

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INST'

ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO DE Cu,
Zn, Mn, Fe E P NOS SOLOS DAS
OCORRÊNCIAS DE APATITA

IPIRÁ - RIACHÃO DE JACUÍPE - BAHIA

Gilberto José Machado

(*Orientador : Prof. Dr. Lawrence Frederick Baum*)

TESE DE MESTRADO

1 9 7 8

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA EM SOLOS
DE TRÊS OCORRÊNCIAS DE APATITA

IPIRÁ - RIACHÃO DE JACUIPE - BAHIA

Gilberto José Machado

(*Orientador : Prof. Dr. Lawrence Frederick Braum*)

TESE DE MESTRADO

1 9 7 8

cionado à mineralização através de interpretação de mapas de isotecres e diagramas de dispersão.

- Observar as semelhanças e diferenças entre as ocorrências comparando as médias dos elementos em teste multi ple de Duncan e diagramas ternários.

- Desenvolver idéias e métodos que podem ser uti liz ados posteriormente, em campanha de prospecção para as zonas de mineralizações semelhantes, em outros lugares.

A partir de diversos resultados obtidos, verifi cou-se que os objetivos pretendidos, foram satisfatoriamente ob tidos.

Localização e Acesso

As ocorrências de apatita da Fazenda Panelas, Pe dra Branca e Tomé estudadas, estão localizadas no Estado da Ba hia, situadas entre as coordenadas $11^{\circ}45'$ e $12^{\circ}00'$ de latitude sul e $39^{\circ}50'$ e $40^{\circ}00'W$ do meridiano de Greenwich. Abrangem os municípios de Ipirá e Riachão de Jacuípe (Figura 1).

A ocorrência da Fazenda Panelas situa-se a aproxi madamente 220 km de Salvador. De Salvador o acesso é feito pela BR-116 até a cidade de Feira de Santana. Torna-se a seguir a BA-052 até a cidade de Ipirá, a partir da qual segue por uma es trada carroçável de 35 km até ao local.

As ocorrências de Pedra Branca e Tomé localizam-se, respectivamente, a 15 e 20 km ao norte da primeira ocorrên cia.

S U M Á R I O

APRESENTAÇÃO	i
SUMÁRIO	ii
RELAÇÃO DAS TABELAS	v
RELAÇÃO DAS FIGURAS	vi
RESUMO	ix
AGRADECIMENTOS	xi
INTRODUÇÃO	1
Histórico	1
Objetivos do Trabalho	2
Localização e Acesso	3
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA	5
Clima	5
Vegetação	5
Geomorfologia	5
SOLOS	7
Introdução	7
Trabalhos Anteriores	7
Ambiente Geral na Fazenda Pedra Branca	9
Solo Desenvolvido sobre a Rocha Diopsidítica	10
Solo Desenvolvido sobre a Rocha Migmatítica	12
Discussão	12
GEOLOGIA	14
Geologia Regional	14
Distribuição Regional das Ocorrências de Apatita	15
Geologia das Três Ocorrências	18
Introdução	18
Painéis	18

Pedra Branca	20
Tomé	22
Sumário das Três Ocorrências	22
PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL	25
Introdução	25
Escolha dos Elementos	25
Fósforo	26
Cálcio	26
Manganês	26
Ferro	27
Cobre e Zinco	27
Amostragem	27
Preparação das Amostras	32
Análises Químicas	32
Ataque com HCl a frio	33
Ataque com HCl a quente	33
Fusão Ácida por Pirossulfato de Potássio	34
Colorimetria Visual	34
Espectrofotometria de Absorção Atômica	35
ESTUDO ORIENTATIVO	36
Objetivos	36
Tratamento dos Dados	36
Comparação entre as granulometrias e os Ataques <u>Quími</u> cos	40
Comparação entre as profundidades 0-10 e 10-40 cm.....	43
Conclusões	45
ESTUDO DE DETALHE: COMPARAÇÃO ENTRE AS OCORRÊNCIAS DE <u>PANE</u> LAS, PEDRA BRANCA E TOMÉ	46
Objetivos	46
Tratamento dos Dados	47
Estatística Uni e Bivariada	47

Variância Analítica	47
Escolha do Limiar	47
Matriz de Correlação	49
Mapas de Isoteor	50
Tabelas	50
Diagramas Ternários	51
Teste de Duncan (Multiple Range Test)	51
Diagramas de Dispersão	52
Cobre	53
Zinco	61
Manganês	66
Ferro	76
Fósforo	82
Discussão da Matriz de Correlação	88
Discussão do Teste de Duncan	97
Discussão dos Diagramas Ternários	98
Discussão dos Diagramas de Dispersão	101
Avaliação dos Métodos Estatísticos, Gráficos e Mapas	105
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	112
BIBLIOGRAFIA	118

ANEXOS:

- Mapa Geológico Regional
- Resultados Analíticos

RELAÇÃO DAS TABELAS

Tabela 1	- Esboço Estratigráfico da Região de Ocorrências das Apatitas	15
Tabela 2	- Tabela Comparativa entre as Três Ocorrências de Apatita	24
Tabela 3	- Características Instrumentais do Espectrofotômetro de Absorção Atômica Perkin Elmer Mod. 403	35
Tabela 4	- Sumário Estatístico para Cu, Zn, Mn, Fe e Ca por HCl a Frio	41
Tabela 5	- Sumário Estatístico para Cu, Zn, Mn, Fe e Ca por HCl a quente e P por fusão em pirossulfato	42
Tabela 6	- Testes t e F entre as duas Profundidades Amostrais Utilizando a Fração -80 +150 mesh	44
Tabela 7	- Sumário Estatístico para Cu nos Solos de Painelas, Pedra Branca e Tomé	54
Tabela 8	- Sumário Estatístico para Zn nos Solos de Painelas, Pedra Branca e Tomé	62
Tabela 9	- Sumário Estatístico para Mn nos Solos de Painelas, Pedra Branca e Tomé	69
Tabela 10	- Sumário Estatístico para Fe nos Solos de Painelas, Pedra Branca e Tomé	77
Tabela 11	- Sumário Estatístico para P nos Solos de Painelas, Pedra Branca e Tomé	84
Tabela 12	- Resultado do Teste de Duncan para as Médias dos Elementos nas Áreas Estudadas	98
Tabela 13	- Teste de Duncan para comparar os Teores de Cobre, Zinco, Ferro, Manganês e Fósforo entre Painelas, Pedra Branca e Tomé	99

RELAÇÃO DAS FIGURAS

Figura	1 - Localização das Áreas	4
Figura	2 - Perfis Esquemáticos dos Solos Desenvolvidos na Ocorrência de Pedra Branca	11
Figura	3 - Bloco Diagrama Esquemático Mostrando as Relações entre o Minério e as Encaixantes em Painelas	19
Figura	4 - Planejamento Amostral	28
Figura	5 - Mapa dos Pontos Amostrados em Painelas	29
Figura	6 - Mapa dos Pontos Amostrados em Pedra Branca	30
Figura	7 - Mapa dos Pontos Amostrados em Tomé	31
Figura	8 - Histogramas de Frequência do Cu nas Três Ocorrências Amostradas	55
Figura	9 - Gráficos de Probabilidade do Cu nas Três Ocorrências Amostradas	56
Figura	10 - Mapa de Isotopos do Cu em Painelas	58
Figura	11 - Mapa de Isotopos do Cu em Pedra Branca	59
Figura	12 - Mapa de Isotopos do Cu em Tomé	60
Figura	13 - Histogramas de Frequência do Zn nas Três Ocorrências Amostradas	63
Figura	14 - Gráficos de Probabilidade do Zn nas Três Ocorrências Amostradas	64
Figura	15 - Mapa de Isotopos do Zn em Painelas	65
Figura	16 - Mapa de Isotopos do Zn em Pedra Branca	67
Figura	17 - Mapa de Isotopos do Zn em Tomé	68
Figura	18 - Histogramas de Frequência do Mn nas Três Ocorrências Amostradas	71

Figura 19 - Gráficos de Probabilidade do Mn nas Três Ocorrências Amostradas	72
Figura 20 - Mapa de Isoteores do Mn em Pannels	73
Figura 21 - Mapa de Isoteores do Mn em Pedra Branca	74
Figura 22 - Mapa de Isoteores do Mn em Tomé	75
Figura 23 - Histogramas de Frequência do Fe nas Três Ocorrências Amostradas	78
Figura 24 - Gráficos de Probabilidade do Fe nas Três Ocorrências Amostradas	79
Figura 25 - Mapa de Isoteores do Fe em Pannels	80
Figura 26 - Mapa de Isoteores do Fe em Pedra Branca	81
Figura 27 - Mapa de Isoteores do Fe em Tomé	83
Figura 28 - Histogramas de Frequência do P nas Três Ocorrências Amostradas	85
Figura 29 - Gráficos de Probabilidade do P nas Três Ocorrências Amostradas	86
Figura 30 - Mapa de Isoteores do P em Pannels	87
Figura 31 - Mapa de Isoteores do P em Pedra Branca	89
Figura 32 - Mapa de Isoteores do P em Tomé	90
Figura 33 - Coeficiente de Correlação para Cu nas Três Ocorrências Amostradas	91
Figura 34 - Coeficiente de Correlação para Zn nas Três Ocorrências Amostradas	92
Figura 35 - Coeficiente de Correlação para Mn nas Três Ocorrências Amostradas	93
Figura 36 - Coeficiente de Correlação para Fe nas Três Ocorrências Amostradas	94

Figura 37 - Coeficiente de Correlação para P nas Três Ocorrências Amostradas	95
Figura 38 - Diagramas Ternários para Comparar as Relações Percentuais entre as Médias dos Elementos P-Fe-Mn-Cu e Zn nas Três Áreas em Estudo	100
Figura 39 - Diagramas de Dispersão P-Cu, P-Zn, P-Fe e P-Mn em Painéis	103
Figura 40 - Diagramas de Dispersão P-Cu, P-Zn, P-Fe e P-Mn em Pedra Branca	104
Figura 41 - Diagramas de Dispersão P-Cu, P-Zn, P-Fe e P-Mn em Tomé	106

RESUMO

O levantamento geoquímico foi executado baseado na amostragem de solos, abrangendo três ocorrências de apatita encaixadas em rochas calcossilicatadas Precambrianas. Foram coletadas 414 amostras de solo em duas profundidades de 0-10 cm e 10-40 cm, nas ocorrências de Panelas, Pedra Branca e Tomé, na parte central da Bahia, totalizando 207 estações de amostragem. As amostras foram analisadas pelo método de absorção atômica para os elementos Fe, Mn, Ca, Cu e Zn, com abertura por HCl a frio e a quente, e por colorimetria visual com abertura por pirossulfato de potássio para o fósforo.

A primeira parte do levantamento consiste em estudo orientativo que teve por fim fornecer subsídios para o estudo de detalhe. Este estudo permitiu concluir que a fração granulométrica -80 +150, a profundidade 10-40 cm e o ataque HCl a quente foram os melhores parâmetros a serem aplicados nas análises do estudo de detalhe.

O estudo de detalhe forma a segunda parte do levantamento atinente às três áreas mineralizadas. A interpretação de histogramas de frequência, gráficos de probabilidade, mapas de isoteores e estatística univariada possibilitou a avaliação do comportamento geoquímico dos elementos analisados em cada uma das três áreas estudadas.

O mapa de isoteor da área de Panelas mostra que a mineralização de apatita está localizada subjacente aos altos teores de cobre (19 - 100 ppm) no solo, em contato geoquímico com baixos teores de cobre (<19 ppm), com "trend" noroeste para leste. Cada uma destas duas zonas geoquímicas tem cerca de 150 metros de largura. A apatita em Pedra Branca está localizada em uma zona de alto teor de cobre (19 - 200 ppm) com "trend" na direção norte apresentando aproximadamente 60 metros de largura, estando situada entre solos com baixos valores de cobre

(<19 ppm). Tomé apresenta a mesma similaridade, contudo os solos são cinco a dez vezes mais pobres em cobre comparados a Panelas e Pedra Branca.

O mesmo padrão de anomalias são exibidos para os outros elementos analisados nas três áreas. O mapa de isoteor de zinco de Panelas mostra que a mineralização de apatita é localizada sobre altos valores de zinco (56 - 150 ppm) nos solos, enquanto que em Pedra Branca a apatita está subjacente a altos teores de zinco no solo (35 - 75 ppm) com "trend" na direção norte. Em Tomé a zona mineralizada exhibe valores mais pobres (23 - 30,5 ppm) comparados a Panelas e a Pedra Branca.

Altos valores de manganês nos solos de Panelas (800 - 2300 ppm) separa a zona de apatita. Em Pedra Branca o alto cinturão anômalo (550 - 1470 ppm) reflete a zona mineralizada, enquanto que em Tomé os valores mais discretos (300 - 590 ppm) ressaltam a zona mineralizada.

Em Panelas altos valores de ferro em solos (27000 - 47600 ppm) discrimina a mineralização apatitífera. A apatita de Pedra Branca localiza-se em altos teores de ferro (16350 - 47600 ppm) no solo, enquanto que valores menos significantes de ferro (8300 - 20000 ppm) no solo da ocorrência de Tomé separa a zona anômala em apatita.

O halo anômalo do fósforo é mais restrito do que os halos dos outros elementos, mas reflete do mesmo modo a mineralização apatitífera. O mapa de isoteor de Panelas exhibe altos valores de fósforo (500 - 2000 ppm) nos solos subjacentes aos corpos de apatita. Em Pedra Branca a mineralização localiza-se sobre altos valores (230 - 1000 ppm) de solos, enquanto que em Tomé valores entre (470 - 1000 ppm) separa o corpo mineralizado.

O resultado da pesquisa revela que o mapa de isoteores e diagramas ternários são as mais simples e fáceis técnicas para interpretar anomalias geoquímicas de solos em corpos de apatita no estado da Bahia.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece aos Drs. Lawrence F. Baum e Sylvio de Queirós Mattoso a orientação e as bem fundamentadas revisões críticas do texto, figuras, tabelas e mapas; à Profª Adelaide Mussi Santos, coordenadora do Projeto de Geoquímica, a oportunidade da realização do Curso de Pós-Graduação; ao C.N.Pq. e FINEP as verbas para a bolsa de estudo e financiamento da tese; à CPRM pelas facilidades obtidas para o autor desenvolver a Monografia; aos técnicos do Laboratório de Geoquímica da U.F.Ba. pelas análises das amostras. O autor também agradece a colaboração da Srª Marcia Coelho Reis pelos serviços datilográficos e ao desenhista Jefferson Correa da Silva pelos trabalhos de desenho e a Srtª Ermelinda de Sousa Neves pela revisão do texto. O autor agradece a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

ABSTRACT

The geochemical survey utilized soils developed over three apatite occurrences enclosed in Precambrian calcsilicates rocks. A total of 414 soil samples representing the two depths 0-10 cm and 10-40 cm, were collected on grids centered on the occurrences of Panelas, Pedra Branca and Tome, in the central part of Bahia state, considered as the three target populations to statistical studies. The samples were analysed by AAS after hot and cold attacks (Fe, Mn, Ca, Cu, Zn), and by visual colorimetry after a potassium pirosulphate attack (P).

The orientation studies provides data which suggests that the -80 +150 mesh size, 10-40 cm and hot attack are the best parameters to be applied in the detailed study.

The detailed study concludes, based on interpretation of the statistics parameters and graphs, that Panelas shows the highest concentrations in all elements compared with the other occurrences, possibly due to the greater influence of the bedrock and mineralization in the soils of Panelas. In Tome the analytical results show a minor expression of the country rocks and the mineralization. The copper isoteor map of the Panelas area shows that the apatite mineralization is located subjacent to high-copper (19 - 100 ppm) soils, at the northwest-trending soil geochemical contact with low-copper (< 19 ppm) soils to the east. Each of these two geochem zones are a minimum of 150 meters wide. The apatite at Pedra Branca is located in a northerly-trending high-copper soil (19 - 200 ppm) zone approximately 60 meters wide lying between low-copper (< 19 ppm) soils. Tome is similar however the soils are five to ten times poorer in copper compared to Panelas and Pedra Branca.

The same pattern of anomalies is showed to the other elements analysed in the three areas. The zinc isoteor map of the Panelas shows that the apatite mineralization is located to high zinc (56 - 150 ppm) soils, while at Pedra Branca the apatite

is subjacent in a northerly-trending high-zinc soil (35 - 73,5 ppm). Tome shows the poorer results compared to Panelas and Pedra Branca.

The high-manganese soils (800 - 2305 ppm) of the Panelas area shows on apatite zone. At Pedra Branca the high belt (550 - 1470 ppm) reflects the mineralized zone and not too high values (300 - 590 ppm) at Tome area.

The isoteor map at Panelas shows high-iron (27000 - 47600 ppm) delineating the apatite mineralization. The apatite of Pedra Branca is located at high iron (16350 - 47600 ppm) soils, and at Panelas the mineralized zone is on (8300 - 20000 ppm) not too high soils values compared with Panelas and Pedra Branca.

Phosphorus shows poorer halo of the anomalies compared to other elements but reflects in the some way the mineralization. The isoteor map of the Panelas located the apatite body subjacent to high-phosphorus (500 - 2000 ppm) soils. At Pedra Branca apatite mineralization is located on high-phosphorus (230 - 1000 ppm) soils, while Tome apatite body is located in high-phosphorus (470 - 1000 ppm) soils.

The Duncan test suggests a similarity of the average Fe, Mn e P in Panela and Pedra Branca and a difference between the averages of Panelas and Tome, due principally to the small concentrations of the elements in the last occurrence in comparison with Panelas. Ternary diagrams show the highest proportion of phosphorus in relation of the others elements in Tome, possibly due to the minor contribution of Fe, Mn, Cu and Zn in the country rocks of Panelas and Pedra Branca in relation the phosphorus. The scatter diagrams indicate possible sub-populations in Panelas and possible contaminated samples and anomalous samples in Pedra Branca and Tome.

The result of the research proves that isoteor maps and scatter diagrams are the simplest and easiest techniques to interpret geochemical anomalies in apatite mineralization bodies in Bahia state.

INTRODUÇÃO

Histórico

A região em estudo é de grande interesse do ponto de vista geológico e geoquímico a pesquisas científicas. As numerosas ocorrências de Apatita motivou o Curso de Pós-Graduação em Geociências - opção geoquímica da Universidade Federal da Bahia a realizar investigações geológico-geoquímicas, primeiramente nos corpos mineralizados nas ocorrências da Fazenda Panelas e, posteriormente, estendendo às ocorrências de Pedra Branca e Tomé no centro norte do estado da Bahia. A finalidade é introduzir os alunos de pós-graduação nas pesquisas, visando a obtenção de teses de mestrado. Coube ao estudante desta monografia o estudo da prospecção geoquímica por solos das ocorrências de Panelas, Pedra Branca e Tomé. Este trabalho foi patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, (C.N.Pq.) e Financeira de Estudos e Projetos (FINEP). As análises das amostras foram realizadas pelos Laboratórios do Instituto de Geociências da U.F.Ba.

Os trabalhos realizados envolvendo a zona de ocorrências de apatita são escassos, mas fornecem valiosas informações a respeito das mineralizações de apatita na região central da Bahia.

O primeiro trabalho que se tem conhecimento foi executado por Ericksen e Guimarães (1936), os quais descrevem as escavações e lâminas de rochas da Fazenda Panelas, associando a concentração de apatita a calcários cristalinos, considerados metamorfisados por contato, encaixados em rochas do embasamento granitos e alaskitos. Montes Flores (1937) cita diversas rochas da área de Ipirá. Moraes (1938) menciona as ocorrências da Fazenda Panelas. Oliveira e Leonardo (1943) associam as apatitas aos piroxenitos, atribuindo o metamorfismo do calcário às intrusões graníticas e alaskíticas, cortadas por pegmatitos.

Scorza (1966) analisando as amostras de apatita de Panelas, com parou-as com as apatitas de Sumé na Paraíba. Veiga e Couto (1971) descrevem a geologia da zona de ocorrência das apatitas, abordando a geologia econômica e apresentando uma exposição minuciosa de cada ocorrência conhecida, concluindo por um controle litológico de rochas piroxênicas e de pegmatitos sieníticos em todas as ocorrências. Coutinho et alii (1972) descrevem análise de amostras das ocorrências de Gavião atestando a boa qualidade do minério. Frizzo e Macambira (1974) realizaram um estudo geológico-geoquímico na ocorrência de Panelas, onde sugerem estudos mais profundos para definição da gênese dos depósitos de apatita. Tanner de Oliveira (1976) descreve as apatitas e encaixantes das rochas de Panelas concluindo pela origem híbrida das rochas encaixantes.

Objetivos do Trabalho

Este levantamento geoquímico tem por objetivo avaliar o comportamento dos elementos Fe, Ca, Mn, Cu, Zn e P, concernentes às três ocorrências de apatita na região de Ipirá e Riachão do Jacuípe, a partir, basicamente, da prospecção por solos.

A monografia objetiva o seguinte:

- Estudo da repartição geoquímica dos elementos Fe, Ca, Mn, Cu, Zn e P nos solos das ocorrências Panelas, Pedra Branca e Tomé.

- Determinar os principais parâmetros estatísticos de cada elemento nas três áreas amostradas.

- Investigar a existência de correlação entre os elementos analisados que possam conduzir as associações críticas do ponto de vista da mineralização ou mesmo de absorção por elementos "scavengers" como o ferro e o manganês.

- Verificar a existência de qualquer "trend" rela

cionado à mineralização através de interpretação de mapas de isotecres e diagramas de dispersão.

- Observar as semelhanças e diferenças entre as ocorrências comparando as médias dos elementos em teste multi plo de Duncan e diagramas ternários.

- Desenvolver idéias e métodos que podem ser uti lizados posteriormente, em campanha de prospecção para as zonas de mineralizações semelhantes, em outros lugares.

A partir de diversos resultados obtidos, verifi cou-se que os objetivos pretendidos, foram satisfatoriamente ob tidos.

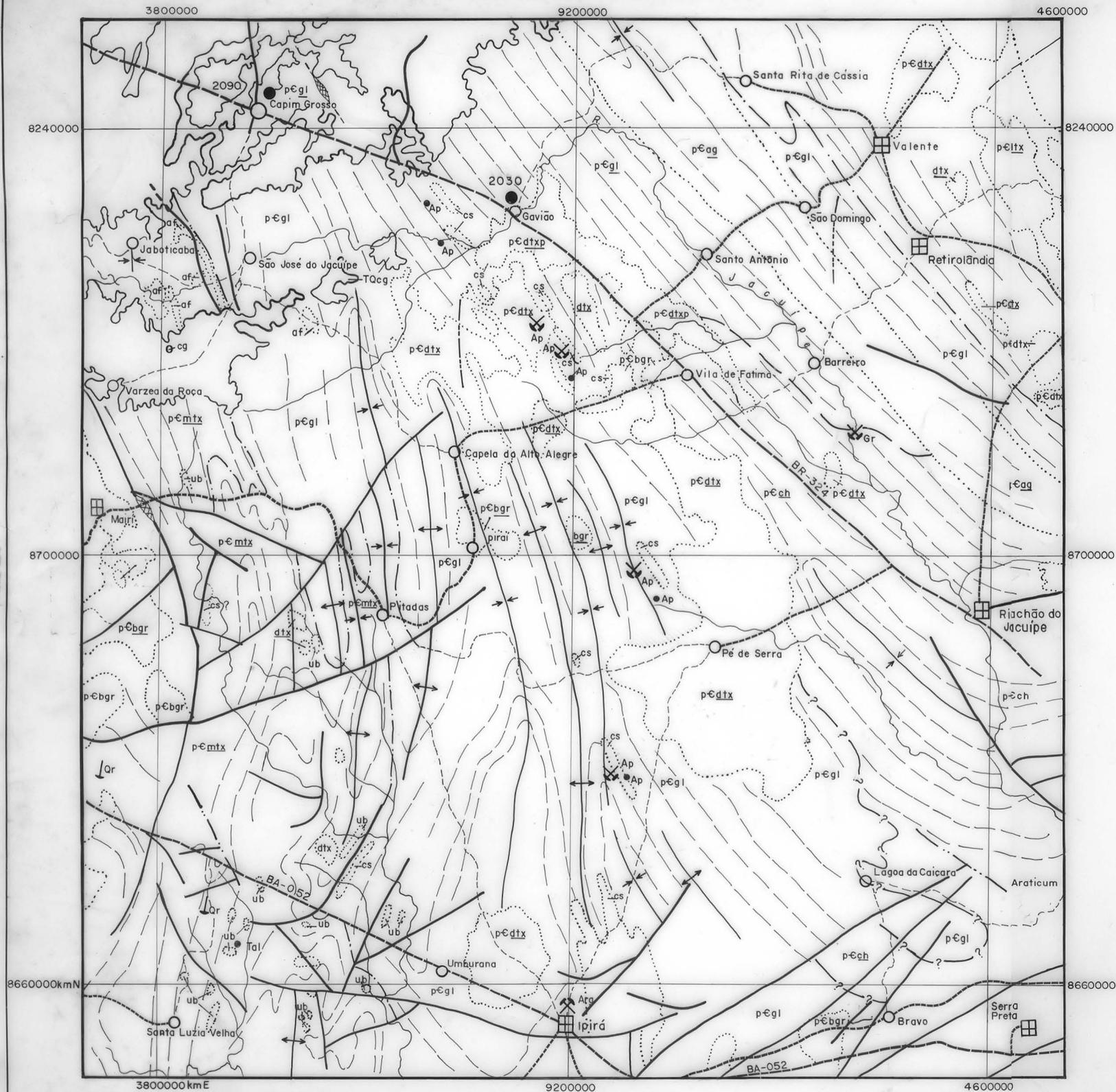
Localização e Acesso

As ocorrências de apatita da Fazenda Panelas, Pe dra Branca e Tomé estudadas, estão localizadas no Estado da Ba hia, situadas entre as coordenadas $11^{\circ}45'$ e $12^{\circ}00'$ de latitude sul e $39^{\circ}50'$ e $40^{\circ}00'W$ do meridiano de Greenwich. Abrangem os municípios de Ipirá e Riachão de Jacuípe (Figura 1).

A ocorrência da Fazenda Panelas situa-se a aproxi madamente 220 km de Salvador. De Salvador o acesso é feito pela BR-116 até a cidade de Feira de Santana. Torna-se a seguir a BA-052 até a cidade de Ipirá, a partir da qual segue por uma es trada carroçável de 35 km até ao local.

As ocorrências de Pedra Branca e Tomé localizam-se, respectivamente, a 15 e 20 km ao norte da primeira ocorrên cia.

MAPA REGIONAL GENERALIZADO



TERCIÁRIO - QUATERNÁRIO

Tqcg — Formação Capim Grosso

PRÉ - ESPINHAÇO COMPLEXO - GRANULÍTICO

p-εag — "Augen" gnaiss p-εgl — Granulitos indiferenciados $\begin{matrix} dtx \\ p-ε \\ dtxp \end{matrix}$ — Diatexitos (sem piroxênio (dtx)) com piroxênio (dtxp)

COMPLEXO METAMÓRFICO - MIGMATÍTICO E ROCHAS GRANÍTICAS

p-εgn — Gnaisses p-εdtx — Diatexitos p-εmtx — Metatexitos p-εbgr — Biotita granito

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

Contato estratigráfico

Contato litológico

Contato gradativo

Contato suposto

Contato aproximado

Falha indiscriminada

Anticlinal ou antiforme

Anticlinal ou antiforme com caimento

Sinclinal ou sinforme

Linhas estruturais

Ocorrência mineral

Mina abandonada

Garimpo abandonado

Níveis de quartzo

ABREVIATURAS PARA PEQUENOS CORPOS DE LITOLOGIA DIFERENCIADA

af — anfíbrito cs — calcossilicáticas ub — ultrabásico
ap — apatita gr — granitos tal — talco

ESCALA 1:250000

Modificado do mapa Geológico (Parte Norte-A) Projeto Geologia da Região Centro Oriental da Bahia - CPRM - 1976

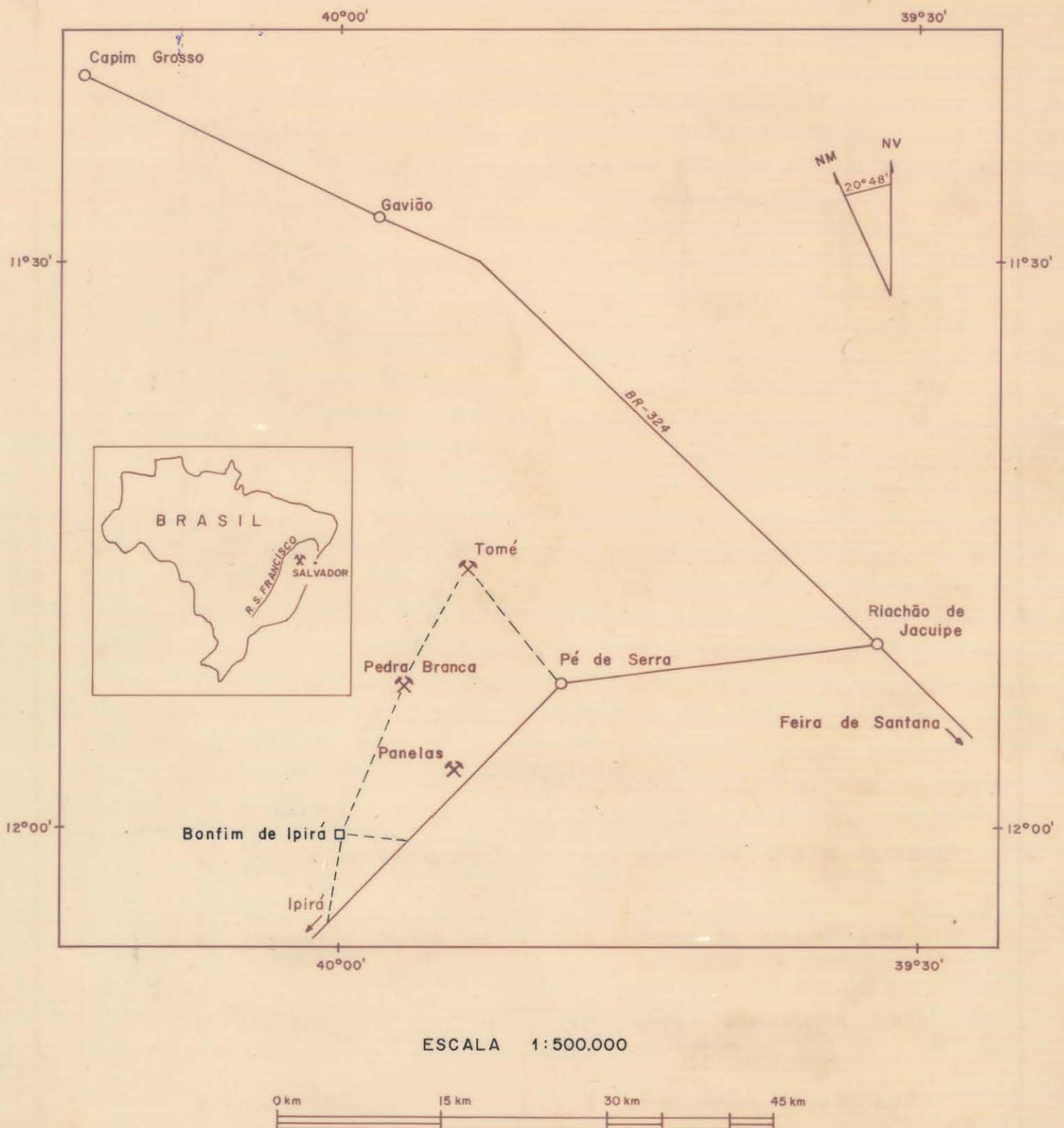


Figura 1.2: Localização das ocorrências.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁREA

Clima

Segundo o mapa climático do Estado da Bahia, a região estudada enquadra-se no tipo bsh (Santos, 1962). As características principais deste tipo, chamado também de clima de estepe, é quente e semi-árido. Apresenta duas estações, uma seca, de maio a outubro, e outra chuvosa, de novembro a abril. A vegetação típica deste clima é xerófila. As precipitações anuais são inferiores a 750 mm, e em alguns setores inferiores a 500 mm.

