as diferenças químicas entre as unidades geológicas presentes. Os materias amostrados mostraram as diferenças químicas regionais através das associações de elementos extraidas pelos métodos estatísticos. O amplo intervalo entre as seções de amostragem permitiu a delimitação das zonas geoquímicamente afins.

Os métodos estatísticos multivariados buscam determinar as inter-relações entre as amostras e variáveis químicas. Os métodos de análise fatorial e de agrupamentos aplicados aos dados de sedimento e solo, respectivamente, mostraram-se

eficientes na determinação das associações químicas e grupos de amostras geoquímicamente semelhantes. Considerando a insuficiência de dados geológicos da área de pesquisa, a metodologia adotada neste trabalho forneceu subsídios básicos para futuros trabalhos de detalhe e delimitou geograficamente zonas potencialmete interessantes. Os mesmos procedimentos poderão ser utilizados na investigação preliminar de áreas regionais de geologia pouco conhecida.

O fator intemperismo mostrou forte influência na distribuição dos elementos em solo e sedimento de corrente. As associações de elementos químicos ligadas aos processos supergênicos foram discriminadas pelos métodos multivariados. Possivelmente, esses elementos poderiam ser excluidos dos cálculos estatísticos, permitindo assim que outras associações geoquímicas pudessem sobressair mais intensamente.

7. CONCLUSÕES.

A aplicação dos métodos estatitísticos multivariados em diferentes materiais da área de pesquisa apresentou resultados significativos na avaliação geoquímica regional.

As associações geoquímicas obtidas pelo método fatorial em sedimento de corrente refletiram predominantemente a composição do sedimento. A disposição dos altos e baixos "scores" devem corresponder as variações do substrato controlado pelo "trend" estrutural NW-SE. A análise de agrupamentos revelou algumas tendências dos grupos de amostras orientarem-se segundo a direção estrutural principal.

No solo, os processos intempéricos influenciaram na distribuição e concentração dos elementos e óxidos nos níveis mais superficiais. O enriquecimento de TiO_2, Cr, V, Zr pode ser explicado pelo acúmulo de minerais residuais, enquanto que o Al_2O_3, Fe_2O_3, Co, Cu, Zn e Pb podem corresponder a retenções por óxi-hidróxidos de ferrro e alumínio. As médias elevadas de Ba, La, Y, Zr e SiO_2, em sedimento ativo de corrente, refletem a presença de minerais detríticos.

Devido a deficiência de dados geológicos de superfície não foi possível estabelecer relações diretas das associações geoquímicas com as rochas do substrato. Entretanto, foi possível avaliar que as zonas geoquímicamente anômalas podem significar a direta influência do embasamento heterogêneo e/ou concentrações

anômalas de certos elementos. As configurações das zonas anômalas devem corresponder às disposições das unidades litológicas regionais. Os mapas geoquímicos elaborados a partir das variáveis de destaque nos grupos permitiram delimitar zonas geoquimicamente anômalas. As anomalias para solo e sedimento de corrente foram coincidentes e deverão corresponder as variações litológicas regionais e/ou mineralizações. As anomalias mais significativas foram definidas pelo Zn (associado a Pb, Co, Cu e Cr) e as associações petrogenéticas Ba-Sr e Y-La-Zr-TiO_2. As associações dos metais Zn+Pb+Co+Cu+Cr podem ser indicativas de mineralizações sulfetadas. A associação Ba-Sr também tem um significado econômico. Os valores de Ba em solo foram extremamente variados e anomalos. Os teores mais altos de Ba estão acima da média indicativa de mineralizações de barita.

Os resultados obtidos neste trabalho foram satisfatórios quanto a aplicação dos métodos estatísticos multivariados em dados geoquímicos, que permitiu realçar as principais feições geológico-geoquímicas regionais e determinar áreas anomalas relacionadas à possíveis mineralizações até então desconhecidas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFIAS

ACKERMANN, F. L. 1948. **Recursos Minerais do Território Federal do Amapá**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional. 30 p.

AHRENS, L. H. 1954. The Lognormal Distribution of the elements (A Fundamental Law of Geochemistry and its subsidiary). **Geochim. Cosmochim. Acta**, 5:49-73.

ALMEIDA, F. F. de & HASUI, Y. 1984. **O Pré-Cambriano do Brasil**. São Paulo, Edgard Blucher. 378 p.

ALMEIDA, F. F. de; HASUI, Y.; NEVES, B. B. DE B. 1976. The Upper Precambrian of South America. **Boletim do Instituto de Geociências**, USP, 7:45-80.

AMARAL, G. 1974. **Geologia Pré-cambriana da Região Amazônica**. São Paulo, Instituto de Geociências, USP. 212 p. Tese (Livre Docência).

ARMOUR-BROWN, A. & NICHOL, I. 1970. Regional Geochemical Reconnaissance and the Location of Metallogenic Provinces. **Econ. Geol.**, 65:312-330.

BARBOSA, G. V. T. 1975. Evolução Morfoestrutural Cenozóica do Cráton Guianês no Brazil. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS,10, Belém,1975. **Anais**... Belém, DNPM. p.825-851.

BORGES, JOSALFREDO 1938. **Lago Duas Bocas e Novo Amapá**. Rio de Janeiro, DNPM. (Boletim do Servico Geológico e Mineralógico, 87).

BORGES, JOSALFREDO 1985. **A Descoberta do Manganês - Reminiscência de uma Epopéia.** Belo Horizonte, Imprensa Oficial. 63 p.

BOYLE, R. W. 1974. **Elemental Associations in Mineral Deposits and Indicator Elements of Interest in Geochemical Prospecting** (Revised). Geol. Surv. of Canada, paper 74-45.

BUTT, C. R. M. 1987. A Basis for Geochemical Exploration Model for Tropical Terrains. **Chemical Geology**, 60:5-16.

CAMERON, E. M. 1967. A Computer program for Factor Analysis of Geochemical and the other data. **B. Geol. Surv. of Canada**, 67(34):1-42.

CHAPMAN, R. P. 1973. **Evaluation and Comparison of Different Statistical and Computerized Methods of Interpreting Multi-Element Geochemical Drainage Data.** University of New Brunswick, Fredericton, N. B., Canada, 379 p. Thesis (M. Sc.).

CHAPMAN, R. P. 1978. Evaluation of some Statistical Method of Interpreting Multi-Element Geochemical Drainage Data from New Brunswick. **Mathematical Geology**, 10(2):195-223.

COSTA, M. L. 1988. **Os Lateritos**: Seus Aspectos Geológicos, Mineralógicos, Geoquímicos, Genéticos e Sua Importância Econômica. Apostila do Curso Lateritos. Belém, UFPa. tabelas.

COSTA, M. L. 1991. **General Geological Setting of the Amazon Laterite.**(no prelo).

COSTA, J. L. DA; FIGUEIRAS, A. J. M.; ANDRADE, A. F. DE; SOUZA, A. N.; VALE, A. G.; NETO, C. S. S.; FERNANDES, C. A. C.; EULÁLIO, H. N.; CARREIRA, J. DE M.; PASTANA, J. M. N.; VILLAS BOAS, J. M.; MOURÃO, L. M. F.; REZENDE, N. G. A. M.; ARAÚJO, O. J. B.; VIVIAN, O.; LOURENÇO, R. S.; MARTINS,R. C.; FRIZZO, S. J.; WANDERLEY, V. J. R. 1974. Projeto Norte da Amazônia Domínio Oiapoque-Jari, Geologia da Folha NA.22-Y. In: Brasil-DNPM. **Relatório Final**. Belém, v. 5, 231 p.

DAVIS, J. C. 1988. **Statistical and Data Analysis in Geology**. 2 ed. New York, Jhon Wiley & Sons. 646 p.

DORR, J. V. N.; PARK Jr, C. F.; PAIVA E., G. 1950. **Depósito de Manganês do Distrito da Serra do Navio, T. F. do Amapá**. Rio de Janeiro, DNPM. 80 p. (Boletim, 85).

DUROVIC, S. 1959. Contribution to the Lognormal Distribution of Elements. **Geochim. Cosmochim. Acta**, 15:330-336.

EVERITT, B. 1980. **Cluster Analysis**. 2 ed. New York, Halsted Press. 136 p.

FARACO, M. T. L.; MCREATH, I.; COSTA, M. L. 1991. Hidrotermalismo e Mineralizações Sulfetadas da Suíte Metamórfica Vila Nova na Serra do Ipitinga (NW do Pará). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais ...** Belém, SBG, v. 1, p. 291-308.

FRIZZO, S. J. 1975. Reconhecimento Geoquímico do Flanco Sudeste do Escudo Guiano. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 10, Belém, 1975. **Anais**... Belém, DNPM, p.537-557.

