

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEOFÍSICAS E GEOLÓGICAS

TRATAMENTO ESTATÍSTICO DE DADOS GEOQUÍMICOS E SUA APLICAÇÃO  
AO MAPEAMENTO GEOLÓGICO E DEFINIÇÃO DE ANOMALIAS GEOQUÍMICAS  
NO ALVO 2 - CORPO 4 - PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS

Tese Apresentada por  
CANDIDO AUGUSTO VELOSO MOURA  
como requisito parcial à obtenção do grau em  
MESTRE EM CIÊNCIAS  
Na área de  
GEOQUÍMICA

Conferido pelo Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Geofísicas e Geológicas da  
Universidade Federal do Pará

Aprovado: 29. de dezembro de 1982

*João F. Ramos*

JOSE FRANCISCO F. RAMOS

(ORIENTADOR)

*Newton Muller Pereira*  
NEWTON MULLER PEREIRA

PAULO MILTON BARBOSA LANDIM

*Manding*

Comitê de Tese

A minha família, especialmente a mi  
nha mãe, a maior incentivadora e as vezes, até  
mesmo, financiadora.

## AGRADECIMENTOS

O autor agradece às seguintes entidades e pessoas que contribuíram de alguma forma, para a realização do trabalho.

- Ao Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da Universidade Federal do Pará (NCGG-UFPa) que proporcionou a oportunidade do desenvolvimento deste trabalho.

- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao Programa de Formação de Recursos Humanos para o Setor Nuclear (PRONUCLEAR) a concessão de bolsa de estudo.

- À Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO) que permitiu a realização do trabalho em área requerida para suas pesquisas e concedeu tanto o apoio logístico como o acesso às informações geológicas.

- Ao Prof. Dr. Juan Rolando Zuleta Roncal pela orientação na fase inicial do trabalho.

- Ao Prof. Dr. José Francisco da Fonseca Ramos que posteriormente assumiu a orientação do trabalho.

- Aos Drs. Paulo Milton Barbosa Landim e Newton Müller Pereira, integrantes da banca examinadora desta Dissertação de Mestrado, as sugestões e críticas apresentadas.

- Ao Prof. Dr. Jean Luc Mugeot do Núcleo de Altos Estudos Amazônicos da Universidade Federal do Pará (NAEA-UFPa) pelas discussões e críticas acerca do tratamento estatístico dos dados.

- Aos Profs. Drs. Raimundo Netuno Nobre Villas e Roberto Dall'Agnol, respectivamente, Coordenador do Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas e Coordenador do Curso de Pós-Graduação, pelo apoio e estímulo dispensados no transcurso do trabalho.

- Aos Drs. Walter Kou Hirata e Neidemar Faria, geólogos da DOCEGEO, e demais funcionários dessa Empresa, que sempre se mostraram disponíveis e atenciosos com o autor.

- Aos funcionários e pesquisadores dos laboratórios de Análises Químicas e Computação do NCGG, sempre solícitos com o autor.

- Ao Geólogo Milton José Porsani, pela ajuda tanto na utilização da calculadora HP 9845B, como na elaboração do programa em linguagem BASIC, para computar a análise de regressão.

- Ao colega Angelo Tokumitsu pelas valiosas discussões sobre a geologia do Alvo 2 - Corpo 4.

- A Antonio Maurício Veloso Lima, do SECOM-UFPa, pelo auxílio na utilização do Statistical Package for Social Science (S.P.S.S.).

- Ao aluno de geologia Cícero Vieira de Menezes pela valiosa colaboração durante a coleta das amostras do solo.

- Ao José Herculano, técnico do laboratório do Absorção Atômica do NCGG, pelo auxílio nas análises químicas.

- Ao Sr. João Ribeiro a ajuda prestada durante a preparação das amostras de solo para análise química.

- Ao Sr. Jair dos Santos Paiva, motorista da viatura durante a primeira campanha na área de estudo.

- Ao Sr. Adalberto da Cruz Lima pela elaboração dos desenhos integrantes deste trabalho.

- As Srtas. Maria da Glória Ribeiro Costa e Aracilda da Costa Santos, secretárias do curso de Pós-Graduação, pelo tratamento amigo dispensado.

- Aos colegas e professores do curso de Pós-Graduação do NCGG pela agradável convivência durante o transcurso do trabalho.

## SUMÁRIO

	Pag
DEDICATÓRIA .....	i
AGRADECIMENTOS .....	ii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	iv
RESUMO .....	1
ABSTRACT .....	3
I INTRODUÇÃO .....	5
2 GEOLOGIA .....	9
2.1 <u>Introdução</u> .....	9
2.2 <u>Rochas com antofilita e cordierita</u> .....	9
2.3 <u>Anfibólio Xistos</u> .....	11
2.4 <u>Meta-sedimentos</u> .....	13
2.5 <u>Rochas Básicas</u> .....	14
3 OBTENÇÃO DOS DADOS GEOQUÍMICOS .....	16
3.1 <u>Trabalhos de Campo</u> .....	16
3.2 <u>Preparação e Análise Química das Amostras de Solo</u> .....	16
3.3 <u>Resultados Analíticos</u> .....	18
4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS GEOQUÍMICOS ...	19
4.1 <u>Considerações sobre a Distribuição Estatística dos Elementos Químicos no Solo</u> .....	19
4.2 <u>Análise de Agrupamentos</u> .....	23
4.2.1 <u>Introdução</u> .....	23
4.2.2 <u>Aplicação do Método de Agrupamento</u> .....	24
4.2.3 <u>Interpretação dos Resultados</u> .....	25
4.3 <u>Análise Discriminante</u> .....	28
4.3.1 <u>Introdução</u> .....	28
4.3.2 <u>O "Subprograma DISCRIMINANT"; Utilização e Interpretação</u> .....	29
4.3.2 <u>Interpretação dos Resultados</u> .....	33

4.4	<u>Avaliação Estatística dos Teores Anômalos de Cobre e Zinco</u> .....	40
4.4.1	Introdução .....	40
4.4.2	Coefficiente de Correlação de Pearson e Diagramas de Dispersão .....	41
4.4.3	Análise de Regressão .....	43
5	CONCLUSÕES .....	55
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
7	ANEXOS .....	62

## LISTA DAS ILUSTRAÇÕES

FIGURAS	Pag
1	Mapa de localização da área ..... 7
2	Coluna estratigráfica informal da província Mineral de Carajás segundo Hirata et alii (1982) ..... 10
3	Mapa geológico de Alvo 2 - Corpo 4 ..... 12
4	Mapa de pontos amostrados ..... 17
5	Histogramas das distribuições do Al, Fe, Mg, Mn, Ti, Ni, Co, V, Cu e Zn ..... 22
6	Mapa de identificação das amostras nos respectivos grupos ..... 26
7	Quadro da provável correlação existente entre os grupos de solos e as litologias .... 27
8	Gráfico mostrando a posição da centróide dos oito grupos de solos com relação as três primeiras funções discriminantes ..... 34
9a	Diagrama de dispersão do zinco versus <u>ma</u> ganês ..... 42
9b	Diagrama de dispersão do zinco versus <u>alu</u> mínio ..... 42
9c	Diagrama de dispersão do zinco versus <u>fer</u> ro ..... 43
9d	Diagrama de dispersão do cobre versus <u>ma</u> ganês ..... 43
9e	Diagrama de dispersão do cobre versus <u>alu</u> mínio ..... 44
9f	Diagrama de dispersão do cobre versus <u>fer</u> ro ..... 44

10	Mapa de isoteor dos valores observados de zinco .....	47
11	Gráfico bivariado de cobre versus ferro mostrando as linhas da regressão de "Y" para "X" e da regressão de "X" para "Y" e também a linha de redução do eixo maior .....	50
12	Mapa de isoteor dos valores observados de cobre .....	52
13	Mapa de isoteor dos valores residuais de cobre .....	53

## TABELAS

1	Poder de discriminação das funções discriminantes .....	31
2	Coefficientes das funções discriminantes ...	32
3	Previsão dos resultados de classificação das amostras para os grupos de solos, segundo a análise discriminante .....	35
4	Centróides dos grupos dos escores discriminantes para os oito grupos de solos .....	36
5	Média de cada variável para cada grupo de solo e para o total das amostras .....	37



## RESUMO

Foi realizado um levantamento geoquímico de solo, na área denominada Alvo 2 - Corpo 4, situada na Província Mineral de Carajás, Pará, Brasil. As amostras coletadas foram analisadas para os seguintes elementos químicos: alumínio, ferro, magnésio, manganês, titânio, níquel, cobalto, vanádio, cobre e zinco.

Posteriormente, aplicou-se as técnicas estatísticas multivariantes denominadas análise de agrupamentos e análise discriminante. A primeira com o objetivo de classificar as amostras de solo em grupos geoquimicamente homogêneos e correlacionáveis com as litologias subjacentes. A segunda para avaliar estatisticamente tal classificação e, paralelamente, verificar quais os elementos que mais influenciaram no processo discriminatório.

A análise de agrupamentos possibilitou a classificação das amostras de solo em oito grupos homogêneos e perfeitamente correlacionáveis com as litologias subjacentes. O prévio conhecimento da geologia da área e o perfeito controle do meio amostrado evitaram distorções na interpretação dos resultados. A análise discriminante confirmou os agrupamentos obtidos e mostrou que apenas o titânio e o zinco não desempenham um papel significativo na discriminação dos grupos de solos. Os resultados obtidos demonstram que o tratamento estatístico multivariante de dados geoquímicos de solo pode ser empregado com sucesso no auxílio do mapeamento geológico em áreas tropicais.

Finalmente foi investigada a possibilidade de que fatores extra-mineralização tenham influenciado nas anomalias de cobre e zinco, determinadas pelo levantamento geoquímico de solo, através do exame dos coeficientes de correlação de Pearson, diagramas de dispersão e residuais da análise de regressão.

Os fatores extra-mineralização investigados foram os óxidos hidratados de ferro e de manganês e minerais argilosos, cujas concentrações foram relacionadas, respectivamente, com as concentrações de ferro, manganês e alumínio no solo. Os coeficientes de correlação de Pearson e os diagramas de disper

são do cobre e zinco com o ferro e manganês e alumínio, além da regressão do cobre para o ferro, calculada através da linha de redução ao eixo maior, demonstraram que os altos teores de cobre e zinco determinados nas amostras de solo do Alvo 2 - Corpo 4 independem dos fatores extra-mineralização investigados. Conclui-se daí que a mineralização de sulfetos ali existente é a principal responsável por esses altos teores.

## ABSTRACT

A geochemical soil survey was carried out in the Alvo 2 - Corpo 4 area of the Província Mineral de Carajás (Carajás Mineral Province), Pará, Brazil. Sample elements were collected and analyzed in order to determine, for each one of them, the degree of concentration of the following chemical elements: iron, aluminum, magnesium, manganese, titanium, cobalt, nickel, vanadium, copper, and zinc.

Thereafter, multivariate statistical techniques were employed to process the data, that are known as cluster analysis and discriminant analysis. The former algorithm was applied in order to classify the elements of the soil sample into geochemically homogeneous groups that could be correlated with underlying lithologies. A discriminant analysis was then performed to statistically evaluate the distinctiveness of groups arrived at, and at the same time to define those chemical elements which were most determinant throughout the discriminatory process.

Cluster analysis classified the soil sample elements into eight homogeneous groups that are perfectly correlated with underlying rocks. Discriminant analysis showed that results of the cluster are good, and only titanium and zinc do not play an important role in discriminating the groups arrived at. The results obtained show that the multivariate statistical processing of geochemical soil data can be used successfully as a useful tool when mapping the geology of tropical areas.

Finally, an examination of Pearson correlation coefficients, scatter diagrams and residuals from regression analysis, allowed to explore the possible effect of hydrous iron and manganese oxides and of clay minerals (extra-mineralization factors), in producing the copper and zinc anomalies revealed by the geochemical soil survey, originally.

Concentrations of hydrous iron and manganese oxides and of clay minerals were correlated with concentrations of iron, manganese and aluminum in the soil. The Pearson correla

tion coefficients and the scatter diagrams of copper, and then of zinc, with iron manganese and aluminum, as well as the reduced major axis regression line of copper on iron, indicated that high grades of copper and zinc found in the soil sample of Alvo 2 - Corpo 4 are not affected by the extra-mineralization factors considered. Therefore, it is concluded that it is the sulphide mineralization present in the study area that can be held responsible for those high concentrations of copper and zinc.

## 1 INTRODUÇÃO

Na Região Norte do Brasil o clima tropical reinante favorece o intemperismo químico das rochas, dando origem, geralmente, a espessas camadas de solo que dificultam a obtenção de informações geológicas durante a execução de trabalhos de mapeamento e prospecção. Em consequência disso se faz necessário lançar-se mão de técnicas indiretas para auxiliar na execução desses trabalhos. Em determinados casos, o tratamento estatístico multivariante de dados geoquímicos de solo, pode ser utilizado como uma ferramenta auxiliar na identificação de litologias geoquimicamente distintas e cobertas por uma espessa camada de solo. Uma pesquisa nesse sentido foi realizada por Silva (1980), que estudou as variações na composição química do solo na região da Serra de Carajás e conseguiu estabelecer uma estreita relação entre as diferentes litologias subjacentes e os solos correspondentes.

O tratamento estatístico multivariante de dados geoquímicos de solo não consome nem tempo nem recursos adicionais significativos, uma vez que a amostragem geoquímica de solo em intervalos regulares é etapa integrante de um trabalho sistemático de prospecção. Além disso, via de regra, amostras de solo são analisadas para diversos elementos químicos quando se pretende uma interpretação geoquímica criteriosa dos dados. Portanto, é necessária, complementarmente, apenas a aplicação de um método estatístico multivariante que possibilite a classificação do solo, com base no grau de similaridade de suas composições químicas, em grupos de solos geoquimicamente homogêneos e correlacionáveis com a litologia subjacente.

Além de poder fornecer informações sobre contactos litológicos, a combinação dos resultados dos agrupamentos estatísticos com os dados de campo pode também indicar transporte ou deslocamento de solo, áreas geoquimicamente anômalas e dispersão de anomalias.

Neste trabalho é realizada uma avaliação da aplicação do tratamento estatístico multivariante de dados geoquímicos

de solo como uma técnica auxiliar ao mapeamento geológico em áreas tropicais. A pesquisa se desenvolveu na área denominada Alvo 2 - Corpo 4 situada na Província Mineral de Carajás (Hirata et alii, 1982), no estado do Pará, Brasil, (Fig. 1). Nessa área, a Rio Doce Geologia e Mineração (DOCEGEO) executou estudos geológicos e geoquímicos que culminaram com a determinação de ocorrências promissoras de sulfetos de cobre e zinco. O conhecimento geológico existente e a facilidade de infra-estrutura foram determinantes para a escolha do Alvo 2 - Corpo 4 como área de trabalho.

As amostras de solo coletadas foram analisadas para dez elementos químicos (alumínio, ferro, magnésio, manganês, titânio, níquel, cobalto vanádio, cobre e zinco). Os resultados analíticos foram tratados estatisticamente pela técnica multivariante conhecida como análise de agrupamentos, com o objetivo de classificar as amostras de solo em grupos geoquimicamente homogêneos e correlacionáveis às litologias subjacentes. Como para essa técnica não existem testes estatísticos que quantifiquem a precisão dos resultados alcançados, aplicou-se a análise discriminante com a finalidade de avaliar os agrupamentos obtidos e, paralelamente, verificar quais os elementos químicos que mais contribuíram na separação dos diversos grupos de solos.

Através do levantamento geoquímico de solo realizado foram determinados teores considerados anômalos de cobre e zinco. Apesar desses altos teores serem correlacionáveis às ocorrências de sulfetos existentes, uma avaliação mais consistente dos dados geoquímicos exige a investigação da influência que fatores extra-mineralização possam ter exercido na concentração de cobre e zinco no solo. É também objetivo deste trabalho investigar essa influência. Os fatores extra-mineralização considerados são os óxidos hidratados de ferro e de manganês e minerais argilosos. Para obter tais informações utilizou-se a correlação de Pearson, diagramas de dispersão e análise de regressão.

Os cálculos estatísticos foram realizados pelo computador DEC-SYSTEM 1091 do Serviço de Estatística e Computação da Universidade Federal do Pará. (SECOM-UFPa), e também na calculadora HP 9845B do Laboratório de Computação do Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas (NCGG-UFPa). Referências acerca dos

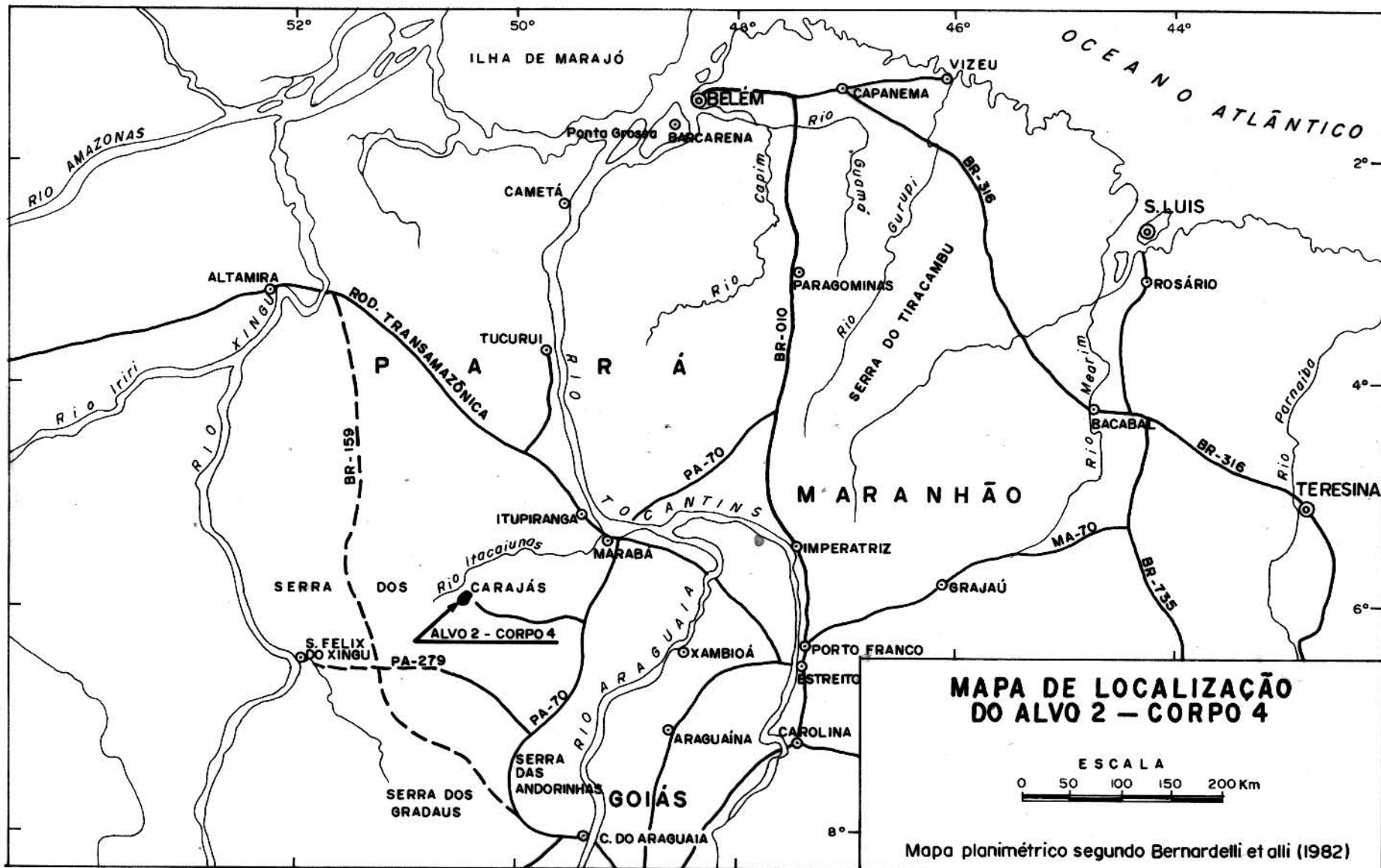


Fig.1 - Mapa de localização do Alvo 2 - Corpo 4.

programas utilizados para o tratamento dos dados são fornecidas no decorrer do texto.



## 2 GEOLOGIA

### 2.1 Introdução

Neste tópicos são abordados os aspectos litológicos concernentes ao Alvo 2 - Corpo 4 e feitas algumas correlações com a estratigrafia regional, resumida na coluna estratigráfica informal da Província Mineral de Carajás, proposta por Hirata et alii (1982) (Fig. 2).

A área em estudo encontra-se coberta por uma espessa camada de solo e saprólito, com cerca de 50 m ou mais de espessura em alguns locais. Os afloramentos são escassos e limitam-se às proximidades das drenagens. Nestas condições os testemunhos de sondagens desempenham um papel importante, para a complementação do quadro geológico da área.

O mapa geológico do Alvo 2 - Corpo 4 mostra que esta área é constituída por uma faixa mais ou menos central de anfíblio-xistos que separa geograficamente rochas metabásicas e um corpo de rochas com antofilita e cordierita de rochas meta-sedimentares (Fig. 3).

### 2.2 Rochas com Antofilita e Cordierita

Mineralogicamente, essas rochas são constituídas predominantemente por antofilita e cordierita, e quantidades variadas de plagioclásio ( $An_{31}$ ), biotita, clorita, quartzo e opacos. Cristais xenoblásticos de cordierita com cerca de 1 cm de comprimento, envolvem cristais fibrosos e as vezes radiais de antofilita. Texturalmente, a rocha apresenta aspecto granoblástico, não se observando qualquer orientação dos cristais de antofilita e biotita. Este último mineral ocorre geralmente como agregados cristalinos formando manchas amplamente distribuídas na rocha.

Hirata et alii (1982) consideram essas rochas como pertencentes à Sequência Salobo-Pojuca (Fig. 2). O mapa geológico do Projeto Cobre Carajás (DOCEGEO, 1980) mostra que esse tipo de rochas ocorre, regionalmente, nas adjacências das rochas denomi

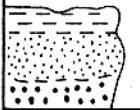

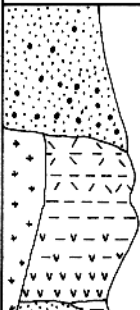

ERA	PERÍODO	UNIDADES		LITOLOGIAS	
PALEOZOICO		SEDIMENTOS DA BACIA DO MARANHÃO		Sedimentos clásticos, principalmente, evaporitos, vulcânicas básicas toleíticas	
	PROTEROZOICO	MÉDIO	SUPER-GRUPO BAIXO ARAQUAIA		intrusivas máficas e ultramáficas (S.Tapa). Filitos, quartzitos, grauvacas, rochas carbonatadas; biotita-xistos, gnaisses.
GRUPO TOCANTINS					
GRUPO ESTRONDO					
FORMAÇÃO GOROTIRE			Arenitos, às vezes conglomeráticos, feldspáticos.		
GRUPO UATUMÁ		IRIRI	GRANITO VELHO		Riolitos, riolacitos, proclásticos. Corpos intrusivos (Velho Guilherme) graníticos a granodioríticos portadores de Sn. Basaltos, andesitos passando a riolacitos no topo; piroclásticas.
			SOBREIRO		GUILHERME
		FORMAÇÃO RIO FRESCO	GRANITO SERRA DOS CARAJÁS		Conglomerados, arenitos, siltitos, folhelhos, chert, níveis carbonatados, às vezes manganésíferos (Azul); ocorrência Au, Cu (S. Pelada, Bahia); vulcânicas básicas, formação ferrífera (área Bahia), Corpos intrusivos de composição granítica a granodiorítica (S. Carajás)
INFERIOR		GRUPO GRÃO PARÁ		Metavulcânicas máficas, itabiritos (S. Carajás - N1, N4, S11, etc...)	
		SEQUÊNCIA TIPO SALOBO - POJUÇA		Gnaisses, xistos (anfíbólio-granada-magnetita-sulfetos de cobre), quartzitos (Sal-3A). Lateralmente anfíbólio xistos, meta-basaltos, formações ferríferas bandeadas, rochas a antofilita-cordierita, sulfetos maciços Cu-Zn (Pojuca) e biotita xistos, quartzitos, mármores manganésíferos (Buritirama).	
		COMPLEXO XINGU (Incorporando greenstone-belts)		Gnaisses, enclaves de anfibolitos, granitos, migmatitos, granulitos. Greenstone-belts / granitoides (gb) - sequências vulcânicas diferenciadas, ultramáficas - máficas - félsicas, em facies xistos verdes, grauvacas, arcósias siltitos, formações ferríferas bandeadas, chert/granitos granodioritos, trondhjemitos; ocorrências de Au, Ni, (Andorinhas, Vermelho) Complexos básicos-ultrabásicos estratificados de facies granulítico com anortositos (área Plum)	
ARQUEANO					

FIG. - 2 : Coluna estratigráfica informal da Província Mineral de Carajás segundo Hirata et alii (1982)

nadas meta-básicas.

A freqüente associação das rochas com antofilita e cordierita com depósitos de sulfetos, principalmente de cobre, tem atraído a atenção dos geólogos para um estudo dos seus aspectos genéticos. Flody (1965), Wallance (1967), Upadhyay e Smithe ringale (1972), Lal e Shukla (1975) e James et alii (1978) discutiram a origem dessas rochas e levantaram algumas hipóteses, como: metassomatismo ferro-magnesiano acompanhando metamorfismo de contacto; fusão parcial de sedimentos tipo grauvacas, produzindo um resíduo refratário contendo antofilita e cordierita; metamorfismo progressivo de lavas máficas alteradas; metamorfismo progressivo de zonas de alteração ricas em ferro e magnésio localizadas abaixo de depósitos vulcanogênicos de sulfeto de zinco.

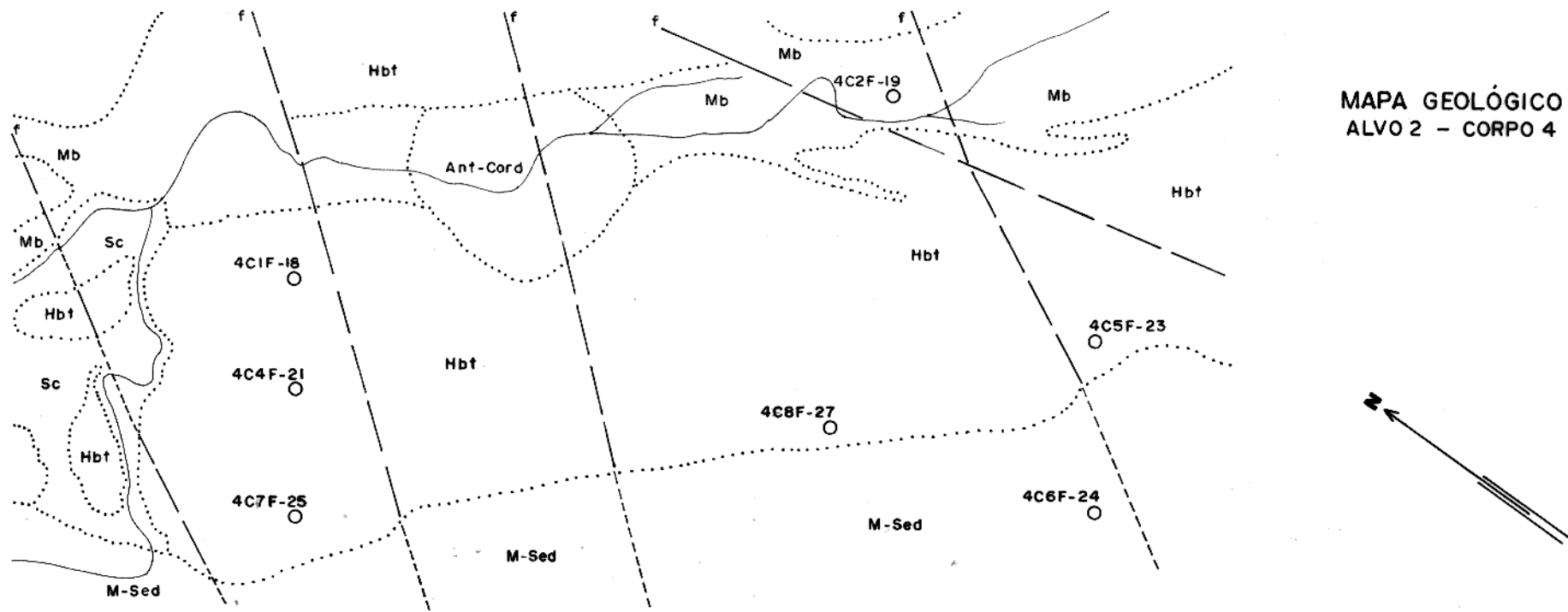
### 2.3 Anfibólito Xistos

É um termo genérico empregado neste trabalho para designar os hornblenditos, quartzo-hornblenda-cumingtonita xisto, quartzo-cumingtonita xisto com níveis granatíferos, biotita-hornblenda xisto, formação ferrífera bandada, etc, representados no mapa geológico por "Hbt" (Fig. 3). Topograficamente, constituem a parte mais elevada do Alvo 2 - Corpo 4.