Vegetação

A vegetação da região é típica de caatinga de taboleiro, característica de áreas onde a estação é seca e irregular. É representada pela associação de plantas xerófilas que formam três estratos definidos assim por Seixas et alii (1975, p. 31):

a) estratos de plantas de 4 a 6 m., espaçadas, representadas pelo "angico", "umbu" e "mandacaru".

b) estratos arbustivos de 2 a 4 m de altura como o "juá".

c) estratos herbáceos com representantes como "cansação", "urtigas" e "xique-xique".

Geomorfologia

A região em estudo apresenta extensas planícies e planaltos poucos elevados, dos quais sobressaem elevações residuais (inselbergs) orientadas quase sempre na direção da estrutura regional, ou localmente transversais a esta. Os ciclos erosivos denominados Velhas e Paraguaçu parecem ter influenciado a área, modelando uma superfície aplainada revestida pelos sedimentos coluviais da Formação Capim Grosso notadamente a noroeste e a sudoeste da área estudada.

São reconhecidas duas unidades de compartimentação geomorfológica na região segundo Mascarenhas et alii (1976, p.28): 1) serras residuais e 2) planície Neógena. As serras residuais destacam-se principalmente ao longo das superfícies de pediplanização relacionadas aos ciclos erosivos Velhas e Paraguaçu. Situam-se principalmente próximo às cidades de Ipirá e Pé de Serra. Na localidade Pé de Serra as rochas constituintes dos "inselbergs" referem-se aos litotipos diatexitos, que formam relevo abrupto em contraste com superfície aplainada das proximidades. Na cidade de Ipirá a litologia residual é constituída por quartzitos e calcossilicatadas associadas. De modo geral, a região de relevo residual destaca-se na paisagem geomorfológica em contraste com o relevo plano levemente ondulado da maior parte da área, atestando um ciclo erosivo que leva a peneplanização das rochas menos resistentes. As drenagens desta unidade geomorfológica são constituídas pelos rios pertencentes às basíncias do rio Paraguaçu e Itapicuru.

A planície Neógena ocorre em toda a área estudada e, segundo Mascarenhas et alii (1976, p. 34), é o maior testemunho do aplainamento relacionado principalmente ao ciclo erosivo Paraguaçu. Apresenta-se levemente ondulada, com inclinação para os principais cursos d'água. Uma série de pequenas cristas e serras estão preservadas na superfície Neógena, mantendo-se resistentes aos processos morfoclimáticos posteriores. Na serra das Panelas este fenômeno está bem evidenciado, destacando-se o relevo onde a litologia preservada é constituída de rochas quartzíticas, que se destacam das demais rochas situadas em nível superior. As rochas calcossilicatadas e máficas, por serem mais susceptíveis aos processos de erosão, formam localmente depressões e, no período de chuvas, formam acumulações de água devido à impermeabilidade dos solos residuais desenvolvidos sobre estas rochas.

SOLOS

Introdução

Os principais tipos de solos ocorrentes na região de Riachão de Jacuípe e Ipirá são regossolos, litossolos, planossolos, solonetz e vertissolos (comunicação verbal de Oliveira in Frizzo e Macambira, 1974). São irregularmente distribuídos e dependentes do substrato rochoso do qual se desenvolveram e constituem o denominado Complexo da Bacia do Paraguaçu. Apresentam-se mais profundos nas rochas calcossilicatadas e máficas, mais rasos sobre as rochas quartzo feldspáticas migmatíticas e granulíticas.

Praticamente inexistem trabalhos específicos de pedologia nas áreas amostradas. Os poucos trabalhos existentes sobre as ocorrências de apatita que descrevem os aspectos gerais dos solos, servem de valiosa fonte de informação, por serem os pioneiros sobre o assunto. Serão descritos dois perfis dos solos encontrados com maior frequência sobre a mineralização e nas encaixantes das apatitas. Para a descrição dos perfis foi adotado o esquema descrito por Boyer (1971).

Trabalhos Anteriores

Os comentários que se seguem são uma síntese dos trabalhos de Veiga e Couto (1971) e, Frizzo e Macambira (1974), além das notas de aulas do Departamento de Geoquímica da U.F.Ba. Volkoff (1974).

Veiga e Couto (1971, p. 36), estudando as principais ocorrências de apatita na região, observaram que os solos desenvolvidos sobre as rochas migmatíticas e pegmatíticas apresentam composição quartzo feldspática, enquanto que os solos provenientes das rochas diopsidíticas apresentam composição máfica. Identificaram montmorilonita como o mineral de ar

gila comum aos solos analisados. Notaram que a apatita tende a desaparecer na parte superior dos solos decompondo-se, provavelmente, em fosfatos hidratados de cálcio.

Frizzo e Macambira (1974, p. 13) analisaram dois perfis de solo, sendo um na mineralização e outro afastado do corpo mineralizado. O primeiro perfil tem as seguintes características: localiza-se em encosta próximo à mineralização, com o horizonte A bem definido e uma espessura de 40 cm. A coloração é marrom, a textura arenosa, e há presença de matéria orgânica visível. É fracamente estruturado, possuindo porosidade/permeabilidade mediana, friável com pequenos agregados. Não existe verdadeiro horizonte B. O horizonte C não foi evidenciado devido à natureza do substrato local, e por ser a rocha constituída quase somente por cristais de calcita. É um perfil típico A (B) C.

O segundo perfil, que está afastado da mineralização, caracteriza-se da seguinte maneira: Horizonte A até 5 cm, textura arenosa e estrutura fraca. Abaixo de 10 cm o material torna-se estruturado e compacto com textura passando a argilo-arenosa. Não existe verdadeiro horizonte B. Foram encontrados fragmentos de rocha e minerais em todo o perfil, que se tornam mais abundantes a partir de 10 cm em direção à base. Este perfil pode ser classificado como perfil do tipo A (B) C.

Com base nas análises de campo e de laboratório, os dois perfis foram definidos como sendo vertissolos, com forte saturação de bases, especialmente Ca e Mg. Nos solos da Serra Panelas, através de análises de difratometria de raios-x, destacaram-se como principais minerais de argila, a montmorilonita e subordinadamente illita e caolinita. Estes solos foram considerados como material originado "in situ", existindo pequena contribuição do material coluvionar das partes mais elevadas.

Volkoff (comunicação verbal, 1974), observa que

estes solos são caracterizados pela ação mecânica interna, apresentando "slickensides" (faces lisas) ligadas à presença de argila expansiva que fixa a molécula orgânica e o conjunto (matéria orgânica mais argila) resiste ao processo de biodegradação. Em solos ricos em cálcio, como no caso dos solos desenvolvidos sobre as rochas diopsidíticas, forma-se o humus cálcico que é mais resistente à desagregação.

É notado que de uma maneira geral, os solos desenvolvidos nas três ocorrências são bem semelhantes. Por este motivo foram estudados dois tipos de solos na ocorrência de Pedra Branca, que são considerados os solos mais representativos dos locais estudados.

Ambiente Geral na Fazenda Pedra Branca

Localização: Fazenda Pedra Branca a aproximadamente 8 km a oeste de Pé de Serra.

Condições atmosféricas: estação seca.

Características do ambiente: altitude aproximada de 300 metros, com o modelado de planície estando situado próximo a uma depressão do relevo.

Classe do relevo: subnormal - com superfície mais ou menos plana e drenagem superficial lenta, e encosta suave com cerca de 1% de inclinação.

Vegetação: predominantemente estrato lenhoso arbustivo com árvores de até 5 metros de altura e um estrato herbáceo rasteiro de até 10 cm de comprimento.

Rocha-mãe: rochas migmatíticas quartzo feldspáticas e rochas diopsidíticas com mineralização de apatita, calcita e flogopita associadas.

Modelado do relevo: a rocha diopsidítica apresenta micro relevo gilgai caracterizado por bossas e zonas de primidas devido à alternância de expansão e ao ressecamento de

argila expansiva. Nota-se escavamento artificial para lavra predatória.

Classes de drenagem: no período chuvoso drenagem lenta com água estagnada por algum tempo, e após se infiltra, em parte, no solo.

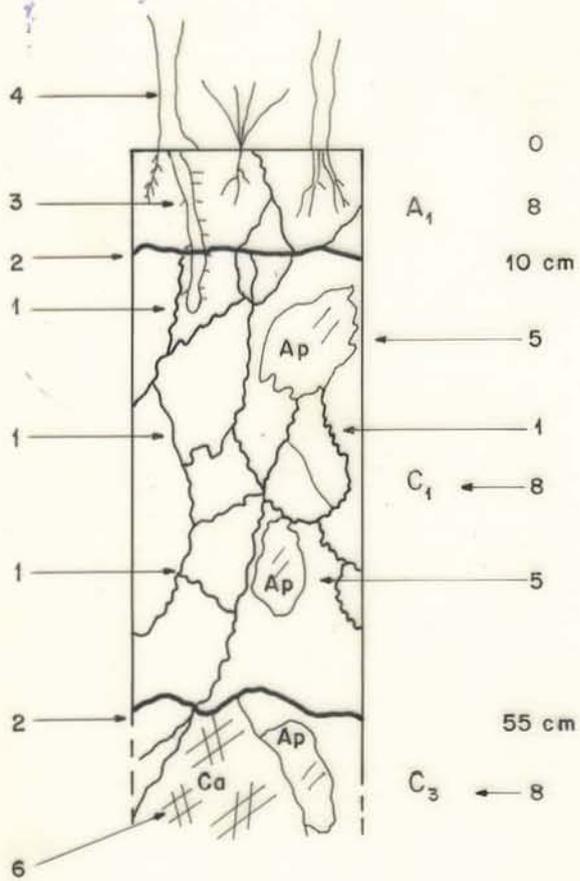
Solo Desenvolvido sobre a Rocha Diopsidítica

Está representado esquematicamente na figura 2 e apresenta as seguintes características:

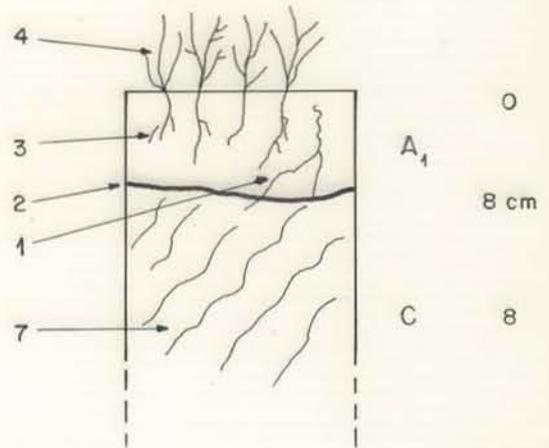
Horizonte A1: Apresenta espessura de 0 a 10 cm de espessura com passagem distinta (2 a 5 cm) e descontínua para o horizonte C. Mostra coloração marrom escura, com poucas manchas. A matéria orgânica pode ser avaliada pela coloração escura. A textura é argilo-arenosa com estrutura granular fracamente desenvolvida. É pouco poroso, pouco compacto e consistente, e razoavelmente plástico. Apresenta poucas raízes gordas com poucos pelos.

Horizonte C1: 10-55 cm - Apresenta 45 cm de espessura com transição abrupta (< 2 cm) e ondulada para o horizonte inferior, coloração marrom e poucas manchas e reação calcária (efervescência visual ao HCl 2 M). A textura é argilosa, com elementos grosseiros, notadamente seixos de calcita rosa, apatita azulada variando de 0,2 a 15 cm sem orientação preferencial. A estrutura apresenta-se em agregados, os quais supõe-se que sejam ligados a cimento coloidal (argila, humus, hidróxidos de ferro, etc.). A forma da estrutura é grumulosa e porosa. A consistência é dura com resistência firme. No aspecto adesividade é grudento e plástico, notando-se poucas raízes, verticais e irregularmente distribuídas. Apresentam faces de escorregamento (slickensides) e fendas de contração. Este horizonte foi classificado como C devido à presença de diversos seixos do material rochoso da encaixante e do minério disperso na massa argilosa e que se acredita ser originário do

PERFIL SOBRE ROCHA
DIOPSIDÍTICA



PERFIL SOBRE ROCHA
MIGMATÍTICA



CONVENÇÕES

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1 - FENDAS DE CONTRAÇÃO | 5 - BLOCO DE APATITA ALTERADO |
| 2 - SEPARAÇÃO ENTRE OS HORIZONTES. | 6 - BLOCO DE CALCITA ROSA ALTERADO. |
| 3 - RAÍZES | 7 - ROCHA MIGMATÍTICA POUCO ALTERADA. |
| 4 - VEGETAÇÃO | 8 - HORIZONTES (A ₁ , C ₁ , C ₃ , C) |

Figura 2 - Perfis Esquemáticos dos Solos Desenvolvidos na Ocorrência de Pedra Branca.

próprio local onde o relevo plano levemente ondulado não favorece ao aporte de grande quantidade de material coluvial como está apresentado neste horizonte.

C3 - 55 cm em diante - Apresenta diversas colorações, rosa, azul e amarelada devido à presença dos minerais primários, calcita, apatita e da rocha diopsidítica alterada. De uma maneira geral apresenta a estrutura primária de rocha com a preservação dos minerais primários alterados.

Solo Desenvolvido sobre a Rocha Migmatítica

As seguintes características foram anotadas sobre este perfil (Fig. 2).

Horizonte A1: Apresenta cerca de 8 cm de espessura com passagem distinta (2 a 5 cm) e regular para o horizonte inferior. A coloração é marrom clara, com provavelmente matéria orgânica. A textura é arenoso-argilosa sem elementos grosseiros visíveis. A estrutura é pouco desenvolvida e porosa. No aspecto consistência é um horizonte duro, pouco grudante, plástico e de poucas raízes de gramíneas.

Horizonte C: Apresenta cerca de 35 cm de espessura (8 a 40 cm) com passagem abrupta (<2,5 cm) e regular para a rocha migmatítica. A coloração é marrom clara, com textura argilo-arenosa com poucos elementos grossos (grãos e seixos de rochas quartzo-feldspáticas de até 3 cm) sem orientação. A estrutura é pouco desenvolvida e grumosa, pouco porosa, sendo o solo duro e plástico com algumas raízes finas.

R: rocha mãe - migmatito homogêneo de composição quartzo feldspática.

Discussão

Existe certa similaridade entre os perfis da Fazenda Panelas e os de Pedra Branca. Os solos das duas ocorrências são rasos apresentando aproximadamente a mesma espessura,

com 2 horizontes A-C. Nos horizontes superficiais foi identificada a presença da matéria orgânica e argila, apresentando-se fracamente estruturado, com a coloração marrom escura. Foi constatada a preservação dos materiais da paragénese de apatita no horizonte C dos solos provenientes das rochas diopsidíticas. Apresentam enriquecimento em matéria orgânica nos horizontes mais superficiais.

Os estudos realizados permitem concluir que os solos examinados são subordinados ao substrato rochoso. Os solos desenvolvidos sobre as rochas quartzo-feldspáticas são pouco espessos e apresentam uma textura argilo-arenosa. Por outro lado, os solos originados sobre as rochas calcossilicatadas são um pouco mais espessos e com predominância da textura argilosa. O clima também influencia no processo de formação do solo nas áreas estudadas. O clima semi-árido que ocorre na região, devido à sua pouca pluviosidade não favorece a migração dos cátions mais solúveis. Os cátions mais solúveis podem permanecer retidos na estrutura das argilas com alta capacidade de troca, óxidos de ferro e manganês ou mesmo na matéria orgânica. Estes tipos de solos são de particular importância porque preservam os constituintes originais das rochas subjacentes como também podem ser utilizados na prospecção geoquímica com bastante segurança, já que refletem com maior certeza as variações dos teores dos elementos contidos na geologia subjacente.

GEOLOGIA

Geologia Regional

As mineralizações de apatita, localizadas no centro-oeste da Bahia, estão encaixadas dentro de rochas Precambrianas, pertencentes ao embasamento Pré-Espinhaço (Mascarenhas et alii 1976, p. 40).

O Pré-Espinhaço está subdividido em três grandes unidades denominadas de Complexo Metamórfico-Migmatítico, Complexo Metamórfico, o qual não ocorre na área, e Complexo Granulítico, que inclui o distrito apatitífero de Ipirá.

O Complexo Metamórfico-Migmatítico é composto de rochas de médio a alto grau de metamorfismo da fácies anfíbolítica, e localmente da fácies granulítica. Estão representadas diversas subunidades entre as quais: gnaisses, metatexitos de composição kinzigítica, diatexitos, gnaisses e migmatitos indiferenciados. Encaixados nos gnaisses e migmatitos ocorrem níveis de quartzitos, anfíbolitos, rochas calcossilicatadas, mármore, xistos e rochas granulíticas. Apresentam também intrusivas ultramáficas.

O Complexo Granulítico corresponde às associações de rochas metamórficas de alto grau da fácies granulítica, cujo mineral diagnóstico é o hiperstênio. Compreende as unidades granulitos indiferenciados, charnockitos, metatexitos granulitos, "augen" gnaisses e diatexitos. Ocorrem frequentemente níveis de rochas quartzíticas, anfíbolíticas, mármore, rochas calcossilicatadas, bem como intrusivas quartzo-feldspáticas, e pegmatitos sieníticos, sendo estes geralmente associados às ocorrências de apatita, dentro de corpos de rochas calcossilicatadas.

Os contatos entre os complexos granulíticos e metamórficos são de natureza gradacional, sendo em alguns locais, de contatos por falhas.

Dados geocronológicos de Cordani et alii (1969),

DISCUSSÃO

Diversos fatores afetam a formação do solo. Com efeito, o clima, a vegetação, a topografia e o substrato geológico, são alguns dos fatores condicionantes da formação e do desenvolvimento do perfil pedológico.

O clima é um dos fatores de maior influência no desenvolvimento do solo. Na área de tese prevalece o clima semi-árido com uma estação seca prolongada. Na ausência das chuvas o processo pedogenético é sensivelmente reduzido ou quase completamente paralisado. Como os solos não estão protegidos com uma cobertura vegetal densa e uniforme, na época das chuvas pode ocorrer a erosão das camadas superiores do perfil pelas águas de escoamento superficial. Nestas condições climáticas a evolução pedológica é lenta, resultando em solos pouco espessos.

A topografia pode inibir ou acelerar a formação do solo. O gradiente da inclinação e a elevação são dois fatores que influenciam as águas de escoamento superficial e as condições de drenagem, influenciando indiretamente a formação do solo. Nos locais menos elevados as águas da chuva podem infiltrar até alcançar o lençol freático ou podem permanecer na superfície nos solos impermeáveis. As bases como o cálcio e o magnésio podem ser carregados para os vales. Nessa situação, há a neossíntese da argila tipo montmorilonita nas partes mais baixas do relevo e uma concentração regular desta argila nas partes mais elevadas. Nas regiões de topografia quase horizontal, como acontece com a maior porção dos três locais estudados, só os metais mais solúveis são carregados, deixando em sito o cálcio e o magnésio. Com suficiente concentração destes elementos, produz-se a síntese da montmorilonita com a formação dos solos vertissolos.

O substrato geológico desempenha um papel importante no desenvolvimento do perfil pedológico. Se a rocha mãe dá origem a argilas em grande quantidade, o solo tende a ser compacto e pouco permeável, com pouca infiltração à superfície. Nos solos ricos em quartzo, como os quartzitos e migmatitos da fácies granítica que ocorrem na área, a permeabilidade é boa e a aeração é suficiente.

A distribuição das rochas podem afetar a distribuição dos elementos no solo. Nos solos sobre rochas quartzo feldspática, devido à boa permeabilidade e aeração, podem apresentar maior lixiviação dos elementos mais móveis. Nos solos argilosos desenvolvidos sobre rochas diopsidíticas, conservam os metais mais solúveis devido à capacidade de retenção das argilas expansivas e da baixa permeabilidade do solo.

Mascarenhas et alii (1976) e Tanner de Oliveira (1976), sugerem que as mineralizações apatitíferas tiveram o seu limite superior no período proterozóico, (\pm 1800 m.a.), e que as rochas encaixantes granulíticas e migmatíticas são de idades mais antigas, provavelmente do período Arqueano.

No Anexo I e Tabela 1 são mostrados a geologia regional generalizada e o esboço estratigráfico da região de ocorrências das apatitas.

PERÍODO	UNIDADES	LITOLOGIA PRINCIPAL
Sedimentos Cenozóicos	Formação Capim Grosso	depósitos arenosos e argilo-silticos
Precambriano Inferior	Complexo Granulítico	granulitos indiferenciados, charnockito-metatexitos granulitos, augen gnais ses e diatexitos com níveis de quartzitos, anfibolitos, calcossilicatadas, mármore e intrusivas quartzo feldspática, pegmatitos sieníticos e depósitos de apatita.
Precambriano Inferior	Complexo Metamórfico Migmatítico	gnais ses, metatexitos, metatexitos de composição kinzigítico, diatexitos gnais ses e migmatitos com níveis de quartzitos, anfibolitos, calcossilicatadas, mármore, xistos e rochas granulíticas e intrusivas quartzo feldspáticas e ultramáficas.

Tabela 1 - Esboço estratigráfico da região de ocorrências das apatitas.

Distribuição Regional das Ocorrências de Apatita

Os depósitos de apatita que estamos tratando ocorrem em veios e bolsões encaixados em rochas calcossilicatadas (diopsiditos), restritas ao Complexo Granulítico. No estado da Bahia se estendem em faixas paralelas desde a cidade de Ipirá até a localidade Pedras Altas, a norte de Capim Grosso, com aproximadamente 100 km de extensão. Suszczynski (1975, p. 512), no

entanto, constatou a presença de corpos mineralizados em apatitas, também, nos estados da Paraíba e Alagoas. Como todas estas faixas apresentam as mesmas características metalogenéticas e se encontram alinhadas na mesma direção, poderiam ser reunidas em um único "cinturão apatítico". Ocorrências individuais dentro destes veios e bolsões nas áreas estudadas, apresentam teores variando de 7 a 10% de apatita. As rochas encaixantes estão representadas pelos litotipos piroxênios granulitos, charnockitos enderbitos com níveis de rochas calcossilicatadas, dispostas em forma de lentes descontínuas e paralelas, sendo importantes por condicionarem as mineralizações de apatita. Scorza (1950, p. 102) observou a semelhança das apatitas da Serra de Panelas, Bahia, com as apatitas encontradas nos tactitos da região de Sumé na Paraíba.

Veiga e Couto (1971, p. 38), estudando as ocorrências de Riachão de Jacuípe até Pedras Altas, verificaram o condicionamento das mineralizações de apatita através de um controle litológico relacionado à existência da rocha diopsidítica, e de pegmatitos de composição sienítica estando evidenciados em todas as ocorrências. Consideraram que as rochas piroxênicas foram, originalmente, sedimentares devido, principalmente, ao baixo teor em óxido de titânio, e ao acamamento das faixas máficas ricas em diopsídio. Sedimentos de composição calcomagnesiana com o aumento do metamorfismo podem tornar os anfibólios (tremolita) instáveis, resultando na transformação de parte do mesmo em diopsídio. Ações metassomáticas posteriores enriquecidas em fósforo, flúor e cloro relacionadas a uma manifestação pegmatítica de composição sienítica penetraram em zonas de falhas, e quando interceptam as rochas piroxênicas podem surgir zonas portadoras de apatita. Tanner de Oliveira (1976, p. 87) observou a existência de um controle litológico entre os diopsiditos e os depósitos de apatita. A associação com a flogopita, as altas concentrações de nióbio, as inclusões e os vazios apresentados pela apatita, indi

cam ter sido este mineral formado por soluções pegmatíticas de afinidade alcalina.

Dados de campo ratificam as hipóteses acima relacionadas nas três ocorrências amostradas. Na serra de Panelas apresentam seis bolsões de apatita alinhados dentro da faixa das rochas calcossilicatadas. Em todos bolsões foi constatada a presença de rochas calcossilicatadas e de pegmatitos de coloração acinzentada de granulação grosseira, compostos, principalmente, de feldspato de potássio. Tanner de Oliveira (1976, p. 105), em análises petrográficas dos pegmatitos da Serra de Panelas, identificou microclina com inclusões de quartzo, apatita euédrica, calcita e plagioclásio sericitizado. Nas ocorrências de Tomé e Pedra Branca foram igualmente identificados pegmatitos e rochas calcossilicatadas. Essas ocorrências são muito semelhantes à descrita por Currie (1951, p. 760), encontradas nos piroxenitos metamórficos e em outros sedimentos granitizados do tipo Greenville, encontrados a sudeste de Ontário, Canadá. No seu trabalho, Currie enfatiza o relacionamento da apatita com mica neste tipo de depósito e sua relação genética a pegmatitos e encaixantes piroxênicas. Sugere que os piroxenitos nos depósitos de mica e apatita de Ontário, foram o resultado do metamorfismo de contato de calcário com soluções pegmatíticas enriquecidas em água nos últimos estágios da cristalização dos pegmatitos. Inclusões fluídas nas apatitas de Ontário sugerem a possibilidade do elevado conteúdo em água das soluções pegmatíticas. Supõe-se que as soluções pegmatíticas sejam responsáveis pela presença da mica e apatita no piroxenito.

Todos esses argumentos concordam que a litologia (rochas calcossilicatadas e pegmatitos sieníticos) é o principal parâmetro controlador deste tipo de mineralização.

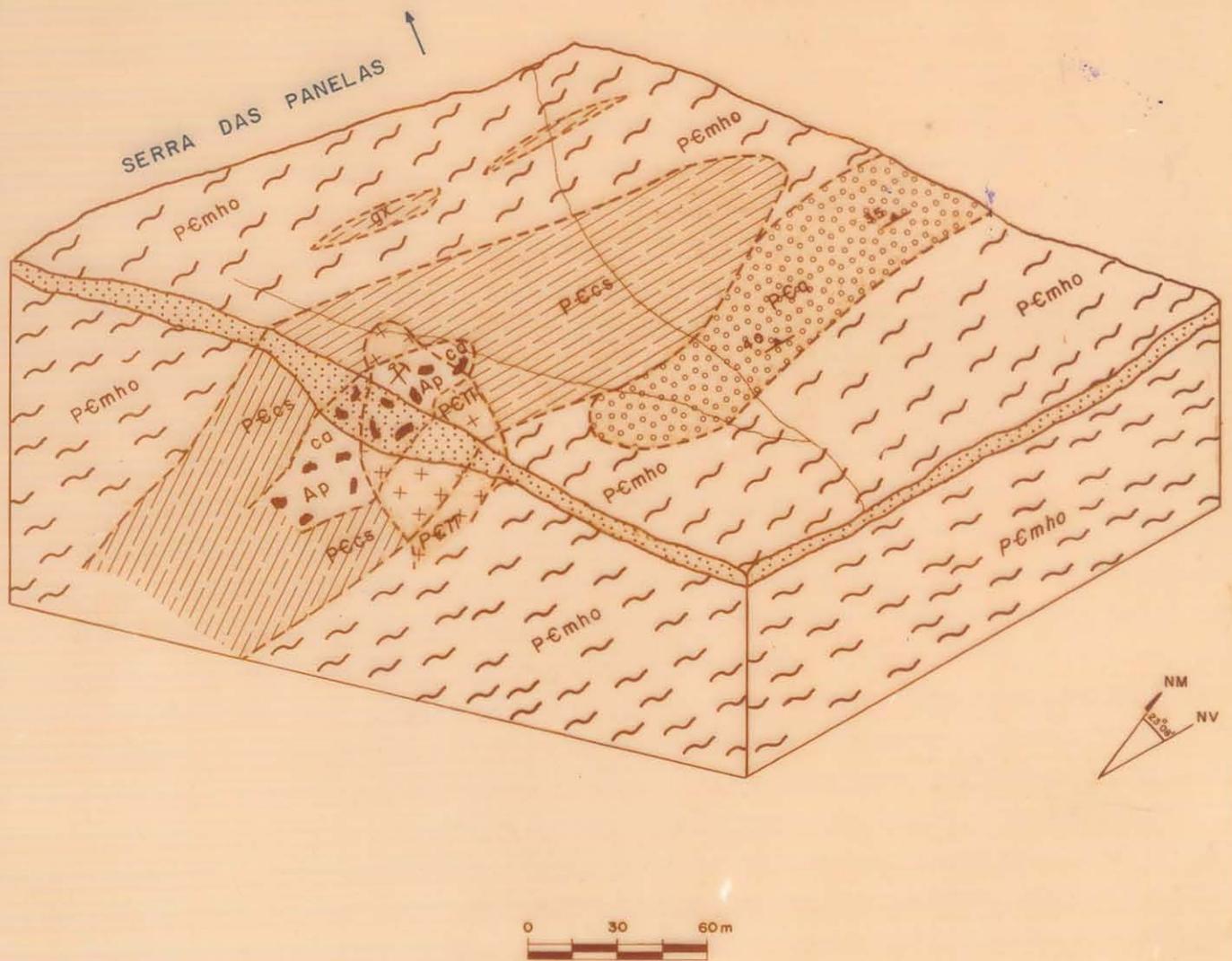
Introdução

Neste capítulo estão descritos a geologia de cada um dos três depósitos, o modo de ocorrência das apatitas, as características dos principais minerais de ganga, a distribuição das rochas encaixantes, as intrusivas pegmatíticas e as observações gerais de campo.