GOLDSCHMIDT, V. M. 1958. **Geochemistry**. 2 ed., Oxford Univ.Press. 730 p.

GOVETT, G. J. S. 1987. Exploration Geochemistry in some Low-Latitude Areas - Problems and Techniques. **Trans. Instn. Min. Metall.**(Sect. B), 96:B97-B116.

HITCHOM, B.; BILLINGS, G. K.; KLOVAN, J. E. 1971. Geochemistry and Origen of Formation Waters in the Western Canada Sedimentary Basin - III. Factors Controlling Chemical Composition. **Geochim. Cosmochim. Acta**, 35:567-598.

IMBRIE, J. 1963. **Factor and Vector Analysis Programs for Analyzing Geologic Data**. Office Naval Research Geography Branch. 83 p. (Tech. Rept., 6).

IMBRIE, J. & PURDY, E. G. 1962. Classification of Modern Bahanian Carbonate Sediments. **Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem.**, 1:253-272.

IMBRIE, J. & VAN ANDEL, T. H. 1964. Vector Analysis of Heavy Mineral Data. **Bull. Geol. Soc. Amer.**, 75(11):1131-1156.

JORESKOG, K. C.; KLOVAN, J. E.; REYMENT, R. A. 1976. **Geological Factor Analysis**. Amsterdam, Elsevier Publ.Co. 178p.

JORGE JOÃO, X. DA S.; COSTA, J. L. DA; PASTANA, J. M. N.; LOBATO, T. A. M. 1975. Reconhecimento Geológico do Dominio Oiapoque-Jari. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 10, Belém, 1975. **Anais**... Belém, DNPM, p. 241-266.

JORGE JOÃO, X. DA S.; FRIZZO, S. J.; MARINHO, P. A. DA C.; CARVALHO, J. M. DE A.; SILVA NETO, C. S.; SOUZA, A. N. DE; GUIMARÃES, L. R. 1978. **Projeto Sudoeste do Amapá**. elém, DNPM-CPRM. 554 P. (Rel. Téc.).

JORGE JOÃO, X. DA S.; CARVALHO, J. M. DE A.; VALE, A. G.;FRIZZO, S. J.; MARTINS, R. C. 1979.**Projeto Falsino**. Relatório Final. Belém, DNPM-CPRM, 199 p.

JORGE JOÃO, X. DA S. & MARINHO, P. A. DA C. 1982. Catamorfitos Arqueanos da Região Centro-Leste do T. F. do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1., Belém, 1982. **Anais**... Belém, SBG, v. 2, p. 297-228

KAISER, H. F. 1958. The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. **Psychometrika**, 23:187-200.

KAISER, H. F. 1960. The Application of Eletronic Computer to Factor Analysis. **Educ. Psychol. Measmt.**, 20:141-151.

KLOVAN, J. E. 1966. The Use of Factor Analysis in determining Depositional Enviroments from Grain-size Distribution. **J. Sedim. Petrol.** 36:115-127.

KRUMBEIN, W. C. 1956. Regional and Local Components in Facies Maps. **Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.**, 40:2163-2194.

KRUMBEIN, W. C. 1957. Comparision of Percentage and Ratio Data in Facies Mapping. **J. Sedim. Petrol.**, 27:293-297.

KRUMBEIN, W. C. & GRAYBILL, F. A. 1965. **An Introduction to Statistical Method in Geology**. New York, McGraw Hill. 475 p.

KRUMBEIN, W. C. & IMBRIE, J. 1963. Stratigraphic Factor Maps. **Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.**, 47(4)698-701.

LAVILLE-TIMSIT, L.; LELEV, M.; SARCIA, C.; ZEEGER, H. 1983. Geochemical Dispersion of Pb and Zn in Ferralitic Enviroment: An Exemple in French Guyana. In: MELFI, A. J. & CARVALHO, A., ed. **Lateritization Processes**. Proc. II Semin. on Lateritization Process, 1982, São Paulo, Brazil. São Paulo, USP. Inst. Agron. e Geof. p. 433-442.

LEINZ, V. 1949. **Pequenas Notícias Geológicas e Petrográficas sobre o T. F. do Amapá**. Rio de Janeiro, Museu Nacional. 25 p. (Boletim, 7).

LEPELTIER, C. 1969. A Simplified Statistical Treatment of Geochemical Data by Graphical Representation. **Econ. Geol.** 64:538-550.

LIMA, M. I. C.; BEZERRA, P. E. L.; ARAÚJO, H. J. T. 1991. Sintetização da Geologia do Estado do Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3., Belém, 1991. **Anais** ... Belém, SBG, v. 1, p. 322-335.

LIMA, M. I. C.; MONTALVÃO, R. M. G. DE; ISSLER, R. S.; OLIVEIRA, A. DA S.; BASEI, M. A. S.; ARAÚJO, J. F. V.; SILVA, G. G. DA 1974. Geologia. In: BRASIL.DNPM. Projeto RADAM. **Folha NA/NB.22 - Macapá**. Rio de Janeiro, DNPM, p. 1-120. (Levantamento de Recursos Naturais, 6).

MANSON, V. & IMBRIE, J. 1964. **Fortran Program for Factor and Vector Analysis of Geologic Data Using an IBM 7090 or 7094/1401 Computer System**. (Kansas Geol. Surv. Spec., 13).

MARINHO, P. A. & FARIAS, C. A. S. DE 1982. **Projeto Mapari**. Belém, GEBAM-CPRM. 43 p. (Rel. Téc.).

MEDEIROS NETO, F. A. 1987. Caracteristicas Geoquímicas dos Sedimentos de Corrente em Diversos Ambientes Geológicos da Folha Carajás. **Geochimica Brasiliensis**, 1(2):235-246

MIESH, A. T.; CHAO, C. T.; CUTITTA, F. 1966. Multivariate Analysis of Geochemical Data on Tektites. **J. of Geol**, 74(5):673-691.

MONTALVÃO, R. M. G. 1975. Esboço Geológico-Tectônico do Craton Guianês. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Porto Alegre, 1975. **Anais**... Porto Alegre, SBG, v. 1, p. 541-547.

MONTALVÃO, R. M. G. DE & TASSINARI, C. C. G. 1984. Geocronologia Pré-Cambriana do T. F. do Amapá (Brasil). In: SIMPÓSIO DA AMAZÔNIA, 2., Manaus, 1984. **Anais**... Manaus, DNPM, p. 53-57.

MORAES, L. J. DE 1959. Bauxites et Autres Richesses Mineires du Territoire Fèderal d'Amapá (Brésil). In: CONF. GEOL. GUY., 4, Paris, 1959. **Commun. Prés.**. p. 93-97.

MOURA, C. A. V. 1985. Aplicação de Tratamento Estatístico Multivariante em Dados Geoquímicos de Solo no Mapeamento Geológico na Provincia de Carajás (Alvo 2 - Corpo 4). **Revista Brasileira de Geociências** ,15(3):241-248.

NAGELL, R. H. 1962. Geology of the Serra do Navio Manganese District, Brazil. **Econ. Geol.**, 57:481-498

NICHOL, I.; GARRETT, R. G.; WEBB, J. J. 1969. The Role of Some Statistical and Mathematical Methods in the Interpretation of Regional Geochemical Data. **Econ. Geol.**, 64:204-220.

NICHOL, I.; GARRETT, R. G.; WEBB, J. J. 1970. The Role of Some Statistical and Mathematical Methods in the Interpretation of Regional Geochemical Data - A Replay. **Econ. Geol.**, 65:593-595.

OBRIAL, R. C. 1970. Cluster Analysis as an Aid in the Interpretation of Multi-Element Geochemical Data. **Trans. Inst. Min. Metall.**,79:B175-B180.

OBRIAL, R. C. & JAMES, C. H. 1973. Use of Cluster Analysis in Geochemical Prospecting. In: INTERNATIONAL GEOCHEMICAL EXPLORATION SIMPOSYUM, 4., London. **Proc. Inst. Min. Metall.**, p. 237-257.

PAIVA, G. DE 1946. **Ferro. Território Federal do Amapá**.Rio de Janeiro, DNPM. p. 117-118. (Boletim da Divisão de Fomento da Producão Mineral. DNPM, 79).

PARK, C. F. 1956. Manganese Ore Deposits of the Serra do Navio District, Federal Territory of Amapa, Brazil. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA INTERGUIANAS, 20, 1956. **Simples Yacim. Mangan.**, v. 3, p. 347-376.