Essas rochas são também pertencentes à Sequência Salobo-Pujuca de Hirata et alii (1982). São rochas vulcano-sedimentares metamorfisadas no facies anfibólito (Guimarães e Amaral, 1980), com porções menores de rochas meta-sedimentares químicas ricas em sulfetos ou finamente laminadas, com bandas alternadas de chert anfibólito (Hirata et alii, 1982).

A textura é predominantemente granoblástica, porém, as vezes, tende a nematoblástica com orientação do anfibólito e biotita. Essas rochas são cortadas localmente por veios de quartzo, clorita, epidoto e carbonatos. Algumas porções apresentam disseminações de cristais bem formados de turmalina, fluorita e apatita. Observam-se também veios centimétricos a métricos compostos predominantemente por quartzo e turmalina e/ou quartzo e feldspato potássico.

MAPA GEOLÓGICO  
ALVO 2 - CORPO 4



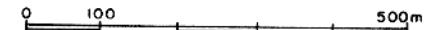
LEGENDA

Sc	ALUVIÕES, DEPÓSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS
Mb	META-BÁSICAS
M-Sed	META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS, META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS E FORMAÇÕES FERRÍFERAS
Hbt	HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA, QUARTZO-CUMINGTONITA COM NÍVEIS GRANATÍFEROS, QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMAÇÃO FERRÍFERAS
Ant-Cord	ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANFÍFILITA CORDIERITA

CONVENÇÕES

.....	Contato geológico
- - - -	Falha
○	Furo de sondagem
∟	Igarapé

ESCALA — 1:10.000



Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig. 3 - Mapa geológico do Alvo 2 - Corpo 4.

Associadas a essas rochas se encontram mineralizações de calcopirita e secundariamente de esfalerita, acompanhadas de pirita, pirrotita e magnetita. Na maioria das vezes esses minerais são encontrados em fraturas, porém, podem se apresentar sob forma disseminada e/ou maciça ou, até mesmo, mais raramente, acompanhando a foliação. Guimarães e Amaral (1980) relataram a presença de esfalerita associada a um nível de cumingtonita-quartzo xisto rico em gahnita ( $ZnAl_2O_4$ ). Hirata et alii (1982) distinguiram dois tipos de mineralização: 1) mineralização tipo "stringer" onde a calcopirita, pirita e pirrotita ocorrem preenchendo fraturas ou disseminada em meta-basaltos; 2) mineralização estratiforme, onde níveis maciços, finos, de pirita-calcopirita e pirrotita-esfalerita-calcopirita ocorrem associados a rochas meta-sedimentares químicas.

A atuação de soluções hidrotermais nessas rochas é evidenciada pela presença de clorita e tremolita-actinolita nas bordas e fraturas de granada e hornblenda hastingsítica, respectivamente, e ainda, pela presença de clorita, minerais argilosos e de intensa silicificação associados às mineralizações de sulfetos em zonas de fraturas.

#### 2.4 Meta-sedimentos

Sob esta denominação reúnem-se os meta-arenitos, meta-arcósios, meta-graúvacas, meta-siltitos, meta-argilitos e formação ferrífera, identificados no mapa geológico pelo símbolo "M-Sed" (Fig. 3).

Informações sobre estas rochas são obtidas essencialmente dos testemunhos de sondagem do Furo 24 (Fig. 3). Guimarães e Townend (1979) relatam que de 45,6 a 154,9 m os testemunhos consystem principalmente de sedimentos quartzosos e veios ricos em turmalina.

Os sedimentos quartzosos foram discriminados por aqueles autores em biotita meta-arenito a grão grosso, biotita meta-arenito, biotita meta-arenito fino ou meta-siltito e filito. Eles identificaram ainda a evidência de metamorfismo termal de baixo grau acompanhado de metassomatismo alcalino com halogêneos, estes

Últimos sendo indicados pela presença de fluorita.

Os inúmeros veios de quartzo e feldspato potássico com turmalina e/ou fluorita que cortam estes meta-sedimentos sugerem a proximidade de uma massa granítica (Guimarães e Townend, 1979).

A correlação estratigráfica desses meta-sedimentos com as seqüências até então definidas para a Província Mineral de Carajás ainda é incerta. Uma possibilidade constitui em correlacionar esses sedimentos metamorfisados termalmente com os sedimentos da Formação Rio Frasco, de Silva et alii (1974). Outra, considerá-los como meta-sedimentos de grau metamórfico baixo da Sequência Salobo-Pojuca, de Hirata et alii (1982).

Guimarães e Townend (1979) consideraram essa última correlação a mais provável porque os meta-sedimentos apresentam alanita, um acessório característico dos xistos da Sequência Sa lobo-Pojuca, e uma alta concentração de cobre, o qual não é em sua totalidade epigenético.

## 2.5 Rochas Básicas

Estas rochas estão representadas no mapa geológico do Alvo 2 - Corpo 4, pelo símbolo "Mb" (Fig. 3). Possuem variação granulométrica bem ampla, desde um termo apresentando textura fanerítica até um termo com aspecto hipoabissal.

Mineralogicamente, essas rochas são constituídas por anfibólio da série tremolita-actinolita, plagioclásio ( $An_{42}-An_{55}$ ), epidoto, clorita e como acessórios titanita, opacos e eventualmente quartzo. Os núcleos mais cálcicos dos plagioclásios e aqueles cristais de menor granulometria desse mineral mostram-se bastante saussuritizados. A tremolita-actinolita ocorre isolada ou em pequenos agregados, substituindo um mineral primário, provavelmente, piroxênio. A textura ofítica original apresenta-se preservada.

Originalmente essas rochas são denominadas pela DOCEGEO de meta-básicas. Entretanto, assumindo que elas sofreram

metamorfismo, torna-se evidente a existência de uma incompatibilidade mineralógica. Segundo Miyashiro (1975) numa rocha básica metamorfisada, o plagioclásio cálcico não coexiste com o anfibólio da série tremolita-actinolita. Esse autor afirma que em metabasitos do fácies xisto verde, o plagioclásio tipo albita coexiste com actinolita, enquanto que no fácies anfibolito o plagioclásio cálcico coexiste com a hornblenda.

Consequentemente, acredita-se que a assembléia mineralógica presente nessas rochas básicas deva ser fruto de alteração hidrotermal. Aliás, as observações realizadas nos testemunhos de sondagens de rochas existentes na área não deixam dúvidas quanto a ação de soluções hidrotermais.

### 3 OBTENÇÃO DOS DADOS GEOQUÍMICOS

#### 3.1 Trabalhos de Campo

Os trabalhos de amostragem do Alvo 2 - Corpo 4 consistiram na coleta de 171 amostras de solo numa área de aproximadamente 2 km<sup>2</sup>. A distância entre as estações de coleta foi de 100 m, em malha regular quadrática, ao longo de 19 perfis transversais a linha-base C4-00, de direção N36W (Fig. 4). O material foi coletado a 40 cm de profundidade, do horizonte B do solo, com o auxílio de uma cavadora manual conhecida como "boca de lobo". Na tentativa de obter-se uma representatividade significativa do material amostrado, foi coletado cerca de 1 kg de solo por amostra.

Paralelamente à coleta de amostras de solo foi realizado um reconhecimento geológico da área, durante o qual os afloramentos existentes foram amostrados para posterior descrição petrográfica microscópica. Os trabalhos de campo também envolveram a observação macroscópica dos testemunhos das sondagens efetuadas no Alvo-2 - Corpo 4.

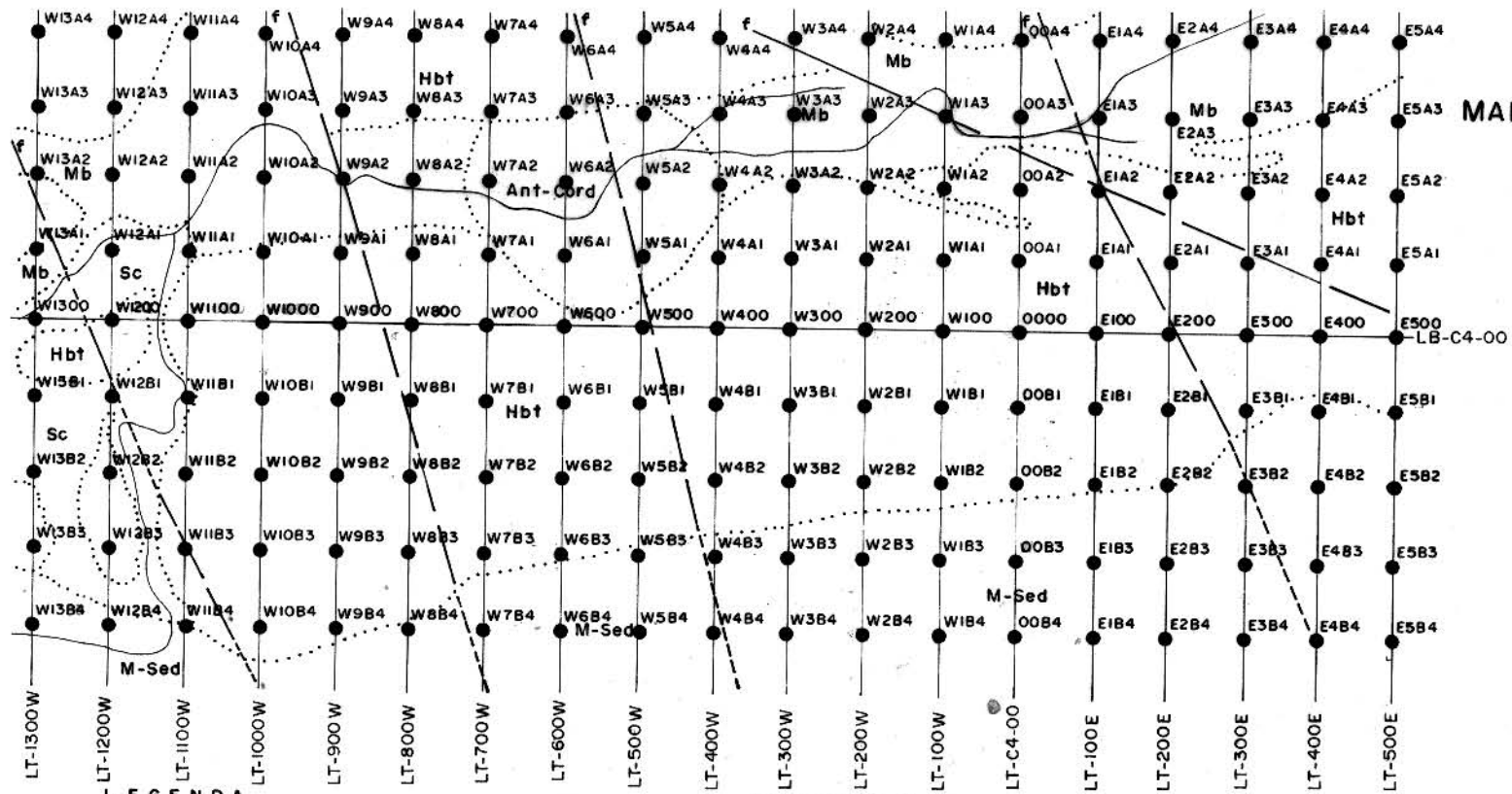
#### 3.2 Preparação e Análise Química das Amostras de Solo

As amostras de solo foram secas em estufa a 95°C, desagregadas e peneiradas. A fração menor que 2 mm sofreu quarteramento, tritramento até a fração menor que 0,063 mm e posterior homogeneização.

Após essa preparação, cada amostra sofreu abertura a quente com uma mistura de HF e HClO<sub>4</sub> na proporção 2:1 e posterior adição de solução de HCl. (Book, 1972).

As amostras em solução foram analisadas para dez elementos químicos (ferro, alumínio, magnésio, manganês, titânio, níquel, cobalto, vanádio, cobre e zinco), utilizando-se o espectrofotômetro de absorção atômica modelo FMD-4 de fabricação Carl Zeiss. As análises foram realizadas segundo as especificações contidas no manual do aparelho.





MAPA DE AMOSTRAGEM  
ALVO 2 - CORPO 4

- LEGENDA**
- Sc ALUVIÕES, DEPÓSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS
  - Mb META-BÁSICAS
  - M-Sed META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS, META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS E FORMAÇÕES FERRÍFERAS
  - Hbt HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA, QUARTZO-CUMINGTONITA COM NÍVEIS GRANÁTIFEROS, QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMAÇÃO FERRÍFERAS
  - Ant-Cord ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANTOFILITA CORDIERITA

- CONVENÇÕES**
- ..... Contato geológico
  - Falha
  - Ponto de amostragem
  - ~ Igarapé

ESCALA — 1:10.000

Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig. 4 - Mapa de pontos amostrados.

### 3.3 Resultados Analíticos

Para um melhor controle dos dados analíticos, a cada três transversais amostradas repetia-se a análise da última. Os resultados duplicados foram considerados bons, obtendo-se variações no máximo de 5% para elementos como alumínio, magnésio, zinco e titânio e menor que 3% para os demais. O anexo 1 contém os resultados obtidos. Por motivos de ordem prática as amostras estão agrupadas segundo a classificação obtida pela análise de agrupamentos descrita no item 4.2.

## 4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS GEOQUÍMICOS

### 4.1 Considerações sobre a Distribuição Estatística dos Elementos Químicos no Solo

Técnicas estatísticas computarizadas têm sido amplamente utilizadas para auxiliar o tratamento e a interpretação de dados pelos geoquímicos de um modo geral. Contudo, Govet et alii (1975) chamaram atenção para os sérios problemas que a geoquímica de exploração enfrenta para conciliar a estatística teórica, particularmente a estatística paramétrica, com a distribuição empírica dos elementos químicos nos materiais da crosta terrestre. A estatística paramétrica especifica condições acerca dos parâmetros de uma amostra representativa de uma população (Till, 1980), por isso é importante determinar a função de distribuição que melhor descreve os parâmetros que estão sendo medidos, pois a suposição incorreta de uma determinada função pode levar a significantes erros nas estimativas (Jones e Beaven, 1971).

Desse modo, determinar a função de probabilidade que melhor se ajuste à distribuição geoquímica dos elementos tem sido o objeto de estudo e discussão de diversos pesquisadores.

Ahrens (1954) observou que a distribuição da frequência de teores de alguns elementos menores e traços nas rochas ígneas apresenta uma assimetria positiva, e concluiu que a função de distribuição da concentração desses elementos não é normal (Gaussiana). Ao notar que essas distribuições tornavam-se normais ou quase-normais quando os dados eram transformados logaritmicamente, propôs a distribuição log-normal como uma das leis fundamentais da geoquímica.

Chayes (1954), utilizando os dados de Ahrens (1954), verificou que um histograma construído com a raiz cúbica dos valores da concentração de chumbo de granitos canadenses possui uma distribuição simétrica semelhante a obtida por Ahrens. Alertou então para determinadas transformações com a propriedade de condensar a variação das observações naturais, reduzindo demasiadamente, os valores mais altos com relação aos menores.

Miller e Goldberg (1955) examinaram a proposta de Ahrens e concluíram que os dados existentes não confirmam a proposição apresentada nem sequer sugerem qualquer existência dela. Afirmaram que, na natureza, as distribuições de freqüência dependem do conhecimento dos fatores envolvidos na formação do sistema geológico estudado e do conhecimento da contribuição dos erros de laboratório e amostragem para os dados numéricos.

Ahrens (1957), evocando as próprias palavras de Miller e Goldberg, salientou que a procura de uma função específica para descrever universos na natureza é infrutífera. Afirmou que o importante é encontrar uma função de distribuição que se ajuste razoavelmente aos vários conjuntos de observações. Lembrou que, salvo casos particulares, a função de distribuição log-normal cumpre essa finalidade.

Shaw (1961), examinando os diversos pontos de vista existentes até então sobre o assunto, concluiu que a distribuição log-normal é a melhor função de probabilidade a ser usada pois foi justificada tanto nas considerações práticas como nas teóricas. Porém ressaltou que é essencial entender claramente a natureza e limites de uma dada população, nos termos geoquímicos, antes de tentar encontrar um modelo para explicá-la.

Smirnov (1963) afirmou que na geoquímica de prospecção, as curvas de variação simétrica, praticamente, nunca são encontradas, devido ao efeito de dispersão das auréolas e da inevitável heterogeneidade dos materiais geológicos. Sugeriu que a distribuição assimétrica positiva ocorre quando o número de pontos amostrados dentro da auréola de dispersão é pequeno quando comparado com o número total de amostras. Por outro lado, se o número de pontos amostrados dentro da auréola de dispersão for comparável ao número de pontos fora da auréola, ocorrerá uma distribuição bimodal.

Chapman (1973) revelou que suas pesquisas têm mostrado que as distribuições estatísticas de dados coletados em programas de exploração geoquímica não sugerem uma distribuição log-normal autêntica, porém, frequentemente, possuem assimetria positiva e, por conseguinte, imitam uma distribuição log-normal. Considerou que as distribuições observadas nos dados de exploração geo

química são mistas e provêm de duas fontes. Uma fonte denominada "background", representativa da variação geral da concentração do elemento causada pela composição original da rocha e outros fatores fisiográficos, e de outra fonte denominada "anomalia", representativa da mineralização. Cada uma dessas fontes é composta de diversas populações e algumas dessas populações possuem distribuição normal.

Baseados em experimentos simulados por computador, Govet et alii (1975) concluíram que na geoquímica de exploração, a distribuição de frequência de um dado geoquímico é normal unimodal, quando a amostragem é realizada numa população homogênea, e polimodal, quando a amostragem é realizada em populações diferentes. A distribuição assimétrica de um dado geoquímico pode ocorrer tanto no caso de amostragem de uma população homogênea como de populações diferentes. Entretanto, somente quando uma distribuição assimétrica for proveniente da amostragem de um dado geoquímico de uma população homogênea, os resultados podem ser transformados, através de uma função logarítmica ou qualquer outra função matemática, para obedecer uma distribuição normal.

A partir do exame do mapa geológico do Alvo 2 - Corpo 4 (Fig. 3), é fácil concluir que a amostragem foi efetuada em solos provenientes de diferentes litologias. Logo, os histogramas apresentados na figura 5 representam a mistura de tantas populações quantas existirem. Essa superposição de populações ocasionada pela inevitável heterogeneidade dos materiais geológicos, praticamente impede a existência de curvas de variação simétricas na prospecção geoquímica (Smirnov, 1963). Frequentemente, essas curvas apresentam assimetria positiva imitando, por conseguinte, uma distribuição log-normal (Chapman, 1973).

A distribuição assimétrica positiva do magnésio é um exemplo claro da influência da superposição de populações na distribuição estatística dos elementos químicos analisados (Fig. 5). A distribuição de frequência desse elemento assemelha-se bastante a da função de distribuição log-normal. Entretanto, o exame mais acurado dos dados analíticos, revela que os baixos teores de magnésio são em grande parte provenientes de amostras dos solos desenvolvidos sobre anfibólitos xistos e meta-sedimentos, que

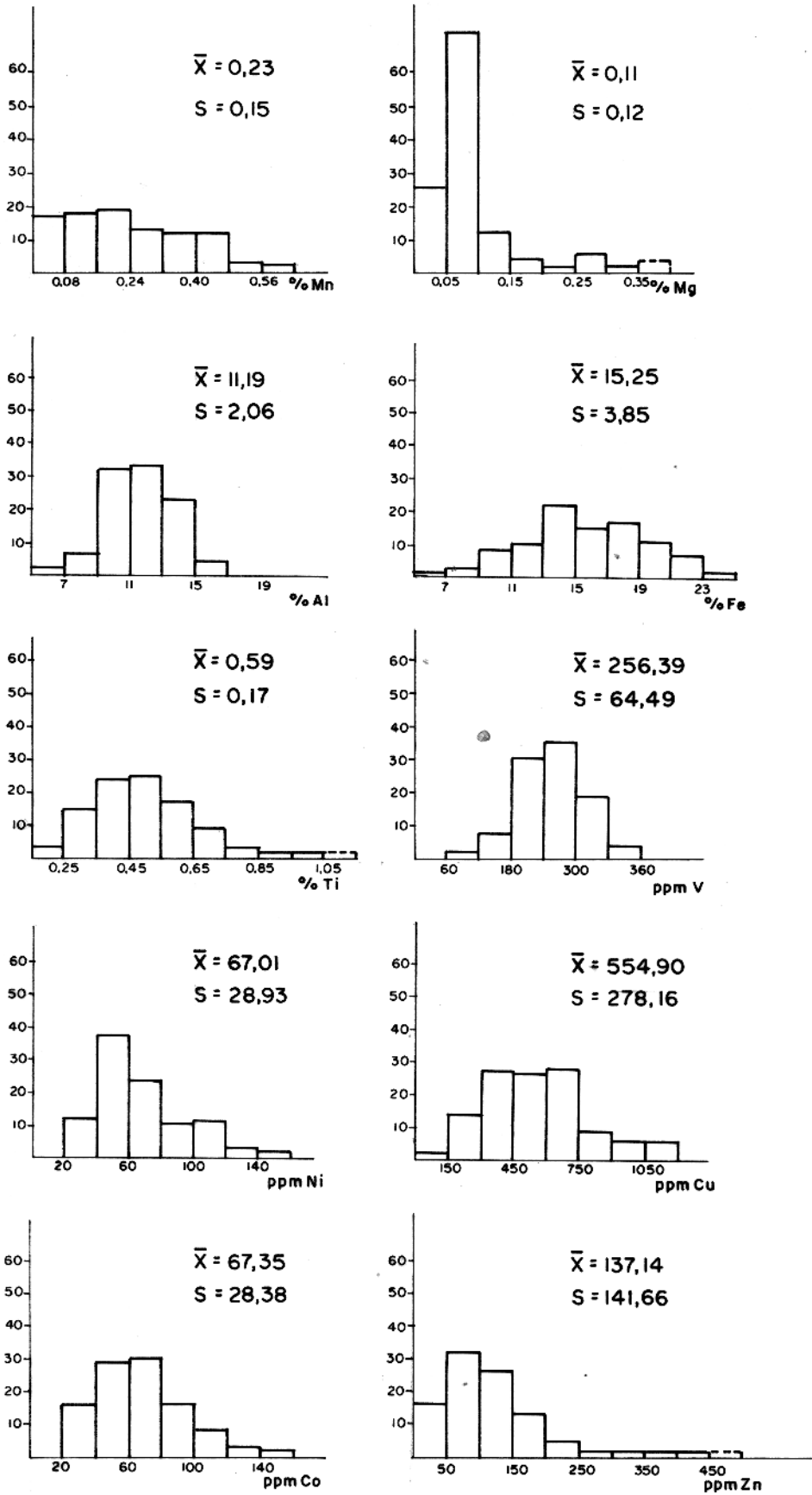


Fig. 5 - Histogramas das distribuições do Al, Fe, Mg, Mn, Ti, Ni, Co, V, Cu e Zn nos solos.  $\bar{X}$ : média aritmética;  $S$ : desvio padrão

totalizam cerca de 80% das amostras. Os teores mais altos são provenientes do solo desenvolvido sobre rochas básicas e representam apenas 20% do total das amostras. Portanto, a distribuição assimétrica positiva do magnésio pode ser atribuída a superposição de populações de solos geoquimicamente distintos. Com isso fica afastada a hipótese da distribuição log-normal do magnésio no solo.

A distribuição de frequência assimétrica que os demais elementos analisados porventura apresentem, pode ser atribuída, também, à superposição de populações. Dessa forma, com base em Govet et alii (1975), os dados originais não foram transformados matematicamente para obedecer uma distribuição normal. Tal procedimento não invalida o tratamento estatístico multivariante executado, porque tanto na análise de agrupamentos (Parks, 1966) como na análise discriminante (Klecka, 1975), a suposição da distribuição normal das variáveis não necessita ser severamente seguida.

## 4.2 Análise de Agrupamentos

### 4.2.1 Introdução

A análise de agrupamentos é uma técnica estatística multivariante desenvolvida por taxonomistas que utilizaram a similaridade entre indivíduos para classificá-los hierarquicamente em grupos, mais ou menos homogêneos, considerando-se simultaneamente todas as variáveis para cada indivíduo.

As medidas do grau de similaridade normalmente utilizadas são o coeficiente de distância Euclidiana e o coeficiente de correlação de Pearson. O coeficiente de distância é mais usado quando se deseja estabelecer o grau de similaridade entre objetos enquanto que o coeficiente de correlação é mais útil para medir o grau de similaridade entre variáveis. O primeiro caso é conhecido como método Q e o segundo como método R da análise de agrupamentos. (Sobreiro Neto e Campos, 1980; Roy, 1981).

Para desenvolver a análise de agrupamentos, os dados

são dispostos inicialmente numa matriz "n x m" onde "n" é o número de objetos e "m" o número de variáveis. Posteriormente, constrói-se uma matriz simétrica de similaridade, entre todos os pares possíveis de amostras, a partir do cálculo dos coeficientes de distância (método Q), ou coeficiente de correlação (método R). Finalmente, as amostras são organizadas segundo níveis hierárquicos de similaridade, de tal modo que cada ciclo de agrupamento obedeça a uma origem sucessiva no sentido de decréscimo da similaridade. Esse agrupamento hierárquico é representado em duas dimensões pelo diagrama dendrítico denominado "dendograma" (Landim, 1976).

Maiores informações sobre a teoria da análise de agrupamentos e sua aplicação a problemas geológicos são encontradas em Davis (1973).

#### 4.2.2 Aplicação do Método de Agrupamento

A análise de agrupamentos, método Q, foi empregada para classificar as amostras de solos em grupos geoquimicamente homogêneos com base nas similaridades de suas composições químicas. Utilizando a linguagem estatística se diz que as amostras de solo representam os "objetos" ou "observações" ou "casos" e que os elementos químicos representam as "variáveis".

Foram utilizadas como variáveis os seguintes elementos químicos: ferro, alumínio, magnésio, manganês, titânio, cobalto, níquel, vanádio, cobre e zinco. Logo, a análise de agrupamentos foi governada pelo teor desses elementos em cada uma das amostras de solo.

Os cálculos foram realizados utilizando o programa "CLUSTER" (Davis, 1973), em linguagem FORTRAN IV, (anexo 2). Esse programa calcula os coeficientes de distância, executa os agrupamentos pelo método de agrupamento pareado igualmente ponderado (W.P.G.M) e, finalmente, imprime a classificação hierárquica graficamente, o dendograma. O primeiro passo do método do agrupamento pareado igualmente ponderado (Davis, 1973; Landim, 1976) é encontrar os pares de amostras com menor coeficiente de distância na matriz de similaridade, que formarão os centros dos agrupamentos. A partir desses pares a matriz de similaridade é



recalculada, tratando-se cada par como um elemento singular. Nos coeficientes de distância, entre todos os grupos e objetos não agrupados, são calculados através da média aritmética. O processo de agrupamento se repete até que todos os grupos estejam ligados.

Foi incluída no programa CLUSTER a subrotina "STAND" (Davis, 1973) para padronizar os dados e com isso, retirar a influência que as diferentes unidades de medidas porventura exercessem no cálculo dos coeficientes de distância.