A geologia dos três depósitos é muito semelhante, conforme será narrado, baseado nas observações de campo e consulta em trabalhos anteriores. Optou-se por um único bloco diagrama da área de Panelas ao invés de um mapa geológico para cada ocorrência, visto que o bloco diagrama, além de exibir a geologia da superfície, fornece uma visão tridimensional do substrato rochoso e mostra o relacionamento entre o minério e as rochas encaixantes.

Panelas

A ocorrência está localizada na encosta leste da Serra das Panelas, na fazenda do mesmo nome (figura 3). São conhecidos sete corpos de pequena extensão sob a forma de bolsões de apatita, cujo tamanho não ultrapassa a 25 metros no seu comprimento maior. O minério é constituído de apatita em cristais azuis, translúcidos e transparentes, alguns fraturados e outros com raras fraturas sugerindo serem estes últimos de uma segunda geração. Estes minerais estão dispersos em uma massa de calcita de coloração rósea, associados a placas de vermiculita e flogopita. Acompanhando o minério ocorrem associadas escapolita e metajaspelitos de coloração cinza a castanho avermelhado. No seu interior encontra-se apatita cristalizada, geralmente euédrica de 0,5 a 3 cm. e, segundo Tanner de Oliveira (1976, p.38), este mineral apresenta microfaturas pre



CONVENÇÕES

	Migmatito homogêneo		Solo
	Calcosilicatada (diopsidito)		Ocorrência de apatita
	Quartzito		Foliação
	Pigmatito sienítico		Drenagem
	Lentes de grafita		Contato inferido
	Apatita + calcita		

Figura 3: Bloco diagrama esquemático mostrando as relações entre o minério e as encaixantes em Panelas.

enchidas por calcedônia.

Entre as rochas encaixantes destacam-se os litotipos migmatitos homogêneos, quartzitos, diopsiditos e pegmatitos sieníticos. Os migmatitos homogêneos ocorrem em maior extensão areal. De modo geral é composto de microclina ($\pm 75\%$), quartzito ($\pm 25\%$) e subordinadamente oligoclásio, diopsídio, muscovita e apatita. Ocorrem níveis de quartzitos, que sobressaem na paisagem, principalmente no topo da Serra das Panelas. Podem ocorrer intercalados entre a sequência anatética em faixas de pequena espessura da ordem de cinco metros. Foi calculada a atitude média das camadas quartzíticas acusando direção de $N 175^\circ$, com mergulhos $40^\circ SW$. A rocha diopsidítica engloba o corpo do minério e mostra cor verde escura quando fresca, e verde clara quando alterada. A composição mineralógica predominante é o diopsídio com quantidades subordinadas de plagioclásio e clinzoisita. Existem pelo menos três faixas de rochas diopsidíticas, das quais duas tem apatita. No campo, o solo argiloso de consistência plástica é um indício da rocha diopsidítica, em contraste com o solo arenoso das rochas migmatíticas quartzito feldspáticas. A noroeste desta ocorrência de apatita foi constatada a presença de rocha xistosa contendo grafita sob a forma de flocos e camadas orientadas além de biotita e quartzito.

Foi constatada a presença de pegmatito de composição sienítica de coloração acinzentada, composto principalmente de microclina e quantidades subordinadas de quartzito, apatita, calcita e plagioclásio sericitizado.

Para efeito de amostragem geoquímica foi escolhido o corpo mineralizado localizado a aproximadamente 200 metros a oeste da casa da Fazenda Panelas.

Pedra Branca

Esta ocorrência está localizada na Fazenda Pedra Branca a aproximadamente 12 km a oeste da localidade Pé de

Serra e a 8 km a noroeste das ocorrências da Fazenda Painelas.

A mineralização apresenta as mesmas características geológicas e mineralógicas da Fazenda Painelas, por este motivo é apresentado apenas o bloco diagrama desta última ocorrência, que dá idéia da relação das ocorrências com as encaixantes. É constatado apenas um corpo mineralizado na forma de bolsão de apatita, calcita e vermiculita dentro de rochas diopsidíticas. A apatita apresenta coloração azul, translúcida e transparente, contornos euédricos e, os cristais variam até 10 cm no comprimento maior. Encontra-se no interior de uma massa de calcita predominantemente acinzentada e em menor quantidade da variedade rósea. A granulometria deste mineral é grosseira com cristais medindo até 25 cm de comprimento maior. A vermiculita/flogopita está distribuída irregularmente na massa calcítica e em determinados locais apresenta uma concentração preferencial. Este fenômeno está constatado a 50 metros a norte da mineralização no mesmo "trend" da rocha diopsidítica. É identificada no campo pela presença de solo escuro, argiloso, de consistência plástica, com aproximadamente 40 metros de largura em superfície. Metajaspelitos ocorrem acompanhando a mineralização, apesar de serem em quantidade inferior a de Painelas, contudo apresentam as mesmas características mineralógicas.

As rochas encaixantes são constituídas da variedade quartzo-feldspática de granulação fina a média com intercrescimento gráfico. Comparando com as rochas analisadas por Tanner de Oliveira na Fazenda Painelas podem ser classificadas microscopicamente como migmatitos homogêneos da fácies granito cinza.

Não foi observado o contato entre as rochas diopsidíticas e as rochas quartzo feldspáticas devido ao desenvolvimento do solo. A leste da ocorrência existe uma faixa de rocha quartzítica cuja largura não ultrapassa a 10 metros. As atitudes medidas sobre essas rochas acusam direção média de N 180° com mergulho de 40° para SW.

Localiza-se a aproximadamente 8 km a noroeste da localidade Pé de Serra e a cerca de 7 km a nordeste de Pedra Branca.

O corpo mineralizado encontra-se sob a forma de bolsões de apatita de coloração esverdeada, translúcida, com os cristais variando até 8 cm na direção do eixo maior. A presença de mica não é tão evidenciada quanto nas ocorrências de Panelas e Pedra Branca. A apatita e subordinadamente vermiculita/flogopita estão dispersas em uma massa de calcita de coloração rosa, cinza e branca. É constatada a presença de metajaspelitos de coloração castanho acompanhado de apatita esverdeada, euédrica e translúcida.

A rocha diopsidítica é identificada pelo contraste solo escuro, plástico e argiloso. A largura média está calculada entre 30 e 35 metros. O pegmatito presente apresenta quartzo e feldspato de coloração rósea. Veiga e Couto (1971, p. 26), classificaram-na como pegmatito de composição granítica.

A rocha encaixante é uma rocha migmatítica homogênea bem silificada, que confere ao solo desenvolvido sobre esta litologia uma textura bem arenosa. É composta essencialmente de quartzo e feldspato alcalino com intercrescimento gráfico.

Sumário das Três Ocorrências

Conforme está constatado na descrição das três ocorrências anteriores, não existem conspícuas diferenças entre elas, quer no aspecto dos minerais de minério, minerais de ganga, tipo de depósito e rochas encaixantes, o que as tornam, ao contrário, muito semelhantes entre si. O controle litológico da mineralização parece estar condicionado à presença da rocha diopsidítica e de soluções pegmatíticas.

O processo de intemperismo sobre as rochas diop
sidíticas torna difícil, se não impossível, notar sobre os de
pósitos, qualquer aspecto tectônico como, fraturas, falhas, li
neações ou foliações que pudessem correlacioná-lo com a minera
lização.

A seguir temos a Tabela Comparativa entre as
Três Ocorrências de Apatita.

Tabela 2 - Tabela Comparativa entre as 3 Ocorrências de Apatita

OCORRÊNCIAS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
Mineral de <u>Miné</u> <u>rio</u>	apatita de colo <u>ra</u> ção azul translúcida a transparente com cristais varian <u>do</u> até 15 cm.	apatita azulada translúcida a transparente c/ cristais varian <u>do</u> até 10 cm.	apatita esver <u>de</u> ada comumente translúcida com cristais varian <u>do</u> até 8 cm.
Ganga	calcita princi <u>pal</u> mente rosa, e mica (flogopita e vermiculita), diopsídio, meta <u>l</u> jaspelito.	calcita de cor rosa, cinza e branca, mica (flo <u>g</u> opita e vermi <u>l</u> culita), diopsi <u>d</u> io e metajasp <u>e</u> lito.	calcita de cor, rosa, cinza e branca, mica (flogopita e vermiculita), di <u>o</u> psídio e meta <u>l</u> jaspelito.
Extensão da Ocorrência	10 a 15 m	15 a 20 m	10 a 15 m
Tipo de depósi <u>to</u>	bolsões de apa <u>t</u> ita	bolsão de apati <u>t</u> a	bolsão de apati <u>t</u> a
Tipo Padrão de Dispersão das Mineralizações	epigenético pri <u>m</u> ário.	epigenético pri <u>m</u> ário.	epigenético pri <u>m</u> ário.
Rochas encaixan <u>tes</u>	migmatitos homo <u>g</u> êneos da fácies granito com ní <u>ve</u> is de rochas calcossilicata <u>das</u> (diopsídi <u>to</u> s), pegmati <u>to</u> s de composi <u>ção</u> sienítica e níveis quartz <u>í</u> ticos.	migmatitos homo <u>g</u> êneos da fácies granito com ní <u>ve</u> is de rochas calcossilicata <u>das</u> (diopsídi <u>to</u> s), pegmati <u>to</u> s de composi <u>ção</u> sienítica e eventualmente níveis quartz <u>í</u> ticos.	migmatitos homo <u>g</u> êneos da fácies granítica com níveis de rocha calcossilicata <u>das</u> (diopsídi <u>to</u> s) e pegmati <u>to</u> s de composi <u>ção</u> granítica.

Tabela Comparativa entre as 3 ocorrências de apatita.

Introdução

O levantamento geoquímico por solos foi considerado um método adequado para o objetivo deste trabalho, que é o de testar a possibilidade de se delimitar os corpos de apatita subjacentes e fornecer dados que pudessem auxiliar na interpretação de sua gênese (Bradshaw, et alii, 1972, p. 29). A primeira parte do trabalho compreendeu a observação visual das ocorrências de apatita previamente selecionadas através da literatura (Veiga e Couto, 1971, p. 20-32), baseando-se nas diferenças e similaridades de cada ocorrência em si. Das ocorrências visitadas foram escolhidos três locais para o início do levantamento. Como já foi descrito anteriormente, não existem conspícuas diferenças geológicas entre estes locais, parecendo que tiveram o mesmo modo de origem. Assim sendo, foram escolhidas as ocorrências de Tomé, Painelas e Pedra Branca (Vide figura 1 - Mapa de Localização das Áreas).

Na segunda parte foi executado um programa de amostragem de solos nas três ocorrências. Torna-se importante frisar que a amostragem foi executada em uma mesma estação do ano em período seco.

Escolha dos Elementos

A escolha dos elementos P, Ca, Mn, Fe, Cu e Zn para delimitação da zona anômala deste tipo de depósito baseou-se principalmente nos elementos contidos na estrutura da apatita. Levinson (1974, p. 339) descreveu este mineral como tendo um grande potencial na exploração geoquímica, porque um grande número de cátions e ânions podem ser substituídos dentro de sua estrutura. Baseando-se nas análises espectrográficas semi-quantitativas do Projeto Apatita (1973, Quadro III) e nos relatórios finais dos estudantes do Curso de Especialização em Geoquímica

mica - Convênio PLANFAP/UFBA, Frizzo e Macambira (1973), foi feita a escolha de seis elementos para serem analisados. Foi igualmente levado em consideração elementos que pudessem discriminar a litologia encaixante favorável (rochas calcossilicatas) das litologias encaixantes que não apresentam a mineralização (rochas migmatíticas e granulíticas).

Fósforo

A escolha do fósforo (P) deveu-se ao fato de ser o elemento mais importante da estrutura da apatita, com teor acima de 10%. Também o fósforo tem uma grande importância econômica por sua utilização como fertilizante.

Cálcio

O cálcio foi analisado com o objetivo principal de refletir as rochas encaixantes favoráveis à mineralização apatítica. É encontrado na estrutura da apatita e na estrutura do diopsídio. Foi notado também que existe uma associação de calcita e apatita nas ocorrências amostradas. No entanto, este elemento não pôde ser analisado no Estudo de Detalhe porque na chama do acetileno sem adição de lantânio o mesmo causa problemas de interferência no aparelho de absorção atômica.

Manganês

O manganês foi escolhido por ter uma alta concentração nas apatitas (200 - 1000 ppm), podendo substituir o cálcio na sua estrutura. Os óxidos de manganês têm a propriedade de absorver e coprecipitar metais; por isto mesmo é utilizado na maioria dos levantamentos geoquímicos. É um elemento importante na intensidade da cor da apatita. Zussman et alii (1971, p.508) observam que o aumento da concentração de manganês neste mineral aumenta a intensidade da cor da apatita, e a cor propriamente depende do estado de oxidação do manganês, de modo que, Mn^{+2} produz tonalidades azul e rosa pálido, Mn^{+3} azul e Mn^{+7} violeta.

Ferro

O ferro foi incluído devido à capacidade dos seus óxidos em adsorver e coprecipitar metais e a sua inclusão teve a finalidade de verificar a extensão dessa influência. Zussman et alii (1971, p. 508) observam que o ferro ferroso e férrico produz a cor verde nas apatitas. As apatitas da ocorrência de Tomé apresentam a tonalidade esverdeada que pode ser devido à participação desse elemento na sua estrutura. Foi notada a presença de metajaspelitos com estratos de hematita acompanhando as ocorrências e que podem ter contribuído para o aumento do teor deste elemento nos solos sobrejacentes à mineralizações.

Cobre e Zinco

Ao contrário dos elementos citados anteriormente, estes dois elementos não apresentam valores elevados na região da tese, como verificaram Frizzo e Macambira (1973, p. 77). No entanto, a facilidade de análise e a grande mobilidade provém de que qualquer diferença significativa pode ser notada caso haja um aumento do teor dos elementos sobre as ocorrências.

Amostragem

O estudo compreendeu a amostragem de solos em dois níveis definidos, 0-10 e 10-40 cm de profundidade, em 69 estações em cada uma das ocorrências de apatita, cobrindo nove hectares cada uma, e com dois intervalos diferentes de amostragem: 30 metros (ao centro, com 49 estações) e 60 metros na periferia, envolvendo a zona de amostragem central a uma distância de cerca de 90 metros, como ilustram as figuras 4 a 7, no texto.

No local da coleta o solo foi escavado e coletado com uma picareta e com o auxílio de uma pá de jardineiro. Para a profundidade inferior tomou-se o cuidado de retirar o resíduo proveniente do colapso das paredes do solo escavado, evitando-se a mistura dos dois horizontes. As amostras foram acondicionau

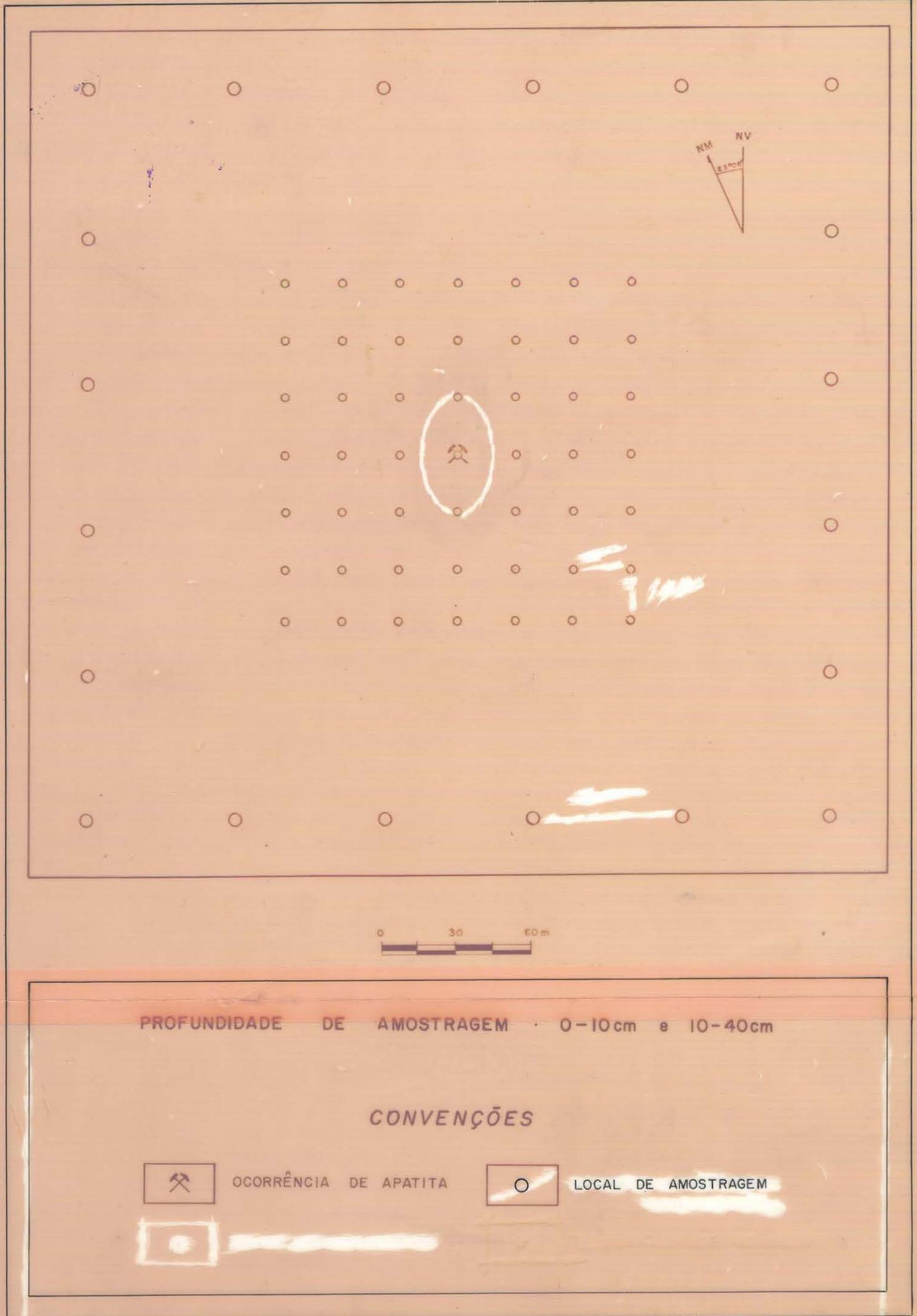


Figura 4 : Planejamento Amostral.

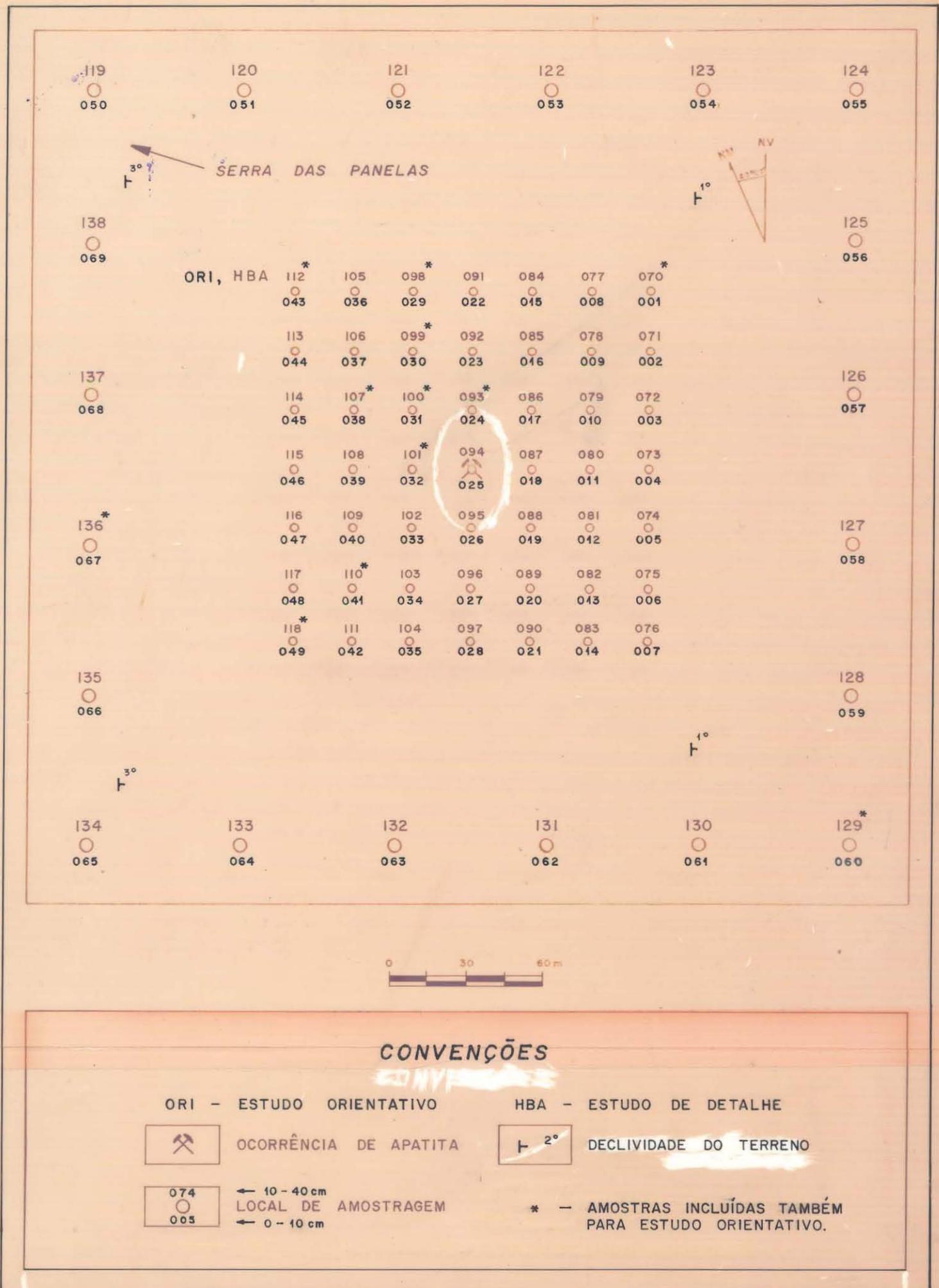
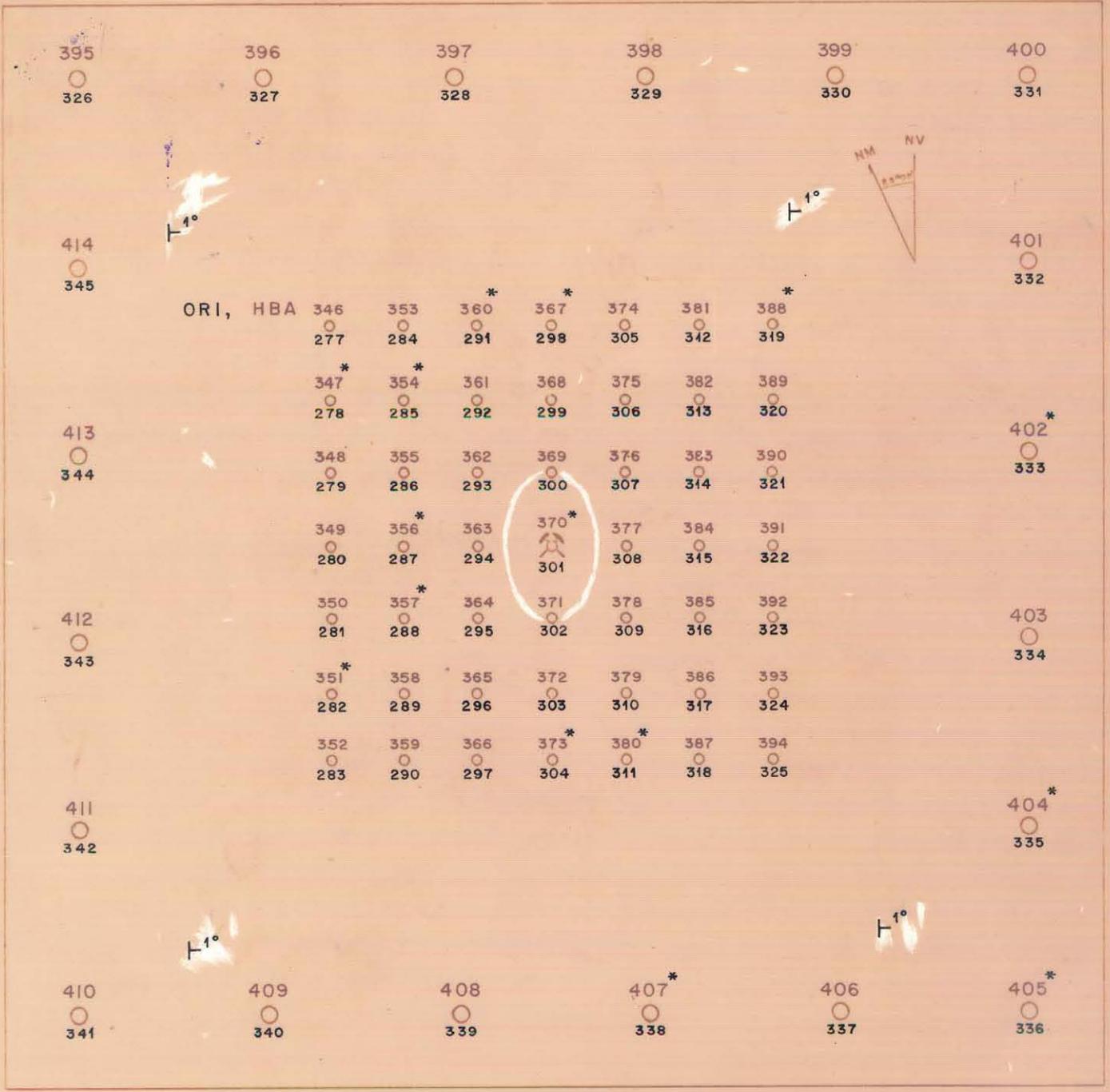


Figura 5 : Mapa dos pontos amostrados em Pannels.



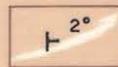
CONVENÇÕES

ORI - ESTUDO ORIENTATIVO

HBA - ESTUDO DE DETALHE



OCORRÊNCIA DE APATITA



DECLIVIDADE DE TERRENO



← 10 - 40 cm
LOCAL DE AMOSTRAGEM
← 0 - 10 cm.

* - AMOSTRAS INCLUÍDAS TAMBÉM PARA ESTUDO ORIENTATIVO.

Figura 6 : Mapa dos pontos amostrados em Pedra Branca.

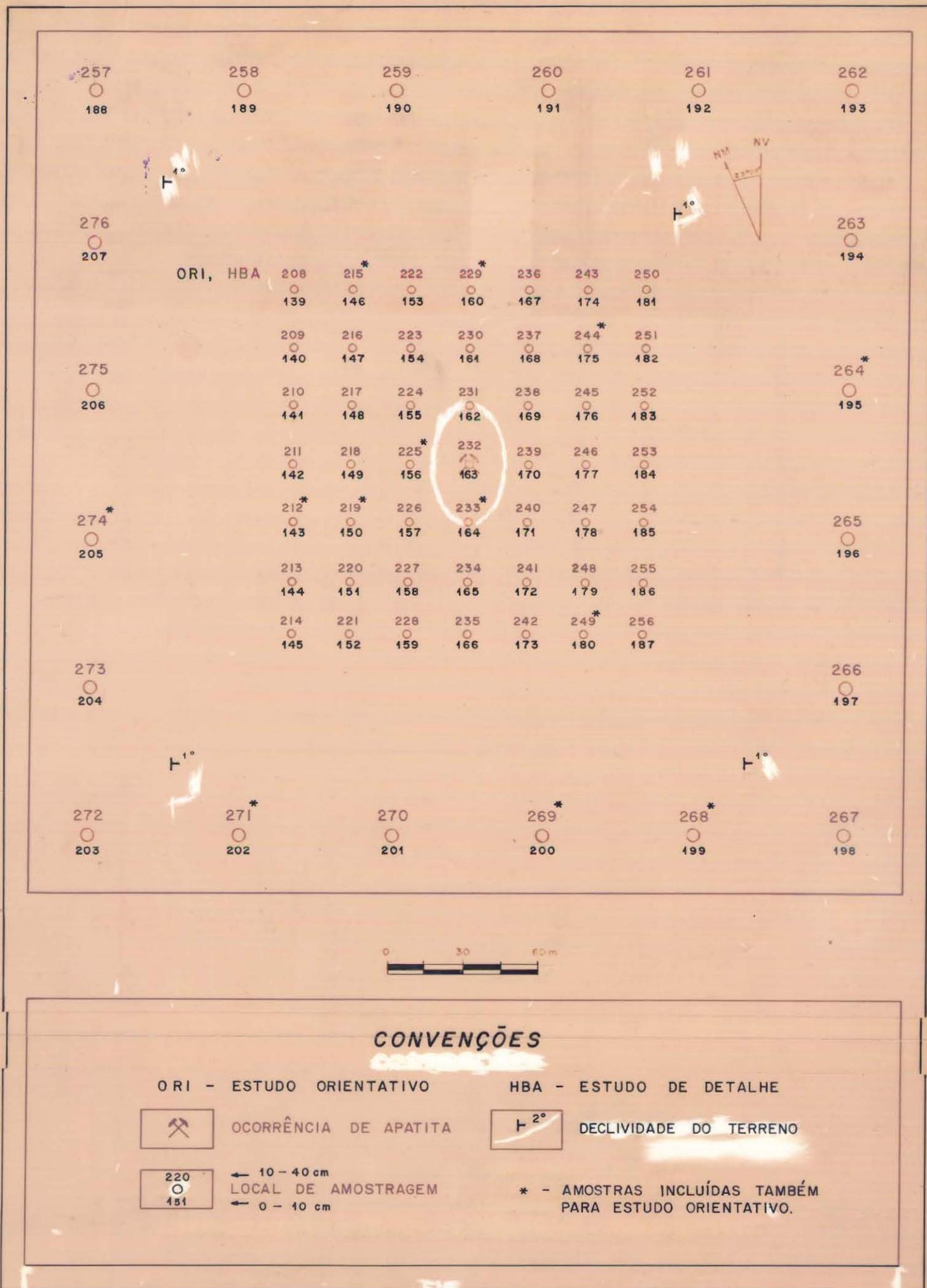


Figura 7 : Mapa dos pontos amostrados em Tomé.

das em sacos plásticos colocando-se uma etiqueta com o número correspondente e a profundidade de cada ponto amostrado. Em cada ocorrência de apatita foram coletadas 138 amostras, sendo 69 de cada profundidade, englobando um total de 414 amostras nas três ocorrências.