PARKS, J. M. 1966. Cluster Analysis Applied to Multivaiate Geological Problems. **J. of Geol.**, 5(2):703-715

PLANT, J. A.; HALE, M.; RIDGWAY, J. 1988. Developments in Regional Geochemistry for Mineral Exploration. **Trans. Instn. Min. Metall.** (Sect B), 97:B116-B140

ROSE, A. W.; HAWKES, H. E.; WEBB, J. S. 1979. **Geochemistry in Mineral Exploration**. 2 ed. London, Academic Press. 657 p.

SAAGER, R. & SINCLAIR, A. 1974. Factor Analysis of Stream Sediment Geochemical Data from the Mount Nausen Area, Yukon Territory, Canada. **Mineral Deposita**, 9:243-252.

SANTOS, J. O. S. & REIS NETO, J. M. 1981. **Algumas idades de rochas graníticas do Cráton Amazônico**. Manaus, CPRM/SUREG-MA, Univ. do Amazonas, Relatório Inédito S. Ident., 1981, 14 p.

SCARPELLI, W. 1966. Aspectos Genéticos e Metamórficos das rochas do Distrito Serra do Navio, T. F. Amapá, Brasil. In: CONFERÊNCIA GEOLÓGICA DAS GUIANAS, 6., Rio de Janeiro. **Anais**... Rio de Janeiro, DNPM. p. 37-56. (Avulso, 41).

SCHOBBENHAUS, C. & DERZE, G. R. 1988. Mapa Geológico do Território Federal do Amapá. In: BRASIL.DNPM. **Projeto Mapas Geológicos dos Estados e Territórios do Brasil**.Belém, DNPM. mapa (1:1.000.000).

SILVA, W. R. L. 1980. **Dispersão Geoquímica dos Elementos Si, Al, Fe, Mn, Na, K, Cu e Zn nos Solos de sua Aplicação na Caracterização de Áreas Geoquimicamente Homogêneas**.Belém, UFPa.NCGG. 115p. Tese (Mestrado) - NCGG, UFPa, 1980.

SINCLAIR, A. J. 1974. Selection of Threshold Value in Geochemical Data Using Probability Graphs. **J. of Geochem. Explor.**, 3:129-149.

SINCLAIR, A. J. 1991. A Fundamental Approach to Threshold estimation in Exploration Geochemistry: Probability Graph Revised. **J. of Geochem. Explor.**, 41:1-22.

SPENCER, D. 1966. Factor affecting Element Distributions in a Silurian Graptolite Band. **Chemical Geology**, 1:221-249.

TENNANT, C. G. & WHITE, M. L. 1959. Study of the Distribution of Some Geochemical Data. **Econ. Geol.**, 54:1281-1290.

VEIGA, A. T. C. ; FILHO, L. B.; OLVEIRA, C. A. C. DE. 1985. Geologia da Província Aurífera do Cassiporé - Amapá. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 2., Belém, 1985. **Anais** ... Belém, SBG. V. 1, p. 135-146.

VIEIRA Jr.,A. R. 1924. **Reconhecimento Geológico no Antigo Contestado Franco-Brasileiro, em Ouro no Amapá - Linhito no Alto Solimões**. Rio de Janeiro, DNPM. (Boletim do Servico Geológico e Mineralócico, 8).

WOODSWORTH, G. J. 1971. A Geochemical Drainage Survey and its Implications for Metallogenesis, Central Coast Mountain, British Columbia. **Econ. Geol.**, 66:1104-1120.

ANEXO A: Parâmetros estatísticos para os elementos em solo.

UNIVARIATE

VARIABLE=AL203

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	11.1488	SUM	14649.6
STD DEV	3.06489	VARIANCE	9.39357
SKEWNESS	-0.499948	KURTOSIS	0.3557
USS	175659	CSS	12333.8
CV	27.4907	STD MEAN	0.0845508
T:MEAN=0	131.86	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.0413758	PROB>D	<.01

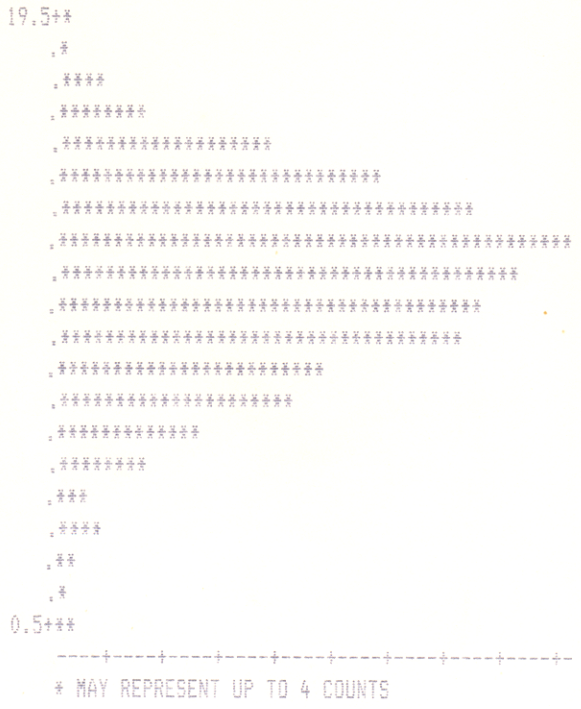
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	19.17	99%	17.1155
75% Q3	13.345	95%	15.6425
50% MED	11.37	90%	14.88
25% Q1	9.22	10%	7.105
0% MIN	0.02	5%	5.895
		1%	2.619
RANGE	19.15		
Q3-Q1	4.125		
MODE	12.67		

EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
0.02	17.95
0.04	17.96
0.04	18.12
0.41	18.38
0.5	19.17

HISTOGRAM


19.5+**
.*
.****
.********
.**********
.**********
.**

UNIVARIATE

VARIABLE=CR

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	58.3798	SUM	76711
STD DEV	39.2456	VARIANCE	1540.22
SKEWNESS	2.61392	KURTOSIS	11.038
USS	6500675	CSS	2022306
CV	67.2247	STD MEAN	1.08266
T:MEAN=0	53.9224	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.14671	PROB>D	<.01

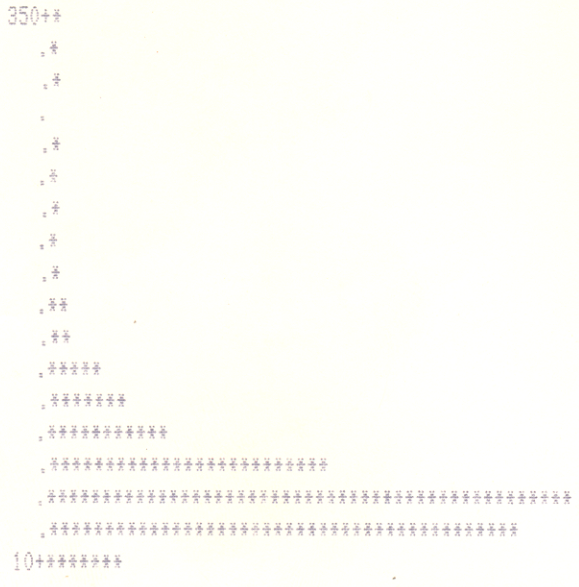
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	353	99%	227.9
75% Q3	70	95%	129
50% MED	49	90%	102.5
25% Q1	35	10%	25
0% MIN	10	5%	20
		1%	10
RANGE	343		
Q3-Q1	35		
MODE	10		

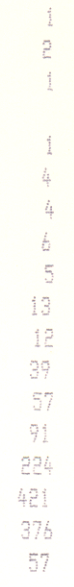
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
10	273
10	309
10	333
10	338
10	353

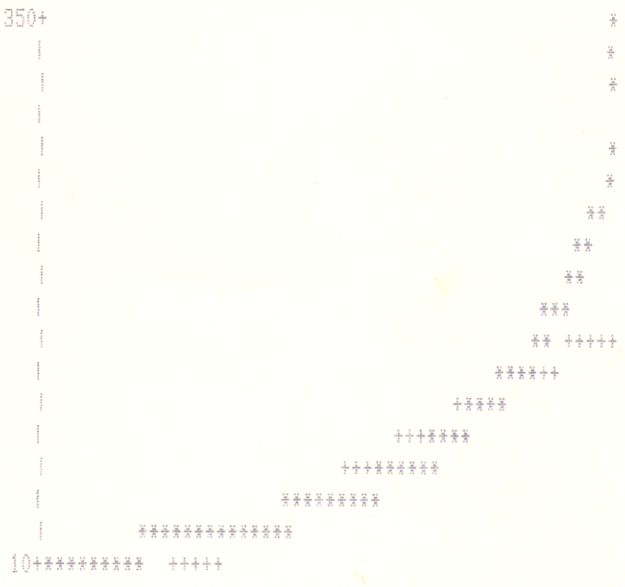
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=FE203