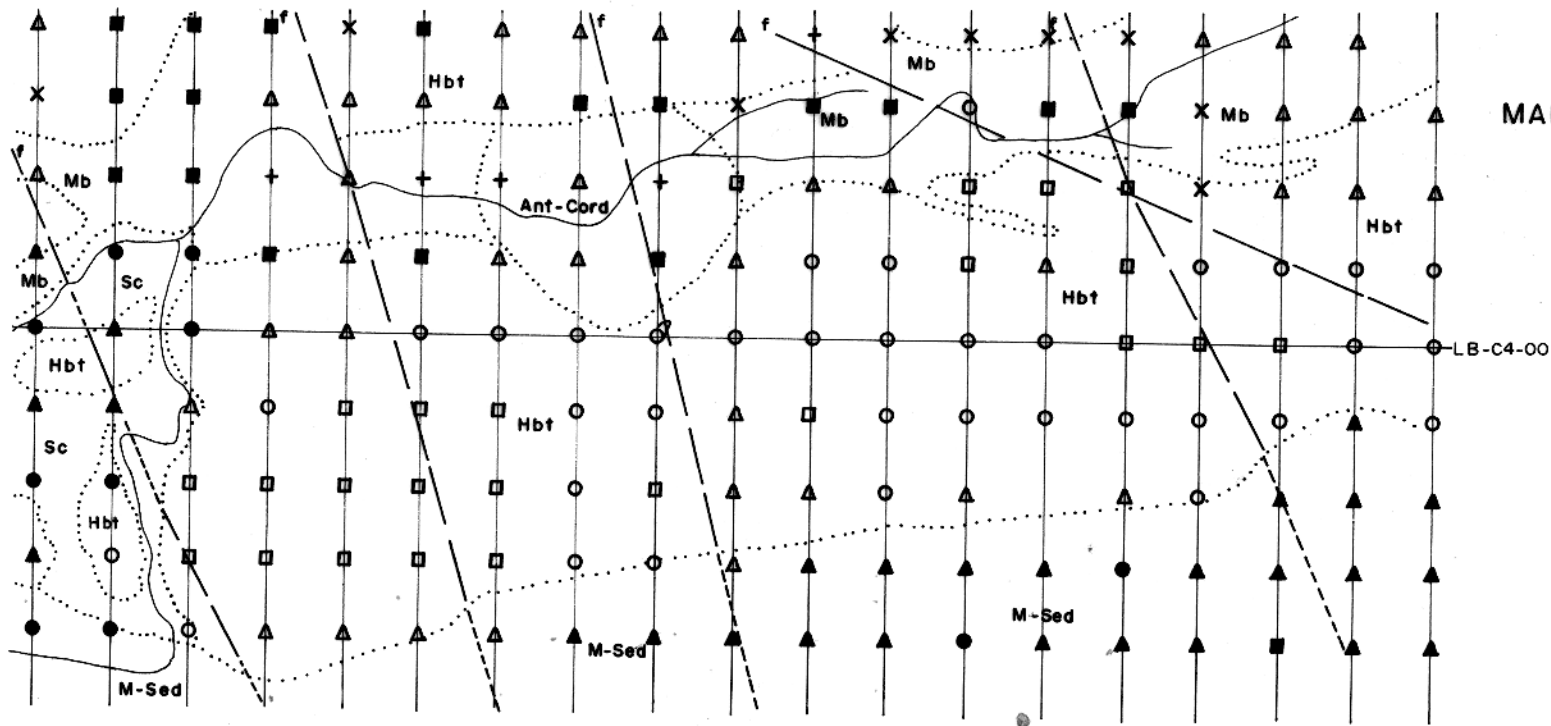
#### 4.2.3 Interpretação dos Resultados

Na interpretação do dendograma, a delimitação dos diversos agrupamentos foi baseada não apenas no valor de coeficientes de distância, mas também foi considerada a distribuição espacial das amostras no mapa geológico. Portanto, o agrupamento resultante é fruto da interação dendograma-mapa geológico. O anexo 3 mostra a delimitação desses grupos no dendograma, enquanto que a figura 6 refere-se à localização de cada amostra e a respectiva simbologia do grupo que pertence, no mapa geológico.

As amostras de solo foram classificadas em oito grupos distintos. A figura 7 mostra esses agrupamentos e uma breve indicação da possível correlação entre os grupos de solos e as litologias.

Nota-se que as amostras de solo provenientes da faixa central de anfibólio xistos, portadora de mineralização em sulfetos, formam dois agrupamentos geoquimicamente distintos. Estes agrupamentos, representados pelas amostras classificadas nos grupos 5 e 7 (Fig. 6 e anexo 3), podem estar refletindo a existência de diferenças composicionais significantes dentro desta rocha. Estas diferenças foram constatadas por Guimarães e Townend (1979), Guimarães e Amaral (1980) e Hirata et alii (1982) que identificaram anfibólio xistos com origem em rochas vulcânicas básicas e rochas sedimentares químicas. Entretanto é muito difícil dizer qual grupo de amostras de solos se relaciona com este ou aquele tipo litológico com base apenas nos estudos desenvolvi

MAPA DE AMOSTRAGEM  
ALVO 2 - CORPO 4



LEGENDA

Sc	ALUVIÕES, DEPOSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS
Mb	META-BÁSICAS
M-Sed	META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS, META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS E FORMACÕES FERRÍFERAS
Hbt	HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA, QUARTZO-CUMINGTONITA COM NIVEIS GRANATIFEROS, QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMACÃO FERRÍFERAS
Ant-Cord	ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANTOFILITA CORDIERITA

CONVENÇÕES

.....	Contacto geológico	△	Grupo 1
- - -	Falha	▲	Grupo 2
⋈	Igarapé	■	Grupo 3
		×	Grupo 4
		○	Grupo 5
		●	Grupo 6
		□	Grupo 7
		+	Grupo 8

ESCALA — 1:10.000



Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig. 6 - Mapa de pontos mostrando a classificação das amostras nos seus respectivos grupos.

dos neste trabalho. Existe ainda um outro tipo de solo geoquimicamente distinto desenvolvido sobre anfibólitos xistos e que se concentra principalmente na parte nordeste da área, sendo representado pelas amostras classificadas no grupo 1.

Grupos: 1, 5 e 7	Solos desenvolvidos sobre anfibólitos xistos
Grupo : 2	Solo desenvolvido sobre meta-sedimentos
Grupos: 3 e 8	Solos desenvolvidos sobre rochas básicas
Grupo : 4	Solo desenvolvido nas proximidades do contato rocha-básica-anfibólito xistos
Grupo : 6	Aluviões

Fig. 7 : Quadro mostrando a provável correlação entre os grupos de solos e as litologias.

O prévio conhecimento da geologia da área ajudou a separar amostras que a primeira vista pareciam estar agrupadas. Estas separações foram realizadas mediante uma flutuação no valor do coeficiente de distância, sugerida pelo exame do mapa geológico. De onde se conclui ser importante uma perfeita interação dendograma-mapa geológico.

Destaca-se como um exemplo dessa interação a discriminação entre as amostras do solo desenvolvido sobre rochas básicas (grupo 3) e aquelas sobre rochas meta-sedimentares (grupo 2). Considerando-se o coeficiente de distância 1,05 estas amostras são classificadas em um só grupo. Todavia, diminuindo-se o valor do coeficiente de distância para 0,90 é possível separar de maneira eficiente tais amostras. Aquelas classificadas no grupo 2 ocorrem em sua maior parte na área mapeada como de rochas meta-sedimentares, enquanto que as classificadas no grupo 3 se posicionam preferencialmente na área mapeada como de rochas básicas (fig. 6 e anexo 3).

A comparação entre os agrupamentos obtidos no dendograma com o mapa geológico revela também a localização preferencial das amostras de solos classificadas no grupo 4 na zona de

contacto entre rochas básicas e anfibólitos (Fig. 6 e anexo 3).

É bastante curioso o fato de ter-se obtido dois agrupamentos significativamente distintos, grupo 3 e grupo 8, para o solo desenvolvido sobre rochas básicas (Fig. 6 e anexo 3). Supõe-se que isso reflita uma heterogeneidade do meio amostrado, provocada por fatores locais. As amostras classificadas no grupo 8, via de regra, foram coletadas nas proximidades das drenagens, onde os afloramentos são evidentes e o solo não é bem desenvolvido, possuindo inclusive pequenos fragmentos parcialmente alterados da rocha mãe, enquanto que aquelas do grupo 3 consistem de amostras de solo em estágio de desenvolvimento mais intenso, típicas do horizonte B. Este fato vem ressaltar a importância de um controle adequado das condições de coleta do meio amostrado.

A escolha das variáveis também influencia a eficiência da análise de agrupamento. Muitas vezes as variáveis selecionadas não conseguem exprimir diferenças significativas que possam distinguir perfeitamente grupos de amostras. A não distinção geoquímica do solo desenvolvido sobre rochas com antofilita e cordierita com base nas dez variáveis utilizadas pode ser tomada como um exemplo disso.

Como pode ser observado, a análise de agrupamentos possibilitou a classificação dos solos em grupos geoquimicamente homogêneos e correlacionáveis com as litologias subjacentes. O prévio conhecimento geológico da área e o controle na coleta do material evitaram distorções que ocorreriam caso a interpretação dos resultados fosse realizada sem o apoio dos dados de campo. Todavia, como não existem testes que possibilitem avaliar se o agrupamento obtido está estatisticamente correto, aplicou-se a análise discriminante com este propósito, pois esta técnica multivariante tem a capacidade de verificar se um agrupamento pré-estabelecido é estatisticamente consistente ou não.

#### 4.3 Análise Discriminante

##### 4.3.1 Introdução

A análise discriminante é uma técnica multivariante que permite distinguir estatisticamente dois ou mais grupos de casos entre si, definidos previamente por uma situação particular de pesquisa. Para verificar a distinção entre os grupos, deve ser selecionada uma coleção de variáveis discriminantes que meçam as características pelas quais os grupos são esperados diferirem.

A análise discriminante tenta pesar e combinar linearmente as variáveis discriminatórias, de modo a maximizar as diferenças estatísticas entre os diversos grupos de casos ou populações. As funções que discriminam os grupos entre si, denominadas funções discriminantes, são matematicamente definidas por:

$$D_i = \sum_{k=1}^p d_{ik} Z_k$$

onde  $D_i$  é o escore discriminante da  $i$ -ésima função,  $d_{ik}$  são os pesos dos coeficientes das funções discriminantes,  $Z_k$  os valores padronizados das variáveis e  $p$ , o número de variáveis discriminatórias utilizadas na análise. Em geral, o número máximo de funções discriminantes é um a menos que o número total de grupos. Uma vez derivadas essas funções, é possível alcançar os dois objetivos dessa técnica: classificação e análise.

A classificação permite enquadrar casos desconhecidos dentro de agrupamentos previamente estabelecidos. A análise fornece diversas ferramentas para a interpretação dos dados, tais como: 1) os testes estatísticos para medir a importância de uma variável discriminante quando combinada na função; 2) a interpretação dos pesos dos coeficientes, o que ajuda a identificar as variáveis que mais contribuem para diferir os grupos ao longo de uma determinada função (dimensão).

Maiores considerações acerca dos princípios teóricos da análise discriminante, bem como exemplos de sua aplicação, podem ser encontradas em Koch e Link (1971), Davis (1973) e Klecka (1975), sendo que esse último foi a base principal para as considerações acima desenvolvidas.

#### 4.3.2 O "Subprograma DISCRIMINANT": Utilização e Interpretação

O "subprograma DISCRIMINANT" (Klecka, 1975) foi utilizado para realizar a análise discriminante. No anexo 4 são mostrados os comandos necessários para acionar esse subprograma e os resultados obtidos. Os cálculos foram realizados com as mesmas variáveis utilizadas na análise de agrupamentos.

Com a finalidade de fornecer subsídios para a avaliação da importância relativa de cada função discriminante o "subprograma DISCRIMINANT" fornece, para cada função derivada, os seus respectivos autovalores e correlações canônicas associadas (Tab. 1). Na porção direita da tabela são mostrados os valores de  $\lambda$  segundo Wilk que é uma medida inversa do poder de discriminação da função, e os seus testes chi-quadrado de significância estatística correspondente. Esses dados indicam que as três primeiras funções são as mais importantes no processo discriminatório. Observa-se, por exemplo, que a somatória da percentagem relativa dos autovalores dessas três funções perfaz cerca de 82% do total. Logo, qualquer consideração analítica pode ser realizada com base nestas funções sem risco de se cometer erros maiores.

O "subprograma DISCRIMINANT" fornece também os coeficientes das funções discriminantes (Tab. 2). O valor absoluto dos coeficientes revela a contribuição relativa da variável associada a função. O sinal na frente dos coeficientes indica apenas se a variável está contribuindo positiva ou negativamente na função.

O "subprograma DISCRIMINANT" calcula diversos parâmetros estatísticos através da utilização do cartão controle "STATISTICS". Os parâmetros utilizados neste trabalho são a média e o desvio padrão, para cada grupo e, para todos os grupos (Tab. 5), a matriz de covariância e a matriz de correlação entre os grupos. (anexo 4).

O subprograma DISCRIMINANT fornece ainda diversos outros dados opcionais que podem ser computados através do cartão controle "OPTIONS" (anexo 4). As opções 5, 6, 7 e 11 foram utilizadas neste trabalho.

A opção 5 imprime a previsão dos resultados, indicando para cada grupo o número de casos classificados em cada um dos grupos e a percentagem correta da classificação dos grupos co

TABELA 1 : Poder de Discriminação das Funções Discriminantes para os oito Grupos de Solos.

FUNÇÃO DISCRIMINANTE	AUTOVALOR	PERCENTAGEM RELATIVA	CORRELAÇÃO CANÔNICA	FUNÇÕES DERIVADAS	WILKS' LAMBDA	CHI-QUADRADO	G.L.	SIGNIFICAN CIA
				: 0	0,0034	903,317	70	0,000
1	5,89787	46,16	0,925	: 1	0,0235	596,254	54	0,000
2	3,34024	26,14	0,877	: 2	0,1021	362,854	40	0,000
3	2,04606	16,01	0,820	: 3	0,3109	185,752	28	0,000
4	0,91219	7,14	0,691	: 4	0,5945	82,681	18	0,000
5	0,29891	2,34	0,480	: 5	0,7722	41,098	10	0,000
6	0,22811	1,79	0,431	: 6	0,9484	8,427	4	0,077
7	0,05443	0,43	0,227	:				

TABELA 2 : Coeficientes Padronizados das Funções Discriminantes. FUNC: Função

VARIÁVEIS	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5	FUNC 6	FUNC 7
Al	0,05323	-0,19337	0,36129	-0,01542	-0,40806	-1,27827	0,15653
Fe	-0,28196	-0,30167	0,25854	-0,76563	-0,77203	0,53282	-0,35873
Mg	0,23756	-0,82175	-0,50455	-0,54903	-0,25128	-0,46184	-0,33011
Mn	-0,16028	-0,36931	-0,14543	0,79012	-0,42087	-0,10500	-0,30895
Ti	0,04435	-0,01066	-0,00463	-0,14671	-0,38084	0,11786	0,71764
Co	-0,20934	-0,12149	0,19225	0,11037	0,01622	-0,30707	0,81641
Ni	0,22010	0,08147	0,25749	-0,03563	0,74603	1,55227	0,02276
V	0,20097	-0,08770	0,41922	-0,20469	0,12831	-0,04852	-0,33394
Cu	-0,30663	0,01021	-0,07558	-0,32144	0,55695	-0,27669	0,59035
Zn	-0,14717	-0,18407	0,01792	0,25204	0,50906	-0,38302	-0,51279



nhecidos (Tab. 3). Esta opção fornece ainda informações sobre a aceitação do agrupamento pré-estabelecido.

A opção 6 dá as seguintes informações: 1) o grupo em que a amostra foi classificada anteriormente; 2) a probabilidade de cada caso do grupo "G" estar afastado da centróide, dada por  $P(x/g)$ ; 3) a probabilidade do caso ser realmente do grupo "G" dado por  $P(g/x)$ ; 4) a probabilidade do caso ser classificado num segundo grupo; e 5) os escores discriminantes de cada caso (anexo 4).

A média dos escores discriminantes de cada função para um dado grupo representa a centróide desse grupo; que reflete a posição mais típica de um caso desse grupo no espaço, definido pelas funções discriminantes (Tab. 4). Quanto maior a diferença entre os valores das centróides dos grupos para uma dada função, maior a discriminação dos grupos entre si por essa função. Para uma melhor visualização dessa propriedade foi construído um gráfico onde são localizadas as centróides dos grupos nos eixos definidos pelas três principais funções (Fig. 8).

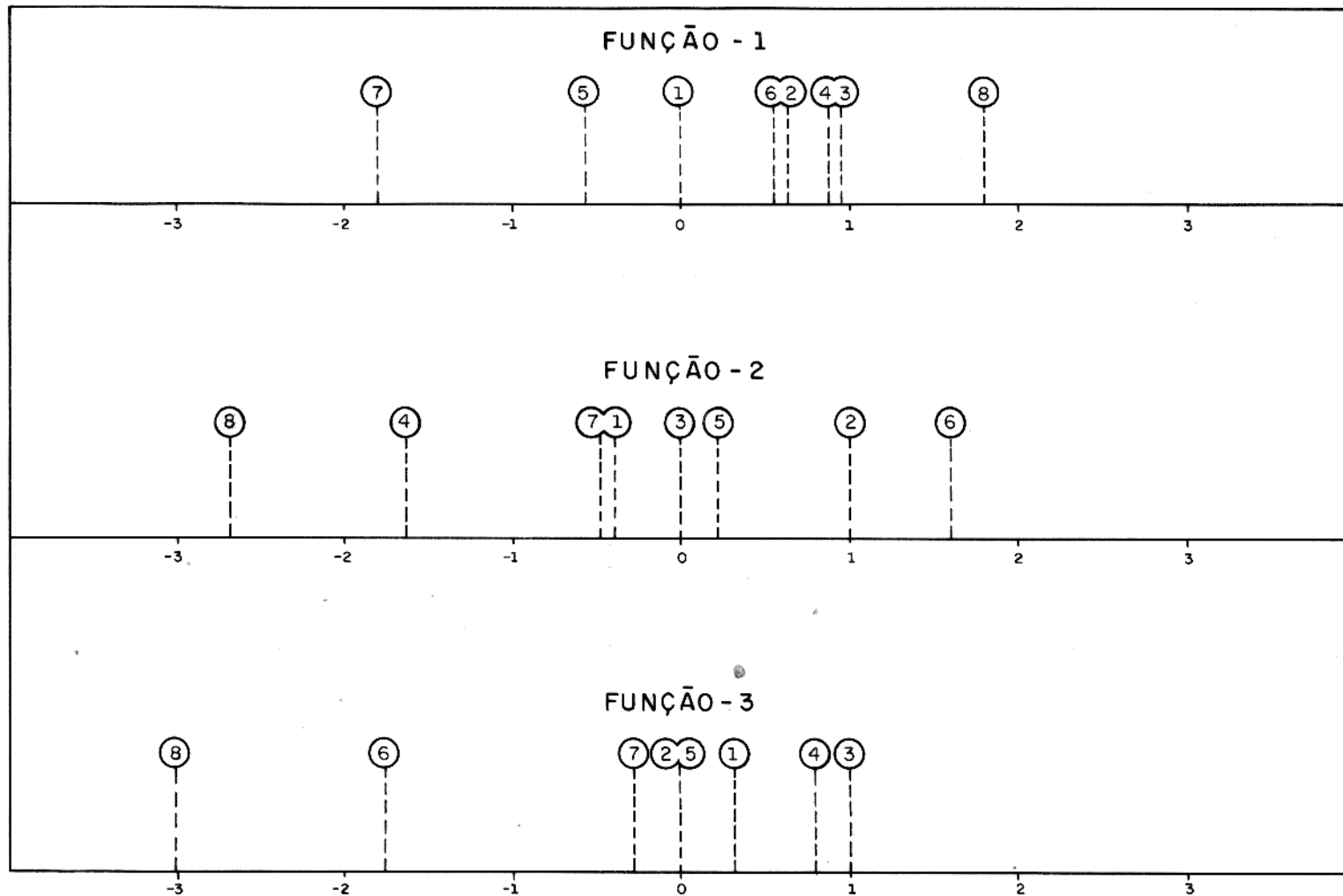
A opção 7 fornece a localização de cada caso num espaço definido pelas duas primeiras funções (anexo 4). Cada caso é representado pelo símbolo do seu grupo.

A opção 11 calcula os coeficientes não padronizados das funções discriminantes, que são utilizados para computar os escores discriminantes de dados não padronizados. Fornece também a constante a ser adicionada para ajustar as médias das variáveis (anexo 4).

#### 4.3.3 Interpretação dos Resultados

Como visto anteriormente, a análise discriminante foi aplicada com o objetivo de avaliar estatisticamente a análise de agrupamentos e verificar quais as variáveis que mais contribuem com o processo de discriminação dos grupos.

A primeira questão é respondida basicamente pela tabela 3. Observa-se que 91% dos casos estão classificados corretamente, o que mostra uma grande concordância entre o número de



No eixo horizontal estão localizadas as centróides dos grupos mostrados na tabela 4.  
Os números dentro dos círculos representam os grupos de solos.

FIG.— 8: Quadro mostrando a posição da centróide dos oito grupos de solo com relação nas três primeiras funções discriminantes.

TABELA 3 : Previsão dos Resultados de Classificação das Amostras para os Grupos de Solo, Segundo a Análise Discriminante.

Grupo Verdadeiro	nº de Amostras	Previsão dos Grupos							
		GP 1	GP 2	GP 3	GP 4	GP 5	GP 6	GP 7	GP 8
Grupo 1	41	35 85,4%	1 2,4%	3 4,9%	0 0%	2 4,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 2	27	0 0,0%	26 96,3%	0 0,0%	0 0,0%	1 3,7%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 3	19	0 0,0%	2 10,5%	17 89,5%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 4	09	0 0,0%	0 0,0%	1 11,1%	8 88,9%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 5	35	1 2,9%	2 5,7%	0 0,0%	0 0,0%	32 91,4%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 6	10	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	10 100%	0 0,0%	0 0,0%
Grupo 7	23	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 8,7%	0 0,0%	21 91,3%	0 0,0%
Grupo 8	05	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	5 100%

Percentagem de grupos de amostras classificadas corretamente: 91,12%

TABELA 4 : Centróides dos Escores Discriminantes para os oito Grupos de Solos.

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5	FUNC 6	FUNC 7
Grupo 1	0,08894	-0,40233	0,29880	0,88869	-0,47101	0,07499	0,07224
Grupo 2	0,63745	1,03235	-0,00914	-0,34037	-0,02864	-0,63155	0,22424
Grupo 3	0,95890	-0,00493	1,02304	-0,05703	0,34819	0,12643	-0,48701
Grupo 4	0,89811	-1,63445	0,81921	-0,48754	1,12582	0,53312	0,49374
Grupo 5	-0,58142	0,29754	0,06522	-0,89347	-0,35238	0,44330	-0,03059
Grupo 6	0,57566	1,63494	-1,75914	0,97507	0,70758	0,75731	-0,06481
Grupo 7	-1,81415	-0,43399	-0,33771	0,18761	0,47963	-0,40940	-0,06042
Grupo 8	1,83179	-2,67120	-3,14778	-0,91379	-0,48747	-0,41824	-0,21965

TABELA 5 : Média ( $\bar{X}$ ) e Desvio (s) para cada Grupo de Solo e para o Total das Amostras.

Nº de Amostras	41	27	19	09	35	10	23	05	169	
Variáveis	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8	T O T A L	
Al	$\bar{X}$	11,8049	11,8644	13,4858	13,2333	10,1429	8,5250	9,3374	9,1020	11,1254
	s	1,6371	0,8619	1,2400	1,0713	1,1732	1,9785	0,9839	0,6511	1,9569
Fe	$\bar{X}$	14,9202	12,6333	13,5284	13,8789	18,7123	9,3010	19,8996	8,9560	15,2970
	s	2,1149	2,7206	1,3275	0,7558	2,3299	2,4594	1,4564	1,2436	3,8035
Mg	$\bar{X}$	0,1068	0,0644	0,1174	0,2956	0,0500	0,0810	0,0509	0,6340	0,1060
	s	0,0685	0,0204	0,0515	0,1083	0,0369	0,0285	0,0281	0,2411	0,1243
Mn	$\bar{X}$	0,3632	0,0622	0,1895	0,2944	0,1937	0,0660	0,3400	0,2120	0,2316
	s	0,1123	0,0526	0,0694	0,0430	0,1051	0,0717	0,1195	0,1207	0,1468
Ti	$\bar{X}$	0,6034	0,6233	0,5426	0,6489	0,6069	0,5540	0,4743	0,9320	0,5921
	s	0,1564	0,1305	0,1325	0,1191	0,2193	0,0893	0,1113	0,1994	0,1728
Co	$\bar{X}$	83,9268	40,2593	62,6316	103,0000	57,0857	35,0000	91,9130	59,6000	67,4852
	s	18,9702	11,9473	16,5402	18,4187	17,6275	14,2595	33,2906	26,4064	28,5128
Ni	$\bar{X}$	78,8049	53,1852	92,8842	129,3333	50,7143	44,3000	46,7826	75,6000	66,6509
	s	23,0372	12,3912	23,4640	19,0000	12,3564	10,1110	14,4221	47,5268	28,8981
V	$\bar{X}$	269,1220	254,4444	328,9474	344,1111	258,6857	135,2000	204,2609	206,6000	256,7337
	s	39,8831	43,0745	41,9358	33,8580	44,4402	57,2922	44,6494	48,5984	64,5796
Cu	$\bar{X}$	421,0000	444,7778	374,4737	587,6667	741,1143	266,7000	975,3478	236,4000	555,5917
	s	168,7125	160,6863	84,5822	247,4621	196,5523	135,7678	202,9540	87,9323	279,6740
Zn	$\bar{X}$	114,7805	46,0370	88,0000	162,8889	135,0571	68,1000	346,9565	158,0000	137,6627
	s	47,8777	23,8335	33,6667	54,4322	79,5938	37,9047	274,4995	56,0089	142,4290

casos reais de cada grupo e o número previsto pela análise discriminante. Logo, a classificação das amostras de solo do Alvo 2 - Corpo 4 em oito grupos distintos foi estatisticamente aceita pela análise discriminante.

As considerações sobre a importância das variáveis (elementos químicos) no processo discriminatório são feitas com base nas três primeiras funções, as mais significantes para a análise discriminante (Tab. 1). Deve-se analisar cada função separadamente, porque a importância de uma variável depende do poder de discriminação da função. É oportuno lembrar que as variáveis mais importantes na discriminação dos grupos são aquelas cujos coeficientes padronizados das funções discriminantes apresentam os maiores valores absolutos e que o sinal do coeficiente indica se as variáveis estão contribuindo negativa ou positivamente na função (Tab. 2).

Na primeira função as variáveis mais significantes são cobre, ferro, magnésio, níquel, cobalto e vanádio, sendo que as duas primeiras são as mais importantes. Cobre, ferro e cobalto contribuem negativamente na função enquanto que o magnésio, níquel e vanádio dão uma contribuição positiva. Isto equivale dizer que essa primeira função mede a ausência de cobre, ferro e cobalto e a presença de magnésio, níquel e vanádio nas amostras. Estes dados sugerem que os altos teores de cobre e ferro nos grupos 5 e 7 são determinantes para a discriminação desses grupos dos demais. Os diferentes teores de cobre, cobalto e vanádio contribuem para a discriminação dos grupos 5 e 7 entre si (Fig. 8 e Tab. 5). O elevado teor de magnésio e a baixa concentração de cobre e ferro no grupo 8 são os principais responsáveis pela pronta discriminação deste grupo pela primeira função. (Fig. 8; Tab. 5). Entretanto, essa função não consegue discriminar satisfatoriamente os grupos 2, 3, 4 e 6 entre si (Fig. 8). Talvez, a existência de muitas variáveis (seis ao total) com poderes de discriminação relativamente equivalentes (Tab. 4), tenha mascarado as diferenças mais significantes entre estes grupos, de sorte que a diferença acentuada por uma variável tenha sido descontada pela outra.

Na segunda função o magnésio destaca-se das demais variáveis pelo seu alto coeficiente de discriminação. Outras va

## ERRATA

p. 39, Segundo parágrafo. Onde se lê "O magnésio permanece como..." deve ser lido da seguinte maneira:

O magnésio permanece como a variável mais significante na terceira função, seguido mais de perto pelo vanádio e alumínio. O primeiro elemento contribui negativamente, enquanto os dois últimos dão uma contribuição positiva na função. Basicamente essa função mede a ausência de magnésio e a presença de alumínio e vanádio nas amostras. Como consequência da influência significativa de vanádio e alumínio nessa função, o grupo 6 finalmente é individualizado devido ao seu mais baixo teor desses dois elementos (Fig. 8; Tab. 5).

riáveis que se destacam nessa função, porém em plano secundário, são o manganês e o ferro. Todos esses três elementos contribuem negativamente para a função (Tab. 2), logo ela mede a ausência desses elementos nas amostras. Essa função acentua a diferença existente entre os grupos 5 e 7 devido ao mais alto teor de mangânes no grupo 7 (Fig. 8; Tab. 5). A grande influência do magnésio e secundariamente do manganês nessa função é decisiva para a discriminação dos grupos 2, 3 e 4 entre si (Fig. 8). Observa-se claramente um aumento na concentração desses elementos no sentido do grupo 2 para o grupo 4. (Tab. 5).