Preparação das Amostras

Após a chegada do campo as amostras foram enviadas para a sala de preparação de amostras para serem peneiradas e depois secadas em estufa elétrica por dois dias. Para minimizar os "bias" devido à coleta e análise foram adotados os seguintes procedimentos:

1) confecção de uma lista contendo as 414 amostras correspondentes às 207 estações de coleta nos dois horizontes de amostragem;

2) utilizando-se a tabela A.1 "random numbers" de Steel and Torrie (1960, p. 428-431), os números foram colocados em ordem aleatória com o objetivo de evitar os vários erros sistemáticos.

3) Das 414 amostras coletadas foram escolhidas 20%, totalizando 84 amostras que foram, posteriormente, peneiradas nas granulometrias - 80, -80 + 150 e - 150 mesh.

Análises Químicas

Bradshaw, (1975, p. 204) recomenda testar vários tipos de aberturas a fim de verificar o tipo de ataque mais adequado para a análise do solo.

Dessa forma foi planejado os seguintes ataques para executar este teste:

CLASSE DE ATAQUE	TIPO DE ATAQUE	ELEMENTO A ANALISAR
extração a quente	HCl a quente	Cu, Zn, Mn, Ca, Fe.
extração a frio	HCl a frio	Cu, Zn, Mn, Ca, Fe.
fusão	Pirossulfato de Potássio	específico para P.

O fósforo devido à interferência que o mesmo causa no aparelho de absorção atômica teve a extração por fusão ácida por pirossulfato de potássio sendo analisado por colorimetria visual. Os demais elementos foram analisados por espectrofotometria de absorção atômica.

Ataque com HCl a Frio (*)

Procedimento:

1. Pesar 1 grama da amostra levando para um tubo teste e adicionar 5 ml de HCl 6 M (1:1).
2. Agitar vigorosamente por 30 segundos.
3. Filtrar para uma proveta graduada.
4. Lavar e completar para 15 ml.

(*) fonte (Lab. U.F.Ba.)

Característica do ataque diluído a frio - Este ataque extrai todo o material, fracamente ligado, absorvido nas partículas, isto é, extensas áreas de superfícies e metais precipitados como sais. Bradshaw et alii (1972).

Ataque HCl a Quente (*)

Procedimento:

1. Pesar 1 grama da amostra e adicionar 10 ml de HCl 6 M (1:1).
2. Evaporar até a secura.
3. Dissolver o resíduo em 10 ml de HCl 1 M.
4. Filtrar.
5. Completar o volume para 25 ml.

(*) fonte (Lab. U.F.Ba.)

Característica do ataque a quente: Remove ligações frouxas, metais absorvidos, sais, precipitados e possivelmente alguns dos silicatos menos resistentes como silicato em cadeia (Bradshaw 1972).

Fusão Ácida por Pirossulfato de Potássio (*)

Procedimento:

1. Pesar 0,1 grama da amostra levando para um tubo teste.
2. Adicionar 0,5 gramas de pirossulfato de potássio, misturar e fundir até que um líquido quiescente é obtido.
3. Lixiviar com 2 ml de HNO_3 4M em banho maria.
4. Diluir para 10 ml com água deionizada, misturar e deixar assentar.
5. Pipetar uma alíquota da solução límpida para tubos testes a 10 ml.
6. Adicionar 2 ml da solução molibdato vanadato e diluir para 10 ml com água.
7. Misturar e aguardar 30 minutos.
8. Comparar com a série de padrões.

(*) fonte Stanton - 1966 pag. 77

Característica da extração: Decompõe a maioria dos minerais de fósforo porém alguma porção pode ser perdida se a fusão é prolongada. A eficiência da fusão é um reflexo da mineralogia e grau de intemperismo e alteração, sendo aproximadamente similar ao ataque total. Peachey et alii (1973, p. 115) observaram que apesar de não ser o método mais sensitivo para o fósforo, a formação do complexo molibdo-vanadato de fósforo é considerada adequadamente específica sem exigir rigoroso controle das condições de operação.

Colorimetria Visual

Este método foi utilizado para o elemento fósforo devido à interferência que o mesmo acusa na leitura do aparelho de espectrofotometria de absorção atômica.

É um método rápido, barato e simples sendo mais adequado para ser utilizado no campo. Exige uma série de pa

drões para comparação. Não é um método muito preciso, podendo-se discriminar variações entre diferenças de 5%. Os limites de detecção do método são 20-20000 ppm para o fósforo podendo ser estendido a 10% se usada uma alíquota de 0,1 ml (Stanton, 1966 p. 77). Certos cátions como (Bi, Th, As), e ânions (Cl, F), podem interferir no teste pela demora no desenvolvimento da cor (Hardem e Toom, 1964 p. 1).

Espectrofotometria de Absorção Atômica

O método é especialmente aplicável para determinação dos elementos-traço ou quantidades menores de um elemento em amostras geoquímicas, com precisão e exatidão comparável a maioria dos outros métodos. Muitos elementos podem ser determinados de uma mesma digestão economizando tempo e dinheiro (Levinson, 1974, p. 259). Na tabela 3 temos as características instrumentais do espectrofotômetro de Absorção Atômica utilizado nas análises dos elementos.

Tabela 3 - Características Instrumentais do Espectrofotômetro de Absorção Atômica Perkin Elmer Mod. 403

ELEMENTO	nm	LARGURA ESPECIAL DA FENDA	CHAMA TIPO	SENSIBILIDADE ug/ml 1% ABS
		nm		
Cobre	324,8	0,7	Ar - C ₂ H ₂	0,10
Cálcio	422,7	1,4	"	0,08
Ferro	248,3	0,2	"	0,12
Zinco	213,9	0,7	"	0,012
Manganês	279,5	0,2	"	0,05

Observações: as leituras foram feitas em unidades de concentração.

ESTUDO ORIENTATIVO

Objetivos

Neste trabalho foi conduzido um estudo orientativo visando a obtenção de parâmetros geoquímicos que forneçam os melhores resultados, por meios mais econômicos, das três ocorrências amostradas. Desse modo, foram escolhidas aleatoriamente 84 amostras das 414 coletadas que representam os dois horizontes amostrados. Assim, 42 amostras foram coletadas na profundidade de 0-10 cm e as restantes, na profundidade de 10-40 cm. Essas amostras foram peneiradas nas granulometrias -80, -80 + 150 e -150 mesh e analisadas nas aberturas HCl a quente e a frio para os elementos Cu, Zn, Ca, Fe e Mn, que foram dosados pela espectrofotometria de absorção atômica. O fósforo foi submetido a fusão em pirossulfato de potássio e analisado por colorimetria visual.

Das 84 amostras coletadas, 24 são provenientes da ocorrência de Pannels, 30 são oriundas da ocorrência de Pedra Branca e 30 de Tomé. Nas figuras 5, 6 e 7 estão assinaladas as amostras escolhidas para o estudo preliminar.

Este estudo propôs-se alcançar os seguintes objetivos:

1. determinar a fração granulométrica de maior contraste e maior coeficiente de variação.
2. determinar o ataque químico mais adequado nas três áreas pesquisadas.
3. determinar o horizonte (profundidade) que apresenta o maior contraste e maior coeficiente de variação.

Tratamento dos Dados

O processamento dos dados do estudo orientativo foi realizado através da calculadora Texas SR-51-A.

Foi computada a média aritmética, o desvio padrão, coeficiente de variação, contraste real e contraste teórico. Foram utilizados os dados brutos para a computação da estatística

das amostras, adotando-se a orientação de Govett (1972, p. 100), o qual demonstra que transformações podem ter o efeito de camuflar populações significativamente diferentes.

Os trabalhos na fase orientativa foram executados com o conhecimento prévio da existência de mineralização no local amostrado. Desse modo, o contraste assume a maior importância para definir a granulometria mais adequada a ser utilizada no Estudo de Detalhe.

Antes da discussão dos contrastes vamos definir o limiar. Este parâmetro estatístico é calculado como o valor da média mais duas vezes o desvio padrão:

$$(\bar{X} + 2S)$$

O limiar é importante porque é utilizado no cálculo de contraste teórico. A fração granulométrica e a abertura analítica quando apresentam o maior limiar, minimizam a possibilidade de incluir amostras consideradas anômalas, quando na realidade são amostras em nível de "background".

Estão calculados dois tipos de contraste, denominados contraste real e contraste teórico. O contraste real está calculado como a relação entre o valor máximo e a média aritmética, ou seja:

$$C_r = V_{\max}/\bar{X}$$

Este contraste só leva em consideração uma amostra, isto é, a amostra de maior valor em relação a sua média. (1)

O contraste teórico está calculado como a relação entre o limiar e a média aritmética, ou seja:

$$C_t = (\bar{X} + 2S)/\bar{X}$$

Este contraste é considerado o mais consistente para este estudo, porque utilizando o desvio-padrão ele considera a influência da dispersão relativa em torno da média.

O coeficiente de variação é calculado como a relação entre o desvio-padrão e a média aritmética:

$$(C.V. = S/\bar{X})$$

É utilizado um dos empregos do coeficiente de va
riação:

"O tamanho do coeficiente de variação depende fundamentalmente da variabilidade natural, as sumindo que a variabilidade introduzida pela amostragem, preparação e análise das amostras é bem controlada por cuidadoso trabalho".

Koch e Link (1971, p. 296).

São aplicados os teste t de Student e o teste F para avaliar a hipótese de equivalência entre as duas profundidades. Estabeleceu-se a hipótese nula em que as duas amostras pertencem às mesmas populações:

$$H_0 = U_1$$

contra a hipótese alternativa em que as duas populações são desiguais:

$$H_1 = U_1 \neq U_2$$

calcula-se o teste t na seguinte equação:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{Sag \sqrt{(1/n_1) + (1/n_2)}}$$

onde \bar{X}_1 e \bar{X}_2 são as médias dos dois grupos de amostras, n_1 e n_2 significando o número de amostras dentro de cada grupo e Sag é o estimador do desvio-padrão agrupado, o qual é calculado pela fórmula:

$$Sag = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Utilizou-se o nível de significância $\alpha = 5\%$. Se o t calculado for menor que o t tabelado, ou seja $t_{cal} < t_{tab}$, a hipótese nula de igualdade entre as médias é rejeitada. Para executar esse teste é necessário que: 1) as amostras sejam seleccionadas aleatoriamente; 2) as populações sejam normalmente distribuídas; 3) as variâncias sejam iguais. Davis (1973, p. 99), con

sidera que a terceira premissa é a crítica. Devido a essa impor
tância tornou-se necessário testar a equivalência entre as vari
âncias através do teste F, que está calculado pela fórmula:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ onde } S_1 \text{ e } S_2$$

são as variâncias dos dois grupos e $S_1^2 > S_2^2$. Estabeleceu-se a
hipótese nula de igualdade das variâncias:

$$H_0 = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 = 1.66$$

contra a hipótese alternativa:

$$H_1 = \sigma_1^2 - \sigma_2^2 < 1.66$$

É o utilizado nível de significância de 5%. No caso do F calcula
do maior que o F tabelado, $F_{cal} > F_{tab}$, a hipótese nula é re
jeitada.

Na utilização do teste de hipótese, duas possibi
lidades podem ser estabelecidas: 1ª) a hipótese nula é verdadei
ra; 2ª) a hipótese nula é falsa. Se a hipótese nula é rejeitada
quando na realidade é verdadeira, comete-se o erro tipo I (α).
Ao contrário, aceitando a hipótese nula quando na verdade é fal
sa, comete-se o erro tipo II (β). A probabilidade de cometer o
erro tipo I é chamado de nível de significância (α) e que pode
ser especificado antes de executar o teste. Nos testes foi utili
zado o nível de significância 5%, mostrando que estamos conscien
tes de correr o risco de rejeitarmos a hipótese nula quando na
realidade está correta em 5 vezes em 100 testes.

Normalmente não é possível especificar o erro ti
po II ou β , que pode ser alto ou baixo. Por este motivo especi
ficamos H_0 na forma que seja rejeitado para evitar a chance de
incorrer no erro tipo II.

Foram utilizadas para os cálculos de t e F as ta
belas de Davis (1973, p. 102 e 103).

Comparação entre as Granulometrias e os Ataques Químicos

Nas tabelas 4 e 5 estão calculados os testes de granulometria e a estatística sumária para os elementos Cu, Zn, Mn, Ca e Fe, nos ataques por HCl a frio e a quente e o fósforo por fusão por pirossulfato de potássio. As granulometrias testadas foram - 80, - 80 + 150 e - 150 mesh. Não foi feita qualquer distinção por horizonte, visto ser o objetivo principal destas duas tabelas verificar a granulometria e os ataques químicos mais adequados para o estudo de detalhe.

Para a tabela 4 verifica-se que os resultados mostram que os elementos, Zn, Mn e Ca exibem o maior contraste teórico e coeficiente de variação na fração granulométrica -80 +150. Para o Cu e o Fe o contraste teórico e coeficientes de variação estão mais elevados na granulometria - 80 mesh, sendo que no caso do primeiro elemento, apresenta-se bem mais elevado. Os elementos Mn e Ca obtiveram o contraste mais elevado na granulometria - 80 + 150 mesh, enquanto que no restante dos elementos correspondem à granulometria - 150 mesh.

Em linhas gerais verifica-se que a granulometria - 80 + 150 apresenta os melhores resultados para a maioria dos elementos, a não ser no caso do cobre que exhibe na fração - 80 mesh um pouco mais elevada que o restante das granulometrias. No entanto, não existe uma conspícua diferença para as médias entre todos elementos.

Na tabela 5 estão representados os resultados analíticos para o HCl a quente para os elementos Cu, Zn, Mn, Ca e Fe e fusão por pirossulfato para o fósforo (P). Os elementos Zn, Mn, Ca e P apresentam os maiores contrastes teóricos e coeficientes de variação na fração -80 +150 mesh, enquanto que o cobre está mais elevado na fração - 80 mesh. No aspecto de contraste teórico os resultados para todos os elementos são mais significativos na fração - 150 mesh.

É verificado que a fração - 80 + 150 mesh exhibe

Tabela 4 - Sumário Estatístico para Cu, Zn, Mn, Fe e Ca por HCl a frio

ELEMENTO	FRAÇÃO GRANUL.	\bar{X} (ppm)	S (ppm)	L (ppm)	C real	C _t	C.V.	
Cu	-80	8,1	13,4	34,9	2,83	4,29	1,64	*
	-80 +150	7,3	6,8	21,0	3,43	2,88	0,94	
	-150	7,5	4,7	16,9	3,52	2,67	0,63	□
Zn	-80	9,3	7,6	24,4	4,13	2,63	0,81	□
	-80 +150	9,1	7,7	24,4	3,70	2,69	0,84	*
	-150	10,2	7,8	25,7	3,78	2,53	0,76	
Mn	-80	475,3	404,2	1283,7	3,96	2,70	0,85	
	-80 +150	454,2	391,1	1236,4	4,08	2,72	0,86	□*
	-150	567,0	460,0	1487,0	3,58	2,62	0,81	
Fe	-80	2230,6	1456,5	5143,6	3,02	2,30	0,65	*
	-80 +150	2197,1	1351,0	4899,1	3,12	2,23	0,61	□
	-150	2469,0	1572,0	5613,0	2,82	2,27	0,63	
Ca	-80	3308,0	2574,0	8456,0	4,87	2,56	0,77	□
	-80 +150	3081,0	2576,0	8233,0	4,57	2,67	0,83	*
	-150	3630,0	2602,0	8834,0	3,90	2,43	0,71	

+ - P foi digerido por fusão ácida em piro-sulfato de potássio e analisado por Colorimetria Visual

* - maior C_t e C.V. entre as frações granulométricas

□ - maior C real entre as frações granulométricas

- nº de amostras igual a 82

Tabela 5 - Sumário Estatístico para Cu, Zn, Mn, Fe e Ca por HCl a quente e P por fusão em pirossulfato

ELEMENTO	FRAÇÃO GRANUL.	\bar{X} (ppm)	S (ppm)	L (ppm)	C real	Ct	C.V.	
Cu	-80	22,1	25,6	73,2	3,31	3,31	1,15	*
	-80 +150	20,3	20,7	61,8	3,52	3,04	1,02	
	-150	22,6	22,5	67,7	3,59	2,99	0,99	□
Zn	-80	39,6	30,7	101,1	3,01	2,55	0,77	
	-80 +150	43,4	46,9	137,2	2,42	3,16	1,08	*
	-150	45,6	36,3	118,2	4,24	2,59	0,79	□
Mn	-80	672,5	487,1	1646,7	2,93	2,45	0,72	
	-80 +150	642,0	504,4	1650,7	3,06	2,57	0,78	□*
	-150	724,1	497,0	1718,1	3,02	2,37	0,68	
Fe	-80	18740,5	11835,2	42410,9	2,79	2,26	0,63	
	-80 +150	19084,0	12431,0	43946,0	2,63	2,30	0,65	*
	-150	20812,0	13123,0	47058,0	2,80	2,26	0,63	□
Ca	-80	2076,5	1787,9	5652,3	3,61	2,72	0,86	
	-80 +150	1992,4	1861,7	5715,8	3,97	2,87	0,93	□*
	-150	2309,0	1982,4	6273,8	3,52	2,71	0,85	
P	-80	320,1	289,0	898,1	3,87	2,80	0,90	
	-80 +150	312,6	304,0	920,6	4,48	2,94	0,97	*
	Color.	-150	296,0	237,1	770,2	4,72	2,60	0,80

* = maior Ct e C.V. entre as frações granulométricas.

= maior C real entre as frações granulométricas.

- nº de amostras igual a 82.

os melhores resultados para a maioria dos elementos analisados nos ataques HCl a frio e HCl a quente. O fósforo, de igual maneira, também apresenta os resultados mais expressivos na fração -80 +150. Esta fração é a escolhida para a análise total dos dados analíticos para ocorrências de apatitas por apresentar os melhores resultados nos dois ataques, acreditando-se, todavia, que não exista grandes diferenças nas três granulometrias, por isso mesmo, qualquer granulometria poderia ser analisada sem prejuízo da consistência dos dados.

Para verificar a escolha do melhor ataque químico, utilizou-se a comparação entre o contraste teórico na fração -80 + 150 mesh para o ataque HCl a frio e a quente apresentados pelas tabelas 4 e 5.

O resultado demonstra que na fração -80 +150 mesh o ataque HCl a quente é mais expressivo que o a frio para os elementos Cu, Zn, Fe e Ca, exibindo o valor mais elevado para Mn no ataque a frio. Este resultado revela que o ataque a quente nesta granulometria é mais efetivo que o a frio na maioria dos elementos e por isso mesmo é o escolhido para a digestão das amostras do estudo orientativo. É observado que apesar desses resultados a diferença entre os contrastes não é tão marcante a ponto de haver uma nítida distinção entre este parâmetro estatístico nos dois ataques. Acredita-se que o ataque HCl a frio é igualmente um excelente tipo de digestão para análise e deve, igualmente, refletir as variações entre as distribuições dos elementos nas amostras de solos das três ocorrências amostradas.

Comparação entre as Profundidades 0-10 e 10-40 cm

A tabela 6 compara os resultados analíticos para os elementos utilizando o HCl a quente para Cu, Zn, Mn, Ca e Fe e fusão por pirossulfato para o fósforo na fração -80 + 150 mesh. Os testes F e t calculados demonstram que ao nível de significância de $\alpha = 5\%$ não há diferença entre as duas profundidades amostradas.

Tabela 6 - Testes t e F entre as duas Profundidades Amostrais utilizando a fração -80 +150

ELEMENTO	PROFUND. cm.	\bar{X} (ppm)	S^2 (ppm)	TESTE F			TESTE t		
				F calc	F tab.	HIPÓTESE NULA	t tab.	t calc.	HIPÓTESE NULA
Cu	0 - 10	20.1	411.0	1.0	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.9	aceita (5%)
	10 - 40	21.1	433.0						
Zn	0 - 10	41.6	1073.6	1.2	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.6	aceita (5%)
	10 - 40	38.8	860.0						
Mn	0 - 10	680.0	249143.0	1.0	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.6	aceita (5%)
	10 - 40	629.5	263692.0						
Ca	0 - 10	1978.0	3100430.0	1.2	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.4	aceita (5%)
	10 - 40	2108.0	3792006.0						
Fe	0 - 10	17996.0	154073724.0	1.0	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.9	aceita (5%)
	10 - 40	19702.0	144623580.0						
P Color.	0 - 10	303.0	78538.0	1.4	1.76 (5%)	aceita (5%)	1.68 (5%)	0.5	aceita (5%)
	10 - 40	274.0	55842.0						

Nº de amostras igual a 42 em cada profundidade

tradas para os cinco elementos. Será adotada a profundidade de 10 a 40 cm, porque isso evita uma possível contaminação na superfície devido ao rejeito de materiais retirados dos poços da lavra predatória nas ocorrências de Pedra Branca e Panelas e poço para pesquisa na ocorrência de Tomé.

Conclusões

Os resultados do Estudo Orientativo permitem chegar às seguintes conclusões:

1. A fração granulométrica - 80 + 150 mesh apresenta os melhores resultados por refletir a presença da mineralização nas três ocorrências, segundo comparações entre os contrastes teóricos e coeficientes de variação para as três granulometrias testadas. Não existe, porém, uma diferença expressiva entre as três granulometrias acreditando-se, também, que as outras granulometrias são consistentes para representar a repartição geoquímica dos elementos analisados.

2. Será adotada a abertura HCl a quente, por ser a mais expressiva para a maioria dos elementos, conforme está demonstrado.

3. Será utilizada a profundidade 10-40 cm ao invés da 0-10 cm para análises dos dados, mesmo que os testes executados confirmem não existir diferença significativa entre as duas profundidades. A escolha do horizonte de maior profundidade minimiza a possibilidade de contaminação por aporte de materiais da superfície.

ESTUDO DE DETALHE: COMPARAÇÃO ENTRE AS OCORRÊNCIAS DE PANELAS,
TOMÉ E PEDRA BRANCA

Objetivos

Os resultados do Estudo Orientativo forneceram os parâmetros necessários para o prosseguimento da pesquisa, com o intuito de observar em maior detalhe as áreas amostradas.

Os principais objetivos do Estudo de Detalhe são, entre outros, os seguintes:

1) Determinar os principais parâmetros estatísticos de cada elemento nas três áreas amostradas definidas como populações-alvo.

2) Estudar a correlação entre os pares de elementos, distinguindo as correlações mais conspícuas e, avaliando o seu real significado no que se refere à absorção pelos elementos "scavengers" e, àquelas correlações supostamente relacionadas à mineralização.

3) Descrever os mapas de isoteores de cada elemento, fornecendo as amostras com as concentrações mais elevadas, bem como, verificar a existência de algum "trend" relacionado à mineralização.

4) Construir diagramas ternários, observando as relações existentes entre os elementos e comparando as três ocorrências em cada diagrama.

5) Investigar as diferenças e semelhanças entre as médias dos elementos de cada ocorrência através do teste de Duncan.

6) Construir diagramas de dispersão para avaliar o real significado do valor de correlação, bem como, estimar o comportamento do interrelacionamento entre os elementos no gráfico.

Tratamento dos Dados

Estatísticas Uni e Bivariada

As análises estatísticas dos dados utilizados para o Estudo de Detalhe foram realizadas através do computador IBM do Sistema 370 da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), utilizando-se a estatística uni e bivariada através de programas de arquivamento, transformação, aplicação numérica e gráfica. Adicionalmente foram utilizados programas auxiliares que listam e fornecem os valores máximos e mínimos dos dados analíticos. Previamente foram separadas as três áreas de estudo, consideradas como populações-alvo, sendo as amostras de solo consideradas como a população amostrada.

Variância Analítica

Para o estudo da variância foi colocada 25 vezes uma mesma amostra com teores conhecidos para ser periodicamente analisada sem o conhecimento do laboratório. Acontece que essas amostras foram numeradas sequencialmente, razão porque o laboratório analisou-as no mesmo dia. Este procedimento invalidou o teste, porque nesse caso o laboratório só foi testado em um curto período de tempo e o objetivo era testá-lo por um prolongado número de dias.

Foi organizada outra coleção de amostras para serem reanalisadas de tempos em tempos, porém estas análises não puderam ser feitas a tempo. Devido a este fato não foi possível avaliar a variância introduzida pela análise.

Escolha do Limiar

A priori, não existe um padrão universal do limiar e, segundo sugere Chafee (1977, p. 17), "a seleção de valor do limiar é mais uma arte do que uma ciência". Na literatura estão registrados alguns modos de determinação do limiar que serão

sintetizados a seguir: Hawkes e Webb (1962, p. 31) admitem na determinação do limiar, o limite de 2,5% dos valores da curva de frequência acumulada relativa, que foi sugerida por Tennant e White (1959, p. 1281), e aperfeiçoada por Lepeltier (1969. Woods worth (1972, p. 1109) definiu valores anômalos (acima do limiar) quando houvesse quebra na distribuição da frequência acumulada, e se o número de valores anômalos não excedesse a 15% do número total de valores. Sinclair (1974, p. 129 - 149) descreve um método de seleção dos valores do limiar e "background", baseado na partição da curva do gráfico de probabilidade. Atualmente o termo limiar é interpretado como:

Número real derivado por qualquer técnica, que leva o geoquímico a acreditar que ele possa reconhecer amostras anômalas que o mesmo espera ser indicativo de mineralizações (Govett 1977, p. 2).

O "threshold" é também definido como:

O mínimo valor anômalo dentro de uma amplitude de valores em um grupo de análises geoquímicas (Chaffee, 1977, p. 14).

Chaffee (1977, p. 17) sugere que, nos dias atuais, o limiar pode ser também interpretado como uma amplitude de valores. Afirma que a combinação de técnica estatística, gráfica e visual, é necessária para fornecer o mais eficiente uso das análises geoquímicas na pesquisa para depósitos minerais.

Nesta Monografia, para a escolha dos limiares foram adotados os seguintes critérios:

a) quando a hipótese nula lognormal foi aceita no teste de distribuição dos elementos componentes de cada população-alvo, o limiar foi calculado como o valor correspondente à média aritmética mais duas vezes o desvio padrão para os dados retransformados para valores em ppm.

b) quando a hipótese nula lognormal foi rejeitada pelos testes de distribuição, o limiar foi determinado através da interpretação do gráfico de probabilidade ou mesmo na avaliação visual de histogramas e das curvas de frequência acumulada.

Quando os elementos que abrangem o critério (a) (hipótese nula lognormal aceita) tiverem o seu limiar calculado muito acima ou muito abaixo dos 15% do número total de valores, este valor foi recalculado baseado no critério (b), ou seja, calculado através de critérios gráficos e visuais.

Matriz de Correlação

A matriz de correlação objetiva avaliar o grau de relacionamento entre os elementos componentes de cada população, a fim de detectar as associações críticas do ponto de vista da mineralização apatitífera, bem como a influência do ferro e do manganês como farejadores sobre os demais elementos. É organizada segundo a comparação entre pares de variáveis, utilizando o produto-momento de Pearson, coeficiente de correlação, usualmente referido como r , e se destina a aquilatar a relação linear entre os valores x e y das amostras, sendo um estimador do coeficiente de correlação da população. Varia de +1 a -1 se a correlação é positivamente forte ou negativamente forte. O valor zero indica a falta de qualquer espécie de relação linear. Alguns autores entretanto, como Chayes (1969), em Chapman (1976, p. B 279), entre outros, ressaltam algumas limitações da matriz de correlação. Chapman (1976, p. 279), afirma que o coeficiente de correlação, que é uma medida de similaridade entre as variáveis, somente quantifica uma relação linear, podendo levar a resultados espúrios. Chayes (1969) mostra que a correlação entre as variáveis composicionais não reflete necessariamente relações petrológicas ou geoquímicas. Miesch (1976, p. A 29), no entanto, sugere que o problema não é importante quando ambas variáveis composicionais estão presentes em concen

tração menor. Se alguma variável estiver presente em concentração maior, a covariância e conseqüente o coeficiente de correlação, não reflete, necessariamente, uma relação genética ou geoquímica. Por este motivo a matriz de correlação será utilizada apenas como um "índice de associação geoquímica" como sugere o autor, não sendo aplicado nenhum teste para julgar a sua significância estatística. Para efeito de melhor visualização, os valores de r foram colocados em classes de correlação. Desse modo, a correlação de $r < 0,30$ foi classificada como baixa; r entre 0,30 a 0,59, correlação regular, valores compreendidos entre 0,60 a 0,79 correlação boa, e de $r > 0,80$ correlação excelente.

Os valores analíticos foram transformados em logaritmos. Todos os pares de elementos apresentaram correlação acima de $r = 0,30$, exibindo correlação de regular a excelente.