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	4.40342	SUM	5786.09
STD DEV	2.54553	VARIANCE	6.47975
SKEWNESS	1.20331	KURTOSIS	2.83293
USS	33986.5	CSS	8507.91
CV	57.8082	STD MEAN	0.0702233
T:MEAN=0	62.7059	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.0598423	PROB>D	<.01

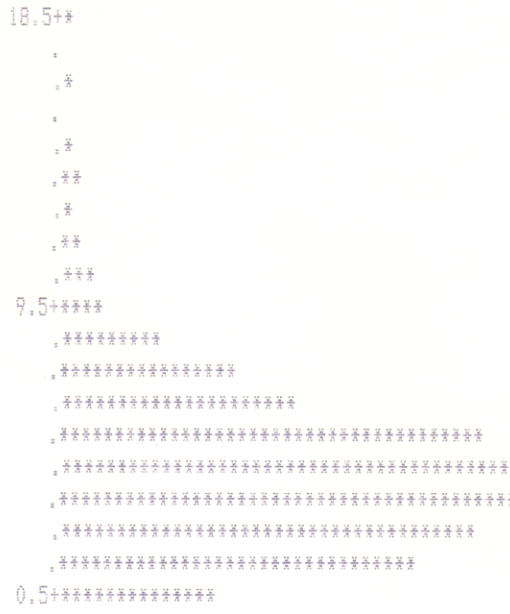
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	18.87	99%	13.437
75% Q3	5.72	95%	8.81
50% MED	4.105	90%	7.455
25% Q1	2.55	10%	1.47
0% MIN	0.02	5%	0.9975
		1%	0.523
RANGE	18.85		
Q3-Q1	3.17		
MODE	3.82		

EXTREMES

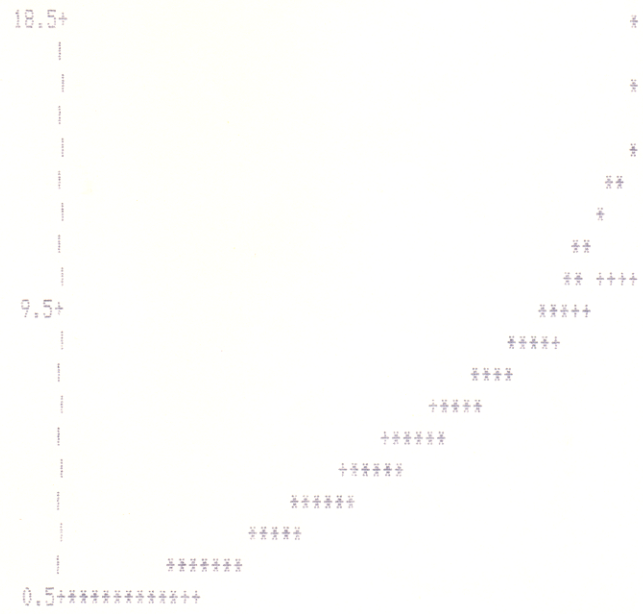
LOWEST	HIGHEST
0.02	14.72
0.03	16.09
0.08	16.63
0.21	16.95
0.22	18.87

HISTOGRAM



#	BOXPLOT
1	*
3	*
5	0
7	0
5	0
8	0
11	0
16	|
43	|
77	|
105	|
190	+-----+
201	*--+--*
235	| |
182	+-----+
158	|
67	|

NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=K20

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	0.13933	SUM	183.08
STD DEV	0.146494	VARIANCE	0.0214605
SKEWNESS	3.82337	KURTOSIS	26.9701
USS	53.6862	CSS	28.1776
CV	105.142	STD MEAN	0.00404131
T:MEAN=0	34.4765	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.27024	PROB>D	<.01

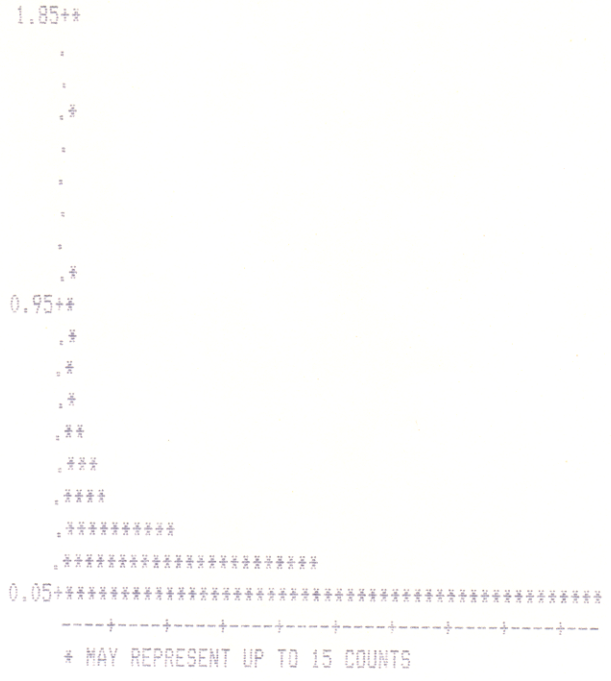
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	1.89	99%	0.66
75% Q3	0.18	95%	0.41
50% MED	0.05	90%	0.3
25% Q1	0.05	10%	0.05
0% MIN	0.01	5%	0.05
		1%	0.05
RANGE	1.88		
Q3-Q1	0.13		
MODE	0.05		

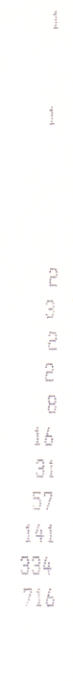
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
0.01	0.97
0.05	1.02
0.05	1.1
0.05	1.52
0.05	1.89

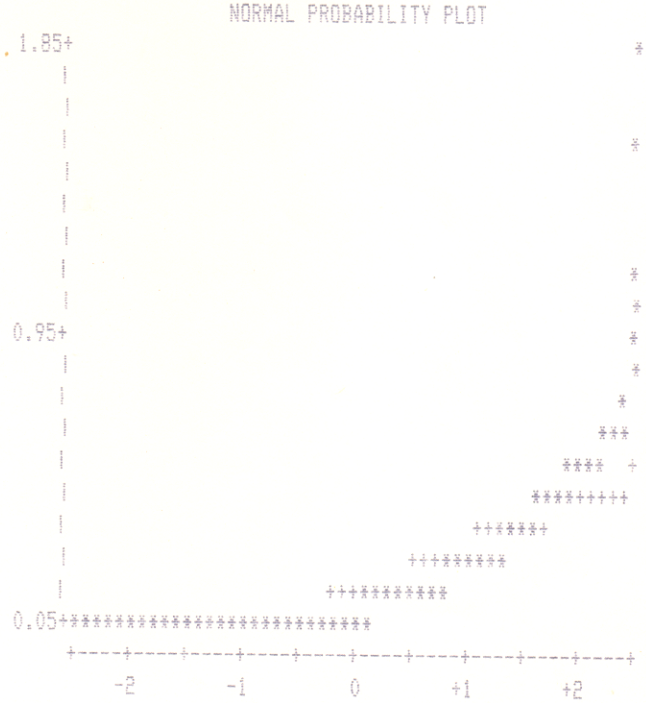
HISTOGRAM



BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=LA

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	25.0837	SUM	32960
STD DEV	21.0991	VARIANCE	445.172
SKEWNESS	2.30426	KURTOSIS	8.80681
USS	1411270	CSS	584511
CV	84.1147	STD MEAN	0.582058
T:MEAN=0	43.0949	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.17058	PROB>D	<.01

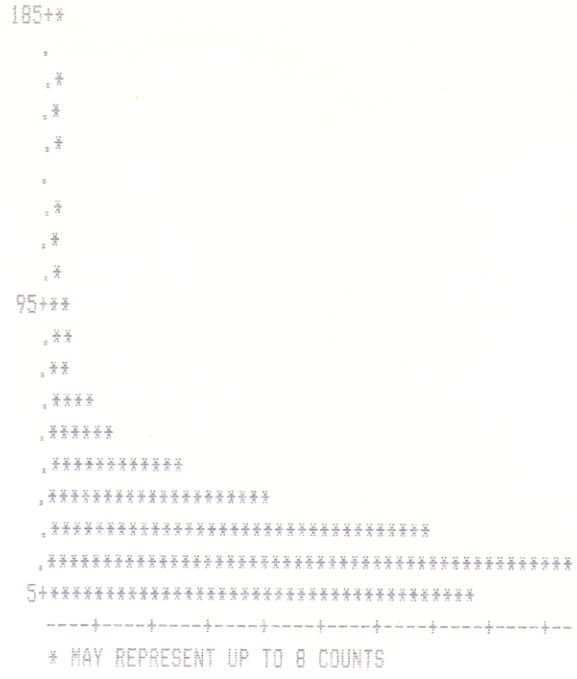
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	184	99%	102.55
75% Q3	33	95%	64
50% MED	20	90%	49
25% Q1	11	10%	5
0% MIN	5	5%	5
		1%	5
RANGE	179		
Q3-Q1	22		
MODE	5		