O magnésio permanece como a variável mais significante na terceira função, seguido mais de perto pelo vanádio e alumínio. O primeiro elemento contribui <sup>negativamente</sup> negativamente, enquanto os dois últimos dão uma contribuição <sup>neg.</sup> positiva na função. Basicamente essa função mede a ausência de magnésio e a <sup>presença</sup> presença de alumínio e vanádio nas amostras. Como consequência da influência significativa de vanádio e alumínio nessa função, o grupo 6 finalmente é individualizado devido ao seu mais baixo teor desses dois elementos (Fig. 8; Tab. 5).

A média da composição química das amostras classifi cadas no grupo 1 é muito semelhante à média da composição química das amostras de todos os grupos reunidos (Tab. 5). Talvez por isso, não existe um elemento ou elementos químicos que caracterizem especificamente a discriminação desse grupo dos demais. Acredita-se que a sua discriminação tenha sido fruto da somatória da contribuição das variáveis mais significativas em cada uma das funções consideradas.

Nestas três funções analisadas, apenas o zinco e o titânio não contribuem significativamente na discriminação dos grupos.

Como observação relevante, decorrente da aplicação das análises de agrupamentos e discriminante nos dados geoquímicos de solos do Alvo 2 - Corpo 4, destaca-se a alta concentração de cobre das amostras classificadas nos grupos 5 e 7 e a alta concentração de zinco das amostras classificadas no grupo 7. Esses dados evidenciam a presença de uma zona geoquimicamente anômala para cobre e zinco associada a faixa central de anfibólio xistos.



#### 4.4 Avaliação Estatística dos Teores Anômalos de Cobre e Zinco

##### 4.4.1 Introdução

Os estudos geológicos e geoquímicos realizados no Alvo 2 - Corpo 4 culminaram com a descoberta de ocorrências promissoras de sulfeto maciço de cobre e quantidades menores de sulfetos de cobre e zinco, representadas pelos minerais calcopirita e esfalerita associados a pirrotita, pirita e magnetita, preferencialmente nos anfibólitos xistos (DOCEGEO, 1980).

O levantamento geoquímico de solo e o posterior tratamento estatístico multivariante dos dados, executados neste trabalho, revelaram teores anômalos desses metais no solo proveniente dos anfibólitos xistos. Os altos teores desses metais no solo podem, a primeira vista, ser correlacionados às ocorrências de sulfetos. Para uma melhor interpretação dos dados geoquímicos é necessário, entretanto, a avaliação da influência que determinados fatores extra-mineralização possam ter exercido na concentração de cobre e zinco no solo. Entre os diversos fatores existentes destaca-se a absorção de metais pelos óxidos hidratados de ferro e de manganês e pelos minerais argilosos (Levinson, 1974).

A influência dos fatores extra-mineralização, acima citados, na concentração do cobre e zinco no solo foi investigada a partir dos seus coeficientes de correlação de Pearson e diagramas de dispersão com ferro, manganês e alumínio, que por seu turno estão relacionados com a presença de óxidos hidratados de ferro e de manganês e com minerais argilosos. O alumínio foi relacionado com a presença de minerais argilosos no solo, porque as análises de difração de raios-X, em amostras representativas dos grupos de solos anteriormente identificados, não revelaram a presença de outros minerais contendo alumínio na sua estrutura além das argilas do grupo da Kaolinita. Essa visão conjunta, coeficiente de correlação diagramas de dispersão, é necessária, porque o simples exame do coeficiente de correlação não é suficiente para avaliar a relação entre duas variáveis. Uma correlação positiva ou negativa indica, mas não prova, uma relação funcional entre elas (Austria e Chork, 1976). O relacionamento entre duas variáveis é

mostrado com maior clareza pelo diagrama de dispersão, pois ele possibilita a visualização de pontos, alertando para a ocorrência de valores discrepantes que afetam o cálculo da correlação.

Caso se confirme alguma correlação geoquimicamente significativa entre as variáveis consideradas, pela aplicação da análise de regressão linear nos dados geoquímicos pode-se estimar a contribuição específica de cada fator para o teor de cobre e zinco no solo e, conseqüentemente, reduzir o risco de falhas na interpretação de anomalias geoquímicas.

#### 4.4.2 Coeficiente de Correlação de Pearson e Diagramas de Dispersão.

O coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ) ou simplesmente coeficiente de correlação, é uma medida da intensidade e da direção do relacionamento linear entre duas variáveis. É uma grandeza adimensional definida matematicamente, como a razão entre a covariância e o produto dos desvios padrões de duas variáveis:

$$r_{ij} = \frac{Cov_{ij}}{S_i \cdot S_j}$$

O diagrama de dispersão é um gráfico de pontos com dados baseados em duas variáveis, onde uma variável define o eixo horizontal e outra o eixo vertical. Os valores das variáveis de cada caso servem como coordenadas do ponto representante desse caso.

Para construir os diagramas de dispersão e calcular os coeficientes de correlação foi utilizado o "Subprograma SCATTERGRAM" (Nie et alii, 1976). Esse Subprograma fornece, entre outros dados estatísticos, o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) que indica a fração da variância total das variáveis "X" e "Y" que é explicada pela relação linear existente entre elas. As figuras 9a/f mostram os diagramas de dispersão e os valores dos coeficientes de correlação ( $r$ ) e determinação ( $r^2$ ) para os pares de variáveis investigados. Com base no teste da distribuição F para o coeficiente de correlação (Blalock, 1972), pode-se afirmar, com 99% de segurança,  $F_{(0,01,169)}$ , que os coeficientes obtidos são significantes, com excessão daquele entre o zinco e o manganês que mesmo para  $F_{(0,05,169)}$  não é significativo.

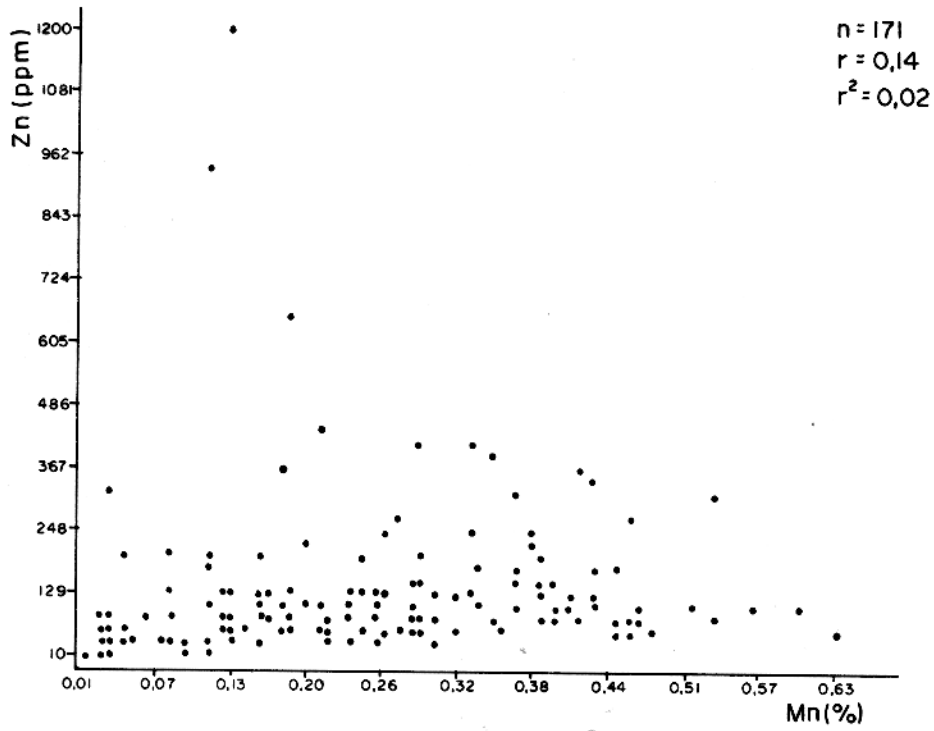


Fig.9a - Diagrama de dispersão do Zinco vs Manganês

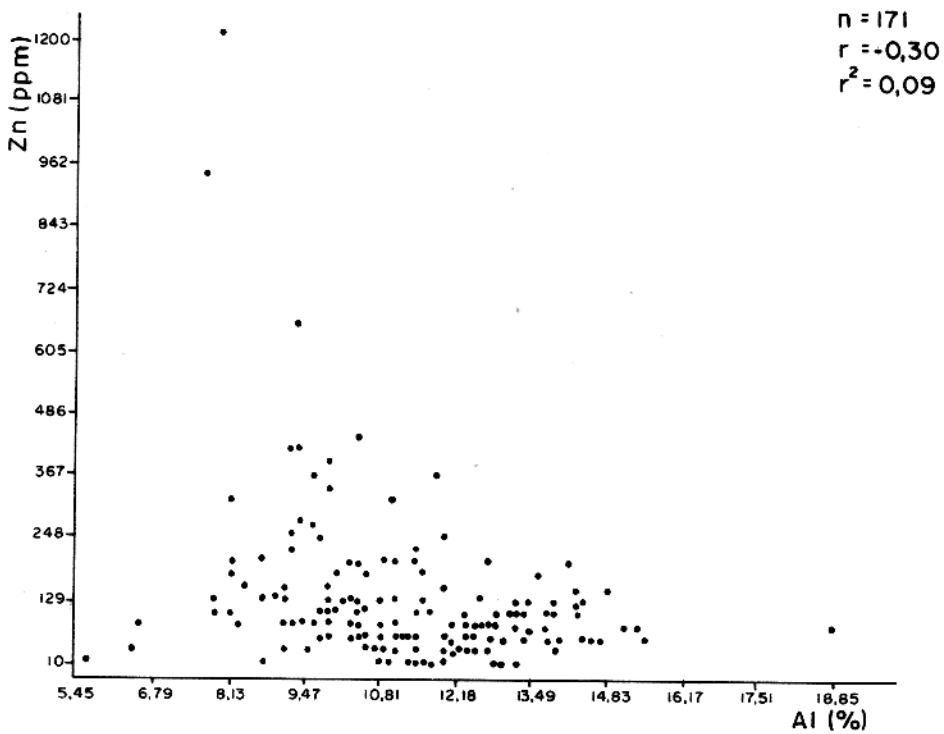


Fig.9b - Diagrama de dispersão do Zinco vs Alumínio

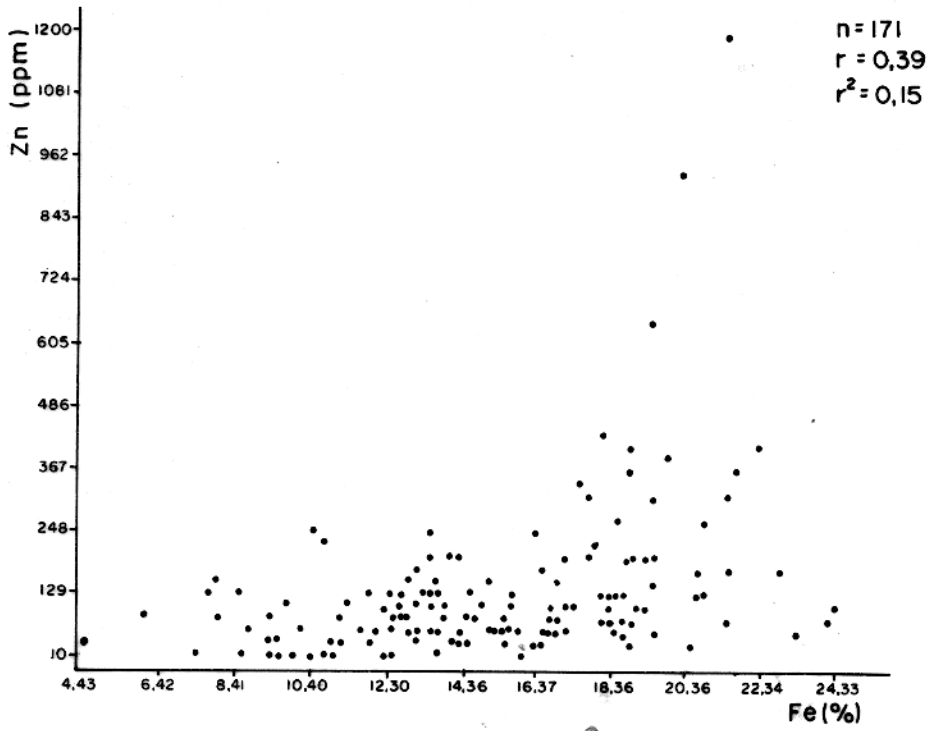


Fig. 9c - Diagrama de dispersão do Zinco vs Ferro

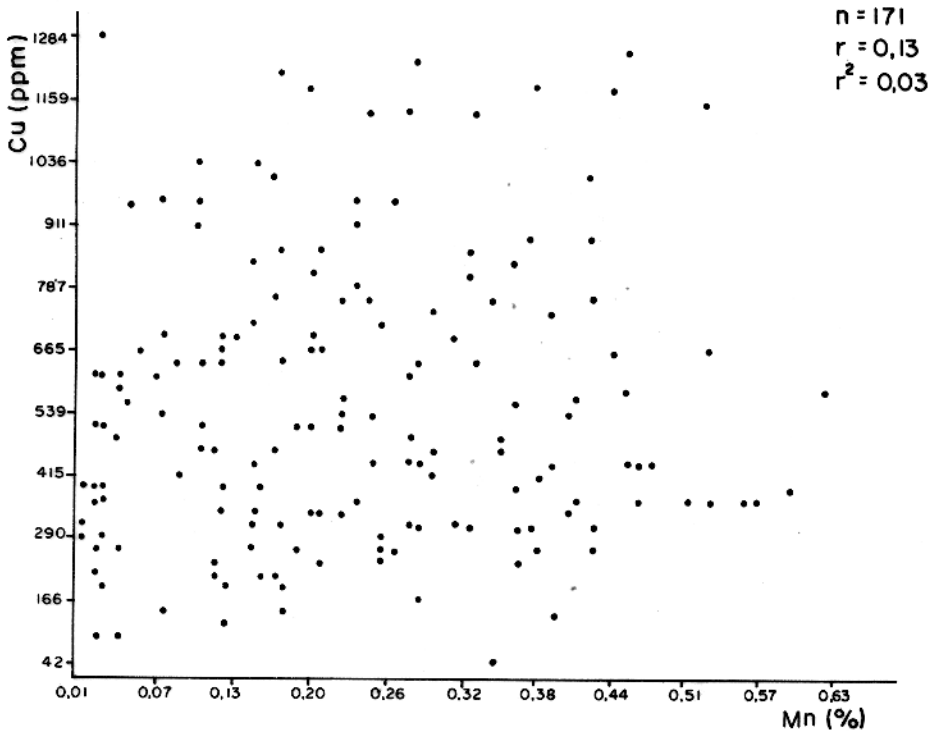


Fig. 9d - Diagrama de dispersão do Cobre vs Manganês.

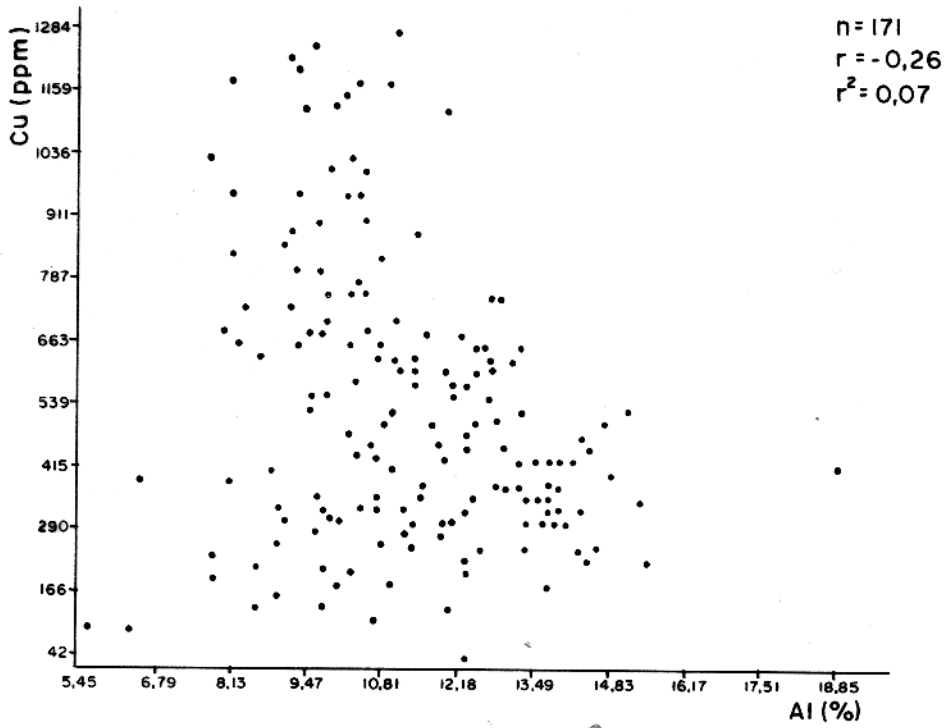


Fig.9e - Diagrama de dispersão do Cobre vs Alumínio

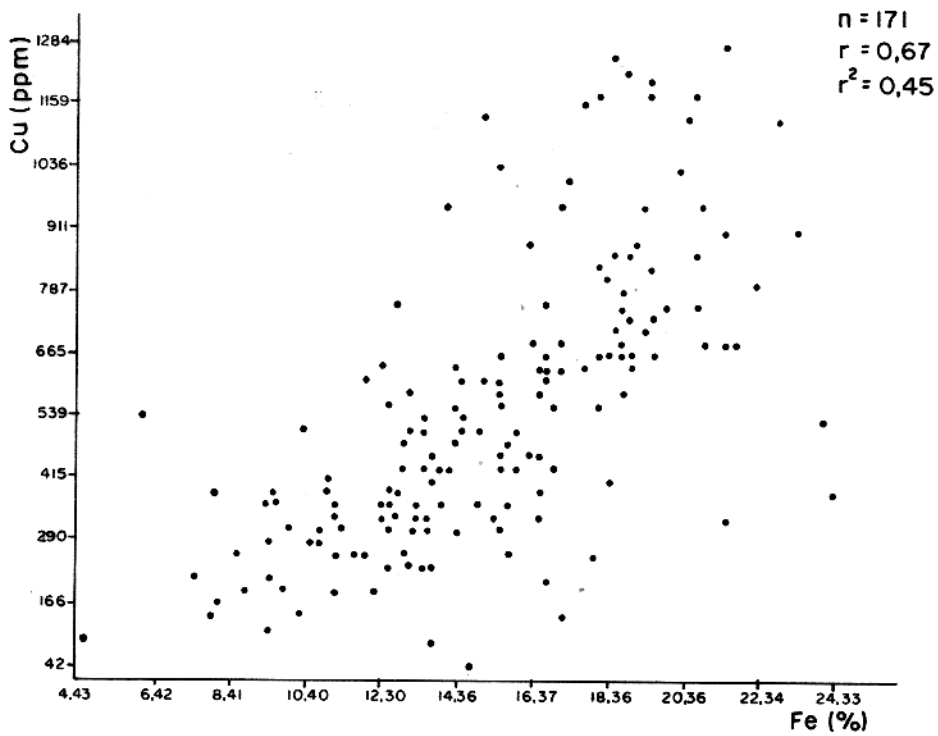


Fig.9f - Diagrama de dispersão do Cobre vs Ferro

Os diagramas de dispersão para o zinco (Fig. 2a/c) mostram que alguns poucos teores desse metal (teores anômalos) fogem bastante da média e sugerem uma distribuição assimétrica positiva para o zinco. Todavia, a base teórica da correlação de Pearson requer a distribuição normal dos dados, pois a ocorrência de valores muito discrepantes influencia consideravelmente no cálculo do coeficiente de correlação, desviando-o do seu real valor (Till, 1980). Logo, é inconsistente qualquer correlação geoquímica entre as variáveis aqui consideradas com base nos valores numéricos dos coeficientes de correlação linear.

Uma solução adequada para esse problema seria transformar em logaritmos os dados da concentração de zinco para tentar obter a normalização da curva. Contudo, devido ao fato dessa não normalidade encontrada ter origem na amostragem efetuada em diferentes populações geoquímicas, não é conveniente se processar qualquer transformação matemática nos dados originais (vide Govet et alii, 1975).

Restam então duas alternativas para se avaliar a interdependência entre as variáveis: uma, a de segmentar a distribuição e calcular a correlação sobre cada segmento; outra, a de excluir os casos extremos, tentando uma aproximação da normalidade. Optou-se pela segunda alternativa porque ela se adapta muito bem ao propósito deste estudo.

Eliminando dos diagramas de dispersão aqueles poucos teores de zinco acima de 350 ppm, observa-se que o teor desse elemento permanece praticamente invariável com o aumento ou diminuição do teor de ferro, manganês ou alumínio. Isso revela que qualquer influência que os óxidos hidratados de ferro e de manganês e os minerais argiloso possam ter exercido na concentração de zinco no solo, está sendo mascarada por outros fatores, possivelmente litológicos. Acredita-se que os diferentes teores de zinco associados aos diversos tipos litológicos existentes governam, fundamentalmente a distribuição desse metal no solo. Dentro desse contexto, destacam-se as mineralizações em sulfetos associadas aos anfibólios e os níveis ricos em gahnita dessa rocha como os fatores principais responsáveis pelos altos teores de zinco encontrados no solo. No mapa de isoteor para

o zinco são indicadas duas zonas consideradas anômalas. Em uma delas, o teor de zinco ultrapassa 1000 ppm (Fig. 10).

Os diagramas de dispersão e os coeficientes de correlação para o cobre indicam a inexistência de correlação entre esse metal e o manganês (Fig. 9d) e a correlação negativa do cobre com o alumínio (Fig. 9e). Isso revela que os óxidos de manganês e os minerais argilosos desempenha um papel pouco significativo na concentração do cobre no solo do Alvo 2 - Corpo 4.

Por outro lado, observa-se uma boa correlação entre o cobre e o ferro (Fig. 9f). O coeficiente de determinação ( $r^2 = 0,45$ ) indica que 45% da variância do cobre pode ser explicada pela sua relação linear com o ferro. Esses dados sugerem uma certa influência dos óxidos hidratados de ferro na concentração de cobre no solo. Nesse caso, a aplicação da análise de regressão linear torna-se útil, pois essa técnica permite estimar essa influência, proporcionando, desse modo, uma interpretação mais precisa dos valores anômalos de cobre no solo.

#### 4.4.3 Análise de Regressão

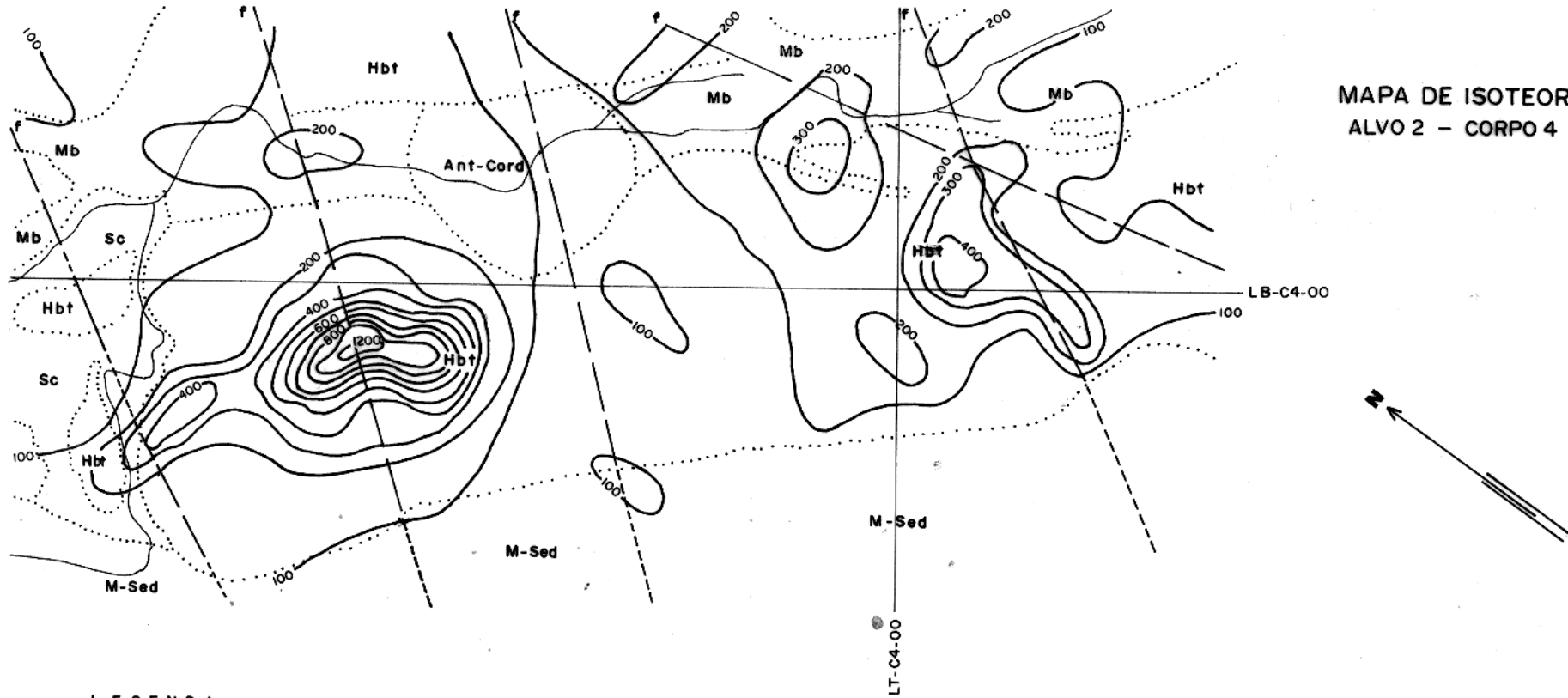
A análise de regressão extrai a contribuição de determinados fatores extra-mineralização para a concentração de metais no solo, gerando um conjunto de novos valores denominados de resíduos, correlacionáveis à composição química da rocha inalterada e, portanto, mais representativos na interpretação de áreas geoquimicamente anômalas. Essa técnica tem sido utilizada com sucesso na prospecção geoquímica de sedimentos de corrente (Rose et alii, 1970; Chatupa e Fletcher, 1972; Austria e Chork, 1976; Larson, 1976).

A análise de regressão clássica é discutida em detalhes por Draper e Smith (1980) e sua aplicação a problemas geológicos é encontrada em Koch e Link (1971), Davis (1973) e Till (1980).

A regressão quantifica a relação entre duas variáveis através da equação

$$Y' = b_0 + b_1X.$$

MAPA DE ISOTEORES  
ALVO 2 - CORPO 4



LEGENDA

- Sc ALUVIÕES, DEPÓSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS
- Mb META-BÁSICAS
- M-Sed META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS  
META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS  
E FORMAÇÕES FERRÍFERAS
- Hbt HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA,  
QUARTZO-CUMINGTONITA COM NÍVEIS GRANATIFEROS,  
QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMAÇÃO FERRÍFERAS
- Ant-Cord ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANTOFILITA  
CORDIERITA

CONVENÇÕES

- Contato geológico
- Falha
- Curva de isoteor
- ⋈ Igarapé

ESCALA — 1:10.000



Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig. 10 - Mapa de isoteor dos valores observados de zinco.



"X" é a variável independente e assume-se que ela é medida sem erro. "Y'" é o valor estimado da variável dependente "Y", a qual está sujeita a erros de medidas na sua determinação. A inclinação da linha e sua interseção com o eixo "Y" são representadas por  $b_1$  e  $b_0$ , respectivamente.

O método dos mínimos quadrados é o mais utilizado no ajuste da linha de regressão ao conjunto de dados. Essa linha, denominada de reta dos mínimos quadrados, é calculada de modo que a soma dos quadrados dos desvios verticais sobre ela seja mínimo. Diz-se, então, que a reta dos mínimos quadrados é a regressão clássica da variável "Y" para a variável "X". Entretanto, é preciso ter em mente que para se utilizar a regressão clássica, deve existir, obrigatoriamente, uma variável dependente de uma outra, que por sua vez, está sujeita a erros negligenciáveis na sua determinação.