Mapas de Isoteor

São apresentados mapas de Isoteor de cada elemento para cada área amostrada. Os pontos de amostragem estão representados por um círculo e o valor do elemento analisado está localizado acima da estação de coleta. Para dar uma idéia da topografia e conseqüentemente da direção da dispersão, em cada mapa está assinalado o declive com o ângulo de inclinação aproximado. As curvas de Isoteor foram confeccionadas manualmente. No intuito de ressaltar os valores mais elevados, só foram considerados para efeito das curvas de Isoteor os valores acima da média aritmética.

Tabelas

São apresentadas tabelas que descrevem o comportamento estatístico de cada elemento nas três áreas amostradas. Nestas tabelas estão representados os números de observações (amostras), o valor mínimo, valor máximo, a amplitude, média aritmética, média geométrica, o desvio padrão aritmético, coefi

ciente de variação, a assimetria e curtose. São assinalados os resultados dos testes de distribuição Kolmogorov-Smirnov e qui-quadrado aos níveis de significância 1% e 5%. No caso de algum teste rejeitar a hipótese nula em qualquer nível, foi considerado como distribuição não lognormal.

Diagramas Ternários

Os diagramas ternários são formados pela combinação de três elementos de cada área amostrada. É representada a média dos elementos, somada e verificada a contribuição percentual de cada média no diagrama. Foram utilizadas as médias dos elementos das três ocorrências ao invés de cada amostra, porque fornecem uma maior velocidade na confecção do referido diagrama. Foram construídos seis diagramas: P-Cu-Zn, P-Cu-Fe, P-Cu-Mn, P-Zn-Fe, P-Zn-Mn e P-Fe-Mn. Esta técnica foi empregada com o mesmo objetivo de Baum (1975, p. 144), segundo o qual "diagramas ternários são uma ferramenta ideal na exploração preliminar devido à simplicidade de cálculos além de permitir uma rápida procura para populações diferentes". Para homogeneizar as concentrações dos elementos devido às discrepantes diferenças nos seus teores, as médias do fósforo e do manganês foram divididas por dez (P/10 e Mn/10) e do ferro por mil (Fe/1000). Os elementos cobre e zinco tiveram as suas concentrações originais inalteradas devido aos baixos teores apresentados.

Teste de Duncan (Multiple Range Test)

Foi empregado o teste de Duncan para estimar a similaridade entre as médias dos diversos elementos analisados nas três populações-alvo. Este teste permite comparar mais de duas médias, e que são ordenadas por magnitude. Duas médias adjacentes são comparadas por $P = 2$. Se são separadas por outra média, $P = 3$ e assim sucessivamente. A equação para o teste de comparação é:

$$R_p = SSR \cdot (S\bar{X})$$

O valor SSR (Significant Studentized Ranges) é fornecido na tabela (table A-7 in Steel and Torrie, 1960), a qual envolve o valor de P, graus de liberdade e nível de proteção. Para este trabalho p varia de 2 ou 3; erro do grau de liberdade refere-se ao número de diferentes médias vezes (n - 1):

$$\text{erro do G.L.} = 3 \times (68 - 1) = 201$$

Nível de proteção é baseado na probabilidade de achar diferença significativa entre duas médias quaisquer. Para este teste foi utilizado o nível de proteção de 5%.

O valor ($S\bar{X}$) é observado como erro padrão comum às três médias. A equação para o cálculo erro padrão é:

$$(S\bar{X}) = \sqrt{\frac{\text{erro } S^2}{n}}$$

onde n é o número de amostras de cada área e S^2 é calculado como a média das variâncias de cada elemento nas três ocorrências e cuja fórmula é:

$$\text{erro } S^2 = S_1^2 + S_2^2 + S_3^2/3$$

O valor R = "least significant ranges" é comparado com as diferenças entre os pares das médias. Quando R for maior do que as diferenças entre duas médias:

$$\text{ex: } R > (\bar{X}_1 - \bar{X}_2)$$

significa que não existe diferença significativa entre as médias.

As médias onde não existem diferenças significativas para determinado elementos são unidas por uma barra.

Diagramas de Dispersão

Como já foi explicado no item matriz de correlação, existem severas restrições em se aplicar o coeficiente de correlação sem ser acompanhado do respectivo diagrama de dispersão

são para cada par de elemento. Desse modo, o diagrama de dispersão assume uma importância fundamental como o complemento da matriz de correlação.

No presente trabalho, os diagramas de dispersão são confeccionados para verificar o interrelacionamento entre o fósforo com os demais elementos, haja vista ser o primeiro elemento mais importante deste trabalho.

A locação dos pontos obedece a um esquema em que se possa discriminar no gráfico, as amostras com a influência da mineralização. Para isso foi necessário investigar minuciosamente os mapas de isoteores e separar as regiões onde o fósforo e os demais elementos apresentassem uma concentração que sugerisse estar realmente em cima do bolsão da apatita. Nas amostras com influência da mineralização, o ponto correspondente é plotado em um círculo cheio. As amostras em nível de "background" foram plotadas em forma de uma cruz.

Finalmente, será descrito um comentário sobre o comportamento dos "plots" no diagrama.

Cobre

O sumário estatístico para o cobre nas três ocorrências amostradas está apresentado na tabela 7. A maior amplitude de teores do elemento está evidenciada na área de Pedra Branca. No entanto, a média e os coeficientes de variação mais elevados verificam-se em Panelas. Vale registrar que em Tomé estão assinalados os teores mais discretos para o elemento. Os histogramas de frequência (fig. 8) revelam-se aproximadamente simétricos para as três áreas. O limiar calculado em Panelas (90 ppm) é consideravelmente mais elevado que o limiar (8,6 ppm) registrado em Tomé. Os gráficos de probabilidade (fig. 9) não exibem com clareza qualquer inflexão na curva de frequência acumulada, que sugira com exatidão a influência de valores elevados que correspondam à mineralização.

Tabela 7 - Sumário Estatístico para Cu nós Solos de
 Panelas, Pedra Branca e Tomé

ELEMENTOS		PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ	
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
Valor Mínimo (ppm)		3,8	3,7	1,2	
Valor Máximo (ppm)		109,2	221	10,8	
Amplitude (ppm)		105,4	217,3	9,6	
Média Aritmética (ppm)		29,6	18,8	4,78	
Média Geométrica (ppm)		20,2	13,3	4,45	
Desvio Padrão (ppm)		31,2	18,4	1,78	
Coeficiente de Variação		1,08	1,00	0,37	
Assimetria		-0,02	0,88	-0,33	
Curtose		2,08	3,54	4,17	
Teste de Distribuição	Teste de Kolmogorov Smirnov	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita
Hipótese Nula H_0 : Lognormal	Teste de Qui- quadrado	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita

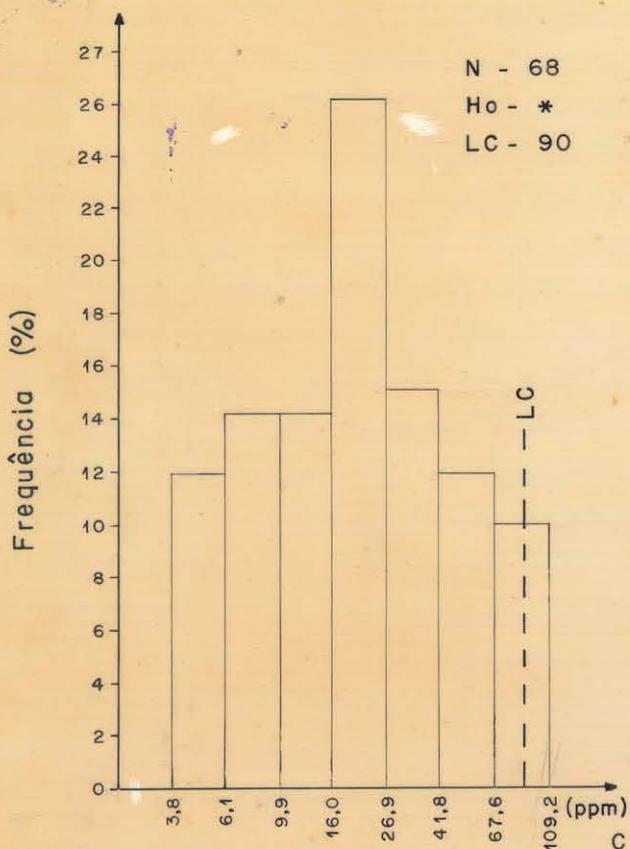
Intervalos calculados por Sturges

α : nível de significância para os testes de distribuição

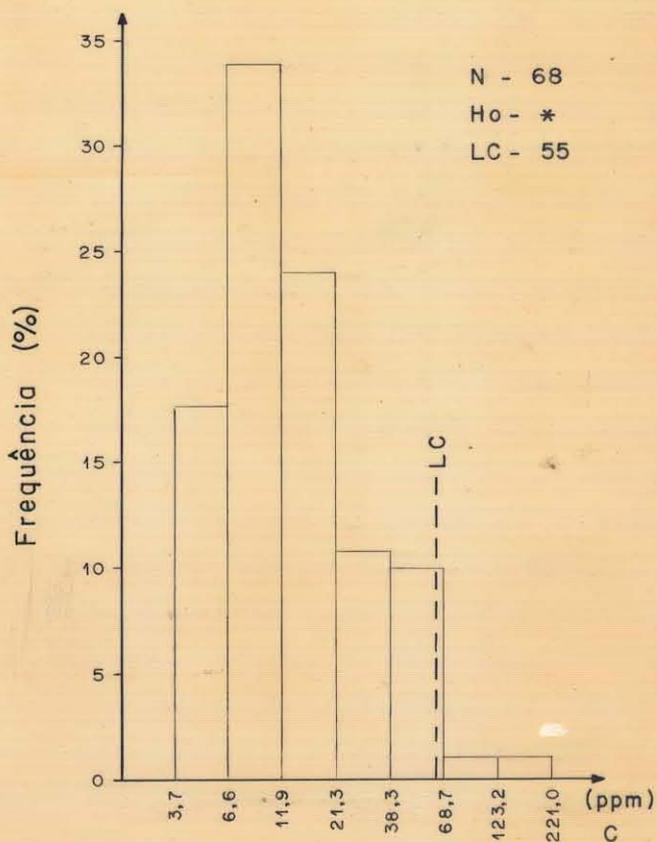
Dados analíticos transformados logaritmicamente

Número de amostras igual a 68

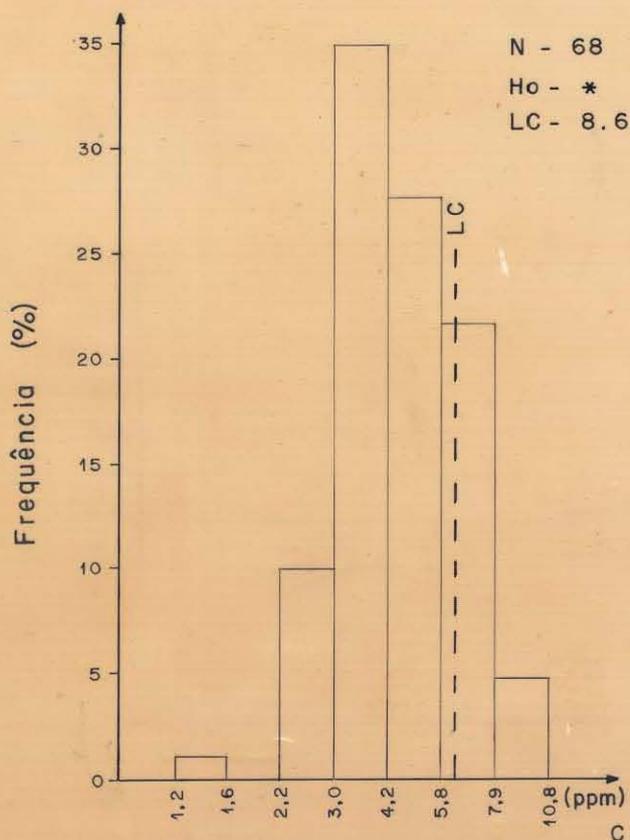
PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ



LEGENDA

N = Número de amostras

Ho = * Hipótese nula lognormal aceita.

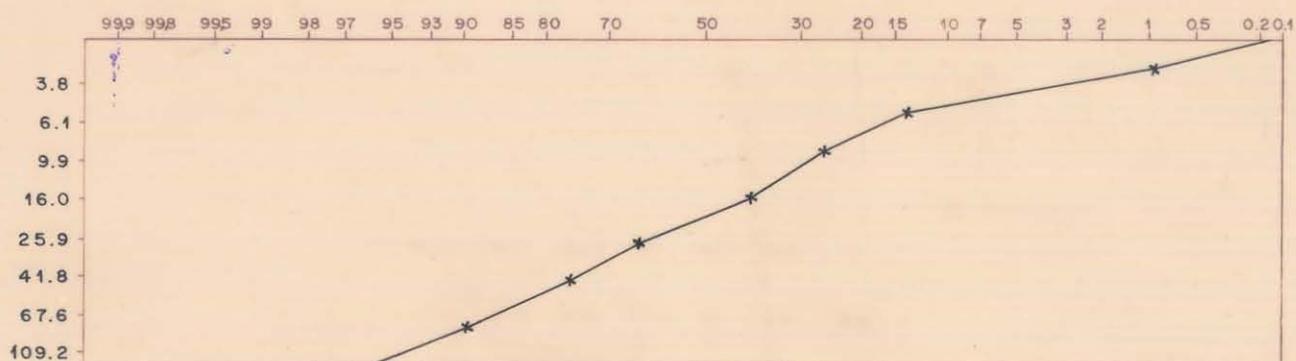
Ho = ** Hipótese nula lognormal rejeitada.

C = Concentração (ppm)

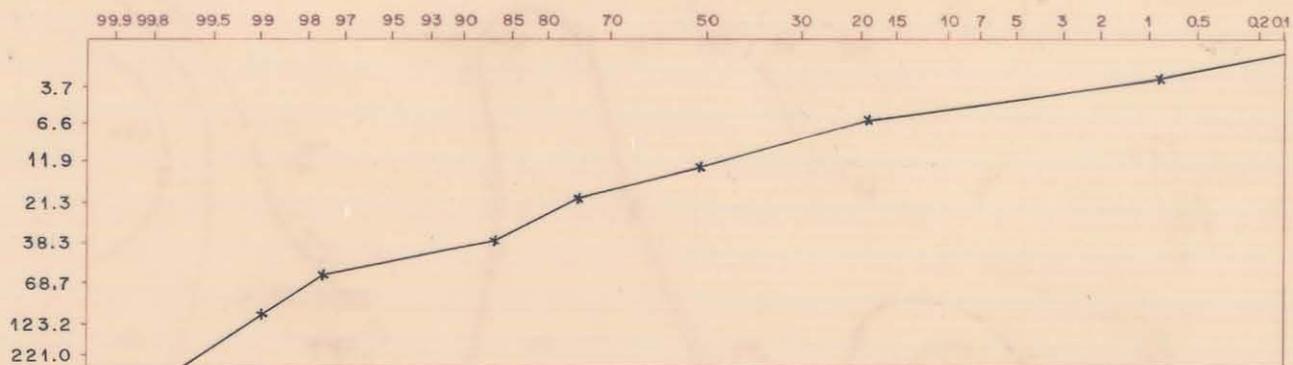
LC = Limiar calculado

Fig. 8 - Histogramas de frequência do Cu nas três ocorrências amostradas.

FAZ. PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ

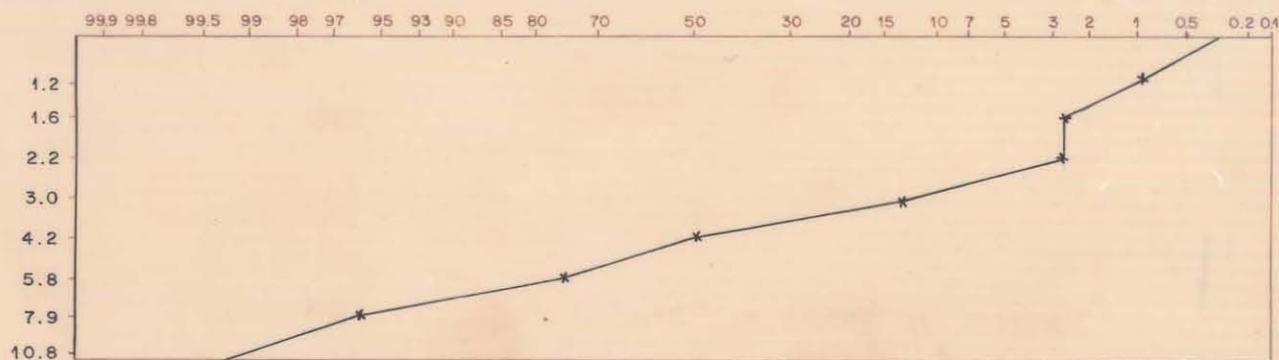


Fig. 9 : Gráficos de probabilidade do Cu nas três ocorrências amostradas.

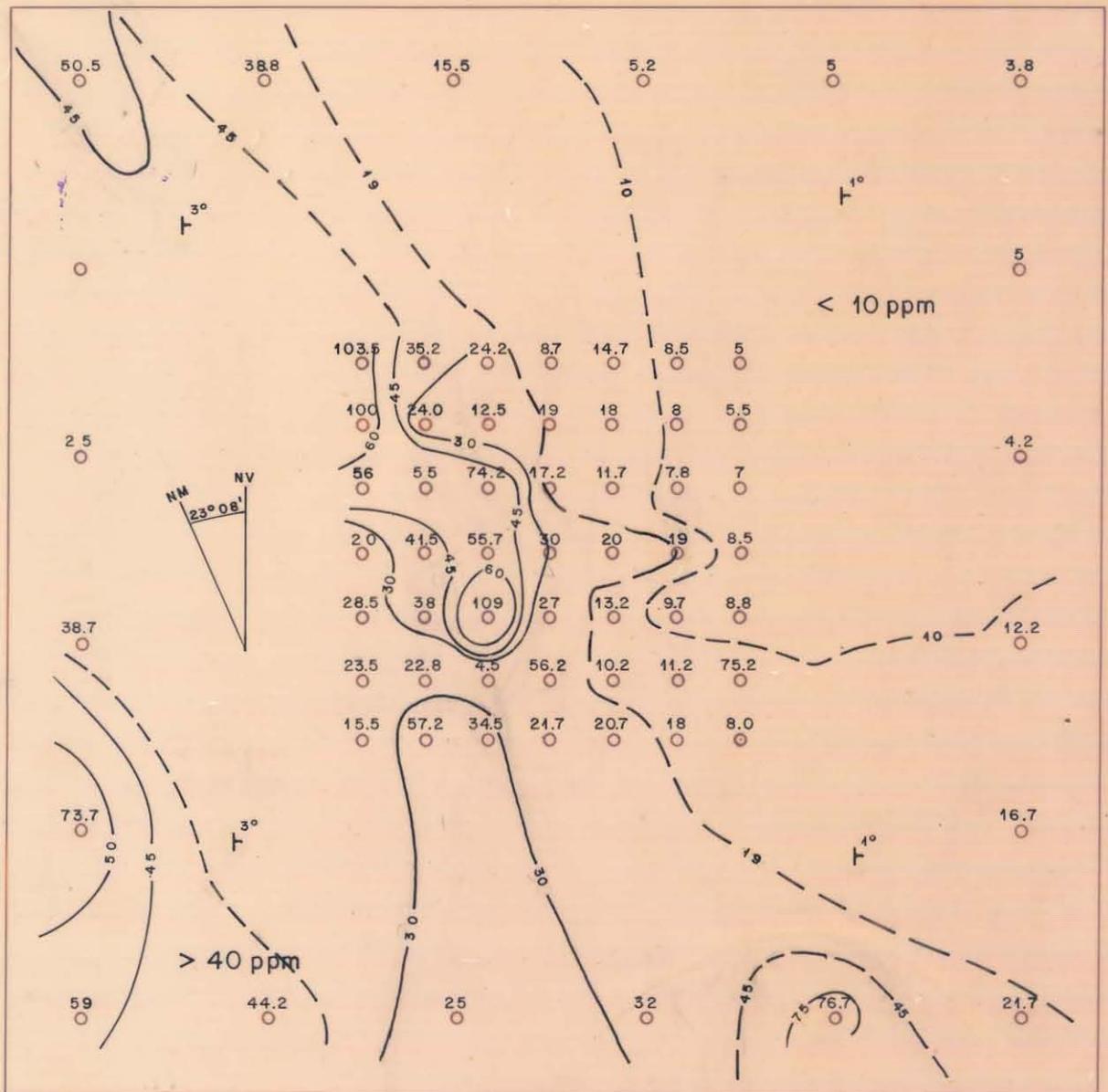
O mapa de isoteores do cobre em Panelas (figura 10) revela que a mineralização de apatita está localizada subjacente aos altos valores de cobre (30 - 109 ppm) no solo, na direção noroeste em contato com solos de baixo teor de cobre (< 19 ppm) a leste. Cada uma dessas zonas geoquímicas apresenta até 120 metros de largura. A nordeste observa-se uma zona com valores inferiores a 10 ppm de cobre, enquanto a sudoeste está caracterizada uma área com valores superiores a 40 ppm de cobre.

Analisando globalmente este mapa verifica-se que a leste a concentração de valores abaixo de 19 ppm, está refletindo o solo sobre as rochas migmatíticas, que contêm os teores de cobre menos elevados do que as rochas diopsidíticas. Ao centro da malha de amostragem estão definidas as maiores concentrações que refletem provavelmente a mineralização de apatita. A oeste a elevação na concentração do elemento parece espelhar as lentes de mármore, que ocorrem próximas à crista quartzítica e que teriam contribuído para o aumento na concentração do cobre. Está desenhado em linha interrompida o possível "contato geoquímico" entre as rochas calcossilicatadas e as rochas encaixantes.

A apatita de Pedra Branca (fig. 11) está localizada em "trend" na direção noroeste em zona de altos valores de cobre (19 - 200 ppm) de 60 metros de largura aproximadamente, estando situada entre solo de baixo teor de cobre (< 19 ppm).

É verificado que a maior concentração do elemento está localizada ao centro da malha, revelando conspicuamente a variação litológica devido à presença da rocha diopsidítica, que contém a mineralização apatitífera. Nota-se que o solo sobre as rochas encaixantes apresenta concentração de valores de cobre ligeiramente inferior à de Panelas, tendo em vista as menores médias aritmética e geométrica que apresenta. Provavelmente a rocha diopsidítica tenha uma menor possança na ocorrência, e isto faça com que diminua o valor da média em relação à Panelas.

linha tracejada O mapa de isoteores do cobre em Tomé (fig. 12)



CONVENÇÕES

$\bar{X} = 30 \text{ ppm}$

-12 = Curva de isoteor

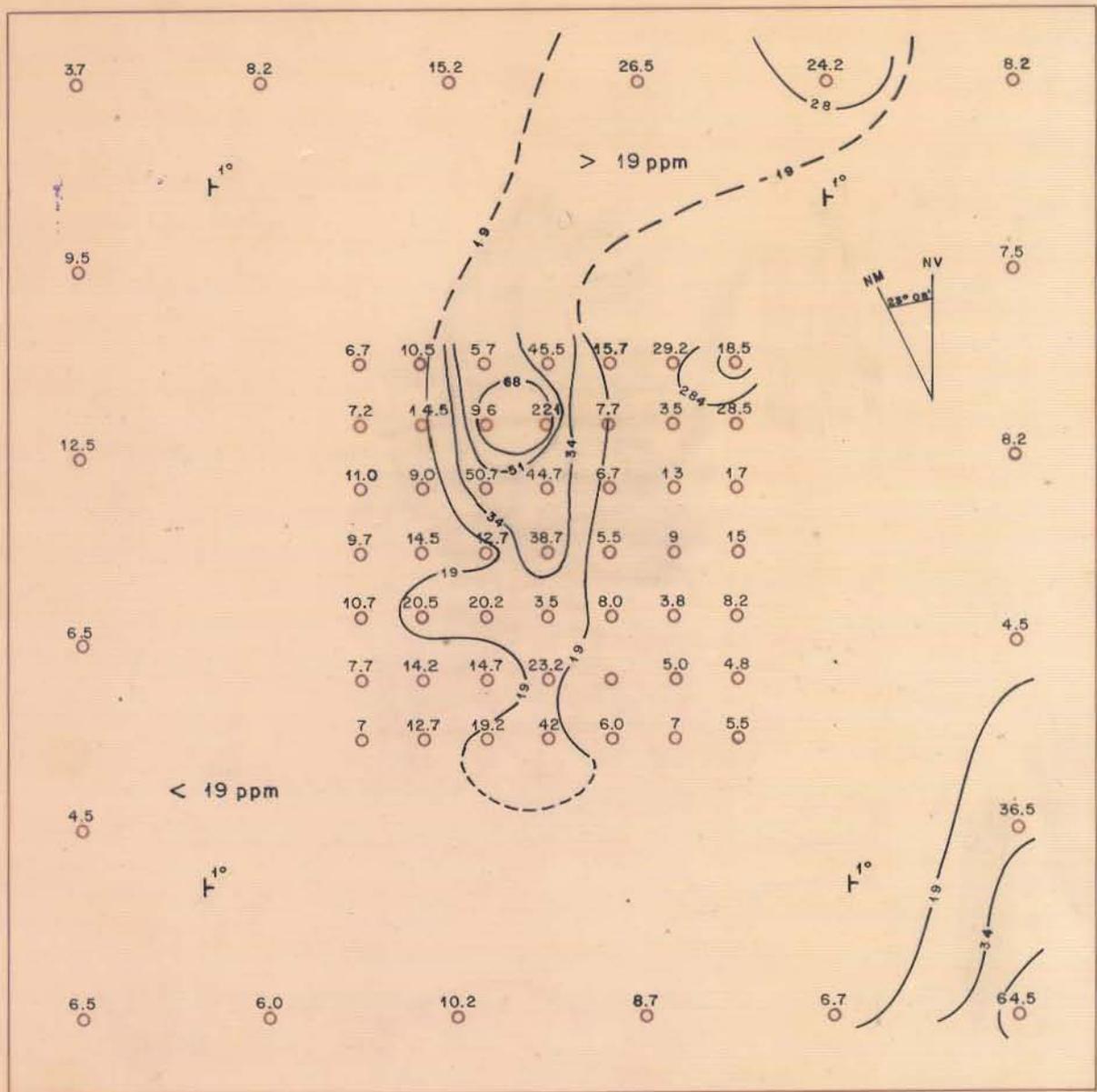
\circ = Ponto amostrado

F = Declive

S = 30 ppm

- - - = Limite do "contato geoquímico."

Figura 10: Mapa de isoteores do Cu em Painelas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 10 ppm

\circ = Ponto amostrado

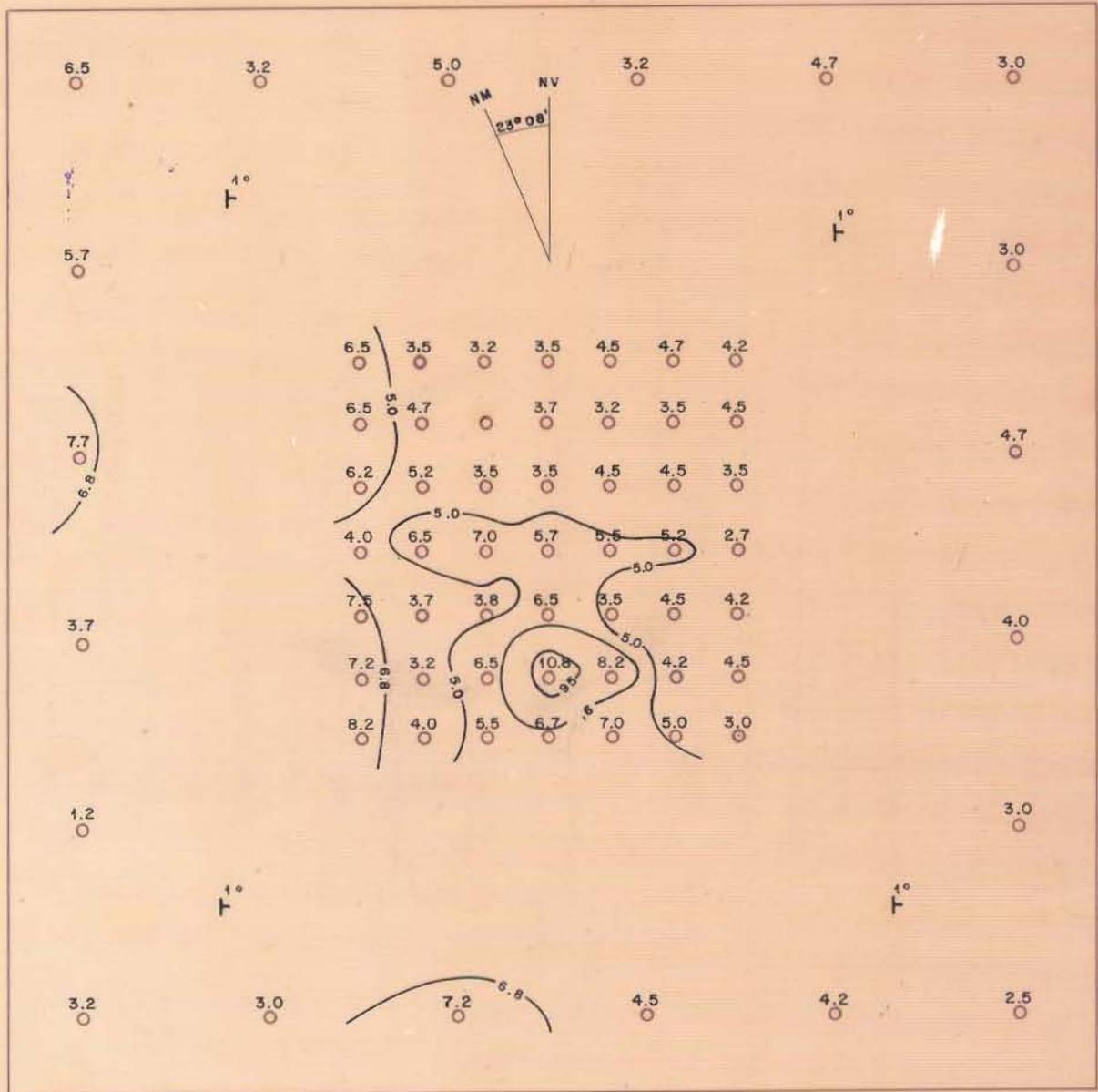
S = 17 ppm

— = Curva de isoteor

T = Declive

- - - = Limite do "contato geoquímico."