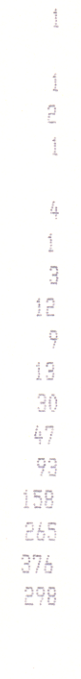
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
5	150
5	153
5	156
5	163
5	184

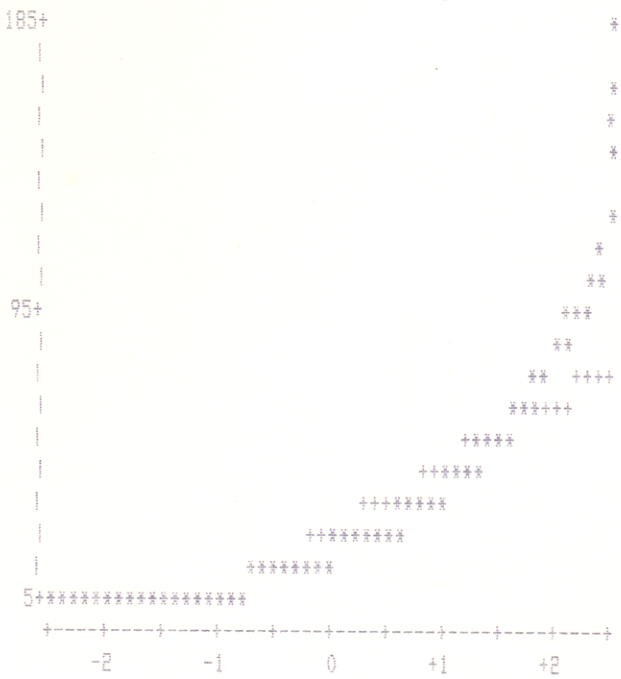
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=PB

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	103.433	SUM	135911
STD DEV	59.9911	VARIANCE	3598.94
SKEWNESS	0.831328	KURTOSIS	2.29435
USS	18783091	CSS	4725405
CV	58	STD MEAN	1.65497
T:MEAN=0	62.4985	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.0702272	PROB>D	<.01

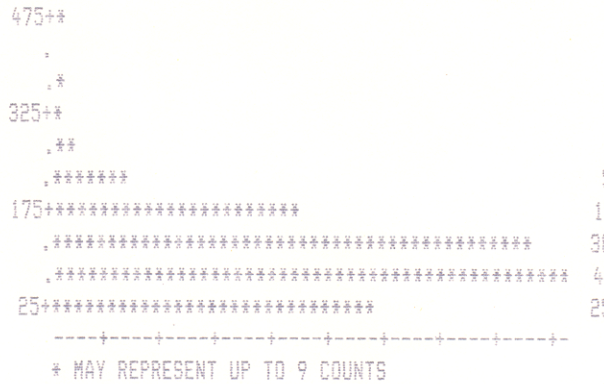
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	496	99%	269.8
75% Q3	139.25	95%	204.25
50% MED	99	90%	179
25% Q1	61	10%	15
0% MIN	15	5%	15
		1%	15
RANGE	481		
Q3-Q1	78.25		
MODE	15		

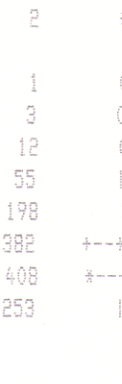
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
15	329
15	335
15	368
15	454
15	496

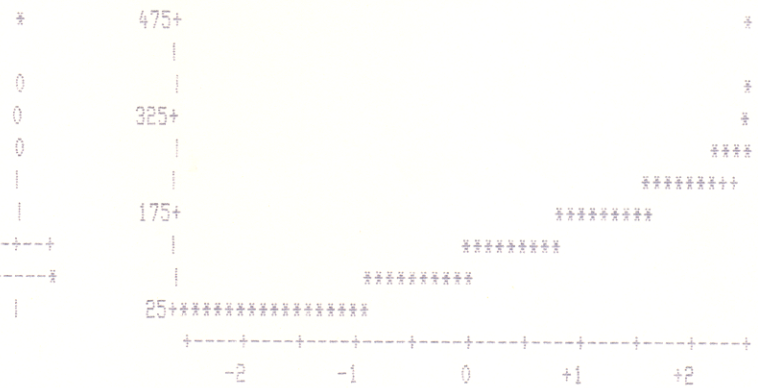
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=SIO2

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	26.1869	SUM	34409.6
STD DEV	6.61971	VARIANCE	43.8205
SKEWNESS	0.16899	KURTOSIS	0.227489
USS	958620	CSS	57536.3
CV	25.2787	STD MEAN	0.182617
T:MEAN=0	143.398	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.0269094	PROB>D	0.021

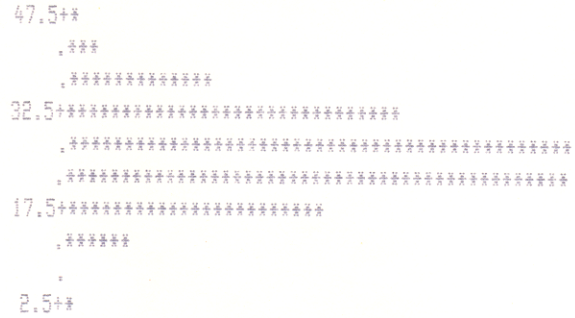
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	48.46	99%	42.985
75% Q3	30.59	95%	37.635
50% MED	25.9	90%	34.98
25% Q1	21.585	10%	17.855
0% MIN	0.05	5%	15.765
		1%	13.2015
RANGE	48.41		
Q3-Q1	9.005		
MODE	18.61		

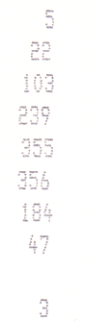
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
0.05	45.97
0.11	45.99
0.35	47.76
10.66	48.04
11.83	48.46

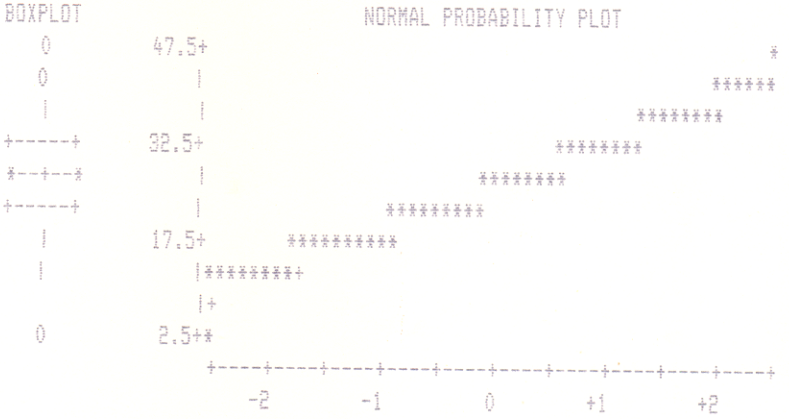
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=SR

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	22.059	SUM	28985.5
STD DEV	18.4339	VARIANCE	339.81
SKEWNESS	2.61736	KURTOSIS	16.7278
USS	1085561	CSS	446170
CV	83.5666	STD MEAN	0.508534
T:MEAN=0	43.3776	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.138263	PROB>D	<.01

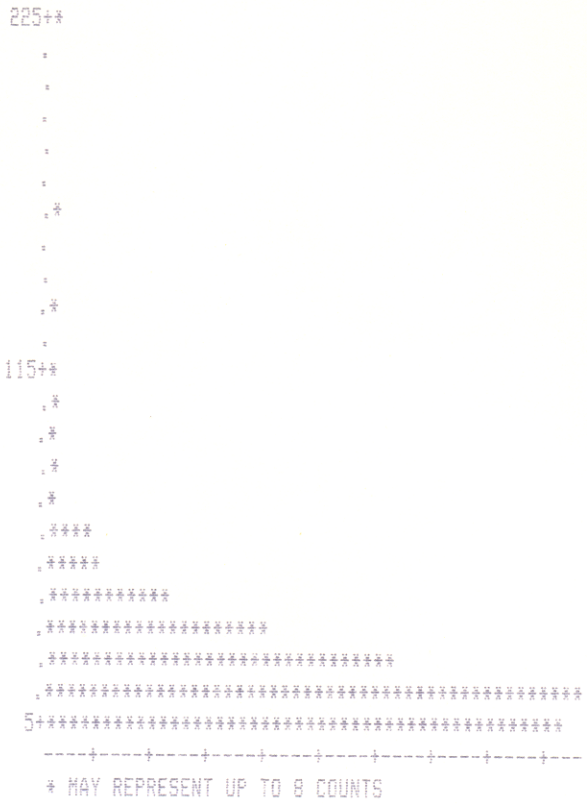
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	227	99%	83.85
75% Q3	30	95%	55.25
50% MED	18	90%	44
25% Q1	10	10%	2.5
0% MIN	2	5%	2.5
		1%	2
RANGE	225		
Q3-Q1	20		
MODE	2.5		