A aplicação da regressão clássica na estimativa da relação linear entre o cobre e o ferro enfrenta um sério problema, pois o ferro, estatisticamente, não pode ser considerado como variável independente, porque o erro associado na determinação da sua concentração não é desprezível quando comparado com o erro associado na determinação da concentração do cobre. Além disso, a relação de dependência entre o ferro e o cobre não é função exclusiva da concentração de óxidos hidratados de ferro no solo, mas sobretudo dos processos de dispersão secundária.

Como o método dos mínimos quadrados dá origem a duas retas de regressão, uma quando não existe erro em "X" (regressão de Y para X) e outra quando não existe erro em "Y" (regressão de X para Y)<sup>(1)</sup>, Chapman (1976) e Till (1980) julgaram que a re

---

(1) Quanto maior o valor absoluto do coeficiente de correlação (r) mais próximas são as duas retas de regressão. Quando  $r = \pm 1$ , a regressão de "Y" para "X" ou a de "X" para "Y" tornam-se uma única reta.

gressão clássica não deve ser aplicada quando não se pode presumir uma relação de dependência entre as variáveis e quando não existe uma variável medida sem erro. Se esses quesitos não forem satisfeitos é impossível afirmar qual das duas retas descreve melhor a relação linear entre as variáveis.

Para resolver tal situação Chapman (1976) e Till (1980) recomendaram aplicar a linha de redução ao eixo maior (reduced major axis line) que presuppõe a existência de erros de medida na determinação das duas variáveis. A linha de redução ao eixo maior é calculada de tal modo que a soma das áreas dos triângulos formados por uma linha e as linhas traçadas de cada ponto, paralelas aos eixos "X" e "Y" seja minimizada. Na prática, essa linha é facilmente calculada por que a sua inclinação ( $b_1$ ) é determinada pela razão entre os desvios padrões de "Y" e "X".

Para estimar a influência dos óxidos hidratados de ferro na concentração de cobre no solo, seguiu-se o método sugerido por Chapman e Till. Na figura 11 é mostrada a linha de redução ao eixo maior que provavelmente fornece a melhor descrição da relação funcional<sup>(1)</sup> entre a concentração de cobre e a concentração de ferro. Nessa figura são mostradas ainda as duas retas obtidas pela regressão clássica.

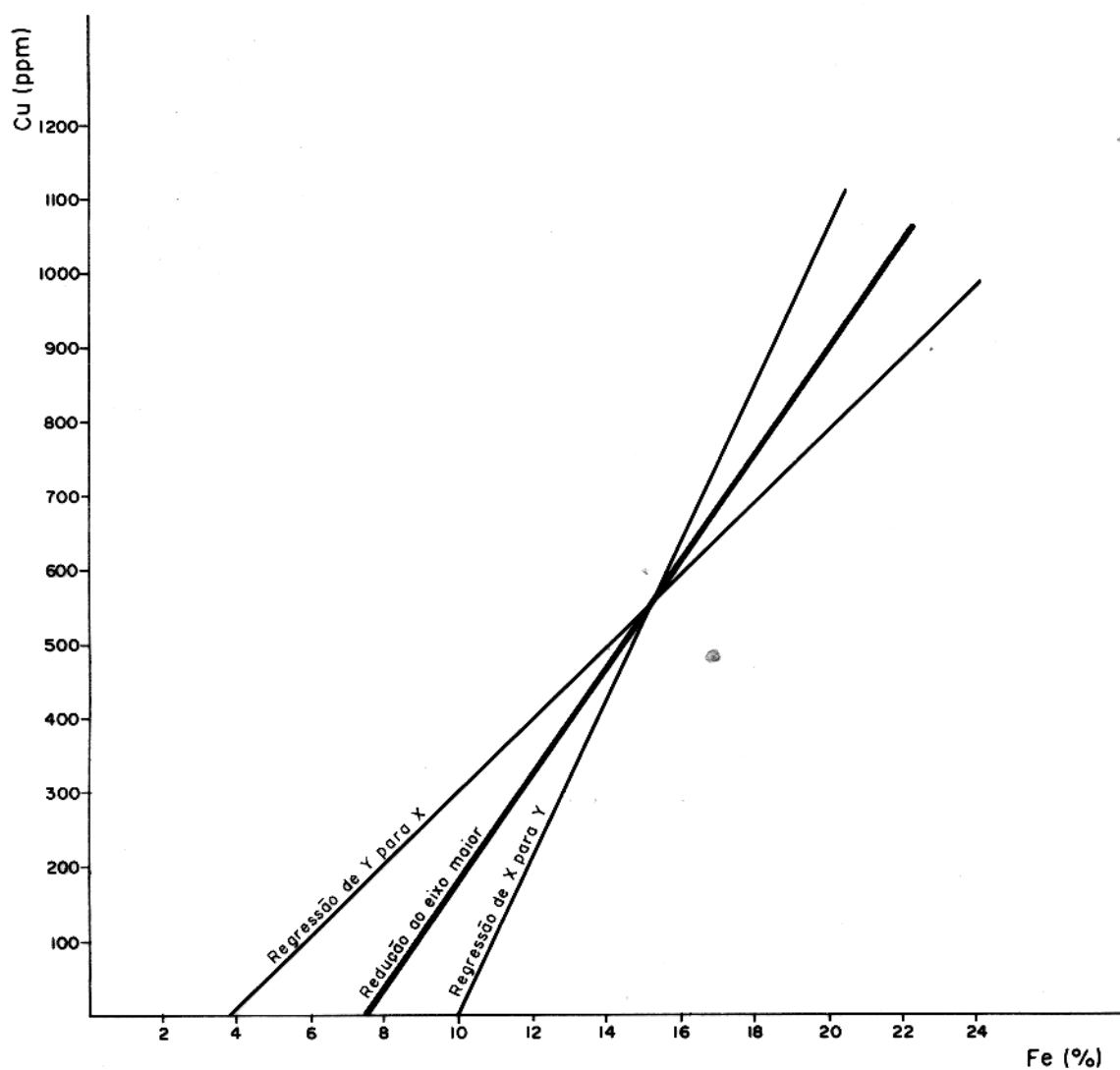
O programa em linguagem BASIC, processado na HP-9845 B, para calcular a equação da linha de redução ao eixo maior e os valores estimados e residuais do cobre é mostrado no anexo 5. A relação das amostras de solo analisadas e os teores observados de ferro e cobre, assim como, os teores estimados e residuais de cobre estão contidos no anexo 6.

Obtem-se os valores residuais, subtraindo-se do teor observado de cobre, o teor estimado pela linha de redução.

---

(1)

Relação funcional é o termo utilizado para descrever a relação de dependência entre duas variáveis onde o componente erro está associado a ambas as variáveis (Chapman, 1976).



Regressão de Y para X:  $Cu = -183,54 + 48,6Fe$   
 Regressão de X para Y:  $Fe = 10 + 0,0094Cu$   
 Linha de redução ao eixo maior:  $Cu = -539 + 71,85Fe$

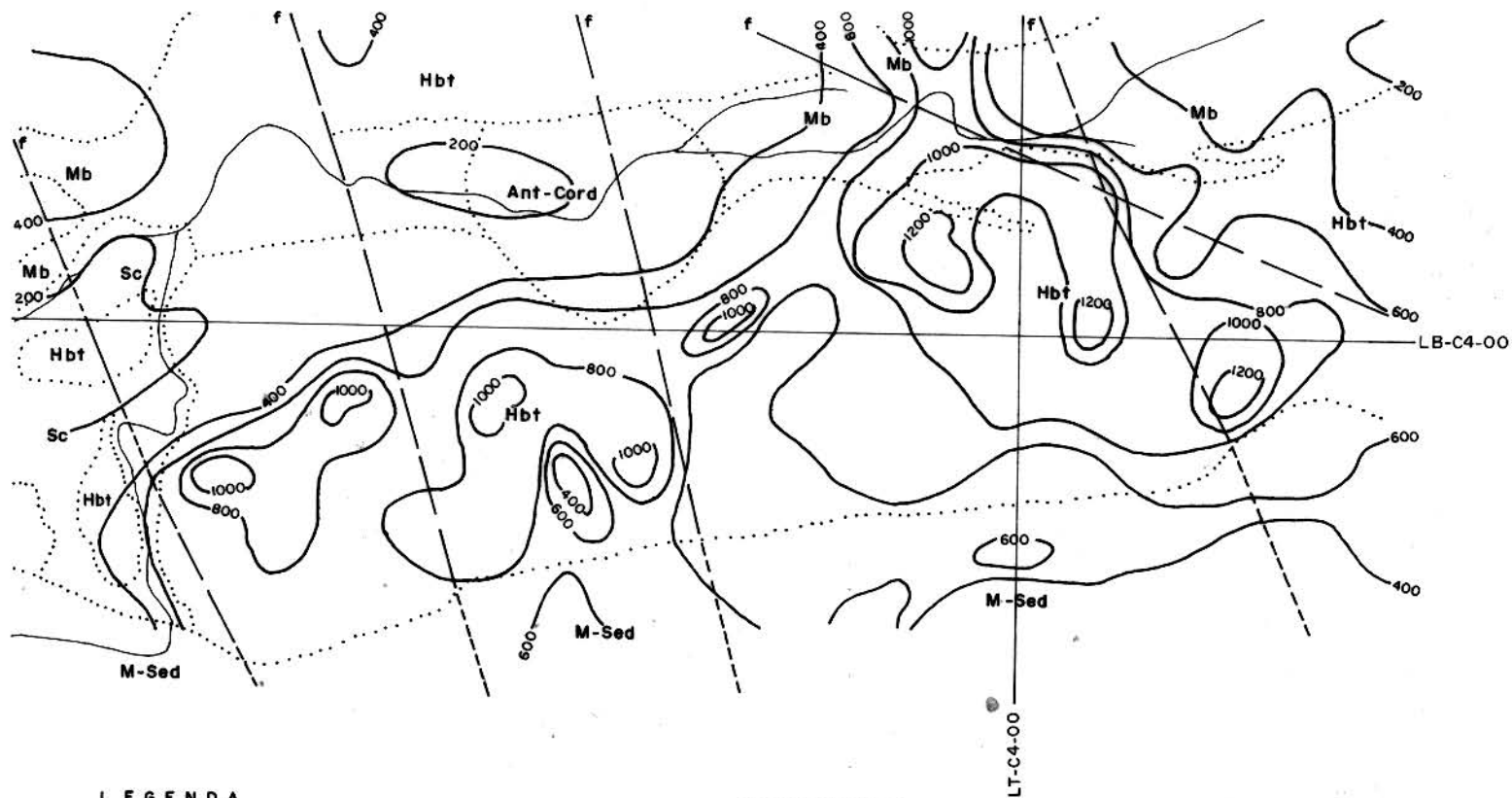
Fig.11 - Gráfico bivariado de cobre vs ferro mostrando as retas da regressão de "Y" para "X" e da regressão de "X" para "Y" e também a linha de regressão ao eixo maior.

eixo maior. Os valores residuais positivos de cobre representam a concentração do metal que não é explicada pela presença de óxidos hidratados de ferro na amostragem, portanto, teoricamente, o teor de cobre correlacionável à rocha inalterada.

O mapa de isoteor para os valores observados de cobre mostra que os teores anômalos desse elemento estão associados aos anfibólitos xistos (Fig. 12), o que já foi anteriormente registrado pelas análises de agrupamentos e discriminante. Comparando-se esse mapa com aquele dos valores residuais positivos de cobre (Fig. 13), nota-se que o último delimita melhor as anômalias, já que foi extraída a influência dos óxidos hidratados de ferro. Todavia, não existe uma modificação substancial no relêvo geoquímico, pelo menos, na parte situada sobre os anfibólitos xistos. As curvas de isoteores dos valores observados de cobre estão sempre envolvendo aquelas dos valores residuais. Isso revela que os altos teores de cobre existentes no solo desenvolvido sobre anfibólitos xistos não se devem, unicamente, ao aprisionamento desse metal pelos óxidos hidratados de ferro. Consequentemente, considera-se a mineralização em sulfetos existente como o fator primordial para as altas concentrações de cobre no solo.

O mapa de isoteor dos valores observados de cobre não sugere a existência de concentrações anômalas desse elemento no solo desenvolvido sobre meta-sedimentos (Fig. 12). Os teores ali observados situam-se muito próximos do teor médio de cobre (555 ppm) para o Alvo 2 - Corpo 4 e são, conseqüentemente, relegados a segundo plano. No entanto o mapa de isoteor dos valores residuais de cobre (Fig. 13), delinea com clareza uma zona de resíduos positivos mostrando a existência de concentrações significantes de cobre, no solo desenvolvido sobre meta-sedimentos, que independem da presença de óxidos hidratados de ferro. Como já são conhecidas ocorrências de sulfetos associadas a essas rochas (Guimarães e Towned, 1979), acredita-se que esses valores residuais positivos reflitam a presença da mineralização cuprífera.

Outrossim, deve-se advertir que os valores residuais positivos de cobre existentes sobre rochas básicas e rochas com antofilita e cordierita (Fig. 13), possivelmente, não estão relacionados à presença de mineralização em sulfetos. Essa ocorrência de resíduos positivos pode ser atribuída à falta de homoge



MAPA DE ISOTEOR  
ALVO 2 - CORPO 4

LEGENDA

- |          |                                                                                                                                           |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sc       | ALUVIÕES, DEPÓSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS                                                                                           |
| Mb       | META-BÁSICAS                                                                                                                              |
| M-Sed    | META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS, META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS E FORMAÇÕES FERRÍFERAS                       |
| Hbt      | HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA, QUARTZO-CUMINGTONITA COM NÍVEIS GRANAT, FERROS, QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMAÇÃO FERRÍFERAS |
| Ant-Cord | ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANTOFILITA CORDIERITA                                                                              |

CONVENÇÕES

- |       |                   |
|-------|-------------------|
| ..... | Contato geológico |
| —     | Falha             |
| ○ 800 | Curva de isoteor  |
| ∩     | Igarapé           |

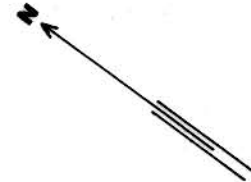
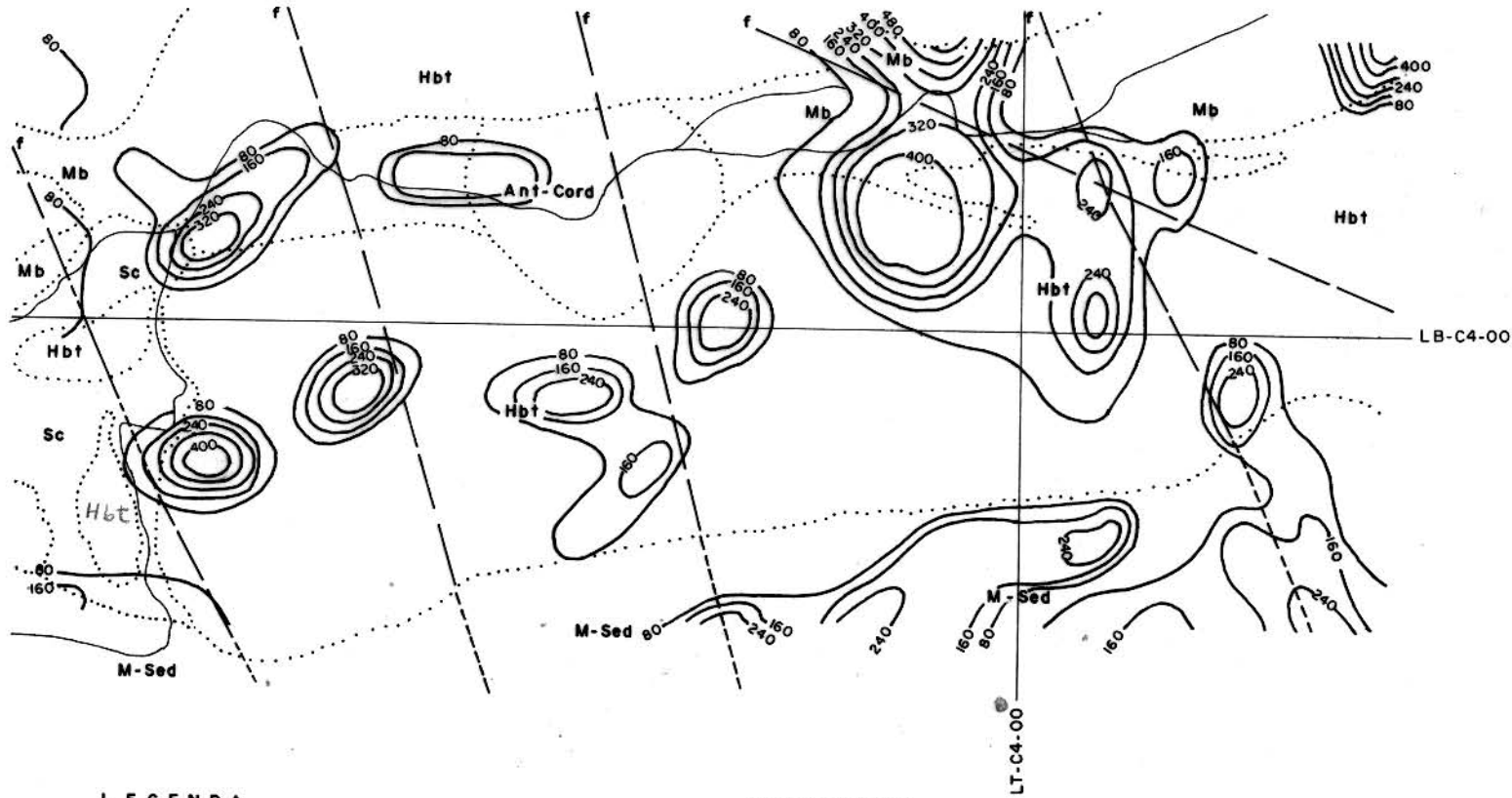
ESCALA — 1:10.000



Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig.12 - Mapa de isoteor dos valores observados de cobre.

MAPA DE ISOTEOR  
ALVO 2 - CORPO 4



LEGENDA

Sc	ALUVIÕES, DEPÓSITOS DE AREIA E ARENITOS IMPUROS
Mb	META-BÁSICAS
M-Sed	META-SEDIMENTOS: META-ARENITOS, META-ARCÓSIOS, META-GRAUVACAS, META-SILTITOS, META-ARGILITOS E FORMAÇÕES FERRÍFERAS
Hbt	HORNBLENDITOS, QUARTZO-HORNBLENDA-CUMINGTONITA, QUARTZO-CUMINGTONITA COM NÍVEIS GRANATÍFEROS, QUARTZO-ANFIBOLITOS E FORMAÇÃO FERRÍFERAS
Ant-Cord	ROCHAS COMPOSTAS PREDOMINANTEMENTE POR ANTOFILITA CORDIERITA

CONVENÇÕES

	Contato geológico
	Falha
	Curva de isoteor
	Igarapé

ESCALA — 1:10.000



Mapa geológico elaborado pela DOCEGEO

Fig. 13 - Mapa de isoteor dos valores residuais de cobre

neidade do material amostrado. É oportuno lembrar que as amostras que apresentam tais resíduos foram coletadas nas proximidades dos leitos do igarapé e, por conseguinte, dificilmente são representativas do horizonte B do solo.

## 5 CONCLUSÕES

Com base nas variáveis previamente selecionadas, foram identificados através da análise de agrupamentos oito grupos de solos geoquimicamente homogêneos e estreitamente relacionados com as litologias subjacentes. Sobre os anfibólitos são identificados três grupos distintos de solos, grupos 1, 5 e 7, o que sugere a existência de diferenças composicionais significantes dentro dessas rochas.

As amostras de solo coletadas sobre a área mapeada como de rochas básicas se classificam em dois grupos, identificados como 3 e 8 no dendograma obtido pela análise de agrupamentos. Atribui-se essa classificação a heterogeneidade do meio amostrado. As amostras constituem um grupo geoquimicamente homogêneo, grupo 2, que permite delimitar com segurança a área de ocorrência dessas rochas. São identificadas ainda dois outros grupos de solos; um representado pelas amostras coletadas nas proximidades do contacto litológico entre rochas básicas e anfibólitos, grupo 4, e outro formado pelas amostras de solo coletadas sobre aluviões, grupo 6.

A análise discriminante, que funciona nesse trabalho como uma técnica complementar da análise de agrupamentos, mostra que a classificação das amostras de solos em oito agrupamentos distintos pode ser aceita estatisticamente. As três funções discriminantes mais importantes revelam, que das variáveis (elementos químicos) selecionadas, apenas o zinco e o titânio não exercem um papel significativo no processo de discriminação dos grupos. Além disso, essas funções indicam que: 1) os elevados teores de cobre e ferro nas amostras classificadas nos grupos 5 e 7 e de magnésio nas classificadas no grupo 8 foram importantes para a discriminação destes grupos de solos dos demais; 2) os diferentes teores de cobre, cobalto, vanádio e manganês são determinados para a diferenciação dos grupos 5 e 7 entre si; 3) os teores de magnésio e manganês nas amostras classificadas nos grupos 2, 3 e 4 são decisivos para a discriminação destes grupos entre si; 4) o grupo 6 é caracterizado pelo seus baixos teores em alumínio e vanádio; 5) não foi identificado um



elemento químico em particular que distinga as amostras classificadas no grupo 1.

Os resultados obtidos na aplicação conjunta da análise de agrupamentos e discriminante demonstram que o tratamento estatístico multivariante constitui uma importante ferramenta no auxílio ao mapeamento geológico em áreas tropicais. As técnicas estatísticas utilizadas permitem também determinar em linhas gerais, características composicionais de cada grupo de solo identificado, tornando, desse modo, evidente o estreito relacionamento existente entre os altos teores de cobre e zinco no solo e os anfibólitos. Isso vem mostrar que essas técnicas podem ser empregadas com sucesso na seleção de alvos para a prospecção.

Os coeficientes de correlação do zinco versus ferro, manganês e alumínio e os respectivos diagramas de dispersão revelam que os óxidos hidratados de ferro e de manganês e minerais argilosos não exercem uma influência significativa na concentração de zinco no solo. Acredita-se que os diferentes teores de zinco associados aos diversos tipos litológicos existentes governam, fundamentalmente, a distribuição desse metal no solo. Dentro deste quadro, as mineralizações de sulfeto de zinco e os níveis ricos em gahnita dos anfibólitos despontam como os responsáveis pelos altos teores de zinco encontrados no solo.

Os coeficientes de correlação do cobre versus manganês e alumínio e seus respectivos diagramas de dispersão descartam a possibilidade de que as altas concentrações de cobre no solo do Alvo 2 - Corpo 4 tenham sido causadas pela presença de óxidos hidratados de manganês ou minerais argilosos. No entanto, a boa correlação existente entre o cobre e o ferro sugere uma investigação mais profunda da influência da concentração dos óxidos hidratados de ferro na concentração de cobre no solo. A regressão do cobre para o ferro, através do cálculo da linha de redução ao eixo maior, foi aplicada com o objetivo de estimar essa influência. Os valores residuais positivos de cobre indicaram os teores desse elemento no solo que, estatisticamente não podem ser explicados pela presença de óxidos hidratados de ferro.

A comparação entre os mapas de isoteor dos valores observados e dos valores residuais positivos de cobre mostra que o relêvo geoquímico desse elemento, pelo menos na parte situada sobre anfibólitos xistos, não muda, apenas os contornos das anomalias ficam melhor delimitados. Isso indica que a contribuição dos óxidos hidratados de ferro não é preponderante na explicação da presença do cobre no solo. Logo, comprova-se que os elevados teores de cobre no solo estão relacionados às ocorrências de sulfetos associadas aos anfibólitos xistos.

A análise de regressão revelou ainda valores residuais positivos de cobre que delineiam, no mapa residual, uma zona com teores significantes desse metal. Essa zona, situada no solo desenvolvido sobre meta-sedimentos, não aparece no mapa de isoteor de valores observados de cobre. Esses valores residuais são atribuídos às ocorrências de sulfetos associadas aos meta-sedimentos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, L.H. - 1954 - The lognormal distribution of the elements. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 5(2): 49-72.
- AHRENS, L.H. - 1957 - Lognormal type distributions - III. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 11(4): 205-212.
- AUSTRIA, K.; CHORK, C.Y. - 1976 - A study of the application of regression analysis for trace element data from stream sediment in New Brunswick. *J. Geochem. Explor.* 6(1/2): 399-405.
- BOCK, R. - 1972 - Aufschussmethoden der anorganischen und organischen Chemie. Weinheim/Bergstr., Verlag Chemie 232 p.
- BERNARDELLI, A.L.; MEIRELES, E.M.; TEIXEIRA J.I.; SAUERESSIG, R.; ASSAD, R.; BEISEIGEL, V.R.; HIRATA, W.K. - 1982 - Província Mineral de Carajás-Pará: Depósitos de ferro, manganês, cobre, ouro, níquel e bauxita. In: Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte. Anexo 104 p.
- BLALOCK Jr, H.M. - 1972 - Social Statistics. Mc Graw - Hill, New York. 583 p.
- CHAPMAN, R.P. - 1973 - Evaluation and comparison of different statistical and computerized methods of interpreting multi-element geochemical drainage data. Masters Thesis. Fredericton, University of New Brunswick. 370 p.
- CHAPMAN, R.P. - 1976 - Limitations of correlation and regression analysis in geochemical exploration. *Trans. Inst. Min. Met. (London).* 85: B279-B283.
- CHATUPA, I.; FLETCHER, K. - 1972 - Application of regression analysis to the study of background variations in the trace element content of stream sediments. *Econ. Geol.* 67 (7): 978-980.
- CHAYES, F. - 1954 - The lognormal distribution of the elements: in discussion. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 6 (2/3): 119-120.
- DAVIS, J.C. - 1973 - Statistic and data analysis in Geology.

- New York, John Willey and Sons. 550 p.
- DOCEGEO - 1980 - Relatório interno mensal, março/80. Belém, Distrito Amazonia. 96 p.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. - 1980 - Applied regression analysis New York, John Wiley and Sons. 709 p.
- FLOYD, P.A. - 1965 - Metassomatic hornfelses of the Land's End aureole at Tader-du, Cornwall. J. Petrology 6: 223-245.
- GOVET, A.J.S.; GOODFELLOW, W.B.; CHAPMAN, R.P.; CHORK, C.Y. - 1975 - Exploration geochemistry-distribution of elements and recognition of anomalies. J. Int. Assoc. Math. Geol. 7 (5/6): 415-446.
- GUIMARÃES, I.G.; AMARAL, M.A.M. - 1980 - Relatório de estudos nº LXIX Projeto Cobre Carajás. (PE-15). Belo Horizonte. Companhia Vale do Rio Doce. 39 p.
- GUIMARÃES, I.G.; TOWNEND, R. - 1979 - Amostras referentes a viagem da Dra. Ígnes Gomes Guimarães e Dr. Roger Townend. Relatório de descrição petrográfica. Projeto Cobre Carajás (PE-15). Belo Horizonte, Companhia Vale do Rio Doce. 12 p.
- HIRATA, W.K.; RIGON, J.C.; KADEKARU, K.; CORDEIRO, A.A.C; MEIRELES, E.M. - 1982 - Geologia regional da Província Mineral de Carajás. In: Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia. Belém, Soc. Bras. Geol., Núcleo Norte. V. 1. p. 100-110.
- JONES, M.P.; BEAVEN, C.H.J. - 1971 - Sampling of non-Gaussian mineralogical distributions. Trans. Inst. Min. Met. (London) 80: 8316-8323.
- JAMES, R.S.; GRIEVE, R.A.F.; PAUK, L. - 1978 - The petrology of cordierite-anthophyllite gneisses and associated mafic and pelitic gneisses at Manitowadge, Ontario. Am. J. Sci. 278 (1): 41-63.
- KLECKA, W.R. - 1975 - Discriminant analysis. In: Nie, N. H.; Hull, C.H.; Jenkins, J.G.; Steinbrenner, K. Statistical package for the social sciences. New York, McGraw-Hill. p. 434-467.
- KOCH, Jr. G.S.; LINK, R.F. - 1971 - Statistical analysis of geological data. New York, John Wiley and Sons. V. 2.