Figura 11 : Mapa de isotores do Cu em Pedra Branca.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 5 ppm

= Curva de isoteor

= Ponto amostrado

∇ = Declive

S = 1.8 ppm

Figura 12: Mapa de isoteores do Cu em Tomé.

acusa os valores analíticos mais significantes no centro da malha interna, estando no entanto, localizados ao sul. Contudo os solos desta área são cinco vezes mais pobres em cobre se comparados aos de Pannels e Pedra Branca. Também não foi possível definir com clareza uma região em que se pudesse discriminar subáreas que indicassem diferenças fundamentais no "bedrock" subjacente. É proposto que a maior concentração de valores no interior da malha seja devido à presença da mineralização apatitífera. O fato marcante observado neste estudo estatístico para o cobre é a diferença significativa apresentada entre as médias de Pannels e Pedra Branca com a média de Tomé, revelando que a concentração do cobre em Tomé é bem inferior a apresentada em Pannels e Pedra Branca.

Zinco

Na tabela 8 estão registrados os parâmetros estatísticos calculados para o zinco abrangendo as três áreas pesquisadas. Na ocorrência de Pannels estão assinalados os teores mais elevados indicados pela maior média e pelo maior coeficiente de variação. Verifica-se que em Tomé, a exemplo do que acontece com o cobre, os solos apresentam os teores de zinco menos realçados que as demais ocorrências.

Os histogramas de frequência do zinco (fig. 13) revelam-se bimodais em Pannels e em Tomé. Em Pedra Branca o histograma revela-se unimodal com uma ligeira assimetria positiva. O teste de distribuição revelou apenas a rejeição da lognormalidade no teste qui-quadrado a 5% do nível de significância. Os gráficos de probabilidade (fig. 14) para as três áreas não ressaltam a presença de mais de uma população, conforme ficou definido nos histogramas de frequência.

O mapa de isoteores do zinco em Pannels (fig. 15) apresenta idêntica configuração ao mapa do cobre com valores analíticos elevados situados na parte oeste da malha de amostragem mais interna.

Tabela 8

- Sumário Estatístico para Zn nós Solos de
Panelas, Pedra Branca e Tomé

ELEMENTOS		PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ	
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
Valor Mínimo (ppm)		15,2	18,0	10	
Valor Máximo (ppm)		150,7	81	35	
Amplitude (ppm)		135,7	63	25	
Média Aritmética (ppm)		55,9	36,2	20,31	
Média Geométrica (ppm)		46,7	33,8	19,4	
Desvio Padrão (ppm)		37,4	13,9	6,20	
Coeficiente de Variação		0,68	0,39	0,31	
Assimetria		-0,15	0,32	0,10	
Curtose		2,07	2,29	2,25	
Teste de Distribuição	Teste de Kolmogorov Smirnov	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita
Hipótese Nula H_0 : Lognormal	Teste de Qui- quadrado	α : 5%	rejeita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita

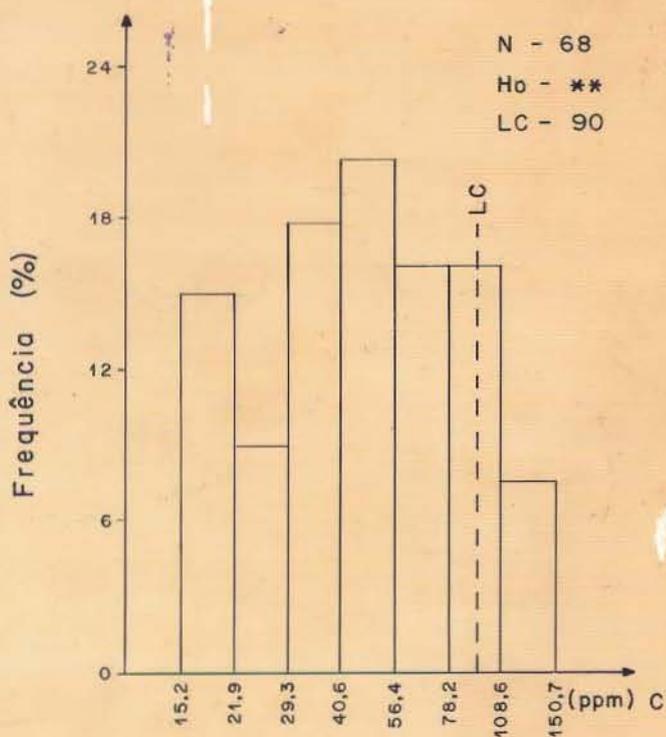
Intervalos calculados por Sturges

α : nível de significância para os testes de distribuição

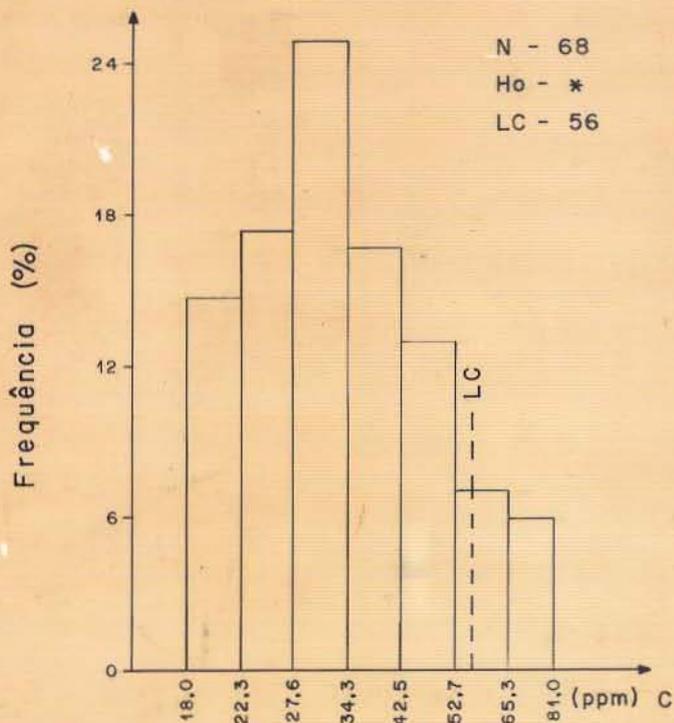
Dados analíticos transformados logaritmicamente

Número de amostras igual a 68

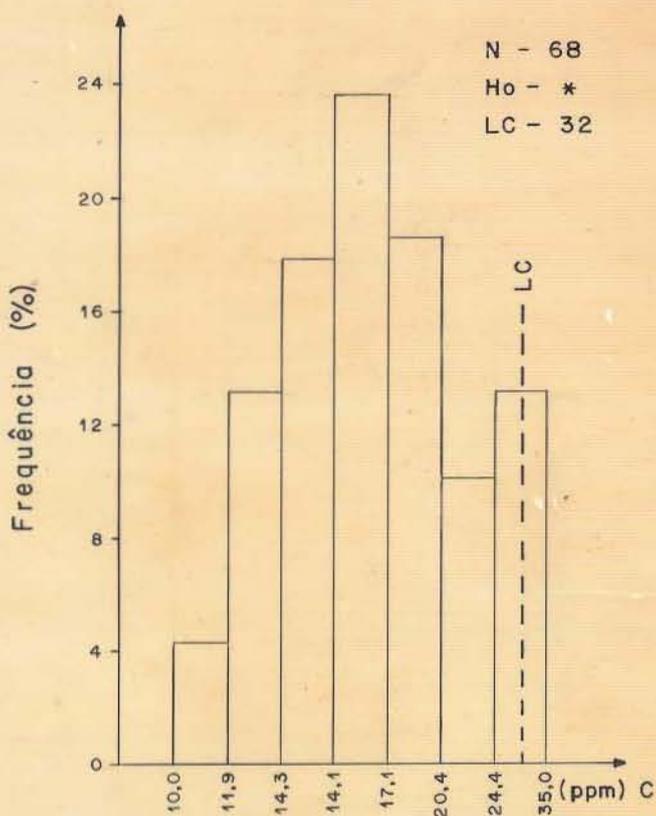
PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ



LEGENDA

N = Número de amostras

Ho = * Hipótese nula lognormal aceita.

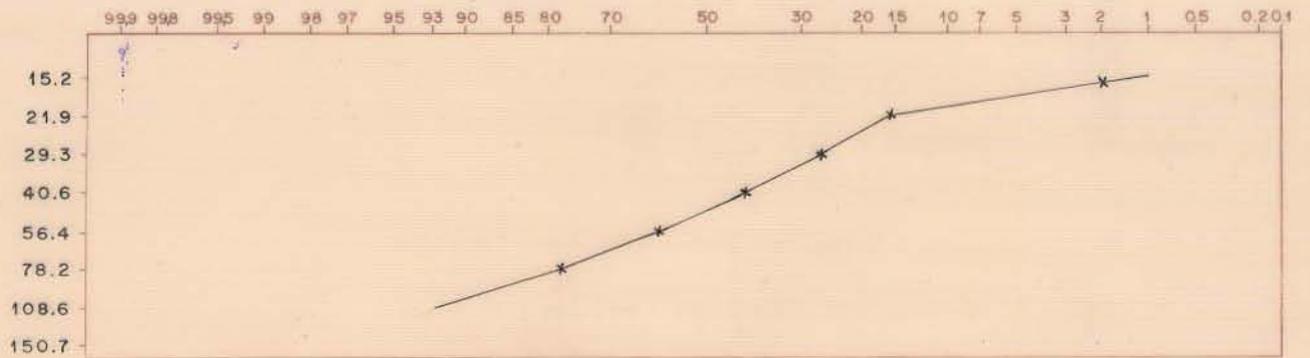
Ho = ** Hipótese nula lognormal rejeitada.

C = Concentração (ppm)

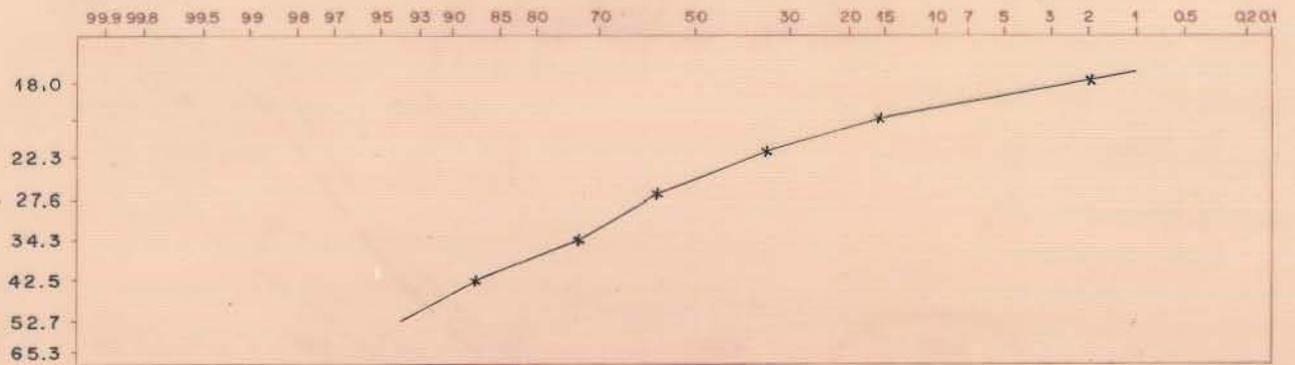
LC = Limiar calculado

Fig. 13 - Histogramas de frequência do Zn nas três ocorrências amostradas.

FAZ. PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ

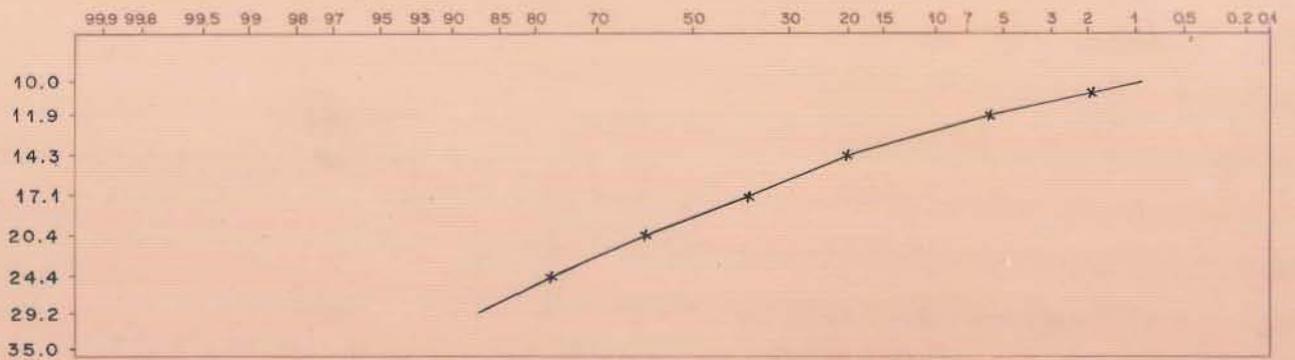
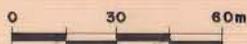
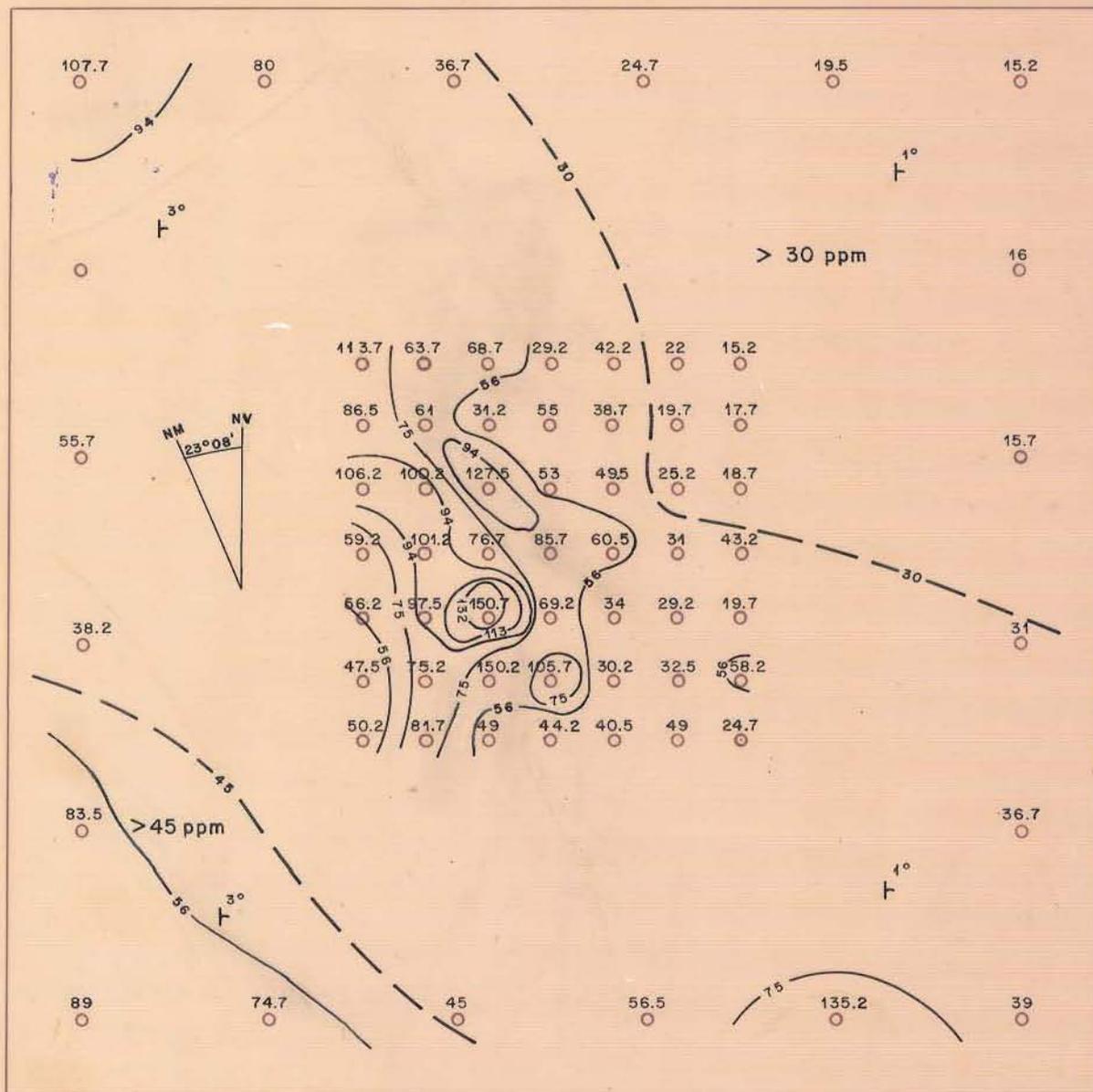


Fig. 14 : Gráfico de probabilidade do Zn nas três ocorrências amostradas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 56 ppm

= Curva de isoteor

= Ponto amostrado

= Declive

S = 38 ppm

= Limite do "contato geoquímico."

Figura 15 : Mapa de isoteores do Zn em Panelas.

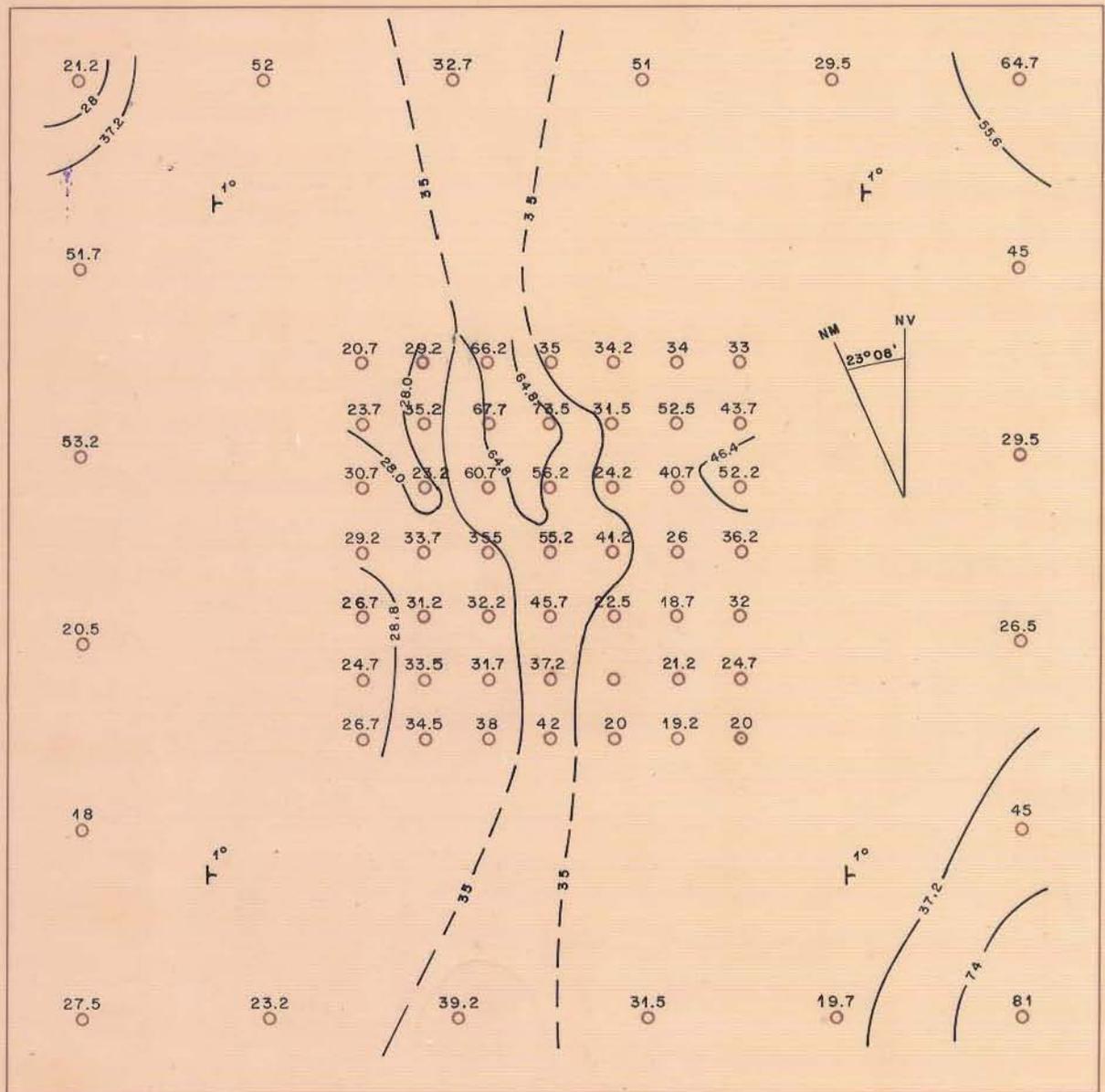
A zona mineralizada de apatita em Pannels apresenta teores no solo de 56 a 150 ppm, com largura de cerca de 150 ppm, o que revela uma maior dispersão que o mapa de isóteor de cobre na mesma ocorrência. Apresenta o mesmo "trend" na direção noroeste-sudeste. Observa-se um contato geoquímico com faixa de valores entre 29,2 e 58,2 ppm, e outro contato desta última faixa com uma zona com valores inferior a 30 ppm na parte nordeste do mapa. A sudoeste destaca-se uma faixa com valores de zinco superior a 45 ppm.

Os teores de zinco em Pedra Branca (fig. 16) mostram distribuição geoquímica similar à do cobre na mesma área, evidenciando a maior faixa de valores distribuídos no centro da malha, onde exibe um cinturão com valores entre 35 ppm a 73,5 ppm na zona central. Esta faixa de valores elevados de zinco distribuída no centro da malha é um reflexo que este elemento, como o cobre, sofre um acréscimo de valores quando está em cima do corpo mineralizado. Está tracejado o contato geoquímico, na tentativa de discriminar subáreas. Isto não é bem evidenciado como em Pannels. É suposto que as rochas encaixantes são empobrecidas em zinco na ocorrência de Pedra Branca. O valor mais elevado na malha externa pode ser devido a problemas de contaminação ou mesmo continuação da mineralização.

O padrão de distribuição geoquímica do zinco em Tomé (Fig. 17) mostra configuração similar a do cobre, apresentando concentrações expressivas no centro sul da malha interna, que delimitam a zona anômala.

Manganês

A tabela 9 corresponde ao sumário dos estimados do elemento manganês nas três áreas estudadas. Pelos resultados apresentados, verifica-se que os parâmetros estatísticos de finidores da ocorrência de Pannels são os mais elevados. Comparando os teores médios exibidos pelo manganês em Tomé com os mos



CONVENÇÕES

\bar{X} = 18.8 ppm

= Curva de isoteor

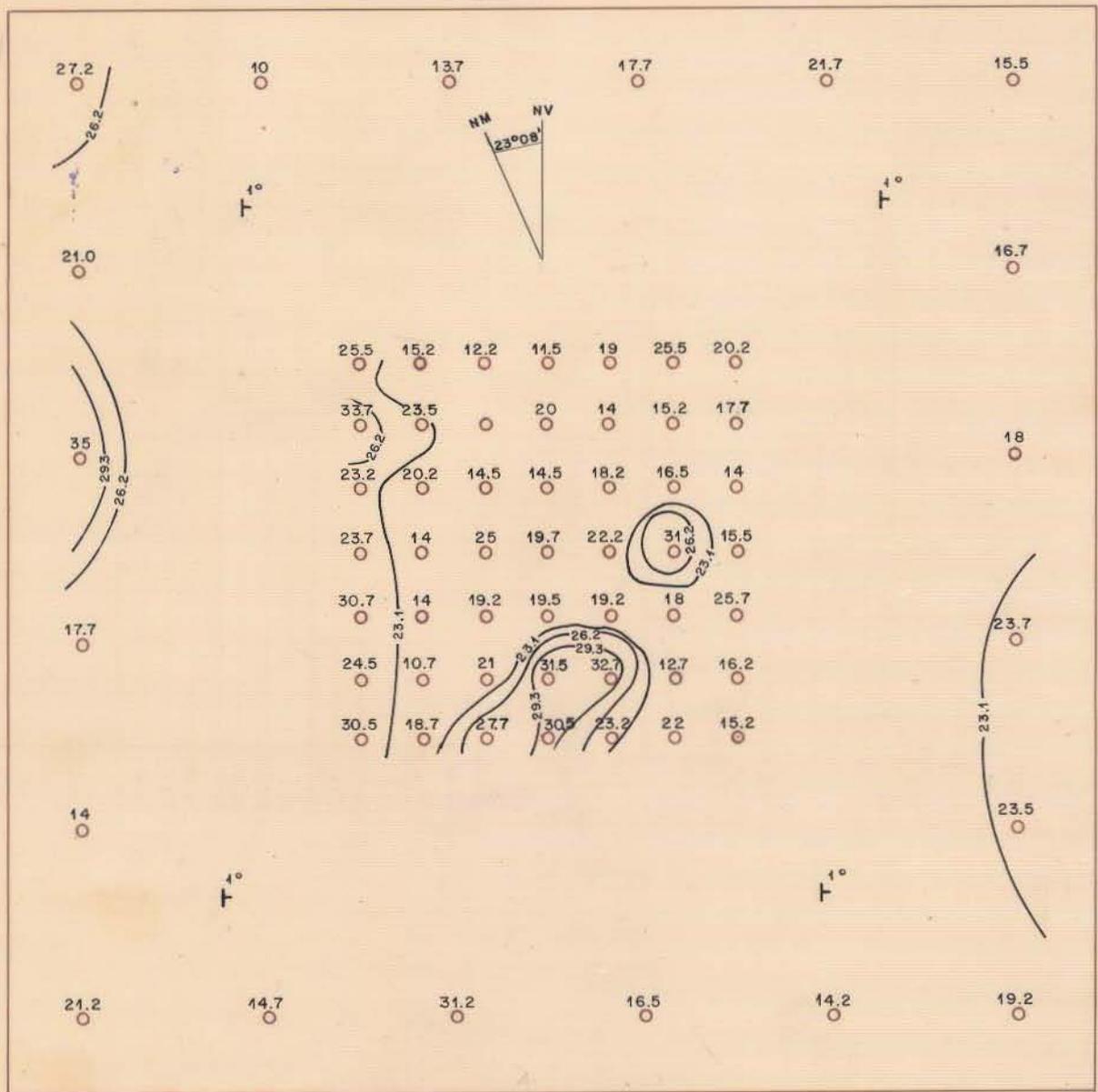
= Ponto amostrado

= Declive

S = 19.4 ppm

= Limite do "contato geoquímico."

Figura 16 : Mapa de isotores do Zn em Pedra Branca.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 20 ppm

= Curva de isoteor

= Ponto amostrado

T = Declive

S = 6.2 ppm

Figura 17 : Mapa de isoteores do Zn em Tomé.

Tabcla 9 -

Sumário Estatístico para Mn nós Solos de
 Panelas, Pedra Branca e Tomé

ELEMENTOS		PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ	
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
Valor Mínimo (ppm)		122	128	73	
Valor Máximo (ppm)		4410	1675	590	
Amplitude (ppm)		4288	1547,5	517	
Média Aritmética (ppm)		807	628,9	198	
Média Geométrica (ppm)		616	544,9	176	
Desvio Padrão (ppm)		677,2	362,3	103	
Coeficiente de Variação		0,86	0,58	0,52	
Assimetria		-0,11	-0,17	0,15	
Curtose		2,71	2,76	2,47	
Teste de Distribuição Hipótese Nula H_0 : Lognormal	Teste de Kolmogorov Smirnov	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita
	Teste de Qui- quadrado	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita

Intervalos calculados por Sturges

α : nível de significância para os testes de distribuição
 Dados analíticos transformados logaritmicamente
 Número de amostras igual a 68

trados em Panelas, nota-se que na última ocorrência a média é cerca de quatro vezes superior ao apresentado em Tomé. A média para o elemento Os histogramas de frequência (fig. 18) em Pedra Branca e Tomé apresentam-se bimodais, enquanto que em Panelas é unimodal com assimetria ligeiramente negativa. Os gráficos de probabilidade (fig. 19) registram levemente presença da distribuição bimodal principalmente na ocorrência de Panelas.

O limiar calculado para área de Panelas é cinco vezes superior ao limiar calculado para Tomé, sendo ainda bem superior ao limiar estipulado para o manganês analisado no solo da ocorrência de Pedra Branca.

O mapa de isoteores do manganês em Panelas (fig. 20) diverge um pouco dos outros elementos analisados, seguindo razoavelmente a zona central de influência da rocha calcossilicada e conseqüentemente da zona mineralizada.

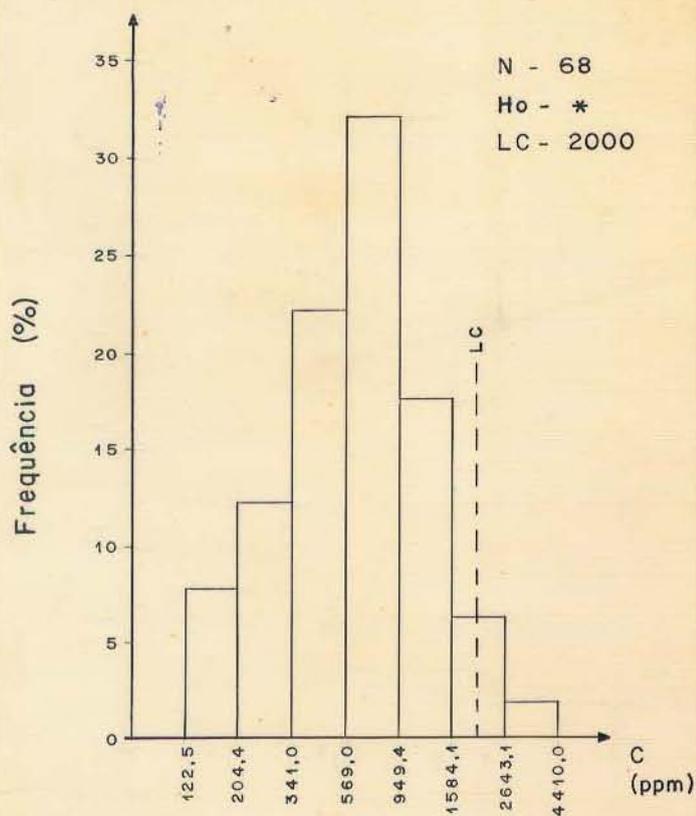
A distribuição geoquímica do manganês revela os valores mais elevados no centro da malha (800 - 2305 ppm), com "trend" na direção nordeste-sudeste e largura de aproximadamente 100 metros. Uma faixa de valores entre 300 e 800 ppm está em contato a leste. Apresenta uma zona de valores inferior a 300 ppm a nordeste e outra faixa com valores superior a 700 ppm a sudoeste.