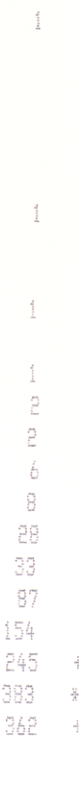
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
2	107
2	113
2	133
2	170
2	227

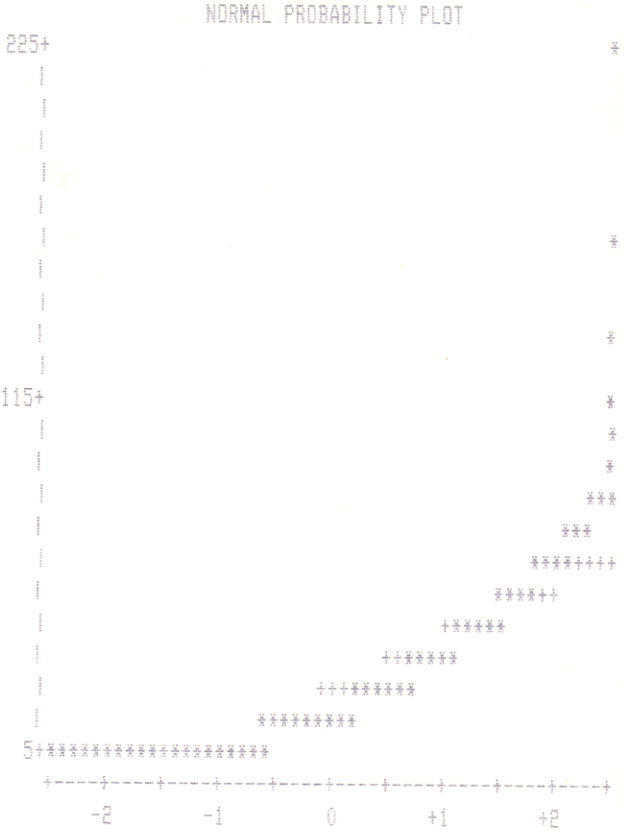
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=TIO2

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	0.711545	SUM	934.97
STD DEV	0.407319	VARIANCE	0.165908
SKEWNESS	3.00516	KURTOSIS	17.5012
USS	883.111	CSS	217.838
CV	57.2443	STD MEAN	0.0112366
T:MEAN=0	63.3236	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.156507	PROB>D	<.01

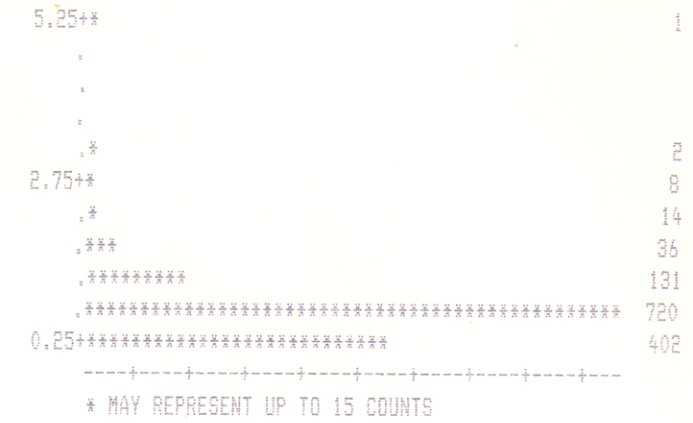
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	5.28	99%	2.418
75% Q3	0.82	95%	1.4725
50% MED	0.61	90%	1.16
25% Q1	0.47	10%	0.38
0% MIN	0.01	5%	0.32
		1%	0.2115
RANGE	5.27		
Q3-Q1	0.35		
MODE	0.53		

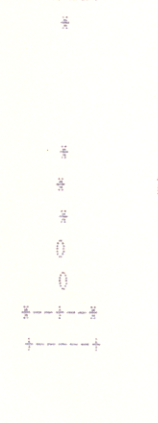
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
0.01	2.76
0.01	2.92
0.1	3.08
0.14	3.08
0.14	5.28

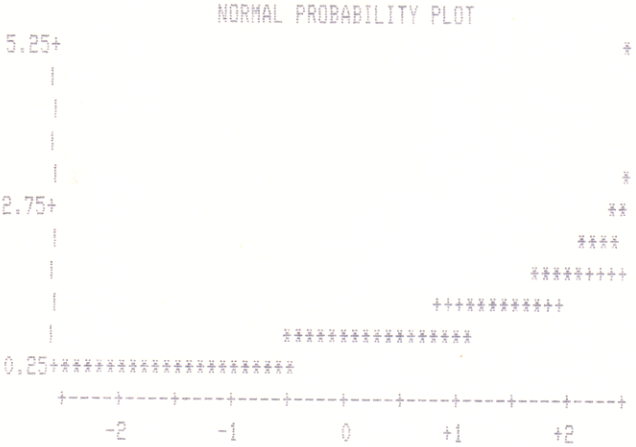
HISTOGRAM



BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=V

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	112.132	SUM	147341
STD DEV	74.2791	VARIANCE	5517.39
SKEWNESS	2.01515	KURTOSIS	6.48874
USS	23765921	CSS	7244330
CV	66.2428	STD MEAN	2.04913
T:MEAN=0	54.7216	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.113067	PROB>D	<.01

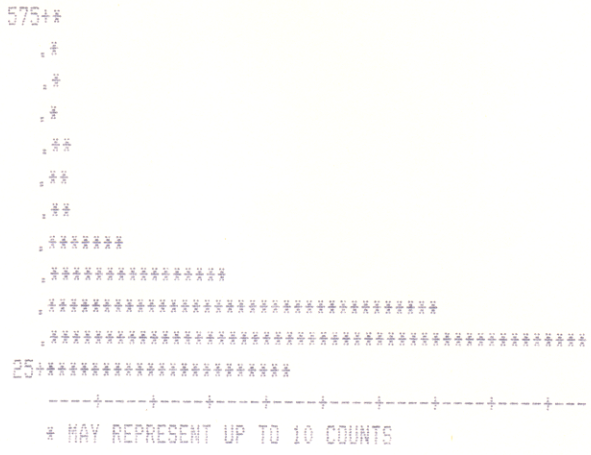
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	571	99%	409.35
75% Q3	141	95%	243
50% MED	97	90%	198
25% Q1	64	10%	39
0% MIN	5	5%	30
		1%	5.75
RANGE	566		
Q3-Q1	77		
MODE	60		

EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
5	495
5	500
5	501
5	554
5	571

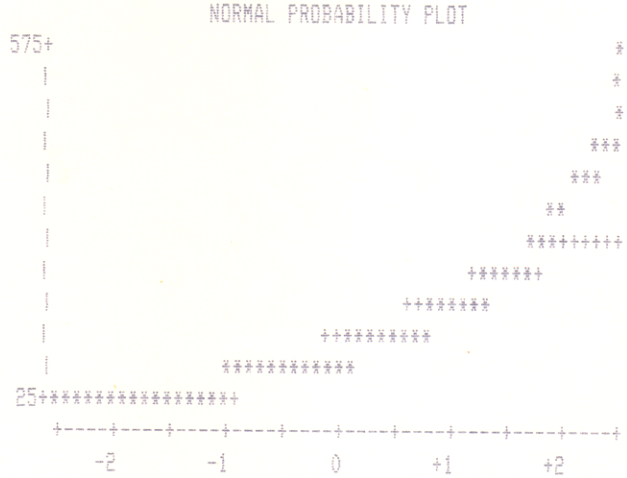
HISTOGRAM



\# BOXPLOT

2	*
1	*
5	*
5	*
13	0
12	0
20	0
66	|
156	|
345	+--+--+
474	*-----*
215	|

NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=Y

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	6.27283	SUM	8242.5
STD DEV	4.29176	VARIANCE	18.4192
SKEWNESS	2.33995	KURTOSIS	10.2223
USS	75888.3	CSS	24184.4
CV	68.4183	STD MEAN	0.118396
T:MEAN=0	52.9817	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.189677	PROB>D	<.01