- LAL, R.R.; SHUKLA, R.S. - 1976 - Genesis of cordierite-gedrite-cumingtonite rocks of the portion of the Khetri Copper Belt, Rajasthan, India. *Lithos.* 8(3): 175-186.
- LANDIM, P.M.B. - 1976 - Aplicação da análise de agrupamentos (cluster analysis) em Bioestratigrafia. In: Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Geologia. Ouro Preto, Soc. Bras. Geol. V. 2, p. 81-88.
- LARSON, J.O. - 1976 - Organic stream sediments in regional geochemical prospecting, Precambrian Pafala District, Sweden. *J. Geochem. Explor.* 6(1/2): 233-249.
- LEVINSON, A.A. - 1974 - Introduction to exploration geochemistry. Mauwood, Illinois, Applied Publishing. 614 p.
- MILLER, R.L.; GOLDBERG, E.D. - 1955 - The normal distribution geochemistry. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 8(1/2): 53-62.
- MIYASHIRO, A. - 1975 - Metamorphism and metamorphic belts. London, George Allen and Unwin. 492 p.
- NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENKINS, J.G.; STEINBRENNER, K. - 1975 - Statistical package for the social sciences. New York, McGraw-Hill. 675 p.
- PARKS, J.M. - 1966 - Cluster analysis applied to multivariate geologic problems. *J. Geology*, part 1, 74(5): 703-705.
- ROSE, A.W.; DAHLBERG, E.C.; KEITH, M.L. - 1970 - A multiple regression technique for adjusting background values in stream sediment geochemistry. *Econ. Geol.* 65(2): 156-165.
- ROY, A. - 1981 - Application of cluster analysis in the interpretation of geochemical data from the Sargipalli lead-zinc mine area, Sundergerh, Orissa (India). *J. Geochem. Explor.* 14(2/3): 245-264.
- SHAW, D.M. - 1961 - Element distribution laws in geochemistry. *Geochim. et Cosmochim. Acta.* 23 (1/2): 116-134.
- SILVA, G.G.; LIMA, M.I.C.; ANDRADE, A.R.F.; ISSLER, R.S. e GUIMARÃES, G. - 1974 - Geologia da Folha SB.22 Araguaia e parte da Folha SC.22 Tocantins. In: Projeto RADAM, Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral. V. 4, p. 1-143.

- SILVA, W.R.L. - 1980 - Dispersão geoquímica dos elementos Si, Al, Fe, Mn, Na, K, Cu e Zn, nos solos e sua aplicação na caracterização de áreas geoquimicamente homogêneas. Tese de Mestrado, Belém, Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas, Universidade Federal do Pará. 115 p.
- SMIRNOV, S.I. - 1963 - Statistical estimation of the geochemical background in geochemical prospecting. *Geochemistry*. 3: 353-364.
- SOBREIRO NETO, A.P.; CAMPOS, H.C.N.S. - 1980 - Análise de agrupamentos um método auxiliar na caracterização de aquíferos. In: Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia. Balneário de Camboriu, Soc. Bras. Geol. V.2 p. 1041-1055.
- TILL, R. - 1980 - Statistical methods for the earth scientist; an introduction. London, Macmillian Press. 154 p.
- UPADHYAY, H.D.; SMITHERINGALE, W.G. - 1972 - Geology of Gullbridge copper deposit, New Foundland: volcanogenic sulfides in cordierite-anthophyllite rocks. *Can. J. Earth Sci.* 5(9): 1061-1073.
- WALLANCE, T.G. - 1967 - Mafic rocks alteration and isochimical development of some cordierite-anthophyllite rocks. *J. Petrology*. 8: 84-96.

7 ANEXOS

## A N E X O 1

Resultados analíticos das amostras de solo coletados  
no Alvo 2 - Corpo 4 - (Pags. 64/69)



ANEXO 1 - RESULTADOS ANALITICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADOS  
NO ALVO 2 - CORPO 4

GRUPO 01	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W13A4	15.30	12.64	0.09	0.42	0.67	94.00	91.00	309.00	380.00	85.00
W13A2	13.79	13.05	0.12	0.40	0.58	97.00	100.00	285.00	440.00	90.00
E3A3	13.59	13.13	0.11	0.37	0.56	96.00	95.00	299.00	325.00	180.00
W6A4	13.33	14.38	0.14	0.29	0.66	78.00	108.00	250.00	320.00	80.00
W10A3	13.33	13.00	0.14	0.26	0.72	73.00	70.00	333.00	290.00	80.00
E4A3	12.97	16.57	0.07	0.36	0.78	85.00	87.00	323.00	470.00	75.00
W9A1	12.58	15.73	0.05	0.39	0.67	76.00	61.00	309.00	280.00	150.00
W5A4	12.22	13.63	0.09	0.37	0.55	56.00	78.00	291.00	260.00	115.00
W4A1	12.29	14.73	0.07	0.35	0.71	67.00	72.00	238.00	42.00	95.00
E2A4	11.44	16.57	0.08	0.37	0.71	85.00	80.00	251.00	393.00	195.00
W900	11.36	17.93	0.03	0.19	0.79	67.00	58.00	261.00	280.00	230.00
00A1	10.29	16.97	0.10	0.28	0.74	77.00	56.00	251.00	463.00	102.00
E5A3	10.44	16.61	0.05	0.23	0.78	56.00	49.00	223.00	343.00	53.00
E5A2	11.15	15.40	0.07	0.20	0.67	48.00	59.00	259.00	354.00	70.00
W9A3	14.24	12.07	0.16	0.43	0.54	111.00	113.00	238.00	280.00	145.00
W8A3	13.86	12.44	0.17	0.41	0.50	105.00	138.00	250.00	350.00	115.00
W7A4	13.86	13.11	0.21	0.43	0.44	113.00	130.00	208.00	340.00	106.00
W4A4	13.70	15.01	0.09	0.47	0.45	105.00	116.00	261.00	380.00	110.00
E3A4	12.67	12.53	0.18	0.42	0.56	120.00	106.00	251.00	577.00	100.00
W7A3	13.33	12.44	0.14	0.51	0.55	92.00	100.00	208.00	370.00	113.00
E4A4	13.44	13.94	0.09	0.53	0.59	94.00	80.00	227.00	383.00	93.00
W10B4	10.30	18.67	0.04	0.63	0.33	86.00	60.00	250.00	600.00	73.00
W4B1	10.65	16.97	0.05	0.46	0.49	108.00	83.00	285.00	460.00	70.00
W3A2	10.89	13.53	0.10	0.41	0.49	97.00	63.00	238.00	541.00	130.00
W9B4	13.03	17.20	0.03	0.34	0.54	79.00	80.00	261.00	660.00	120.00
W8B4	12.44	16.67	0.05	0.45	0.50	78.00	62.00	291.00	680.00	86.00
E1B2	12.00	15.63	0.07	0.46	0.55	48.00	62.00	291.00	591.00	100.00
W7B4	10.64	19.65	0.04	0.45	0.44	51.00	57.00	333.00	674.00	60.00
W4B2	11.82	15.94	0.06	0.48	0.41	85.00	88.00	238.00	440.00	65.00
W3B2	12.29	15.76	0.05	0.36	0.41	70.00	80.00	261.00	495.00	75.00
W1B2	11.35	16.69	0.07	0.28	0.36	64.00	80.00	214.00	621.00	125.00
W4B3	11.59	14.92	0.07	0.19	0.49	73.00	108.00	238.00	520.00	115.00
W11B1	9.70	13.46	0.14	0.13	0.46	94.00	61.00	238.00	360.00	150.00

W6A2	11.00	11.25	0.34	0.18	0.44	75.00	78.00	291.00	200.00	105.00
W2A2	10.18	14.18	0.28	0.24	0.54	94.00	69.00	238.00	967.00	205.00
W1000	9.77	17.11	0.04	0.40	0.83	67.00	40.00	375.00	160.00	113.00
W7A1	9.59	15.78	0.07	0.56	0.72	89.00	63.00	333.00	380.00	124.00
E3A2	9.74	16.87	0.10	0.37	0.97	124.00	84.00	323.00	577.00	159.00
E4A2	10.51	16.46	0.15	0.30	0.90	98.00	65.00	323.00	470.00	46.00
W9A2	9.55	10.61	0.24	0.26	0.88	88.00	63.00	238.00	300.00	270.00
W6A1	7.78	12.50	0.14	0.26	0.77	78.00	38.00	250.00	245.00	133.00

GRUPO 02	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W13A1	10.61	11.26	0.11	0.21	0.71	61.00	63.00	238.00	360.00	85.00
W13B3	11.36	11.18	0.04	0.04	0.54	50.00	55.00	261.00	280.00	45.00
E5B4	12.42	11.15	0.07	0.03	0.67	46.00	52.00	251.00	379.00	44.00
W1B3	10.89	10.92	0.09	0.09	0.62	52.00	61.00	214.00	420.00	39.00
W13B1	11.97	10.28	0.06	0.18	0.63	61.00	66.00	190.00	160.00	68.00
W12B1	13.79	12.24	0.08	0.13	0.67	52.00	75.00	214.00	200.00	70.00
W1200	10.61	9.39	0.07	0.13	0.63	44.00	47.00	285.00	140.00	45.00
00B4	11.15	10.78	0.06	0.03	0.65	31.00	29.00	251.00	300.00	27.00
E1B4	11.33	10.00	0.06	0.01	0.66	27.00	40.00	166.00	335.00	30.00
E4B3	10.82	8.59	0.08	0.02	0.71	35.00	36.00	203.00	286.00	12.00
E2B4	11.89	9.39	0.07	0.01	0.87	29.00	51.00	251.00	305.00	28.00
E4B4	13.28	9.60	0.07	0.01	0.82	39.00	44.00	203.00	392.00	10.00
W6B4	11.33	16.63	0.04	0.04	0.39	29.00	43.00	333.00	591.00	81.00
E4B1	13.28	18.99	0.03	0.06	0.44	35.00	43.00	275.00	664.00	84.00
W5B1	11.11	15.13	0.05	0.03	0.67	35.00	51.00	333.00	625.00	59.00
E5B2	12.00	15.52	0.08	0.05	0.74	39.00	36.00	323.00	572.00	53.00
E5B3	12.42	14.67	0.08	0.03	0.63	39.00	43.00	299.00	528.00	94.00
00B3	12.28	13.21	0.05	0.04	0.65	26.00	43.00	223.00	605.00	37.00
E3B2	12.36	15.56	0.04	0.02	0.71	21.00	61.00	251.00	615.00	69.00
E4B2	12.67	14.55	0.04	0.04	0.82	35.00	48.00	275.00	625.00	38.00
W4B4	11.82	12.04	0.09	0.07	0.49	50.00	55.00	261.00	620.00	47.00
W2B4	10.65	12.32	0.09	0.09	0.54	38.00	61.00	285.00	644.00	20.00
W3B3	12.29	15.48	0.04	0.11	0.41	61.00	69.00	261.00	472.00	55.00
W3B4	12.06	14.36	0.06	0.05	0.45	50.00	66.00	285.00	587.00	40.00
W2B3	11.59	15.94	0.05	0.11	0.45	52.00	75.00	285.00	529.00	30.00
E2B3	12.83	12.53	0.05	0.03	0.50	25.00	69.00	251.00	402.00	10.00
E3B3	11.54	9.39	0.09	0.02	0.76	25.00	54.00	203.00	373.00	23.00

GRUPO 03	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W12A4	15.45	13.70	0.06	0.12	0.58	58.00	69.00	285.00	260.00	65.00
W4A2	13.70	12.60	0.13	0.13	0.49	52.00	72.00	261.00	400.00	85.00
W11A4	14.39	13.21	0.07	0.21	0.42	58.00	83.00	285.00	260.00	60.00
W10A1	14.57	11.89	0.12	0.27	0.39	75.00	97.00	291.00	280.00	73.00
W12A2	14.70	13.21	0.08	0.20	0.50	54.00	108.00	380.00	520.00	75.00
W11A3	13.79	13.62	0.07	0.20	0.58	67.00	94.00	333.00	360.00	80.00
00A3	13.28	13.94	0.14	0.25	0.52	72.00	107.00	347.00	463.00	111.00
W11A2	14.24	12.80	0.11	0.20	0.50	79.00	127.00	357.00	360.00	115.00
E1A3	14.44	13.88	0.20	0.12	0.38	70.00	103.00	375.00	480.00	131.00
W8A4	13.51	13.44	0.12	0.24	0.44	73.00	119.00	291.00	380.00	131.00
W3A3	13.93	12.88	0.21	0.16	0.49	85.00	113.00	285.00	391.00	140.00
W2A3	12.76	13.53	0.19	0.23	0.54	91.00	113.00	285.00	529.00	125.00
W6A3	14.00	12.63	0.16	0.32	0.33	86.00	116.00	333.00	340.00	80.00
W5A3	12.22	12.75	0.19	0.15	0.61	48.00	108.00	333.00	360.00	95.00
W12A3	13.94	14.11	0.07	0.15	0.79	55.00	94.00	380.00	440.00	45.00
E3B4	12.97	11.01	0.09	0.02	0.76	33.00	65.00	347.00	392.00	10.00
W10A4	12.08	15.56	0.07	0.28	0.55	46.00	68.00	416.00	340.00	71.00
W8A1	12.26	16.78	0.05	0.17	0.78	48.00	62.00	333.00	240.00	115.00
W5A1	10.00	15.50	0.10	0.18	0.66	40.00	43.00	333.00	320.00	65.00
GRUPO 04	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W13A3	14.24	13.05	0.28	0.28	0.58	97.00	108.00	333.00	500.00	165.00
W2A4	12.76	12.78	0.32	0.25	0.54	85.00	108.00	309.00	771.00	85.00
W9A4	14.85	13.70	0.14	0.39	0.54	102.00	127.00	357.00	420.00	155.00
E1A4	14.22	13.63	0.27	0.29	0.67	105.00	140.00	416.00	460.00	217.00
W4A3	11.82	13.62	0.22	0.33	0.80	105.00	136.00	309.00	340.00	250.00
E2A3	13.44	13.94	0.25	0.29	0.86	85.00	109.00	323.00	441.00	92.00
00A4	13.28	14.55	0.41	0.25	0.52	115.00	158.00	370.00	561.00	144.00
E2A2	12.67	14.44	0.51	0.29	0.66	89.00	153.00	347.00	645.00	203.00
W1A4	11.82	15.20	0.26	0.28	0.67	144.00	125.00	333.00	1151.00	155.00

GRUPO 05	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W12B3	10.15	14.43	0.06	0.04	0.63	41.00	55.00	190.00	500.00	220.00
W6B1	8.00	17.13	0.07	0.08	0.44	35.00	35.00	208.00	980.00	207.00
E4A1	8.51	18.89	0.09	0.11	0.59	43.00	39.00	179.00	645.00	203.00
W11B4	10.15	15.56	0.05	0.20	0.54	91.00	77.00	285.00	680.00	80.00
W400	10.42	17.43	0.05	0.17	0.49	73.00	69.00	285.00	1020.00	110.00
W6B3	12.67	16.75	0.05	0.17	0.44	67.00	54.00	250.00	776.00	73.00
W3A1	10.89	16.50	0.08	0.18	0.41	58.00	50.00	238.00	656.00	70.00
W300	9.48	18.17	0.05	0.23	0.36	67.00	52.00	238.00	587.00	85.00
W2B1	9.01	19.01	0.03	0.30	0.45	79.00	44.00	238.00	748.00	90.00
W2B2	9.72	18.55	0.03	0.26	0.41	73.00	41.00	214.00	725.00	65.00
W1B1	10.18	18.73	0.03	0.23	0.49	64.00	50.00	238.00	771.00	130.00
W700	11.01	19.44	0.05	0.15	0.61	73.00	62.00	208.00	720.00	215.00
W600	11.33	17.75	0.06	0.11	0.55	59.00	68.00	291.00	640.00	203.00
W5B1	8.89	18.88	0.04	0.21	0.55	73.00	24.00	250.00	880.00	40.00
W2A1	10.18	15.57	0.06	0.16	0.58	67.00	55.00	190.00	1036.00	105.00
W500	10.44	17.13	0.06	0.14	0.56	43.00	43.00	333.00	694.00	60.00
E2B2	12.21	16.36	0.03	0.08	0.56	41.00	51.00	323.00	702.00	38.00
E5B1	12.57	18.19	0.03	0.21	0.56	44.00	52.00	323.00	681.00	84.00
E1B1	10.22	18.50	0.03	0.18	0.61	40.00	46.00	333.00	886.00	136.00
W5B3	10.67	16.75	0.05	0.13	0.55	40.00	68.00	291.00	660.00	65.00
E3A1	9.59	18.79	0.06	0.20	0.61	41.00	54.00	275.00	712.00	64.00
E500	11.43	20.98	0.04	0.32	0.69	35.00	46.00	323.00	703.00	132.00
W200	9.25	18.73	0.04	0.13	0.80	44.00	55.00	214.00	670.00	95.00
0000	10.29	19.28	0.04	0.11	0.69	51.00	59.00	251.00	968.00	123.00
E400	10.36	21.52	0.03	0.11	0.59	48.00	54.00	275.00	916.00	193.00
00B1	10.29	18.80	0.03	0.24	0.67	43.00	33.00	227.00	801.00	223.00
W800	11.73	19.00	0.05	0.17	0.56	70.00	46.00	333.00	470.00	373.00
W6B2	8.89	21.63	0.05	0.23	0.28	54.00	38.00	250.00	360.00	100.00
E5A1	9.44	24.14	0.03	0.23	0.50	64.00	46.00	251.00	561.00	94.00
E2A1	8.82	18.38	0.02	0.30	0.56	78.00	43.00	299.00	431.00	144.00
E3B1	10.97	21.62	0.02	0.03	0.56	33.00	39.00	275.00	1284.00	321.00
W100	10.65	18.17	0.04	0.15	1.06	52.00	55.00	238.00	851.00	135.00
E2B1	9.59	23.43	0.03	0.24	1.02	41.00	51.00	203.00	916.00	69.00
W10B1	7.99	24.33	0.03	0.60	0.78	65.00	38.00	250.00	400.00	117.00
W1A3	9.01	16.41	0.24	0.38	1.49	108.00	83.00	285.00	909.00	265.00

GRUPO 06	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W1300	6.21	4.43	0.07	0.04	0.58	29.00	30.00	23.00	100.00	37.00
W12A1	5.45	13.70	0.09	0.02	0.58	11.00	27.00	71.00	100.00	30.00
W13B2	9.85	11.34	0.05	0.15	0.54	55.00	55.00	190.00	340.00	125.00
W12B2	9.70	9.39	0.08	0.12	0.71	47.00	52.00	190.00	220.00	100.00
W12B4	10.00	8.90	0.07	0.03	0.63	29.00	44.00	190.00	200.00	80.00
W1100	7.73	9.88	0.08	0.22	0.58	55.00	41.00	166.00	200.00	115.00
W1B4	10.65	9.62	0.06	0.02	0.58	20.00	41.00	119.00	368.00	42.00
E1B3	10.82	10.38	0.06	0.02	0.50	37.00	57.00	166.00	519.00	32.00
W13B4	8.48	7.36	0.10	0.02	0.42	32.00	44.00	142.00	220.00	30.00
W11A1	6.36	8.01	0.15	0.02	0.42	35.00	52.00	95.00	400.00	90.00

GRUPO 07	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W11B2	10.30	18.25	0.03	0.20	0.50	100.00	47.00	238.00	1200.00	450.00
E100	9.11	18.88	0.07	0.29	0.44	87.00	46.00	208.00	1237.00	418.00
W10B2	9.23	21.00	0.04	0.27	0.39	86.00	35.00	208.00	972.00	293.00
W9B2	9.70	19.96	0.02	0.35	0.46	73.00	52.00	190.00	780.00	410.00
E200	8.05	19.49	0.04	0.37	0.45	61.00	67.00	227.00	837.00	337.00
W8B2	9.41	21.78	0.03	0.42	0.50	67.00	38.00	250.00	690.00	380.00
W7B2	9.23	22.33	0.04	0.33	0.44	67.00	24.00	125.00	823.00	424.00
W9B3	10.45	20.69	0.02	0.43	0.50	126.00	58.00	285.00	780.00	190.00
W8B3	9.95	20.67	0.04	0.33	0.61	86.00	51.00	291.00	880.00	144.00
W1A1	9.48	18.64	0.09	0.46	0.58	120.00	61.00	190.00	1266.00	290.00
E1A1	9.78	17.63	0.10	0.43	0.72	105.00	59.00	208.00	1022.00	351.00
E1A2	10.82	19.63	0.06	0.39	0.61	84.00	62.00	166.00	1196.00	203.00
00A2	8.02	20.74	0.08	0.45	0.45	98.00	49.00	227.00	1193.00	195.00
W7B3	11.37	19.22	0.04	0.43	0.39	62.00	40.00	208.00	897.00	122.00
E300	9.90	22.93	0.04	0.34	0.56	53.00	47.00	227.00	1139.00	195.00
W5B2	9.33	20.63	0.04	0.25	0.27	51.00	35.00	250.00	1140.00	50.00
W11B3	8.33	19.47	0.04	0.40	0.50	141.00	50.00	190.00	760.00	165.00
W3B1	8.08	18.27	0.05	0.53	0.23	123.00	50.00	190.00	679.00	100.00
W10B3	9.59	18.33	0.04	0.20	0.44	103.00	38.00	125.00	825.00	108.00
W1A2	9.95	17.71	0.14	0.53	0.54	155.00	77.00	190.00	1162.00	330.00
W9B1	9.24	19.55	0.04	0.18	0.33	161.00	50.00	214.00	1217.00	670.00
W8B1	7.81	21.56	0.04	0.13	0.56	51.00	24.00	166.00	692.00	1200.00
W7B1	7.63	20.33	0.04	0.11	0.44	54.00	16.00	125.00	1046.00	955.00

GRUPO 08	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
W10A2	8.88	8.67	0.62	0.15	0.78	54.00	73.00	166.00	290.00	135.00
W5A2	10.22	9.50	0.37	0.16	0.72	48.00	65.00	208.00	220.00	95.00
W8A2	8.88	8.00	0.45	0.29	1.17	67.00	57.00	208.00	190.00	173.00
W7A2	8.52	7.78	0.97	0.08	1.11	29.00	28.00	166.00	160.00	142.00
W3A4	9.01	10.83	0.76	0.38	0.88	100.00	155.00	285.00	322.00	245.00

AMOSTRAS

NAO AGRUPADAS	Al (%)	Fe (%)	Mg (%)	Mn (%)	Ti (%)	Co (PPM)	Ni (PPM)	V (PPM)	Cu (PPM)	Zn (PPM)
00B2	18.85	15.64	0.06	0.47	0.50	60.00	91.00	275.00	442.00	84.00
E5A4	15.12	6.05	0.17	0.08	0.58	52.00	104.00	179.00	551.00	101.00

## ANEXO 2

Programa utilizado na análise de agrupamento  
(Pags. 70/77)

```
C CLUSTER ANALYSIS
  DIMENSION X(180,180),IPAIR(2,180),XLEV(180),A(180,180)
  MD=180
  ND=180
  MM=180
  LEIT=2
  IMPR=3
C READ CONTROL CARD
  1 READ (LEIT,1000)ITYPE,ISIM
  IF(ITYPE .LE. 0) CALL EXIT
C INPUT SIMILARITY MATRIX
  IF(ITYPE .NE.3) GO TO 2
  CALL READM (A,N,M,MM,MM, LEIT)
  GO TO 4
C READ AND INPUT DATA MATRIX
  2 CALL READM (X,N,M,ND,MD, LEIT)
  CALL STAND (X,N,M,ND,MD)
C TRANSPOSE DATA MATRIX (IF REQUIRED)
  IF (ITYPE .NE. 2) GO TO 3
  MT=M
  IF (N.GT. M) MT=N
  DO 110 I=1,MT
  DO 110 J=I,MT
  XS=X(I,J)
  X(I,J)=X(J,I)
  X(J,I)=XS
  110 CONTINUE
  MT=M
  M=N
  N=MT
C CALCULATE SIMILARITY MATRIX
  3 IF (ISIM .EQ. 2) CALL DIST (X,N,M,ND,MD,A,MM)
C PRINT SIMILARITY MATRIX
  4 CALL PRINTM (A,M,M,MM,MM, IMPR)
  WRITE(IMPR,2002)
```



```

C   CALCULATE AND PRINT LINKAGE TABLE
    CALL WPGA(A,M,MM,IPAIR,XLEV,ISIM,IMPR)
C   PRINT DENDROGRAM
    CALL DENDRO(IPAIR,XLEV,M,MM,ISIM,IMPR)
    GO TO 1
1000 FORMAT (2I3)
2002 FORMAT (1H0,4X,' SIMILARITY MATRIX')
    END
C   SUBROUTINE TO READ A MATRIX HAVING N ROWS AND M COLUMNS
    SUBROUTINE READM(A,N,M,N1,M1,LEIT)
    DIMENSION A(N1,M1)
C   READ SIZE OF MATRIX
    READ (LEIT,1000) N,M
C   READ MATRIX ONE ROW AT A TIME
    DO 100 I=1,N
    READ (LEIT,1001) (A(I,J),J=1,M)
100 CONTINUE
    RETURN
1000 FORMAT(2I3)
1001 FORMAT (10F8.2)
    END
C   SUBROUTINE TO PRINT A MATRIX HAVING N ROWS AND M COLUMNS
    SUBROUTINE PRINTM (A,N,M,N1,M1,IMPR)
    DIMENSION A(N1,M1)
C   PRINT MATRIX OUT IN STRIPS OF 10 COLUMNS
    DO 100 IB=1,M,10
    IE=IB+9
    IF (IE-M) 2,2,1
1    IE=M
C   PRINT HEADING
2    WRITE (IMPR,2000) (I,I=IB,IE)
    DO 101 J=1,N
C   PRINT ROW OF MATRIX
    WRITE (IMPR,2001) J,(A(J,K),K=IB,IE)
101 CONTINUE
100 CONTINUE
    RETURN
2000 FORMAT (1H1,1X,10I12)
2001 FORMAT (1H0, 15,10F12.4)
    END

```

```

C   SUBROUTINE TO STANDARDIZE THE COLUMNS OF A DATA MATRIX
SUBROUTINE STAND(X,N,M,N1,M1)
DIMENSION X(N1,M1)
C   STANDARDIZE EACH COLUMN OF THE MATRIX
DO 100 I=1,M
C   CALCULATE MEAN AND STANDARD DEVIATION OF COLUMN
SX=0.0
SXX=0.0
DO 101 J=1,N
SX=SX+X(J,I)
SXX=SXX+X(J,I)**2
101 CONTINUE
XM=SX/FLOAT(N)
SD=SQRT((SXX-SX*SX/FLOAT(N))/FLOAT(N-1))
C   SUBTRACT MEAN FROM EACH ELEMENT IN COLUMN, THEN
C   DIVIDE RESULT BY THE STANDARD DEVIATION
DO 102 J=1,N
X(J,I)=(X(J,I)-XM)/SD
102 CONTINUE
100 CONTINUE
RETURN
END

C   SUBROUTINE TO CALCULATE THE MATRIX OF DISTANCE COEFFICIENTS
C   BETWEEN COLUMNS OF DATA MATRIX X
SUBROUTINE DIST (X,N,M,N1,M1,A,M2)
DIMENSION X(N1,M1),A(M2,M2)
AN=N
C   CALCULATE DISTANCE COEFFICIENT BETWEEN COLUMNS I AND J
DO 100 I=1,M
DO 100 J=I,M
C   ZERO SUM AND CALCULATE DISTANCE
DISTX=0.0
DO 101 K=1,N
DISTX=DISTX+(X(K,I)-X(K,J))**2
101 CONTINUE
C   CALCULATE DISTANCE COEFFICIENT AND STORE IN MATRIX A
A(I,J)=SQRT(DISTX/AN)
A(J,I)=A(I,J)
100 CONTINUE
RETURN
END