É possível também, delimitar as subáreas da mesma forma que nos demais elementos, apresentando a nordeste uma faixa de valores inferior a 500 ppm e outra a sudoeste superior a 800 ppm.

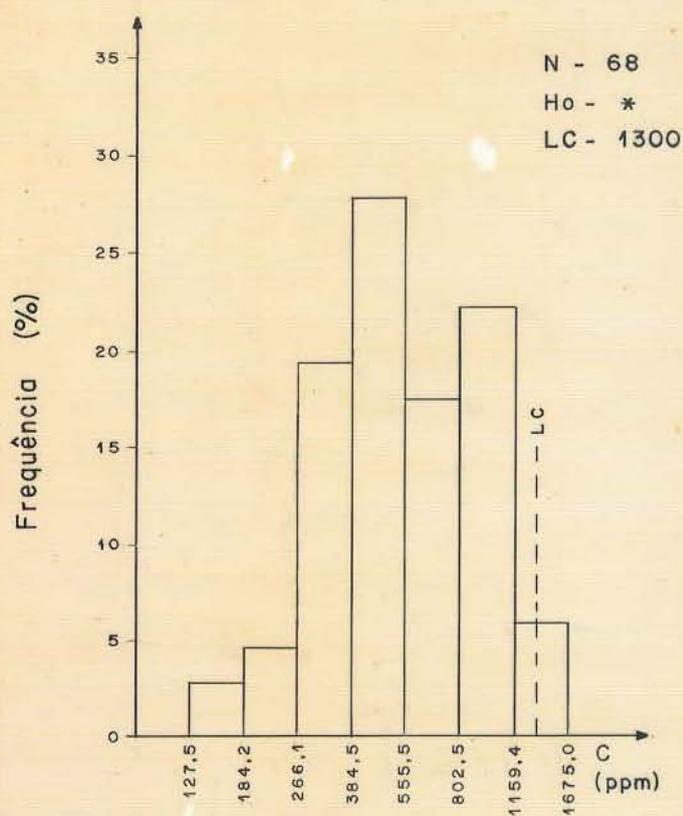
A distribuição geoquímica do manganês na ocorrência de Pedra Branca (fig. 21) apresenta os valores mais expressivos no centro da rede de amostragem. Este cinturão de valores (550 - 1470 ppm), alarga-se na zona mineralizada onde atinge cerca de 100 metros de largura. Apresenta o padrão de distribuição secundário semelhante ao exibido pelo zinco.

Em Tomé o mapa de isoteores do manganês (fig. 22) revela teores mais expressivos no centro-sul da malha de

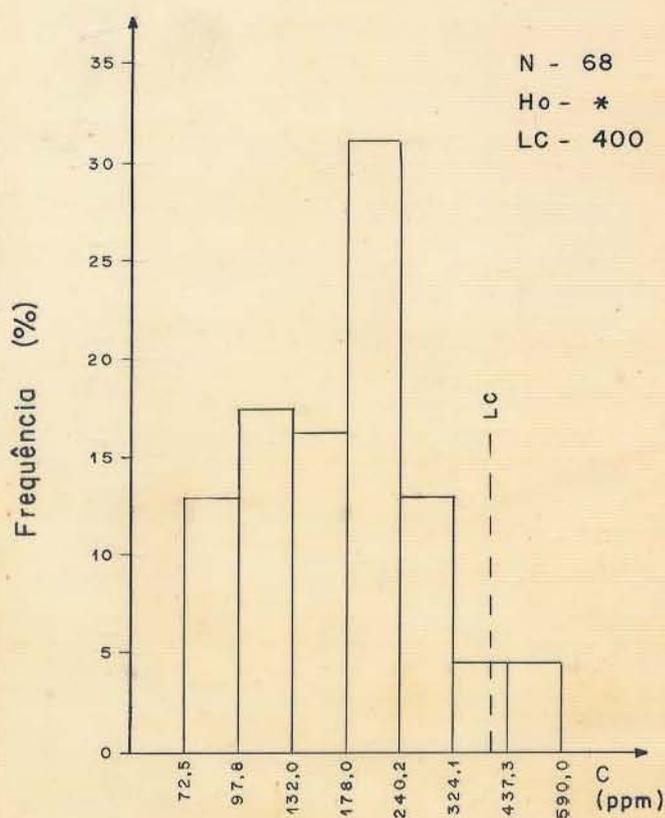
PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ



LEGENDA

N = Número de amostras

Ho = * Hipótese nula lognormal aceita.

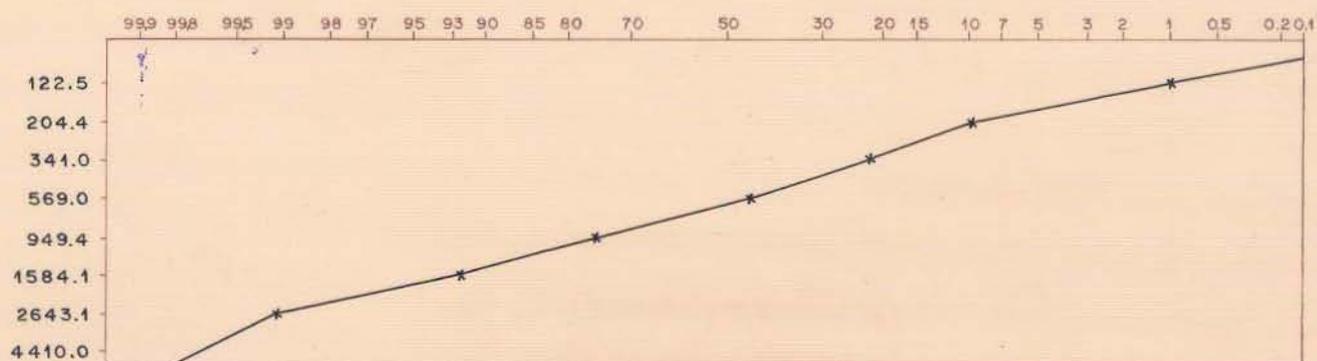
Ho = ** Hipótese nula lognormal rejeitada.

C = Concentração (ppm)

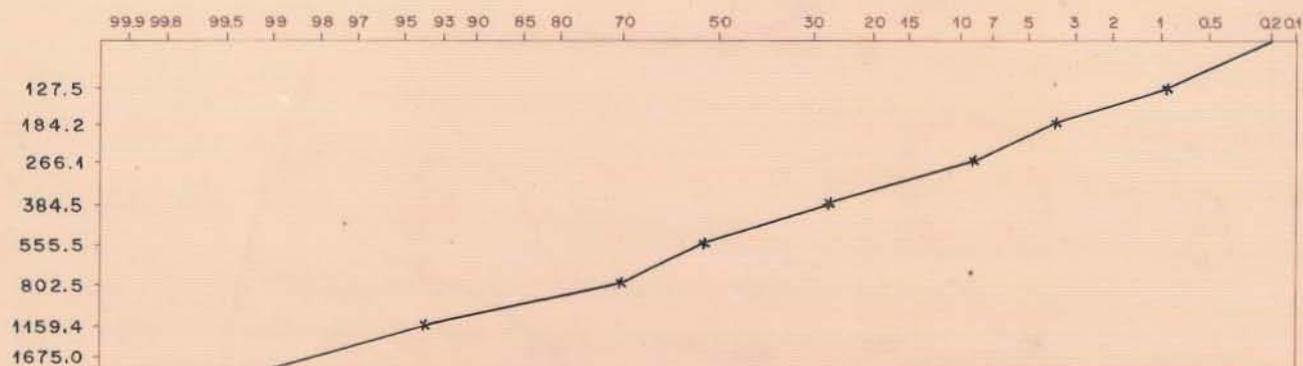
LC = Limiar calculado

Fig. 18 - Histogramas de frequência do Mn nas três ocorrências amostradas.

FAZ. PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ

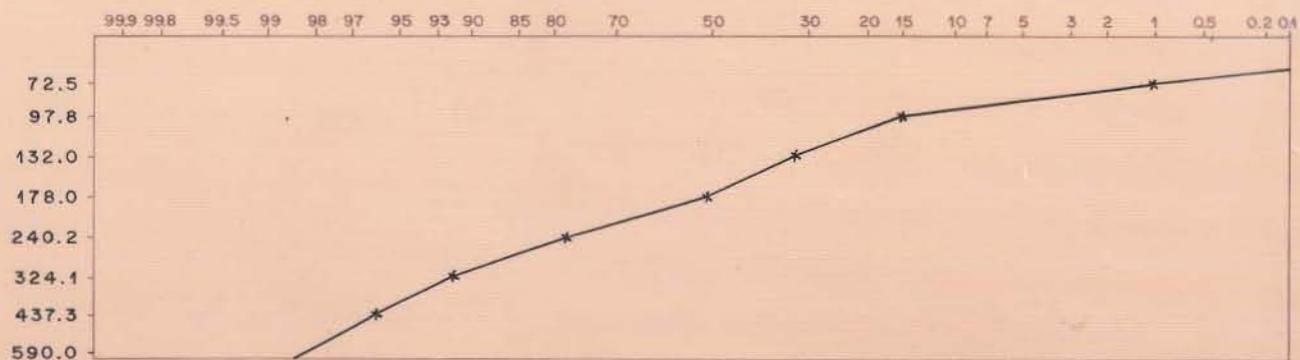
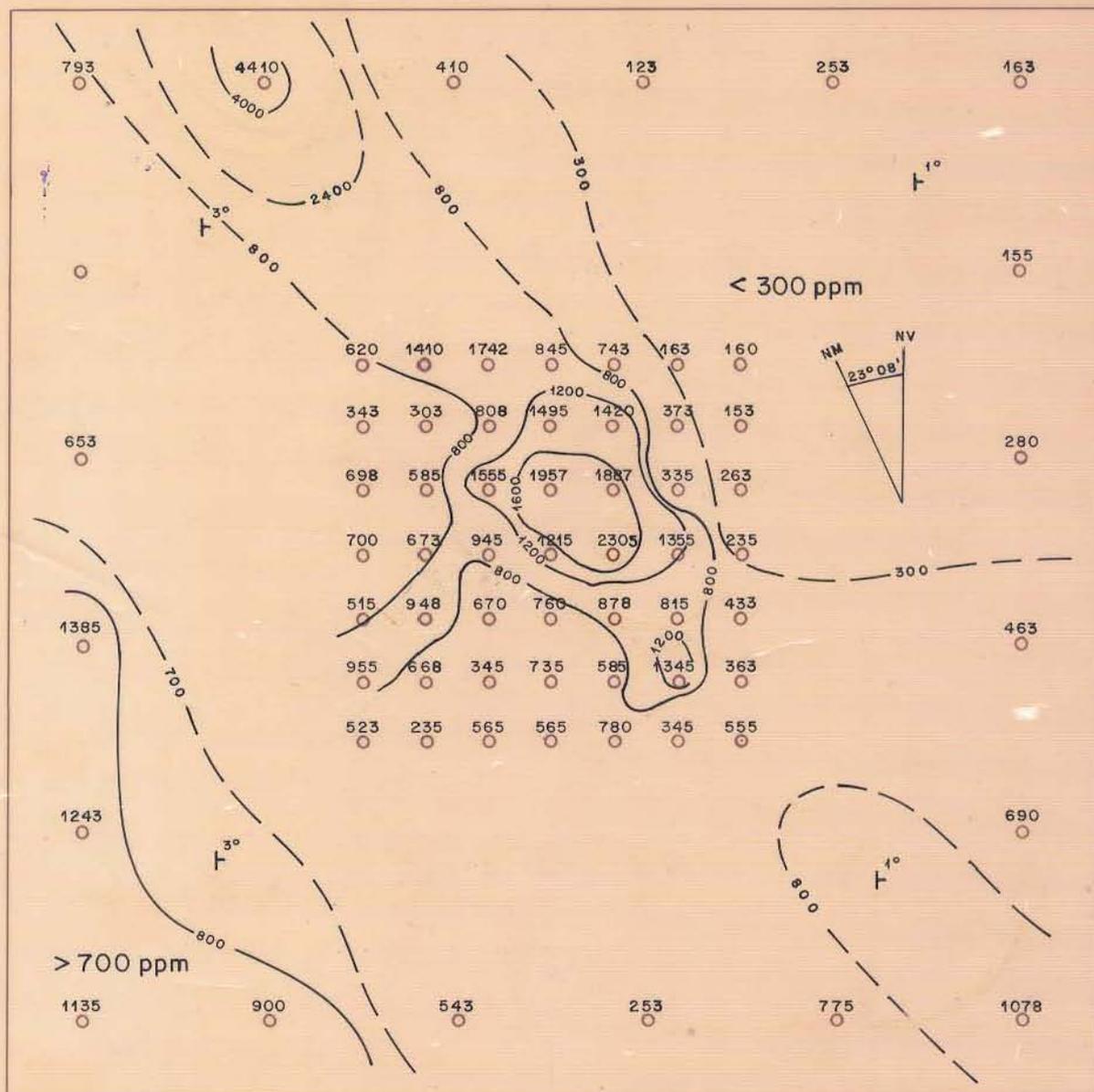


Fig. 19 : Gráfico de probabilidade do Mn nas três ocorrências amostradas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 800 ppm

= Curva de isoteor

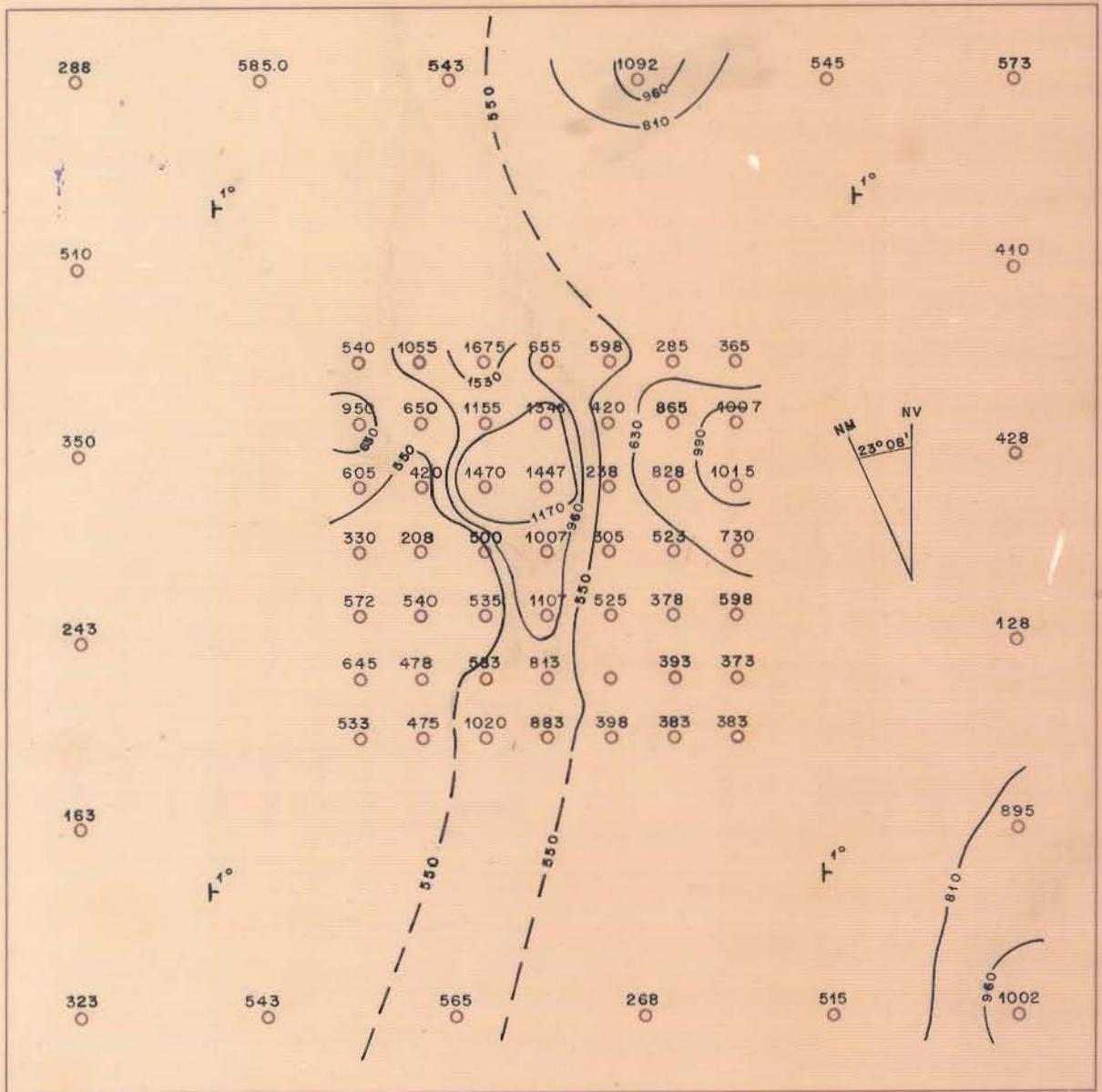
\circ = Ponto amostrado

T = Declive

S = 800 ppm

= Limite do "contato geoquímico."

Figura 20 : Mapa de isoteores do Mn em Painelas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 630 ppm

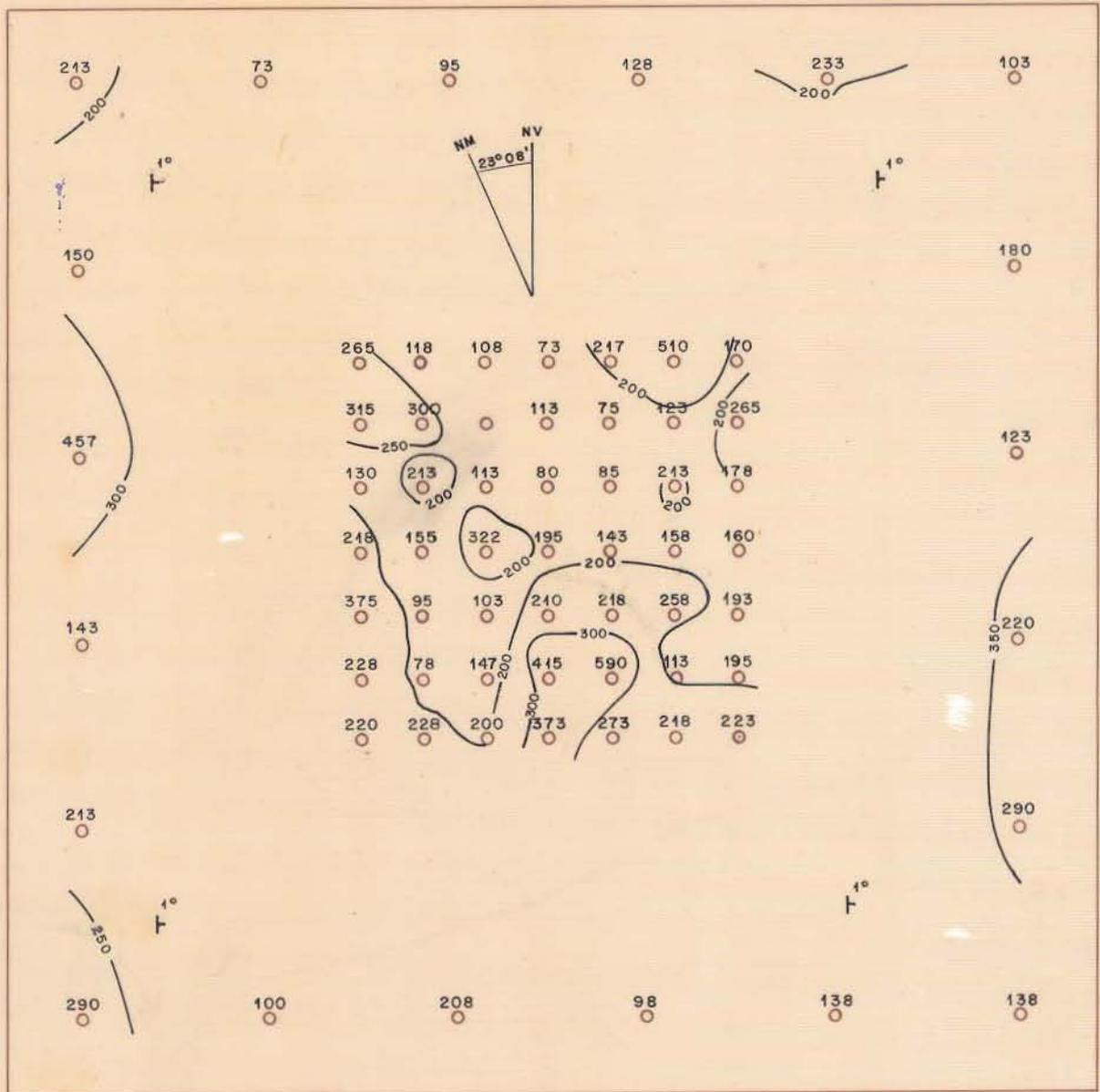
— = Curva de isoteor

○ = Ponto amostrado

┆ = Declive

S = 330 ppm

Figura 21 : Mapa de isoteores do Mn de Pedra Branca.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 200 ppm

= Curva de isoteor

= Ponto amostrado

T = Declive

S = 100 ppm

Figura 22: Mapa de isotores do Mn em Tomé.

amostragem interna (300 - 590 ppm), não sendo caracterizados os contatos geoquímicos. Analisando o mapa, nota-se semelhante configuração com os elementos Cu e Zn, descritos anteriormente para esta ocorrência.

Ferro

Os parâmetros estatísticos calculados para o ferro estão sumarizados na tabela 10. O teor médio mais expressivo verifica-se em Pedra Branca, sendo que na área de Pannels o elemento apresenta o maior desvio padrão, significando que nesta ocorrência os teores do ferro estão mais dispersos do que em Pedra Branca. Em Tomé as concentrações do ferro são menos expressivas como acontece com os elementos anteriormente descritos. Os histogramas de frequência do ferro (fig. 23) em Pedra Branca e Tomé exibem uma configuração semelhante e aproximadamente simétrica, enquanto que em Pannels revela-se negativamente assimétrica como atesta o valor de assimetria bem superior ao de Pannels e Pedra Branca. Os gráficos de probabilidade (fig. 24) são semelhantes nas três áreas, denotando uma ligeira inflexão que, mesmo assim, não caracterizam com segurança presença de mais de uma população.

No tocante ao mapa de isoteor do ferro em Pannels (fig. 25) o mesmo revela idêntica distribuição geoquímica que os elementos cobre, zinco e manganês evidenciando a zona anômala (27000 - 47600 ppm). Destaca-se a faixa de valores entre 10.000 e 20.000 ppm com contato geoquímico localizado na parte leste. É ressaltada, ainda, uma zona com valores abaixo de 10.000 ppm na parte nordeste e superior a 31.000 ppm na parte sudoeste do mapa de isoteores.

O mapa de isoteores do ferro em Pedra Branca (fig. 26) assemelha-se aos mapas de isoteores dos demais elementos analisados nesta área.

O elemento apresenta um alinhamento de valores

Tabela 10

Sumário Estatístico para Fe nos Solos de
Painelas, Pedra Branca e Tomé

ELEMENTOS		PAINELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ	
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
Valor Mínimo (ppm)		2825	4725	2802	
Valor Máximo (ppm)		47160	53012	20000	
Amplitude (ppm)		44335	48287	17198	
Média Aritmética (ppm)		19940	16349	8292	
Média Geométrica (ppm)		16182	13969	7528	
Desvio Padrão (ppm)		14312	9935	3842	
Coeficiente de Variação		0,73	0,614	0,46	
Assimetria		-0,58	0,166	-0,13	
Curtose		2,42	2,058	2,40	
Teste de Distribuição	Teste de Kolmogorov Smirnov	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita
Hipótese Nula H_0 : Lognormal	Teste de Qui- quadrado	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita

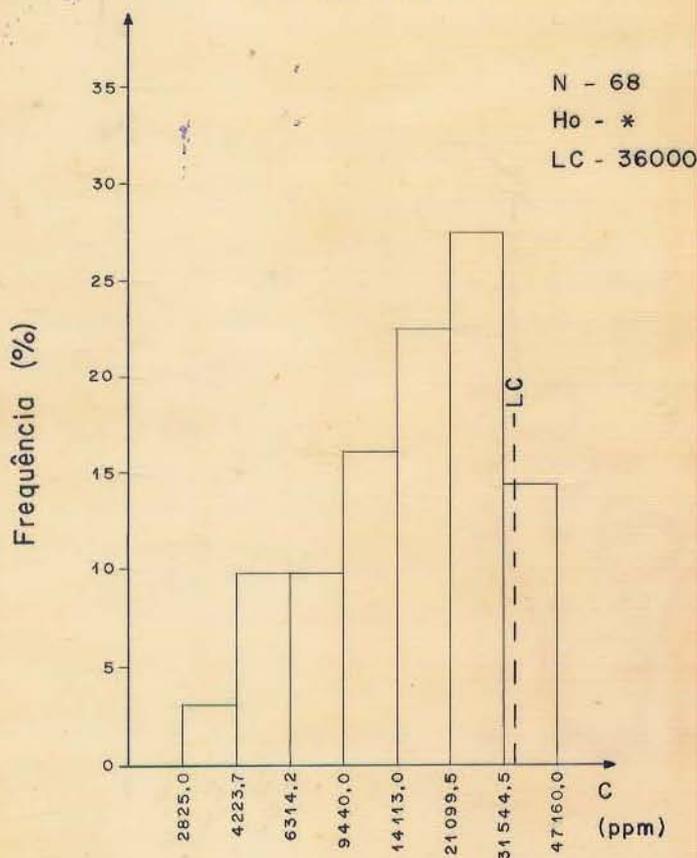
Intervalos calculados por Sturges

α : nível de significância para os testes de distribuição

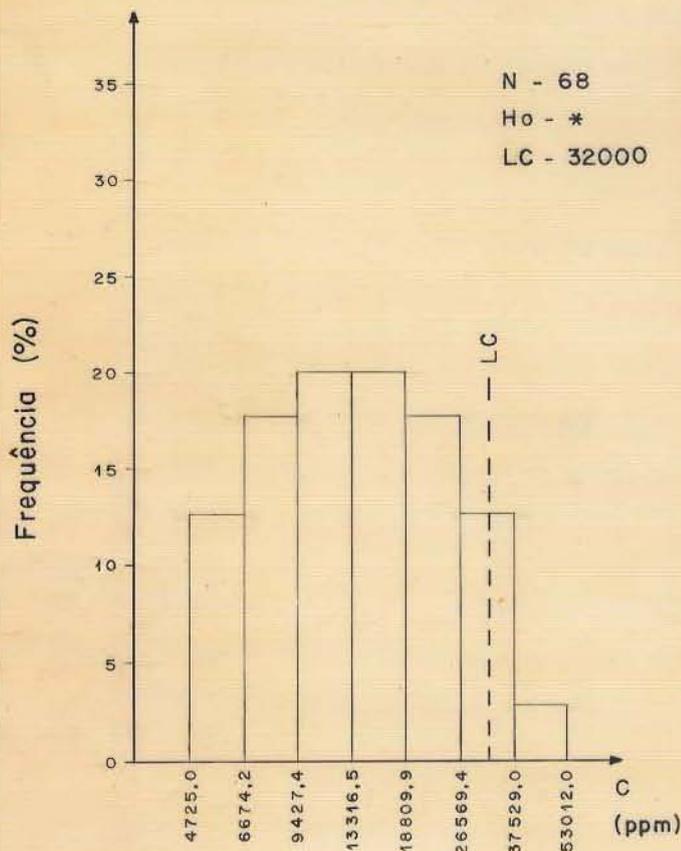
Dados analíticos transformados logaritmicamente

Número de amostras igual a 68

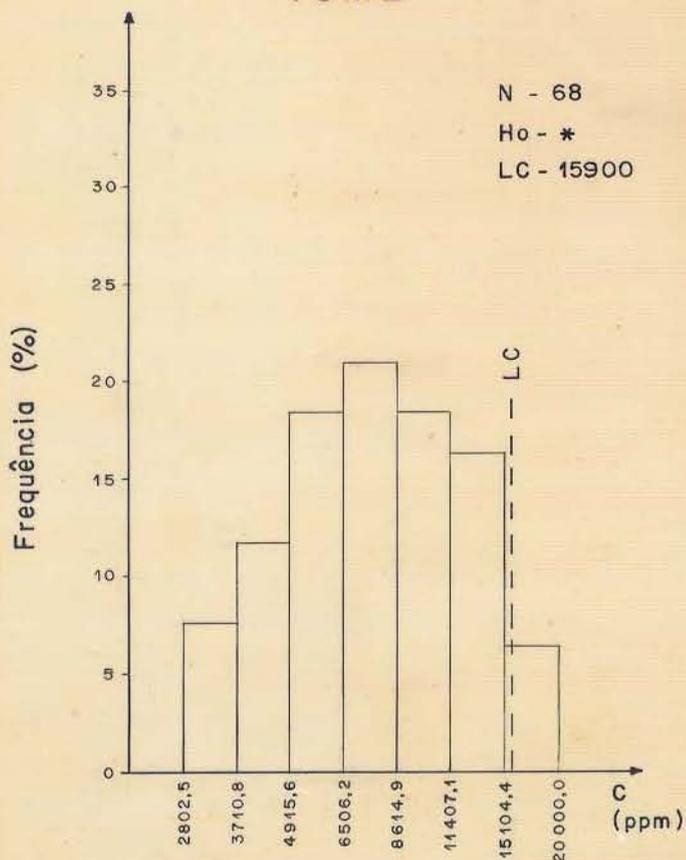
PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ



LEGENDA

N = Número de amostras

Ho = * Hipótese nula lognormal aceita.