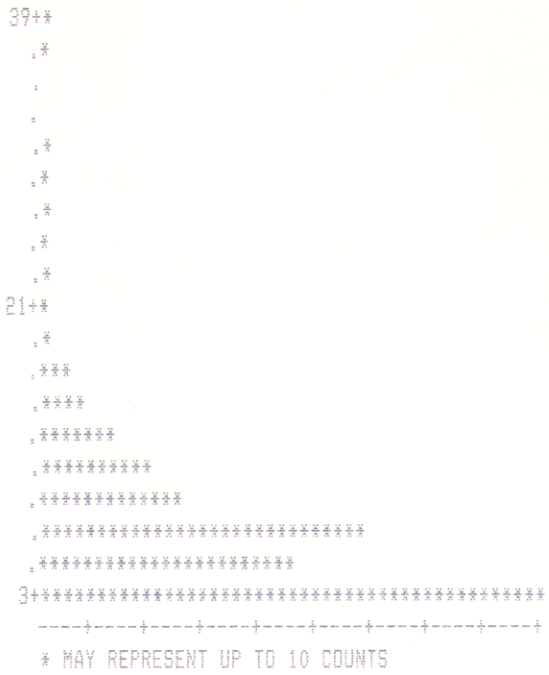
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	39	99%	21
75% Q3	8	95%	14
50% MED	5	90%	12
25% Q1	2.5	10%	2.5
0% MIN	2.5	5%	2.5
		1%	2.5
RANGE	36.5		
Q3-Q1	5.5		
MODE	2.5		

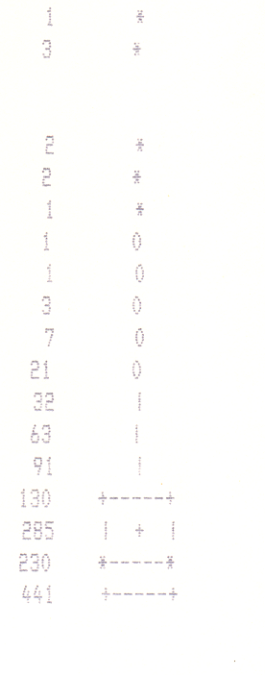
EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
2.5	31
2.5	36
2.5	36
2.5	36
2.5	39

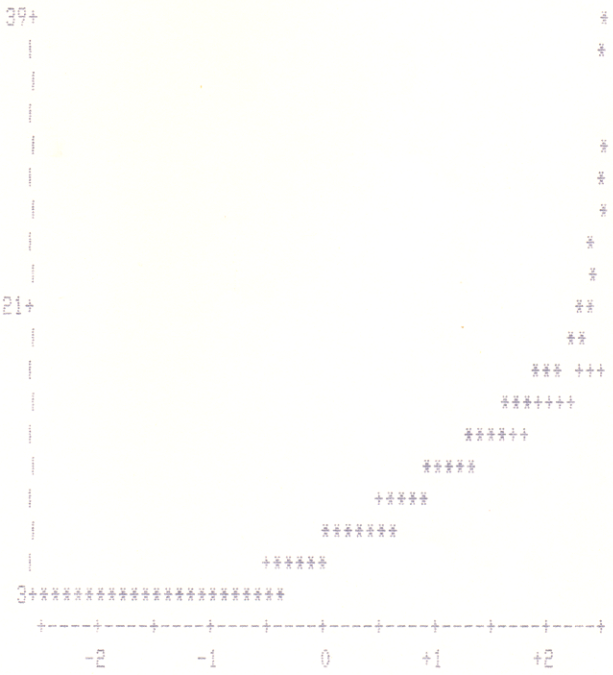
HISTOGRAM



BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



UNIVARIATE

VARIABLE=ZN

MOMENTS

N	1314	SUM WGTS	1314
MEAN	134.402	SUM	176604
STD DEV	106.986	VARIANCE	11446
SKEWNESS	3.83097	KURTOSIS	23.2142
USS	38764438	CSS	15028538
CV	79.6014	STD MEAN	2.9514
T:MEAN=0	45.5383	PROB>|T|	0.0001
SGN RANK	431978	PROB>|S|	0.0001
NUM ^= 0	1314		
D:NORMAL	0.179039	PROB>D	<.01

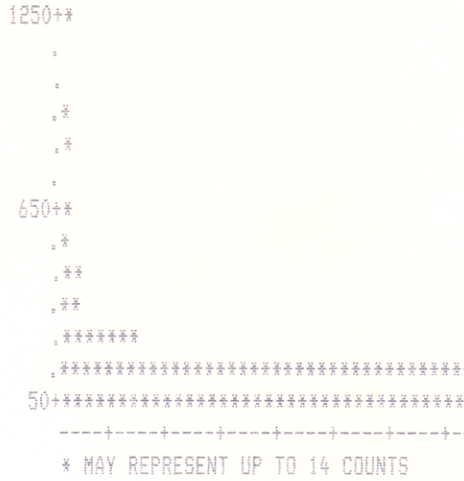
QUANTILES(DEF=4)

100% MAX	1283	99%	597.35
75% Q3	155	95%	303.25
50% MED	115	90%	211.5
25% Q1	79	10%	44.5
0% MIN	13	5%	35
		1%	15
RANGE	1270		
Q3-Q1	76		
MODE	15		

EXTREMES

LOWEST	HIGHEST
13	846
13	848
15	869
15	922
15	1283

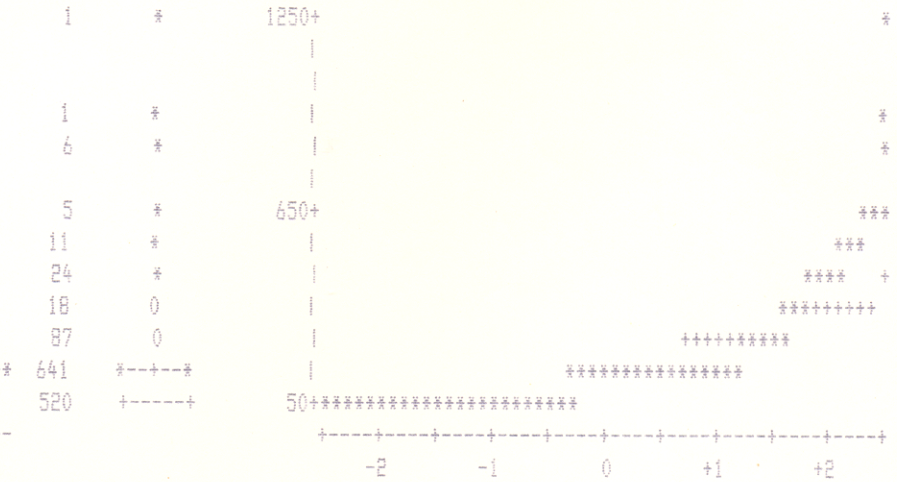
HISTOGRAM



\# BOXPLOT



NORMAL PROBABILITY PLOT



ANEXO B: Matriz de correlação das variáveis químicas em solo.

PEARSON CORRELATION COEFFICIENTS
PROB > |R| UNDER H0:RHO=0 / N = 1314

	Al2O3	Ba	Be	CaO	Ce	Co
Al2O3	1.0	0.21	0.15	0.02	0.10	0.09
	0.0	0.0	0.0	0.47	0.0	0.0
Ba	0.21	1.0	-0.06	0.16	0.25	0.01
	0.0	0.0	0.57	0.0	0.0	0.61
Be	0.15	-0.02	1.0	0.02	-0.17	0.01
	0.0	0.57	0.0	0.41	0.0	0.87
CaO	0.02	0.16	0.02	1.0	0.03	-0.09
	0.47	0.0	0.41	0.0	0.20	0.0
Ce	0.10	0.25	-0.17	0.03	1.0	0.11
	0.0	0.0	0.0	0.20	0.0	0.0
Co	0.09	0.01	0.01	-0.09	0.11	1.0
	0.0	0.61	0.87	0.0	0.0	0.0
Cr	0.44	0.09	0.10	0.05	0.06	0.10
	0.0	0.0	0.0	0.05	0.02	0.0
Cu	0.10	0.10	0.07	-0.02	0.11	0.35
	0.0	0.0	0.0	0.48	0.0	0.0
Fe2O3	0.69	0.17	0.18	0.04	0.19	0.09
	0.0	0.0	0.0	0.15	0.0	0.0
K2O	0.04	0.21	0.02	0.20	0.14	0.10
	0.14	0.0	0.36	0.0	0.0	0.0
La	0.35	0.35	0.10	0.22	0.35	0.06
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03
Li	0.04	-0.04	0.02	0.04	0.06	0.21
	0.14	0.08	0.43	0.10	0.04	0.0
MgO	-0.06	0.03	0.08	0.16	0.10	-0.08
	0.02	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0
MnO	0.06	0.15	0.04	-0.03	0.28	0.20
	0.03	0.0	0.18	0.35	0.0	0.0
P2O5	0.08	0.15	0.08	0.11	0.04	0.11
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.16	0.0
Pb	0.19	0.08	0.06	0.10	0.06	0.30
	0.0	0.0	0.04	0.0	0.02	0.0
SiO2	0.18	0.05	-0.10	0.01	-0.10	0.01
	0.0	0.09	0.0	0.63	0.0	0.57
Sr	0.39	0.37	0.08	0.35	0.19	-0.04
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12
TiO2	0.39	0.20	0.11	0.02	0.26	0.18
	0.0	0.0	0.0	0.42	0.0	0.0
V	0.59	0.11	0.20	0.01	0.16	0.13
	0.0	0.0	0.0	0.77	0.0	0.0
Y	0.17	0.21	0.04	0.16	0.26	0.05
	0.0	0.0	0.11	0.0	0.0	0.06
Zn	0.12	0.09	0.04	0.07	0.03	0.16
	0.0	0.0	0.14	0.01	0.23	0.0
Zr	0.05	0.18	-0.18	0.12	0.09	0.03
	0.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.23