```

```

C   SUBROUTINE TO PERFORMWEIGHTED PAIR - GROUP AVERAGE CLUSTERING
SUBROUTINE WPGA (X,M,M1,IPAIR,XLEV,ISIM,IMPR)
DIMENSION X(M1,M1),IPAIR(2,M1),XLEV(M1)
DIMENSION I1(360),I2(360),XSIM(360)
C   INITIALISE
WRITE(IMPR,2001)
DO 110 I=1,M
I1(I)=I
110 CONTINUE
XXXX=-9.0E+35
IF (ISIM .NE. 1) XXXX=+9.0E+35
M3=M-1
IC=0
C   FOR A CORRELATION MATRIX FIND LARGEST SIMILARITY IN EACH COLUMN.
C   FOR A DISTANCE MATRIX FIND SMALEST SIMILARITY IN EACH COLUMN.
1   DO 100 I=1,M
IF (I1(I) .LE. 0) GO TO 100
IX=0
XX=XXXX
DO 101 J=1,M
IF (I .EQ. J) GO TO 101
IF (I1(J) .LE. 0) GO TO 101
GO TO (11,12),ISIM
11  IF (X(J,I)-XX) 101,101,13
12  IF (X(J,I)-XX) 13,101,101
13  XX=X(J,I)
IX=J
101 CONTINUE
I2(I)=IX
XSIM(I)=XX
100 CONTINUE
C   FOR A CORRELATION MATRIX FIND MUTUALLY HIGH PAIRS
C   FOR A DISTANCE MATRIX FIND MUTUALLY LOM PAIRS
DO 102 I=1,M3
IF (I1(I) .LE. 0) GO TO 102
J=I2(I)
IF (I1(J) .LE. 0) GO TO 102
IF (J .LE. I) GO TO 102
IF (I1(J) .EQ. I) GO TO 14
IF (ABS(XSIM(I)-XSIM(J)) .GT. 0.00001) GO TO 102

```

```

C   SAVE PARAMETERS FOR A CLUSTER
14  IC=IC+1
    IPAIR(1,IC)=I
    IPAIR(2,IC)=J
    XLEV(IC)=XSIM(I)
    WRITE (IMPR,2002) I,J,XSIM(I)
    I1(I)=J
    I1(J)=0
C   AVERAGE THE TWO COLUMNS
    DO 103 K=1,M
    X(K,I)=(X(K,I)+X(K,J))/2.0
103 CONTINUE
102 CONTINUE
C   AVERAGE ROWS THAT WERE CLUSTERED ON THIS ITERATION
    DO 105 I=1,M3
    IF (I1(I) .LE. 0) GO TO 105
    IF (I1(I) .EQ.I)GO TO 105
    J=I1(I)
C   AVERAGE TWO ROWS IN THE NEW CLUSTER
    DO 106 K=1,M
    IF (I1(K) .LE.0) GO TO 106
    X(I,K)=(X(I,K)+X(J,K))/2.0
106 CONTINUE
    I1(I)=I
105 CONTINUE
    IF (IC.LT. M3) GO TO 1
    WRITE (IMPR,2003)
    RETURN
2001 FORMAT (1H1)
2002 FORMAT (6X,2I5,F15.5)
2003 FORMAT (1H0,4X, 'COLUMNS 1 AND 2 - ',1X,
1 ' OBSERVATIONS COMBINED INTO CLUSTERS',/,
2 5X,'COLUMN 3 - SIMILARITY LEVEL OF CLUSTERING')
    END
C   SUBROUTINE TO PRINT A DENDROGRAM
    SUBROUTINE DENDRO (IPAIR,XLEV,M,M1,ISIM,IMPR)
    DIMENSION IPAIR(2,M1) , XLEV(M1)
    DIMENSION I1(360),I2(360)
    DIMENSION IOUT(61),XX(13)
    DATA IBLNK/1H /,ICI/1H1/,ICP/1H./,ICM/18-/

```

```

C   DETERMINE ORDER THAT BRANCHES WILL BE PRINTED IN
      M2=M-1
      DO 100 I=1,M
        I1(I)=0
        I2(I)=0
100  CONTINUE
      DO 101 I=1,M2
        J=I-1
      11  IF( J .LE. 0) GO TO 12
          IF (IPAIR(1,I) .EQ. IPAIR(1,J)) GO TO 13
          J=J-1
          GO TO 11
      12  I2(I)=1
          GO TO 15
      13  K=I1(J)
          IF (K .EQ. 0) GO TO 14
          J=K
          GO TO 13
      14  I1(J)=I
      15  DO 102 J=1,I
          K=J
          IF (IPAIR(2,I) .EQ. IPAIR(1,J))GO TO 16
102  CONTINUE
      GO TO 101
      16  I2(K)=0
          I1(I)=K
101  CONTINUE
C   FIND STARTING CLUSTER
      DO 103 I=1,M2
        JS=I
        IF (I2(I) .NE. 0) GO TO 20
103  CONTINUE
      CALL EXIT
      20  NODE=IPAIR(1,JS)
C   FIND LARGEST AND SMALLEST SIMILARITY COEF
      XMIN=XLEV(1)
      XMAX=XMIN
      DO 104 I=1,M2
        IF (XLEV(I) .LT. XMIN) XMIN=XLEV(I)
        IF (XLEV(I) .GT. XMAX) XMAX=XLEV(I)

```

```

104 CONTINUE
   DX= (XMAX-XMIN)/25.0
   XMIN=XMIN-DX
   XMAX=XMAX+DX
   DX=(XMAX-XMIN)/60.0
   IF(ISIM .NE.2) GO TO 21
   DX=-DX
   XMIN=XMAX
C   BLANK OUT PRINT ARRAY
   21 DO 105 I=1,61
      IOUT(I)=IBLNK
   105 CONTINUE
C....PRINT DENDROGRAM
   X=XMIN
   DO 106 I=1,13
      XX(I)=X
      X=X+DX*5.0
106 CONTINUE
   WRITE(IMPR,2000)
   WRITE(IMPR,2001) (XX(I),I =2,12,2)
   WRITE(IMPR,2002) (XX(I),I =1,13,2)
   WRITE(IMPR,2003)
22  X=XMIN
   IF (JS.NE.0) X=XLEV(JS)
   IS=IFIX((X-XMIN)/DX)+1
   DO 110 I=IS,61
      IOUT(I)=ICM
110 CONTINUE
   IOUT(IS)=ICP
   IF(JS.NE.0) WRITE(IMPR,2004) IOUT,NODE,X
   IF(JS.EQ.0) WRITE(IMPR,2004) IOUT,NODE
   IF(JS.EQ.0) GO TO 31
   DO 111 I=IS,61
      IOUT(I)=IBLNK
111 CONTINUE
   IOUT(IS)=ICI
   WRITE (IMPR,2004) (IOUT(I),I=1,IS)
   NODE=IPAIR(2,JS)
   JS=I1(JS)
   GO TO 22

```

```
31 WRITE(IMPR,2003)
   WRITE(IMPR,2002) (XX(I),I=1,13,2)
   WRITE(IMPR,2001) (XX(I),I=2,12,2)
   WRITE(IMPR,2005)
   RETURN
2000 FORMAT (1H1)
2001 FORMAT(6X,6F10.4)
2002 FORMAT(1X,7F10.4)
2003 FORMAT(6X,'+',12('----+'))
2004 FORMAT(6X,61A1,1X,I3,F10.4)
2005 FORMAT(1H0,4X,'DENDROGRAM - ',1X,
1 'VALUES ALONG X-AXIS ARE SIMILARITIES')
END
```

## ANEXO 4

Comandos utilizados para acionar o subprograma discriminant e os resultados obtidos (Pags. 79/98).



11-Aug-82

University of Pittsburgh, SPSS-10

Statistical Package for the Social Sciences

Version 6.02B (1 April 1976)

SPACE allocation for this run:

Total amount requested 10240 words

Default TRANSPACE allocation 1280 words

Max # of transformations permitted 42

Max # of recode values 168

Max # of arithm. or log. operations 336

Resulting WORKSPACE allocation 8960 words

FILE NAME CMC4  
RUN NAME SOLO ALVO 2-CORPO 4  
DATA LIST FIXED (1)/1 AL 1-8(2),FE 9-16(2),MG 17-24(2),MN 25-32(2),  
TI 33-40(2),CD 41-48(2),NI 49-56(2),V 57-64(2),CU 65-72(2),  
ZN 73-80(2)

The data list provides for 10 variables and 1 records (cards) per case. A maximum of 80 columns are used on a record.

Dump of the constructed format statement:

(10F8.2)

```
INPUT MEDIUM    CARD
N OF CASES      169
SUBFILE LIST    SF1(41),SF2(27),SF3(19),SF4(09),SF5(35),SF6(10),SF7(23),SF8(05)
DISCRIMINANT    GROUPS=SUBFILES/
                 VARIABLES=AL,FE,MG,MN,TI,CO,NI,V,CU,ZN/
                 ANALYSIS =AL,FE,MG,MN,TI,CO,NI,V,CU,ZN/
                 METHOD=DIRECT/
                 FUNCTIONS=7,100.,1./
                 PRIORS=SIZE
OPTIONS         5,6,7,11
STATISTICS      1,2,3,4,5
```

\*\*\*\*\* This discriminant analysis requires 4571 words of WORKSPACE \*\*\*\*\*

READ INPUT DATA

SOLO ALVO 2-CORPO 4

11-Aug-82

File CMC4 (Creation date = 11-Aug-82)

Subfile SF1 SF2 SF3 SF4 SF5 SF6 SF7 SF8

group counts

	Group 1 SUBFILE SF1	Group 2 SUBFILE SF2	Group 3 SUBFILE SF3	Group 4 SUBFILE SF4	Group 5 SUBFILE SF5	Group 6 SUBFILE SF6	Group 7 SUBFILE SF7	Group 8 SUBFILE SF8	Total
COUNT	41.0000	27.0000	19.0000	9.0000	35.0000	10.0000	23.0000	5.0000	169.0000

## Means

	Group 1 SUBFILE SF1	Group 2 SUBFILE SF2	Group 3 SUBFILE SF3	Group 4 SUBFILE SF4	Group 5 SUBFILE SF5	Group 6 SUBFILE SF6	Group 7 SUBFILE SF7	Group 8 SUBFILE SF8	Total
AL	11.8049	11.8644	13.4858	13.2333	10.1429	8.5250	9.3374	9.1020	11.1254
FE	14.9202	12.6333	13.5284	13.8789	18.7123	9.3010	19.8996	8.9560	15.2970
MG	0.1068	0.0644	0.1174	0.2956	0.0500	0.0810	0.0509	0.6340	0.1060
MN	0.3632	0.0622	0.1895	0.2944	0.1937	0.0660	0.3400	0.2120	0.2316
TI	0.6034	0.6233	0.5426	0.6489	0.6069	0.5540	0.4743	0.9320	0.5921
CO	83.9268	40.2593	62.6316	103.0000	57.0857	35.0000	91.9130	59.6000	67.4852
NI	78.8049	53.1852	92.6842	129.3333	50.7143	44.3000	46.7826	75.6000	66.6509
V	269.1220	254.4444	328.9474	344.1111	258.6857	135.2000	204.2609	206.6000	256.7337
CU	421.0000	444.7778	374.4737	587.6667	741.1143	266.7000	975.3478	236.4000	555.5917
ZN	114.7805	46.0370	88.0000	162.8889	135.0571	68.1000	346.9565	158.0000	137.6627

## Standard deviations

	Group 1 SUBFILE SF1	Group 2 SUBFILE SF2	Group 3 SUBFILE SF3	Group 4 SUBFILE SF4	Group 5 SUBFILE SF5	Group 6 SUBFILE SF6	Group 7 SUBFILE SF7	Group 8 SUBFILE SF8	Total
AL	1.6371	0.8619	1.2400	1.0713	1.1732	1.9785	0.9839	0.6511	1.9569
FE	2.1149	2.7206	1.3275	0.7558	2.3299	2.4594	1.4564	1.2436	3.8035
MG	0.0685	0.0204	0.0515	0.1083	0.0369	0.0285	0.0281	0.2411	0.1243
MN	0.1123	0.0526	0.0694	0.0430	0.1051	0.0717	0.1195	0.1207	0.1468
TI	0.1564	0.1305	0.1325	0.1191	0.2193	0.0893	0.1113	0.1994	0.1728
CO	18.9702	11.9473	16.5402	18.4187	17.6275	14.2595	33.2906	26.4064	28.5128
NI	23.0372	12.3912	23.4640	19.0000	12.3564	10.1110	14.4221	47.5268	28.8981
V	39.8831	43.0745	41.9358	33.8580	44.4402	57.2922	44.6494	48.5984	64.5796
CU	168.7125	160.6863	84.5822	247.4621	196.5523	135.7678	202.9540	67.9323	279.6740
ZN	47.8777	23.8335	33.6667	54.4322	79.5938	37.9047	274.4995	56.0089	142.4290

Within groups covariance matrix

	AL	FE	MG	MN	TI	CO	NI	V	CU	ZN
AL	1.6671									
FE	-0.3792	4.3447								
MG	-0.0094	-0.0436	0.0040							
MN	0.0073	0.0312	-0.0005	0.0091						
TI	-0.0309	-0.0154	0.0011	-0.0002	0.0248					
CO	2.2478	-8.5881	0.2555	0.8068	-0.1250	405.6532				
NI	10.7947	-7.8925	0.3188	0.5278	-0.4210	201.6306	358.6396			
V	9.5741	25.4533	-0.3069	0.6395	0.4516	25.6061	65.3843	1880.0476		
CU	10.5686	75.4476	0.7356	-1.8014	-1.6098	306.9319	338.5003	656.2367	30016.2202	
ZN	-19.5081	13.8646	0.5745	-2.9906	1.7656	-78.8210	-110.0531	-515.6677	86.5675	12727.5685

Within groups correlation matrix

	AL	FE	MG	MN	TI	CO	NI	V	CU	ZN
AL	1.0000									
FE	-0.1409	1.0000								
MG	-0.1156	-0.3310	1.0000							
MN	0.0593	0.1567	-0.0845	1.0000						
TI	-0.1521	-0.0470	0.1087	-0.0160	1.0000					
CO	0.0864	-0.2046	0.2007	0.4189	-0.0394	1.0000				
NI	0.4415	-0.1999	0.2663	0.2915	-0.1412	0.5286	1.0000			
V	0.1710	0.2816	-0.1120	0.1542	0.0662	0.0293	0.0796	1.0000		
CU	0.0472	0.2089	0.0672	-0.1087	-0.0590	0.0880	0.1032	0.0874	1.0000	
ZN	-0.1339	0.0590	0.0806	-0.2772	0.0994	-0.0347	-0.0515	-0.1054	0.0044	1.0000

File CMC4 (Creation date = 24-Aug-82)  
 Subfile SF1 SF2 SF3 SF4 SF5 SF6 SF7 SF8

----- DISCRIMINANT ANALYSIS -----

Analysis number 1

solution method - Direct.

Prior Probabilities:

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7	Group 8
SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE	SUBFILE
SF1	SF1	SF1	SF1	SF1	SF1	SF1	SF1
0.24260	0.15976	0.11243	0.05325	0.20710	0.05917	0.13609	0.02959

Discriminant Function	Eigenvalue	Relative Percentage	Canonical Correlation	Functions Derived	Wilks' Lambda	Chi-Square	DF	Significance
				0	0.0034	903.317	70	0.000
1	5.89787	46.16	0.925	1	0.0235	596.254	54	0.000
2	3.34024	26.14	0.877	2	0.1021	362.854	40	0.000
3	2.04606	16.01	0.820	3	0.3109	185.752	28	0.000
4	0.91219	7.14	0.691	4	0.5945	82.681	18	0.000
5	0.29891	2.34	0.480	5	0.7722	41.098	10	0.000
6	0.22811	1.79	0.431	6	0.9484	8.427	4	0.077
7	0.05443	0.43	0.227					

Remainings computations will be based on 7 discriminant function(s)

## Standardized discriminant function coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5	FUNC 6	FUNC 7
AL	0.05323	-0.19337	0.36129	-0.01542	-0.40806	-1.27827	0.15653
FE	-0.28196	-0.30167	0.25854	-0.76563	-0.77203	0.53282	-0.35873
MG	0.23756	-0.82175	-0.50455	-0.54903	-0.25128	-0.46184	-0.33011
MN	-0.16028	-0.36931	-0.14543	0.79012	-0.42087	-0.10500	-0.30895
TI	0.04435	-0.01066	-0.00463	-0.14671	-0.38084	0.11786	0.71764
CO	-0.20934	-0.12149	0.19225	0.11037	0.01622	-0.30707	0.81641
NI	0.22010	0.08147	0.25749	-0.03563	0.74603	1.55227	0.02276
V	0.20097	-0.08700	0.41922	-0.20469	0.12831	-0.04852	-0.33394
CU	-0.30663	0.01021	-0.07550	-0.32144	0.55695	-0.27669	0.59035
ZN	-0.14717	-0.18407	0.01792	0.25204	0.50906	-0.38302	-0.51279

## Unstandardized discriminant function coefficients

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5	FUNC 6	FUNC 7
AL	0.02720	-0.09881	0.18463	-0.00788	-0.20852	-0.65322	0.07999
FE	-0.07413	-0.07931	0.06797	-0.20129	-0.20298	0.14008	-0.09431
MG	1.91119	-6.61108	-4.05911	-4.41700	-2.02159	-3.71556	-2.65578
MN	-1.09153	-2.51501	-0.99040	5.38077	-2.86616	-0.71504	-2.10395
TI	0.25668	-0.06169	-0.02678	-0.84917	-2.20429	0.68215	4.15370
CO	-0.00734	-0.00426	0.00674	0.00387	0.00057	-0.01077	0.02863
NI	0.00762	0.00282	0.00891	-0.00123	0.02582	0.05372	0.00079
V	0.00311	-0.00135	0.00649	-0.00317	0.00199	-0.00075	-0.00517
CU	-0.00110	0.00004	-0.00027	-0.00115	0.00199	-0.00099	0.00211
ZN	-0.00103	-0.00129	0.00013	0.00177	0.00357	-0.00269	-0.00360
CONSTANT	0.66990	4.23533	-5.00123	3.92126	3.74055	3.53919	-2.47239

## Centroids of groups in reduced space

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5	FUNC 6	FUNC 7
Group 1	0.08894	-0.40233	0.29880	0.88869	-0.47101	0.07499	0.07224
SUBFILE SF1							
Group 2	0.63745	1.03235	-0.00914	-0.34037	-0.02864	-0.63155	0.22424
SUBFILE SF2							
Group 3	0.95890	-0.00493	1.02304	-0.05703	0.34819	-0.12643	-0.48701
SUBFILE SF3							
Group 4	0.89811	-1.63445	0.81921	-0.48754	1.12582	0.53312	0.49374
SUBFILE SF4							
Group 5	-0.58142	0.29754	0.06522	-0.89347	-0.35238	0.44330	-0.03059
SUBFILE SF5							
Group 6	0.57566	1.63494	-1.75914	0.97507	0.70758	0.75731	-0.06481
SUBFILE SF6							
Group 7	-1.81415	-0.43399	-0.33771	0.18761	0.47963	-0.40940	-0.06042
SUBFILE SF7							
Group 8	1.83179	-2.67120	-3.14772	-0.91379	-0.48747	-0.41824	-0.21965
SUBFILE SF8							

---

Case SUBFIL	SEQNUM	Missins Values	Actual Group	Hishest probability Group P(X/G) P(G/X)		2nd highest Group P(G/X)		Discriminant scores					
				FUNC 1 FUNC 6	FUNC 2 FUNC 7	FUNC 3	FUNC 4	FUNC 5					
SF1	1.	0	1	1	0.467	0.964	3	0.036	0.495	-0.628	1.242	1.536	-0.801
SF1	2.	0	1	1	0.984	0.978	3	0.021	-1.823	0.881	0.821	1.318	-0.050
SF1	3.	0	1	1	0.950	0.950	3	0.050	0.380	-0.613	0.942	1.452	0.116
SF1	4.	0	1	1	0.959	0.744	3	0.246	-0.541	0.636	0.599	0.453	-0.275
SF1	5.	0	1 ****	3	0.862	0.584	1	0.393	0.423	-0.606	0.708	0.318	-0.919
SF1	6.	0	1	1	0.936	0.957	3	0.034	-0.751	-0.053	0.708	0.318	-0.919
SF1	7.	0	1	1	0.968	0.995	3	0.004	0.681	-0.374	0.708	0.318	-0.919
SF1	8.	0	1	1	0.952	0.917	3	0.080	0.811	0.410	0.708	0.318	-0.919
SF1	9.	0	1	1	0.937	0.990	3	0.008	0.870	-0.392	0.708	0.318	-0.919
SF1	10.	0	1	1	1.000	0.987	5	0.012	-1.340	0.187	0.708	0.318	-0.919
SF1	11.	0	1	1	0.922	0.530	5	0.439	0.186	-0.409	1.186	0.240	-1.080
SF1	12.	0	1	1	0.949	0.596	5	0.400	0.251	0.853	1.186	0.240	-1.080
SF1	13.	0	1 ****	5	0.777	0.567	1	0.343	0.094	-0.360	0.789	1.148	-1.446
SF1	14.	0	1 ****	2	0.922	0.455	1	0.374	-0.937	-0.443	0.789	1.148	-1.446
SF1	15.	0	1	1	0.826	0.994	3	0.005	0.586	-0.163	0.341	1.311	-0.477
SF1	16.	0	1	1	0.587	0.862	3	0.091	0.044	-1.218	0.258	1.367	-1.729
									0.499	-0.059	0.258	1.367	-1.729
									0.219	-0.361	0.361	0.858	-0.704
									-0.182	-0.425	0.361	0.858	-0.704
									0.590	0.165	0.600	-0.113	-1.181
									-0.080	0.205	0.600	-0.113	-1.181
									0.224	-0.075	-0.116	-0.057	-1.211
									-0.204	-0.162	-0.116	-0.057	-1.211
									0.386	0.530	-0.220	-0.001	-1.675
									-0.008	0.472	-0.220	-0.001	-1.675
									0.608	0.441	-0.220	-0.001	-1.675
									0.362	0.440	0.048	-0.059	-0.882
									0.386	-0.280	0.048	-0.059	-0.882
									0.467	-0.954	0.601	1.999	0.104
									-0.577	0.547	0.601	1.999	0.104
									0.686	-0.838	0.774	1.584	0.931



SF1	17.	0	1	1	0.836	0.983	4	0.013	1.083 0.445	0.373 -1.191	0.351	1.600	0.452
SF1	18.	0	1	1	0.948	0.996	3	0.003	0.523 0.099	0.363 -0.714	1.053	1.735	0.039
SF1	19.	0	1	1	0.902	0.998	4	0.001	0.562 0.086	0.003 -0.950	0.268	1.341	0.563
SF1	20.	0	1	1	0.881	1.000			-0.196 0.173	1.403 -0.833	-0.007	2.319	-0.333
SF1	21.	0	1	1	0.755	1.000			-0.381 -0.143	0.272 -0.750	0.250	2.233	-1.228
SF1	22.	0	1	1	0.147	0.734	7	0.258	-1.113 -1.090	0.439 -0.739	-0.041	1.921	-1.260
SF1	23.	0	1	1	0.950	0.987	5	0.013	0.371 -0.430	-1.250 -0.364	0.649	1.267	-0.488
SF1	24.	0	1	1	0.925	0.996	5	0.003	1.217 -0.387	0.117 -0.341	-0.265	1.612	-0.038
SF1	25.	0	1	1	0.956	0.829	5	0.168	-0.734 -0.432	0.300 -0.097	0.877	0.428	-0.321
SF1	26.	0	1	1	0.927	0.980	5	0.019	-0.274 -0.524	0.332 -0.445	0.561	0.917	-0.845
SF1	27.	0	1	1	0.992	0.995	5	0.004	-1.050 -0.115	-0.149 -0.373	0.140	1.064	-0.866
SF1	28.	0	1	1	0.680	0.602	5	0.397	-0.583 -0.504	-1.050 -0.356	0.518	0.156	-1.088
SF1	29.	0	1	1	0.984	0.998	5	0.002	0.606 -0.257	-1.710 -0.329	0.326	1.665	-0.459
SF1	30.	0	1	1	0.998	0.972	5	0.018	0.787 -0.069	-0.529 0.007	0.523	0.929	-0.180
SF1	31.	0	1 ****	5	0.906	0.543	1	0.452	0.211 -0.343	-0.670 0.127	0.039	0.342	0.459
SF1	32.	0	1	1	0.229	0.351	3	0.300	0.745 0.270	-0.769 0.479	0.541	0.125	1.278
SF1	33.	0	1	1	0.873	0.627	2	0.199	2.009 0.145	0.125 0.199	-0.361	0.212	0.670
SF1	34.	0	1 ****	3	0.110	0.533	4	0.351	0.115 1.323	0.028 -1.092	-0.727	-0.109	0.398
SF1	35.	0	1	1	0.048	0.470	5	0.396	-0.479 -0.389	-1.359 -1.140	-0.988	-0.641	1.261
SF1	36.	0	1	1	0.845	0.990	3	0.005	-0.960 0.208	0.817 -0.227	0.598	0.708	-2.288



SF2	16.	0	2	2	0.836	0.937	5	0.037	-0.013	0.004				
									0.445	0.571	0.408	-1.491	-0.926	
SF2	17.	0	2	2	0.966	0.955	3	0.032	-1.391	0.271				
									0.498	0.651	0.374	-1.147	-0.350	
SF2	18.	0	2	2	0.999	0.996	5	0.004	-1.518	-0.141				
									0.372	1.187	-0.249	-0.681	-0.245	
SF2	19.	0	2	2	0.982	0.963	5	0.031	-1.239	0.516				
									0.435	1.099	0.294	-1.354	-0.142	
SF2	20.	0	2	2	0.955	0.986	5	0.011	0.034	0.251				
									0.419	1.003	0.388	-1.212	-0.672	
SF2	21.	0	2	2	0.999	0.987	3	0.008	-1.042	1.185				
									0.456	0.863	-0.088	-0.363	0.739	
SF2	22.	0	2	2	0.994	0.981	3	0.012	-1.065	0.251				
									0.604	0.975	-0.188	-0.551	0.905	
SF2	23.	0	2	2	0.970	0.721	5	0.121	0.240	-0.018				
									0.234	0.756	0.638	-0.346	0.207	
SF2	24.	0	2	2	0.990	0.920	3	0.059	-0.029	-0.334				
									0.447	0.913	0.518	-0.838	0.665	
SF2	25.	0	2	2	0.842	0.632	3	0.182	-0.174	-0.152				
									0.360	0.777	0.628	-0.739	0.373	
SF2	26.	0	2	2	0.995	0.975	3	0.024	0.894	-0.461				
									0.953	1.290	0.277	-0.414	0.365	
SF2	27.	0	2	2	0.940	0.973	6	0.027	-0.122	-0.463				
									1.060	1.414	-0.768	0.004	0.150	
SF3	1.	0	3	3	0.672	0.691	2	0.286	-0.466	0.854				
									0.842	0.377	1.198	-0.018	-0.875	
SF3	2.	0	3	3	0.954	0.480	2	0.461	-2.111	0.025				
									0.793	0.200	0.304	-0.038	0.118	
SF3	3.	0	3	3	0.990	0.873	2	0.064	-1.399	-0.414				
									0.841	0.284	0.968	0.639	-0.136	
SF3	4.	0	3	3	0.973	0.872	1	0.121	-0.933	-0.865				
									0.931	-0.166	0.925	1.060	0.356	
SF3	5.	0	3	3	0.993	0.998	2	0.001	-0.975	-0.648				
									1.114	0.157	1.737	-0.149	1.034	
SF3	6.	0	3	3	1.000	0.966	2	0.019	-0.094	-0.605				
									0.883	0.232	1.337	0.161	0.236	
SF3	7.	0	3	3	0.999	0.962	1	0.025	-0.062	-0.109				
									0.870	-0.368	1.149	0.007	0.807	
SF3	8.	0	3	3	0.910	0.997	4	0.002	0.428	-0.534				
									1.213	-0.043	1.739	0.206	1.436	