	Cr	Cu	Fe2O3	K2O	La	Li
Al2O3	0.44	0.10	0.69	0.04	0.35	0.04
	0.0	0.0	0.0	0.14	0.0	0.14
Ba	0.09	0.10	0.17	0.21	0.35	-0.05
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.08
Be	0.10	0.07	0.18	0.02	0.10	0.02
	0.0	0.0	0.0	0.36	0.0	0.43
CaO	0.05	-0.02	0.04	0.20	0.22	0.04
	0.05	0.48	0.15	0.0	0.0	0.10
Ce	0.06	0.11	0.19	0.14	0.35	0.06
	0.02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.04
Co	0.10	0.35	0.09	0.10	0.06	0.21
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.0
Cr	1.0	0.17	0.53	0.02	0.16	0.05
	0.0	0.0	0.0	0.55	0.0	0.08
Cu	0.17	1.0	0.26	0.21	0.18	0.29
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe2O3	0.53	0.26	1.0	-0.09	0.28	-0.01
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.92
K2O	0.02	0.21	-0.09	1.0	0.30	0.35
	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
La	0.16	0.18	0.28	0.30	1.0	0.18
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Li	0.05	0.29	-0.01	0.35	0.18	1.0
	0.08	0.0	0.92	0.0	0.0	0.0
MgO	-0.04	0.08	0.03	0.12	-0.06	0.06
	0.19	0.0	0.23	0.0	0.03	0.02
MnO	0.16	0.39	0.43	-0.02	0.13	-0.01
	0.0	0.0	0.0	0.46	0.0	0.97
P2O5	0.05	0.37	0.13	0.28	0.27	0.32
	0.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pb	0.01	0.11	0.11	0.03	0.21	0.02
	0.75	0.0	0.0	0.24	0.0	0.53
SiO2	-0.14	-0.09	-0.19	0.11	-0.11	-0.05
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07
Sr	0.13	0.03	0.25	0.24	0.63	0.06
	0.0	0.33	0.0	0.0	0.0	0.03
TiO2	0.38	0.42	0.68	-0.04	0.26	0.02
	0.0	0.0	0.0	0.11	0.0	0.49
V	0.56	0.32	0.89	-0.08	0.21	0.02
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.42
Y	0.15	0.16	0.26	0.21	0.52	0.07
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01
Zn	0.14	0.06	0.14	-0.09	0.05	-0.01
	0.0	0.03	0.0	0.0	0.05	0.62
Zr	-0.09	-0.04	-0.11	0.13	0.13	-0.08
	0.0	0.14	0.0	0.0	0.0	0.0

	MgO	MnO	P2O5	Pb	SiO2	Sr
Al2O3	-0.06	0.06	0.08	0.19	0.18	0.39
	0.02	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0
Ba	0.03	0.15	0.15	0.08	0.05	0.37
	0.23	0.0	0.0	0.0	0.09	0.0
Be	0.08	0.04	0.08	0.06	-0.10	0.08
	0.0	0.18	0.0	0.04	0.0	0.0
CaO	0.16	-0.03	0.11	0.10	0.01	0.35
	0.0	0.35	0.0	0.0	0.63	0.0
Ce	0.10	0.28	0.04	0.06	-0.10	0.19
	0.0	0.0	0.16	0.02	0.0	0.0
Co	-0.08	0.20	0.11	0.30	0.06	-0.04
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.57	0.12
Cr	-0.04	0.16	0.05	0.01	-0.14	0.13
	0.19	0.0	0.08	0.75	0.0	0.0
Cu	0.08	0.39	0.37	0.11	-0.09	0.03
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33
Fe2O3	0.03	0.43	0.13	0.11	-0.19	0.25
	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K2O	0.12	-0.02	0.28	0.03	0.11	0.24
	0.0	0.46	0.0	0.24	0.0	0.0
La	-0.06	0.13	0.27	0.21	-0.11	0.63
	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Li	0.06	-0.01	0.32	0.02	-0.05	0.06
	0.02	0.97	0.0	0.53	0.07	0.03
MgO	1.0	0.16	0.11	-0.06	0.01	-0.10
	0.0	0.0	0.0	0.04	0.58	0.0
MnO	0.16	1.0	0.08	0.05	-0.16	-0.03
	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0	0.20
P2O5	0.11	0.08	1.0	0.03	-0.06	0.20
	0.0	0.0	0.0	0.25	0.03	0.0
Pb	-0.06	0.05	0.03	1.0	-0.01	0.13
	0.04	0.05	0.25	0.0	0.78	0.0
SiO2	0.01	-0.16	-0.06	-0.01	1.0	0.03
	0.58	0.0	0.03	0.77	0.0	0.26
Sr	-0.10	-0.03	0.20	0.13	0.03	1.0
	0.0	0.20	0.0	0.0	0.26	0.0
TiO2	0.11	0.73	0.12	0.11	-0.04	0.14
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.0
V	0.06	0.47	0.10	0.10	-0.24	0.18
	0.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y	0.06	0.31	0.16	0.07	-0.03	0.37
	0.03	0.0	0.0	0.0	0.31	0.0
Zn	-0.10	0.13	0.01	0.12	0.02	0.01
	0.0	0.0	0.94	0.0	0.45	0.58
Zr	-0.01	0.07	-0.01	-0.02	0.63	0.18
	0.64	0.01	0.86	0.48	0.0	0.0

	TiO2	V	Y	Zn	Zr
Al2O3	0.39	0.59	0.17	0.12	0.05
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07
Ba	0.20	0.11	0.21	0.09	0.18
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Be	0.11	0.20	0.04	0.04	-0.18
	0.0	0.0	0.11	0.14	0.0
CaO	0.02	0.01	0.16	0.07	0.12
	0.42	0.77	0.0	0.01	0.0
Ce	0.26	0.16	0.26	0.03	0.09
	0.0	0.0	0.0	0.23	0.0
Co	0.18	0.13	0.05	0.16	0.03
	0.0	0.0	0.06	0.0	0.23
Cr	0.38	0.56	0.16	0.14	-0.09
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu	0.42	0.31	0.16	0.06	-0.04
	0.0	0.0	0.0	0.03	0.14
Fe2O3	0.68	0.89	0.26	0.14	-0.11
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K2O	-0.04	-0.08	0.21	-0.09	0.14
	0.11	0.0	0.0	0.0	0.0
La	0.26	0.21	0.52	0.05	0.13
	0.0	0.0	0.0	0.05	0.0
Li	0.02	0.02	0.07	-0.01	-0.08
	0.49	0.42	0.01	0.62	0.0
MgO	0.11	0.06	0.06	-0.10	-0.01
	0.0	0.03	0.03	0.0	0.64
MnO	0.73	0.47	0.31	0.13	0.07
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.01
P2O5	0.12	0.10	0.16	0.01	-0.01
	0.0	0.0	0.0	0.94	0.86
Pb	0.11	0.10	0.07	0.12	-0.02
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.48
SiO2	-0.04	-0.24	-0.03	0.02	0.63
	0.12	0.0	0.31	0.45	0.0
Sr	0.14	0.18	0.37	0.01	0.18
	0.0	0.0	0.0	0.58	0.0
TiO2	1.0	0.72	0.39	0.15	0.12
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V	0.72	1.0	0.23	0.15	-0.17
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Y	0.39	0.23	1.0	-0.01	0.26
	0.0	0.0	0.0	0.85	0.0
Zn	0.15	0.15	-0.01	1.0	-0.04
	0.0	0.0	0.85	0.0	0.15
Zr	0.12	-0.17	0.26	-0.04	1.0
	0.0	0.0	0.0	0.15	0.0