SF3	9.	0	3	3	0.862	0.972	4	0.027	0.857	-0.315	1.378	-0.911	1.194
									1.158	-0.605			
									-0.849	-1.144			
SF3	10.	0	3	3	0.981	0.954	1	0.040	0.845	-0.113	1.025	0.506	1.212
									0.939	-0.646			
SF3	11.	0	3	3	0.992	0.894	4	0.081	0.997	-0.578	0.764	-0.179	1.069
									-0.139	-0.062			
SF3	12.	0	3	3	0.908	0.553	1	0.284	0.635	-0.562	0.604	-0.040	1.135
									0.614	0.414			
SF3	13.	0	3	3	0.947	0.935	1	0.050	0.989	-0.612	1.160	0.889	0.958
									0.068	-1.010			
SF3	14.	0	3	3	0.830	0.989	4	0.007	1.427	-0.113	0.548	-0.540	0.979
									1.368	-0.828			
SF3	15.	0	3	3	0.944	0.982	2	0.017	1.142	0.327	1.640	-0.735	-0.093
									0.197	0.542			
SF3	16.	0	3 ****	2	0.797	0.793	3	0.207	1.444	0.965	0.686	-0.818	0.089
									-0.760	0.396			
SF3	17.	0	3	3	0.982	0.974	1	0.022	0.843	-0.037	1.244	-0.065	-0.554
									0.060	-1.782			
SF3	18.	0	3	3	0.887	0.726	2	0.153	0.644	0.269	0.998	-0.540	-1.351
									0.123	-0.531			
SF3	19.	0	3 ****	2	0.786	0.541	3	0.235	0.609	0.293	0.033	-0.518	-1.000
									0.266	-1.138			
SF4	1.	0	4	4	0.928	0.940	3	0.044	0.896	-1.550	0.749	-0.136	0.566
									-1.211	0.114			
SF4	2.	0	4	4	0.970	0.982	3	0.011	0.774	-1.372	0.006	-0.798	1.222
									-0.343	0.453			
SF4	3.	0	4 ****	3	0.604	0.623	4	0.194	0.747	-1.001	1.746	0.966	0.708
									-0.050	-0.023			
SF4	4.	0	4	4	0.962	0.995	3	0.005	1.279	-1.683	1.708	-0.365	1.347
									0.444	-0.009			
SF4	5.	0	4	4	0.813	0.926	1	0.042	0.843	-1.138	0.731	0.522	1.112
									2.152	0.566			
SF4	6.	0	4	4	0.934	0.853	3	0.098	1.017	-1.226	0.636	-0.438	-0.413
									0.176	1.035			
SF4	7.	0	4	4	0.741	1.000			1.343	-2.311	0.966	-1.332	1.838
									1.584	-0.068			
SF4	8.	0	4	4	0.100	1.000			1.446	-2.958	0.012	-1.664	1.550
									1.449	-0.539			
SF4	9.	0	4	4	0.070	0.994	1	0.004	-0.263	-1.471	0.819	-1.143	2.202

SF5	1.	0	5 ****	2	0.878	0.711	5	0.266	0.596 0.043	2.914 1.010	-0.554	-0.345	0.673
SF5	2.	0	5	5	0.494	0.996	7	0.003	0.392 -0.854	-0.150 0.833	-1.075	-1.169	1.283
SF5	3.	0	5	5	0.944	0.999			0.517 -0.674	-0.697 0.435	-0.985	-1.086	-0.269
SF5	4.	0	5	5	0.829	0.867	1	0.099	0.929 -0.215	-0.626 0.498	0.491	-0.180	0.847
SF5	5.	0	5	5	0.948	0.998	1	0.001	1.182 -0.658	0.901 0.430	0.418	-1.075	1.175
SF5	6.	0	5	5	0.903	0.913	1	0.053	0.602 -0.433	0.690 0.334	0.449	-0.592	-0.124
SF5	7.	0	5	5	0.995	0.907	1	0.060	-1.371 -0.291	0.342 0.350	-0.170	-0.440	-0.108
SF5	8.	0	5	5	0.996	0.975	1	0.023	-0.364 -0.569	-0.444 0.378	-0.144	-0.183	-0.152
SF5	9.	0	5	5	0.980	0.945	7	0.049	0.871 -1.066	-0.887 0.235	-0.197	-0.080	-0.444
SF5	10.	0	5	5	0.988	0.970	7	0.023	0.650 -0.982	-0.065 0.385	-0.277	-0.136	-0.560
SF5	11.	0	5	5	1.000	0.991	1	0.005	0.134 -0.838	-0.056 0.345	0.019	-0.465	-0.184
SF5	12.	0	5	5	1.000	0.996	1	0.002	0.277 -0.811	-0.152 0.192	0.213	-0.911	-0.119
SF5	13.	0	5	5	0.962	0.931	2	0.027	0.291 -0.123	0.469 0.310	0.675	-1.035	0.493
SF5	14.	0	5	5	0.964	0.988	7	0.011	0.318 -1.081	-0.488 0.433	-0.365	-0.943	-0.787
SF5	15.	0	5	5	0.707	0.988	7	0.009	-0.210 -0.845	0.724 0.675	-0.572	-0.605	0.873
SF5	16.	0	5	5	0.964	0.838	2	0.138	-0.088 0.015	1.575 0.499	0.348	-1.230	-0.278
SF5	17.	0	5 ****	2	0.873	0.752	5	0.206	-0.073 0.187	-0.589 0.808	0.792	-1.313	-0.135
SF5	18.	0	5	5	0.821	0.808	1	0.111	-0.673 -0.120	-0.072 0.230	0.895	-0.869	-0.804
SF5	19.	0	5	5	0.999	0.995	2	0.003	-0.826 -0.425	-0.612 0.437	0.446	-1.300	0.056
SF5	20.	0	5	5	0.812	0.721	2	0.242	0.179 0.152	-0.484 0.730	0.355	-1.018	0.333

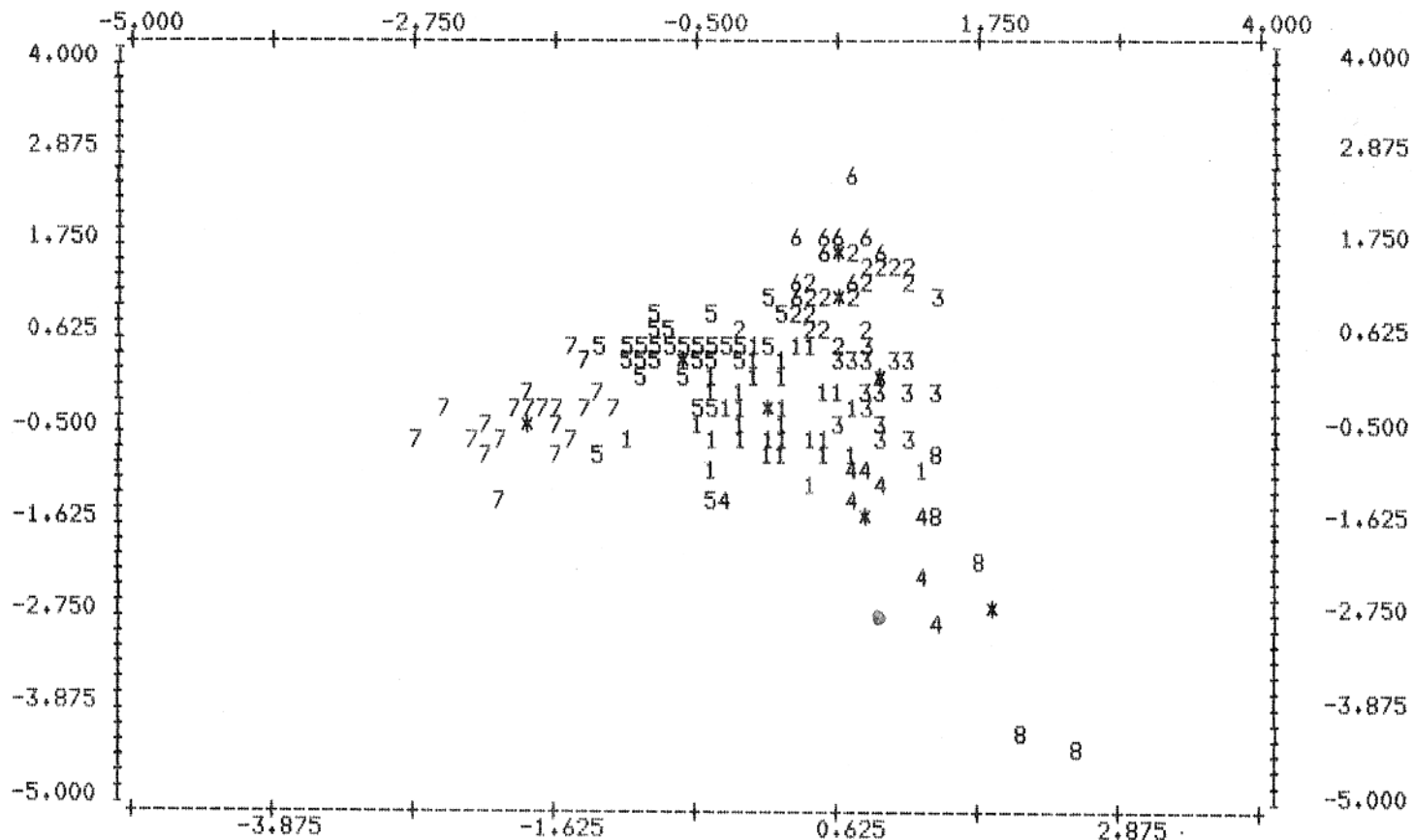
SF5	21.	0	5	5	0.997	0.995	1	0.003	1.188 -0.290	-0.467 0.410	-0.053	-1.128	-0.502
SF5	22.	0	5	5	0.818	0.943	1	0.056	1.333 -0.479	-0.457 -0.269	0.607	-0.952	-1.699
SF5	23.	0	5	5	0.905	0.998	2	0.002	-0.094 -0.398	-1.073 0.776	-0.326	-1.256	-0.663
SF5	24.	0	5	5	0.973	1.000			1.826 -0.678	0.713 0.593	0.172	-1.777	0.182
SF5	25.	0	5	5	0.964	1.000			0.905 -0.844	0.870 0.355	0.495	-1.998	0.017
SF5	26.	0	5	5	0.975	0.968	7	0.027	0.751 -0.943	-0.300 0.229	-0.332	-0.474	-0.727
SF5	27.	0	5	5	0.359	0.554	1	0.421	-0.628 -0.394	-0.253 -0.305	1.033	-0.499	-0.227
SF5	28.	0	5	5	0.556	0.990	1	0.009	-1.388 -0.602	-1.523 0.139	-0.087	-0.591	-1.298
SF5	29.	0	5	5	0.693	1.000			1.250 -0.979	-2.572 -0.002	0.351	-1.415	-1.774
SF5	30.	0	5	5	0.963	0.774	1	0.225	1.605 -0.534	-1.064 0.200	0.235	0.263	-0.843
SF5	31.	0	5	5	0.178	0.986	7	0.014	0.877 -1.314	-0.746 0.425	0.417	-2.619	0.980
SF5	32.	0	5	5	0.770	0.998	2	0.002	-0.912 -0.497	-0.316 0.504	0.034	-1.450	-0.916
SF5	33.	0	5	5	0.156	1.000			0.606 -1.105	2.259 0.204	-0.215	-2.056	-2.198
SF5	34.	0	5	5	0.000	0.601	1	0.219	2.023 -1.283	1.587 -0.883	-0.303	0.554	-3.634
SF5	35.	0	5 ****	1	0.000	0.551	5	0.415	2.163 -0.419	-1.209 -1.510	-0.507	-0.897	-0.800
SF6	1.	0	6	6	0.131	1.000			1.275 0.689	4.101 2.557	-3.303	2.347	1.180
SF6	2.	0	6	6	0.170	1.000			1.294 0.307	0.559 1.828	-2.712	0.061	-0.544
SF6	3.	0	6	6	0.903	0.614	2	0.367	3.044 0.272	-1.128 1.137	-0.760	1.062	0.616
SF6	4.	0	6	6	0.981	0.841	2	0.158	0.316 0.740	-0.056 1.227	-1.068	1.084	0.283
SF6	5.	0	6	6	0.974	0.829	2	0.171	0.277 0.956	0.411 1.613	-1.104	0.736	0.447

SF6	6.	0	6	6	0.971	0.999	2	0.001	-0.103 0.296	-0.127 1.086	-1.686	1.819	0.281
SF6	7.	0	6	6	0.986	0.938	2	0.062	0.793 0.577	-0.295 1.766	-1.481	0.552	0.299
SF6	8.	0	6 ****	2	0.793	0.558	6	0.442	-0.491 0.493	0.295 1.622	-0.876	0.171	1.067
SF6	9.	0	6	6	0.999	1.000			-0.032 0.902	0.516 1.842	-1.898	1.102	1.275
SF6	10.	0	6	6	0.723	1.000			0.545 0.525	-0.478 1.671	-2.703	0.817	2.171
SF7	1.	0	7	7	0.745	1.000			1.929 -1.852	-0.343 -0.114	0.178	-0.323	1.894
SF7	2.	0	7	7	0.989	1.000			-1.674 -1.981	0.789 -0.398	-0.554	-0.135	1.674
SF7	3.	0	7	7	1.000	0.998	5	0.002	-0.904 -1.840	0.065 -0.201	-0.294	-0.402	0.188
SF7	4.	0	7	7	0.994	0.998	5	0.002	-0.576 -1.599	-0.358 -0.269	-0.264	0.677	0.389
SF7	5.	0	7	7	0.313	0.785	5	0.212	-0.022 -1.265	-1.139 -0.110	-0.433	0.435	1.059
SF7	6.	0	7	7	0.763	0.994	5	0.006	1.942 -1.535	-1.503 -0.688	-0.060	0.465	-0.761
SF7	7.	0	7	7	0.856	1.000			-0.200 -2.166	-1.916 -0.473	-0.972	0.217	-0.653
SF7	8.	0	7	7	0.715	0.976	5	0.020	-0.927 -1.530	-1.311 -0.657	0.844	0.428	-0.646
SF7	9.	0	7 ****	5	0.915	0.905	7	0.089	-0.167 -1.170	0.673 -0.288	0.439	-0.646	-0.690
SF7	10.	0	7	7	0.833	1.000			0.304 -2.148	0.444 -0.891	-0.540	0.525	0.780
SF7	11.	0	7	7	0.960	1.000			-0.501 -1.622	1.860 -0.894	-0.496	0.677	0.387
SF7	12.	0	7	7	0.984	0.999	5	0.001	-0.640 -1.794	1.338 -0.431	-0.416	-0.093	0.002
SF7	13.	0	7	7	0.993	1.000			-0.293 -2.022	1.485 -0.684	-0.620	-0.058	0.259
SF7	14.	0	7	7	0.855	0.973	5	0.024	0.595 -1.351	0.410 -0.339	-0.296	0.485	-1.001
SF7	15.	0	7	7	0.837	0.852	5	0.148	-1.276 -1.687	-0.581 -0.325	-0.162	-1.132	-0.608

SF7	16.	0	7 ****	5	0.846	0.842	7	0.158	0.407	-0.256			
									-1.364	0.289	-0.316	-1.226	0.093
SF7	17.	0	7	7	0.847	0.999	5	0.001	0.072	-0.761			
									-1.846	-0.335	-0.267	0.788	-0.426
SF7	18.	0	7	7	0.666	1.000			0.561	1.591			
									-1.667	-0.433	-0.664	1.824	-0.332
SF7	19.	0	7	7	0.675	0.893	5	0.107	0.690	-0.190			
									-1.551	0.430	-0.722	-0.120	-0.287
SF7	20.	0	7	7	0.218	1.000			-0.417	1.552			
									-2.120	-1.528	-0.376	1.204	1.026
SF7	21.	0	7	7	0.028	1.000			-0.723	2.190			
									-2.725	-0.621	0.360	0.095	3.147
SF7	22.	0	7	7	0.002	1.000			-2.025	1.008			
									-2.311	-0.771	-0.800	0.537	2.693
SF7	23.	0	7	7	0.010	1.000			-1.698	-4.174			
									-2.580	-0.249	-1.338	0.091	2.845
SF8	1.	0	8	8	0.999	1.000			-1.943	-2.607			
									1.709	-2.266	-3.428	-0.989	0.031
SF8	2.	0	8	8	0.023	0.832	1	0.089	-0.361	-0.431			
									1.412	-0.837	-1.943	-0.095	-0.216
SF8	3.	0	8	8	0.271	1.000			-0.459	-0.407			
									1.365	-1.675	-2.683	0.438	-1.135
SF8	4.	0	8	8	0.000	1.000			-0.691	1.204			
									2.571	-4.352	-5.448	-2.890	-2.357
SF8	5.	0	8	8	0.001	1.000			-3.314	-0.838			
									2.103	-4.226	-2.237	-1.033	1.240
									2.733	-0.626			



Plot of discriminant score 1 (horizontal) vs. discriminant score 2 (vertical). \* indicates a group centroid.



Directory of plot symbols -

Symbol	Group	Label	
1	1	SUBFILE	SF1
2	2	SUBFILE	SF2
3	3	SUBFILE	SF3
4	4	SUBFILE	SF4
5	5	SUBFILE	SF5
6	6	SUBFILE	SF6
7	7	SUBFILE	SF7
8	8	SUBFILE	SF8
U		All ungrouped cases	
*		Centroids	

---

Prediction results -

Actual group		# of Cases	Predicted group membership							
			GP. 1	GP. 2	GP. 3	GP. 4	GP. 5	GP. 6	GP. 7	GP. 8
Group 1		41.	36.	1.	2.	0.	2.	0.	0.	0.
SUBFILE	S		87.8%	2.4%	4.9%	0.0%	4.9%	0.0%	0.0%	0.0%
Group 2		27.	0.	26.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
SUBFILE	S		0.0%	96.3%	0.0%	0.0%	3.7%	0.0%	0.0%	0.0%
Group 3		19.	0.	2.	17.	0.	0.	0.	0.	0.
SUBFILE	S		0.0%	10.5%	89.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Group 4		9.	0.	0.	1.	8.	0.	0.	0.	0.
SUBFILE	S		0.0%	0.0%	11.1%	88.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Group 5		35.	1.	2.	0.	0.	32.	0.	0.	0.
SUBFILE	S		2.9%	5.7%	0.0%	0.0%	91.4%	0.0%	0.0%	0.0%
Group 6		10.	0.	1.	0.	0.	0.	9.	0.	0.
SUBFILE	S		0.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	90.0%	0.0%	0.0%
Group 7		23.	0.	0.	0.	0.	2.	0.	21.	0.
SUBFILE	S		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	8.7%	0.0%	91.3%	0.0%
Group 8		5.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	5.
SUBFILE	S		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%

Percent of "grouped" cases correctly classified: 91.12%

Data transformation done to this point:

# of transformations	0
# of recode values	0
# of arithm. or log. operations	0

The amount of TRANSPLACE required is 0 words

FINISH

## ANEXO 5

Programa em linguagem BASIC para calcular a linha de redução ao eixo maior (Reduced Major Axis Line). (Pags. 100/101).

```

10  ! *****
20  ! ANEXO 5:  PROGRAMA EM LINGUAGEM BASIC PARA CALCULAR A LINHA DE
30  ! REDUCAO AO EIXO MAIOR (REDUCED MAJOR AXIS LINE).
40  ! *****
50  !
60  !
70  !
80  ! X=teor observado de ferro.
90  ! Yo=teor observado de cobre.
100 ! Ye=teor estimado de cobre.
110 ! Re=teor residual de cobre.
120 OPTION BASE 1
130 DIM X(500),Yo(500),Re(500)
140 INPUT "Num. de observacoes",N
150 REDIM X(N),Yo(N),Re(N)
160 ASSIGN #1 TO "CANDIX:F"
170 READ #1;X(*)
180 ASSIGN #2 TO "CANDIY:F"
190 READ #2;Yo(*)
200 !
210 FOR I=1 TO N
220 PRINT I,X(I),Yo(I)
230 NEXT I
240 !
250 ! obtencao da reta  $Ye=A+B*X(I)$ 
260 Sx=Sy=Sx2=Sy2=Sxy=0
270 FOR I=1 TO N
280 Sx2=Sx2+X(I)^2
290 Sy2=Sy2+Yo(I)^2
300 Sx=Sx+X(I)
310 Sy=Sy+Yo(I)
320 Sxy=Sxy+X(I)*Yo(I)
330 NEXT I
340 Xm=Sx/N
350 Ym=Sy/N
360 Csx=Sx2-Sx^2/N
370 Csy=Sy2-Sy^2/N
380 Csxxy=Sxy-Sx*Sy/N
390 B1=Csxxy/Csx
400 B2=Csxxy/Csy
410 B3=SQR(Csy/Csx)
420 A1=Ym-B1*Xm
430 A2=Xm-B2*Ym
440 A3=Ym-B3*Xm
450 !
460 !
470 !

```

```
480 !
490 PLOTTER IS "GRAPHICS"
500 GRAPHICS
510 LOCATE 0,123,0,100
520 SCALE 0,30,0,1500
530 Y=A3+B3*25
540 AXES 2,100
550 PLOT 0,A3
560 PLOT 25,Y
570 LORG 5
580 FOR I=1 TO N
590 X=X(I)
600 Y=Yo(I)
610 MOVE X,Y
620 LABEL "X"
630 NEXT I
640 PAUSE
650 INPUT "Para copia bata o numero 1 e a tecla continue",K
660 IF K<>1 THEN 900
670 DUMP GRAPHICS
680 PRINTER IS 0
690 PRINT "Coeficiente Angular B1=",B1
700 PRINT "Valor de Cu para Fe=0",A1
710 PRINT "Coeficiente Angular B2=",B2
720 PRINT "Valor de Fe para Cu=0",A2
730 PRINT "Coeficiente Angular B3=",B3
740 PRINT "Valor de Cu para Fe=0",A3
750 ! Obtencao do residuo das observacoes
760 ! Residuo=Yobservado-Yestimado
770 !
780 PRINTER IS 16
790 !
800 PRINT
810 PRINT
820 PRINT
830 PRINT "X","Yobservado","Yestimado","Residuo"
840 FOR I=1 TO N
850 Ye=A3+B3*X(I)
860 Re(I)=Yo(I)-Ye
870 PRINT X(I),Yo(I),Ye,Re(I)
880 NEXT I
890 PRINTER IS 16
900 END
```

## ANEXO 6

Listagem dos teores observados de ferro e cobre  
e dos teores estimados e residuais de cobre.  
(Figs. 103/10<sup>9</sup>8).



ANEXO 6 - LISTAGEM DOS TEORES OBSERVADOS DE FERRO E  
COBRE E DOS TEORES ESTIMADOS E RESIDUAIS  
DE COBRE.

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est.(PPM)	Cu res.(PPM)
W13A4	12.64	380	369	11
W13A3	13.05	500	399	101
W13A2	13.05	440	399	41
W13A1	11.26	360	270	90
W1300	4.43	100	-220	100
W13B1	10.28	160	200	-40
W13B2	11.34	340	276	64
W13B3	11.18	280	264	16
W13B4	7.36	220	-10	230
W12A4	13.70	260	445	-185
W12A3	14.11	440	475	-35
W12A2	13.21	520	410	110
W12A1	13.70	100	445	-345
W1200	9.39	140	136	4
W12B1	12.24	200	340	-140
W12B2	9.39	220	135	84
W12B3	14.43	500	498	2
W12B4	8.90	200	100	-100
W11A4	13.21	260	410	-150
W11A3	13.62	360	440	-80
W11A2	12.80	360	381	-21
W11A1	8.01	400	36	334
W1100	9.88	200	171	29
W11B1	13.46	360	428	-68
W11B2	18.25	1200	772	428
W11B3	19.47	760	860	-100
W11B4	15.56	680	579	101

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est(PPM)	Cu res.(PPM)
W10A4	15.56	340	579	-239
W10A3	13.00	290	395	-105
W10A2	8.67	290	84	206
W10A1	11.89	280	315	-35
W1000	17.11	160	690	-530
W10B1	24.33	400	1209	-809
W10B2	21.00	972	970	2
W10B3	18.33	825	778	47
W10B4	18.67	600	802	-202
W9A4	13.70	420	445	-25
W9A3	12.07	280	328	-48
W9A2	10.61	300	223	76
W9A1	15.73	280	591	-311
W900	17.93	280	749	-469
W9B1	19.55	1217	866	351
W9B2	19.96	780	895	-115
W9B3	20.69	780	948	-168
W9B4	17.20	660	697	-37
W8A4	13.44	380	427	-47
W8A3	12.44	350	355	-5
W8A2	8.00	190	36	154
W8A1	16.78	240	667	-427
W800	19.00	470	826	-356
W8B1	21.56	692	1010	-318
W8B2	21.78	690	1026	-336
W8B3	20.67	880	946	-66
W8B4	16.67	680	659	21
W7A4	13.11	340	403	-63
W7A3	12.44	370	355	15
W7A2	7.78	160	20	140
W7A1	15.78	380	595	-215
W700	19.44	720	858	-138
W7B1	20.33	1046	922	124
W7B2	22.23	823	1065	-242
W7B3	19.22	897	842	55
W7B4	19.67	674	874	-200

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est.(PPM)	Cu res.(PPM)
W6A4	14.38	320	494	-174
W6A3	12.63	340	368	-28
W6A2	11.25	200	269	-69
W6A1	12.50	133	359	-226
W600	17.75	640	736	-96
W6B1	17.13	980	692	288
W6B2	21.63	360	1015	-655
W6B3	16.75	776	664	112
W6B4	16.63	591	655	-65
W5A4	13.63	260	440	-180
W5A3	12.75	360	377	-17
W5A2	9.50	220	143	77
W5A1	15.50	320	575	-255
W500	17.13	694	692	2
W5B1	18.88	880	817	63
W5B2	20.63	1140	943	197
W5B3	16.75	660	664	-4
W5B4	15.75	625	548	77
W4A4	15.01	380	539	-159
W4A3	13.62	340	440	-100
W4A2	12.60	400	366	34
W4A1	14.73	420	519	-99
W400	17.43	1020	713	306
W4B1	16.97	460	680	-220
W4B2	15.94	440	606	-166
W4B3	14.92	520	533	-13
W4B4	12.04	620	326	293
W3A4	10.83	322	239	82
W3A3	12.88	391	386	5
W3A2	13.53	541	433	107
W3A1	16.50	656	646	10
W300	18.17	587	766	-179
W3B1	18.27	679	774	-95
W3B2	15.76	495	593	-98
W3B3	15.48	472	573	-101
W3B4	14.36	587	493	94

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est.(PPM)	Cu res(PPM)
W2A4	12.78	771	379	392
W2A3	13.53	529	433	96
W2A2	14.81	967	525	442
W2A1	15.57	1036	580	456
W200	18.73	670	807	-137
W2B1	19.01	748	827	-79
W2B2	18.55	725	794	-69
W2B3	15.94	529	606	-77
W2B4	12.32	644	346	298
W1A4	15.20	1151	553	598
W1A3	16.41	909	640	269
W1A2	17.71	1162	733	429
W1A1	18.64	1266	800	466
W100	18.17	851	766	85
W1B1	18.73	771	807	-35
W1B2	16.69	621	660	-39
W1B3	10.92	420	246	174
W1B4	9.62	368	152	216
00A4	14.55	561	506	55
00A3	13.94	463	463	0
00A2	20.74	1193	951	242
00A1	16.97	463	680	-217
0000	19.28	968	846	122
00B1	18.80	801	812	-11
00B2	15.64	442	585	-143
00B3	13.21	605	410	195
00B4	10.78	300	235	65
E1A4	13.63	460	440	20
E1A3	13.68	480	458	22
E1A2	19.63	1196	871	325
E1A1	17.63	1022	728	294
E100	18.88	1237	817	420
E1B1	18.50	886	790	96
E1B2	15.63	591	584	7
E1B3	10.38	519	207	312
E1B4	10.00	335	179	156

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est.(PPM)	Cu res(PPM)
E2A4	16.57	393	652	-259
E2A3	13.94	441	463	-22
E2A2	14.44	645	498	147
E2A1	18.38	431	782	-351
E200	19.49	837	861	-24
E2B1	23.43	916	1144	-228
E2B2	16.36	702	636	66
E2B3	12.53	402	361	41
E2B4	9.39	305	136	169
E3A4	12.53	577	361	216
E3A3	13.13	325	404	-79
E3A2	16.87	577	673	-96
E3A1	18.79	712	811	-99
E300	22.93	1139	1108	31
E3B1	21.62	1284	1014	270
E3B2	15.56	615	579	36
E3B3	9.39	373	136	237
E3B4	11.01	392	252	140
E4A4	13.94	383	463	-80
E4A3	16.57	470	652	-182
E4A2	16.46	470	644	-174
E4A1	18.89	645	818	-173
E400	21.52	916	1007	-91
E4B1	18.99	664	825	-161
E4B2	14.55	625	506	119
E4B3	8.59	286	78	207
E4B4	9.60	392	151	241

---

AMOSTRA	Fe(%)	Cu obs.(PPM)	Cu est.(PPM)	Cu res(PPM)
E5A4	6.05	551	-104	551
E5A3	16.61	343	654	-311
E5A2	15.40	354	567	-213
E5A1	24.14	561	1195	-634
E500	20.98	703	968	-265
E5B1	18.19	681	768	-87
E5B2	15.52	572	576	-4
E5B3	14.67	528	515	13
E5B4	11.15	397	262	135

---

OS VALORES NEGATIVOS DA CONCENTRACAO ESTIMADA DO COBRE FORAM CONSIDERADOS IGUAIS A ZERO PARA O CALCULO DOS RESIDUOS