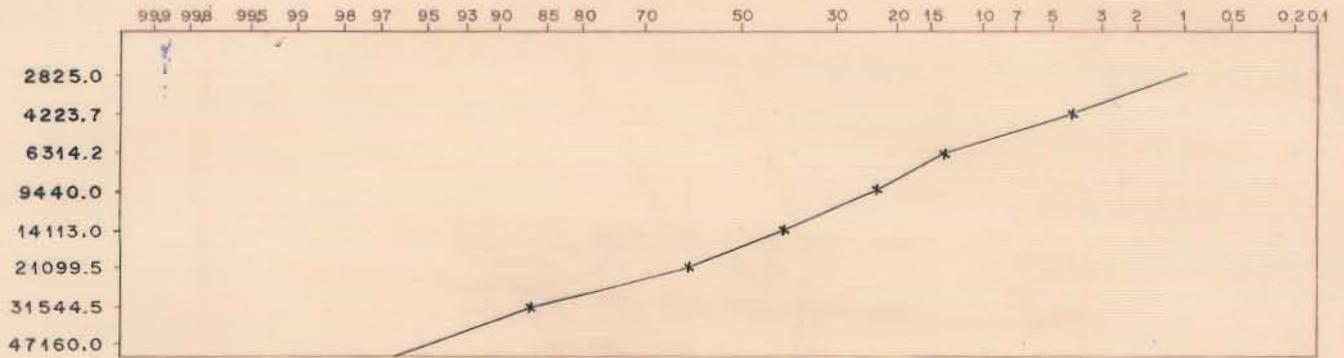
Ho = ** Hipótese nula lognormal rejeitada.

C = Concentração (ppm)

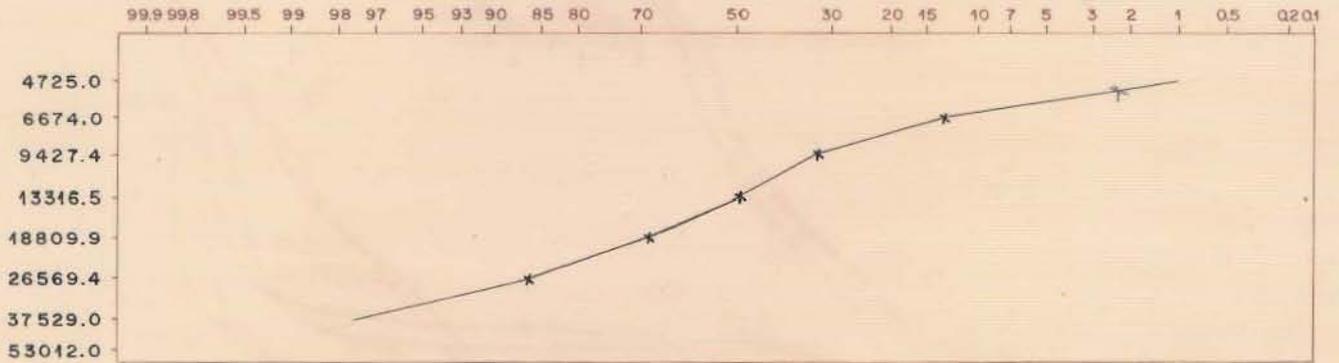
LC = Limiar calculado

Fig. 23 - Histogramas de frequência do Fe nas três ocorrências amostradas.

FAZ. PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ

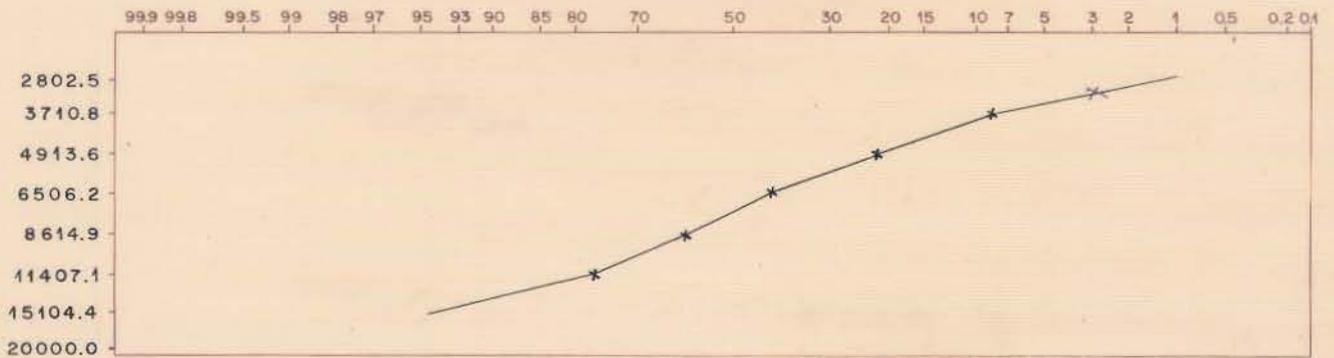
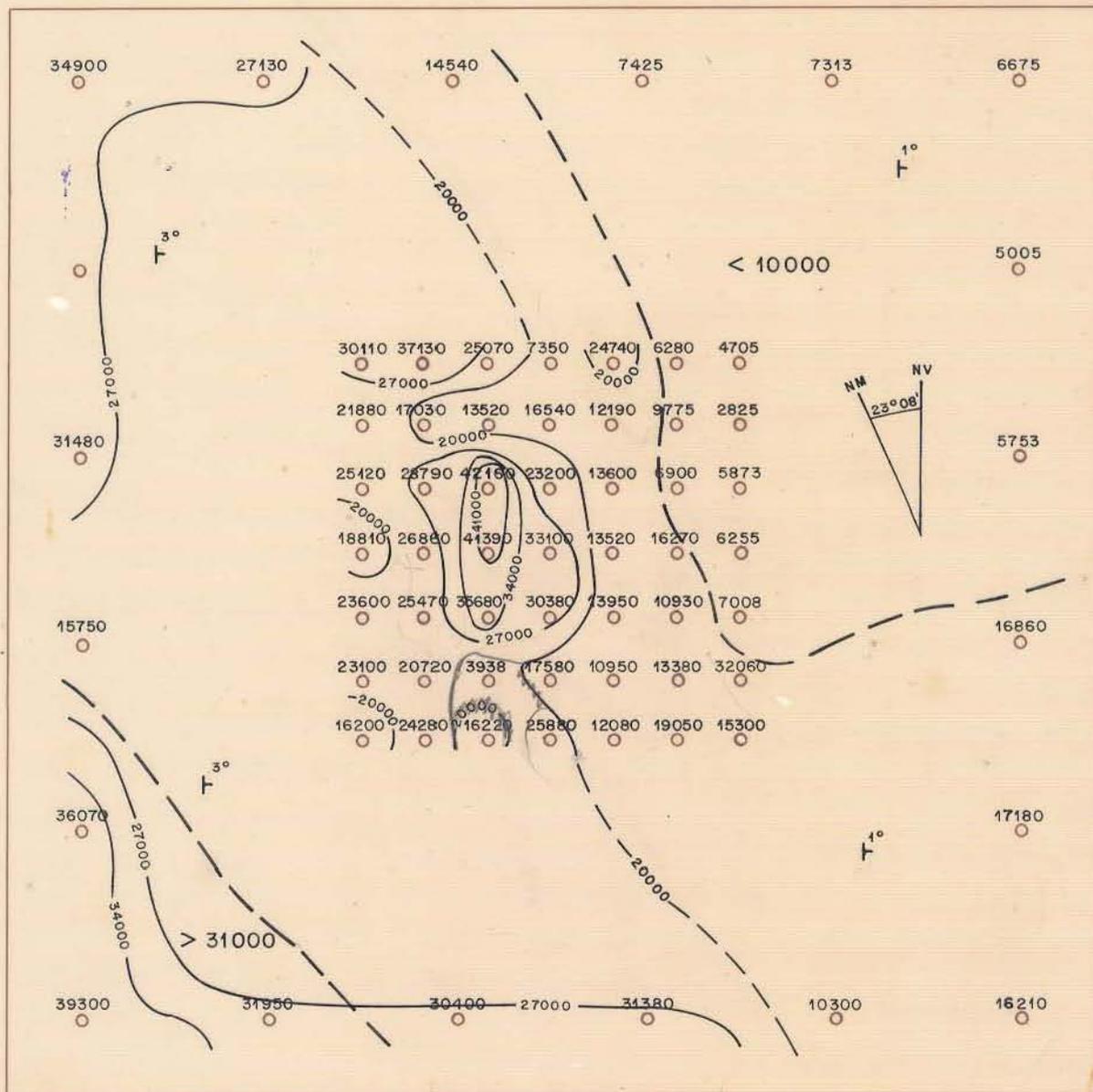


Fig. 24: Gráfico de probabilidade do Fe nas três ocorrências amostradas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 20000 ppm

○ = Ponto amostrado

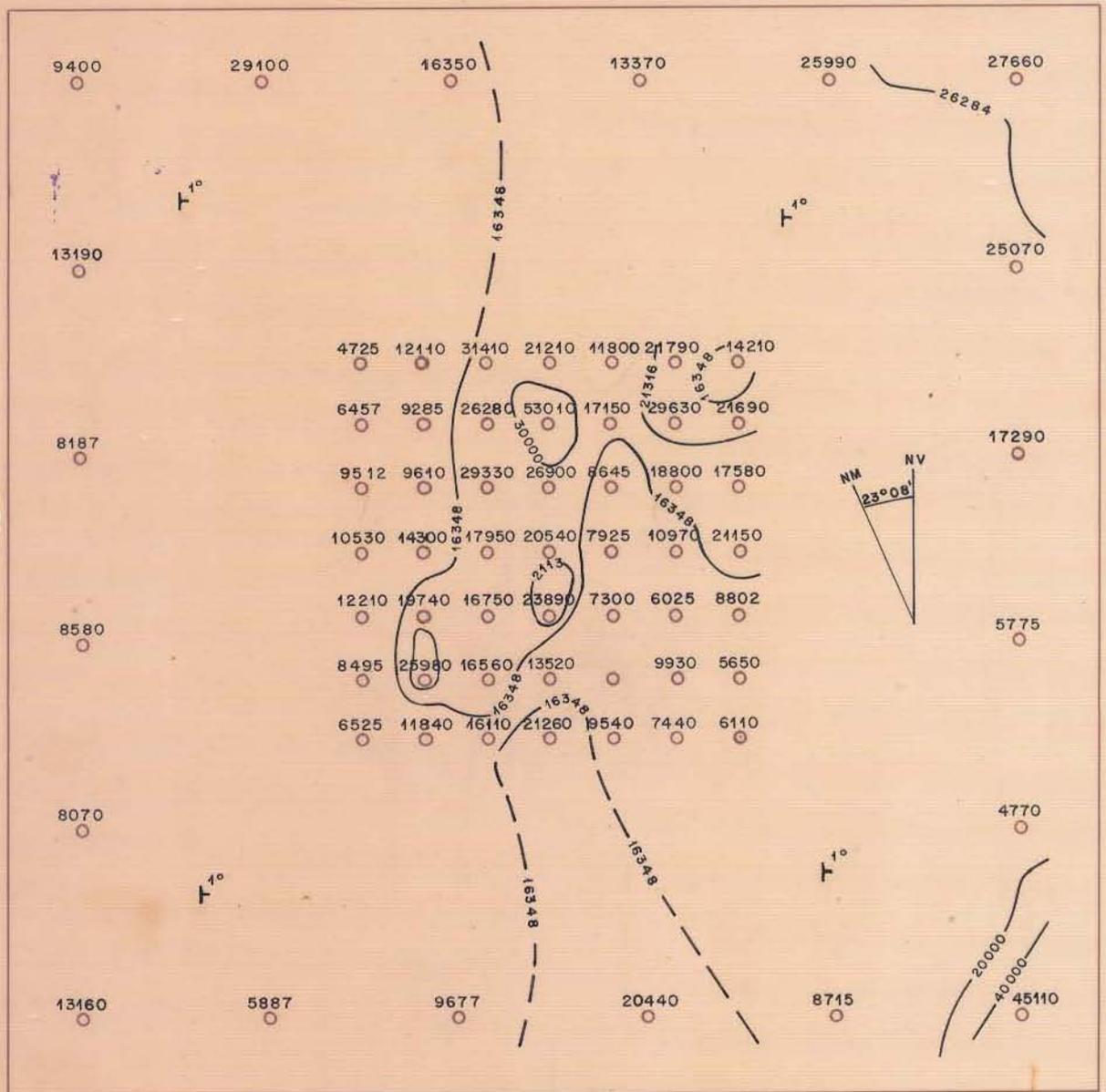
S = 14000 ppm

—20000— = Curva de isoteor

T = Declive

- - - = Limite do "contato geoquímico."

Figura 25 : Mapa de isotores do Fe em Painelas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 16348 ppm

-12 = Curva de isoteor

○ = Ponto amostrado

T = Declive

S = 9936 ppm

--- = Limite do "contato geoquímico."

Figura 26 : Mapa de isotores do Fe em Pedra Branca.

elevados (16.348 - 53.010 ppm) com cerca de 80 metros de largura, localizados no centro da malha de amostragem.

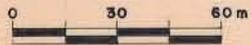
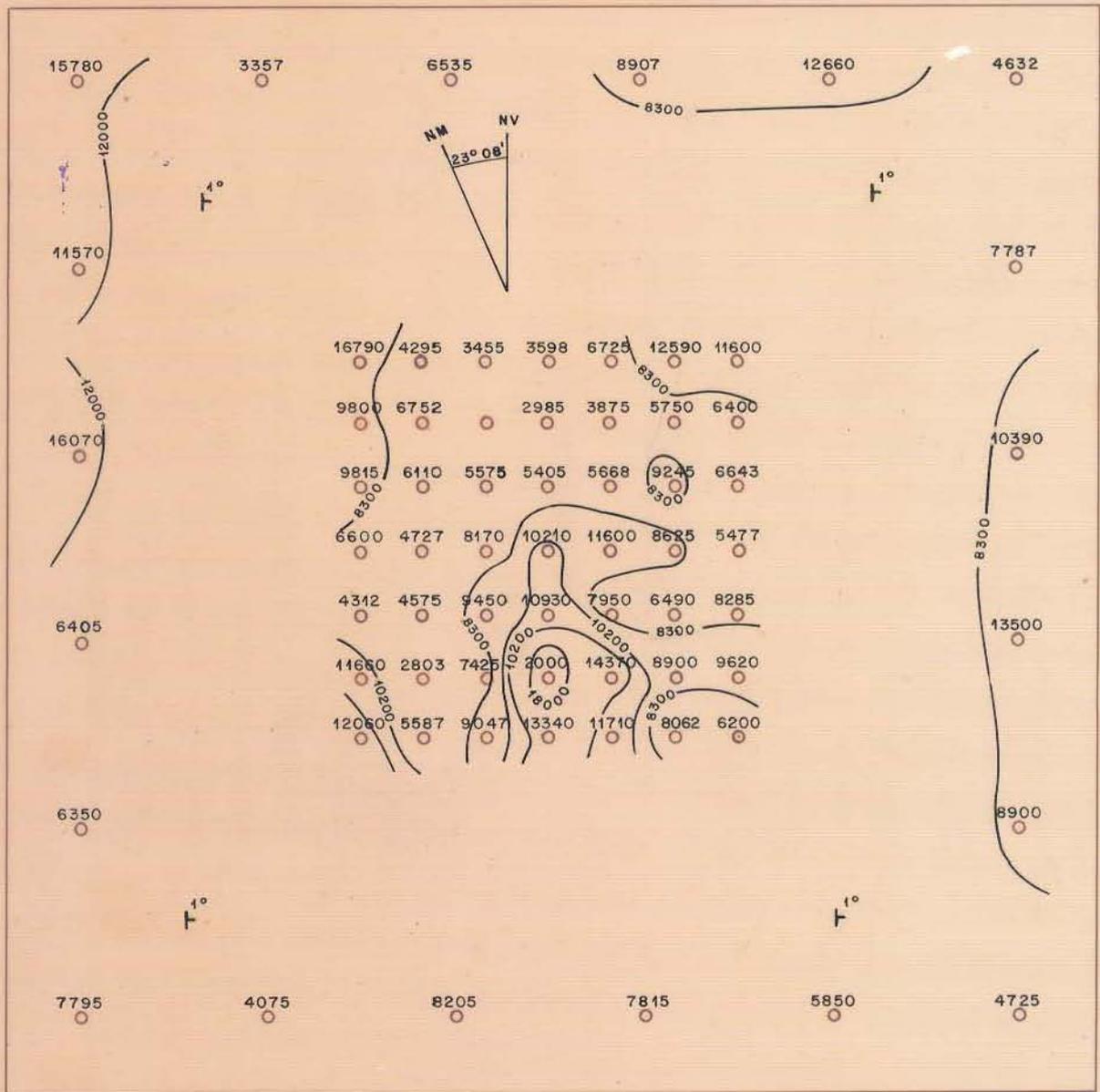
Em Tomé, o mapa de isoteores (fig. 27) ressalta a zona de influência da mineralização (8.300 - 20.000 ppm).

Fósforo

A tabela 11 apresenta o sumário dos estimadores para o fósforo nas três áreas estudadas. Como está evidenciado pe la maior média e maior amplitude, observa-se que as maiores concentrações do fósforo estão localizadas na área de Panelas, enquanto as menos expressivas são verificadas em Tomé. Registra-se, no entanto, que os valores do desvio padrão e coeficiente de variação do fósforo são mais elevados nos dados obtidos na ocorrência de Pedra Branca, razão porque o valor do limiar para o fósforo sobre esta última ocorrência é mais elevado do que em Panelas. Os histogramas de frequência (fig. 28) das ocorrências de Panelas e Pedra Branca revelam-se bimodais, evidenciando a presença de mais de uma população. Pode-se, com certa margem de segurança, afirmar que o histograma ressalta as concentrações mais elevadas do elemento. O histograma de frequência da área de Tomé apresenta-se unimodal com leve tendência para assimetria positiva. Os gráficos de probabilidade (fig. 29) apresentam em Pedra Branca uma acentuada inflexão, o que sugere a influência da população anômala. O mesmo acontece em Panelas apesar de se apresentarem menos evidentes. Já em Tomé, o gráfico de probabilidade comporta-se quase como uma linha reta.

O mapa de isoteores do fósforo em Panelas (fig. 30) reflete três subáreas, indicando a presença dos diferentes tipos litológicos.

O fósforo exhibe um halo de dispersão mais discreto do que os outros elementos, devido ao fato de estar restrito principalmente à zona mineralizada. Está ressaltada alta faixa de



CONVENÇÕES

- \bar{X} = 8300 ppm
- \circ = Ponto amostrado
- S = 3800 ppm
- = Curva de isoteor
- T = Declive

Figura 27 : Mapa de isotores do Fe em Tomé.

ELEMENTOS		PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ	
PARÂMETROS ESTATÍSTICOS					
Valor Mínimo (ppm)		40	20	20	
Valor Máximo (ppm)		2000	1300	1000	
Amplitude (ppm)		1960	1280	980	
Média Aritmética (ppm)		257	231	172	
Média Geométrica (ppm)		195	154,2	112	
Desvio Padrão (ppm)		219,4	253,1	196	
Coeficiente de Variação		0,87	1,132	1,19	
Assimetria		0,47	0,592	0,25	
Curtose		3,19	2,989	2,52	
Teste de Distribuição	Teste de Kolmogorov Smirnov	α : 5%	aceita	aceita	aceita
		α : 1%	aceita	aceita	aceita
Hipótese Nula H_0 : Lognormal	Teste de Qui- quadrado	α : 5%	rejeita	rejeita	aceita
		α : 1%	aceita	rejeita	aceita

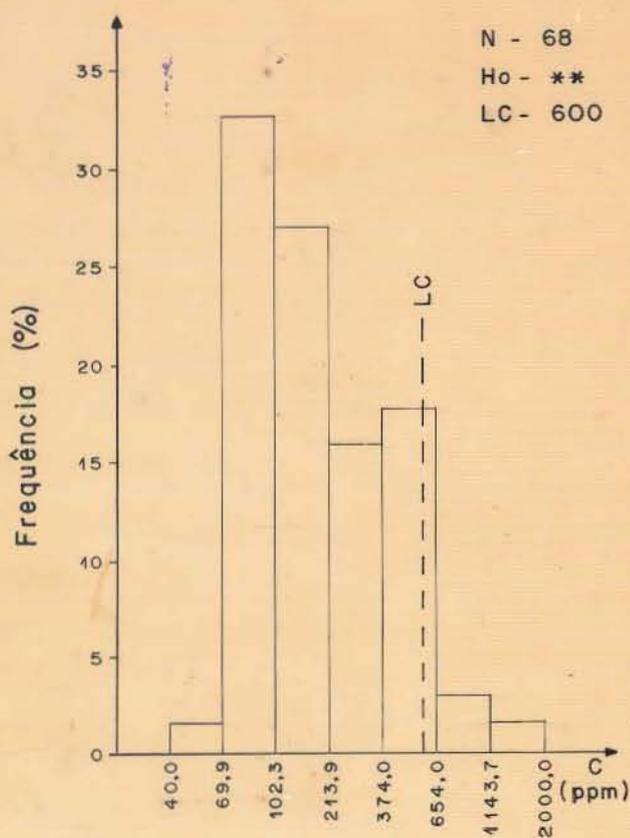
Intervalos calculados por Sturges

α : nível de significância para os testes de distribuição

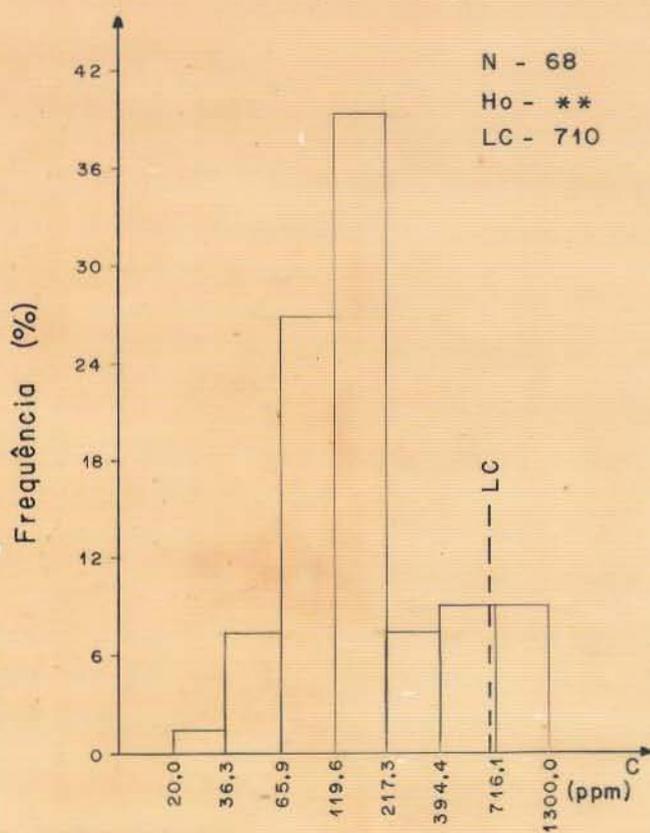
Dados analíticos transformados logaritmicamente

Número de amostras igual a 68

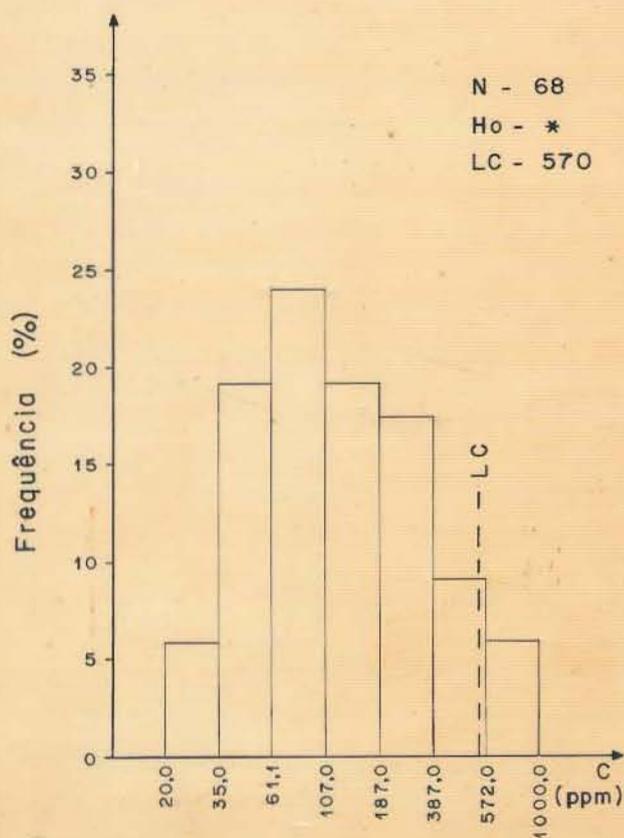
PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ



LEGENDA

N = Número de amostras

Ho = * Hipótese nula lognormal aceita.

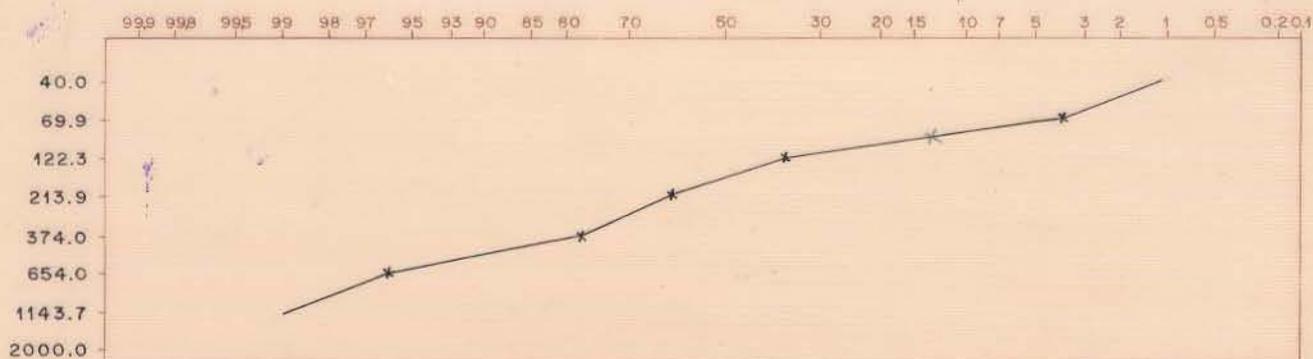
Ho = ** Hipótese nula lognormal rejeitada.

C = Concentração (ppm)

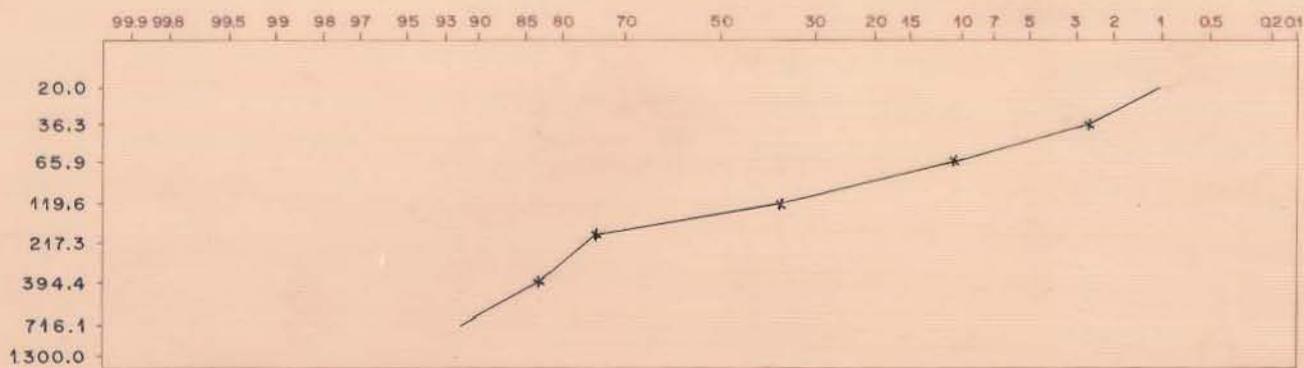
LC = Limiar calculado

Fig. 28 - Histogramas de frequência do P nas três ocorrências amostradas.

FAZ. PANELAS



PEDRA BRANCA



TOMÉ

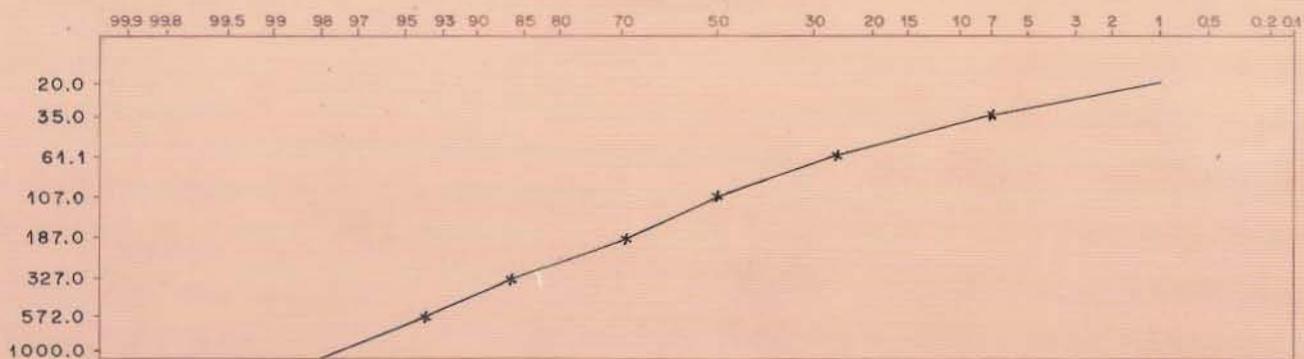
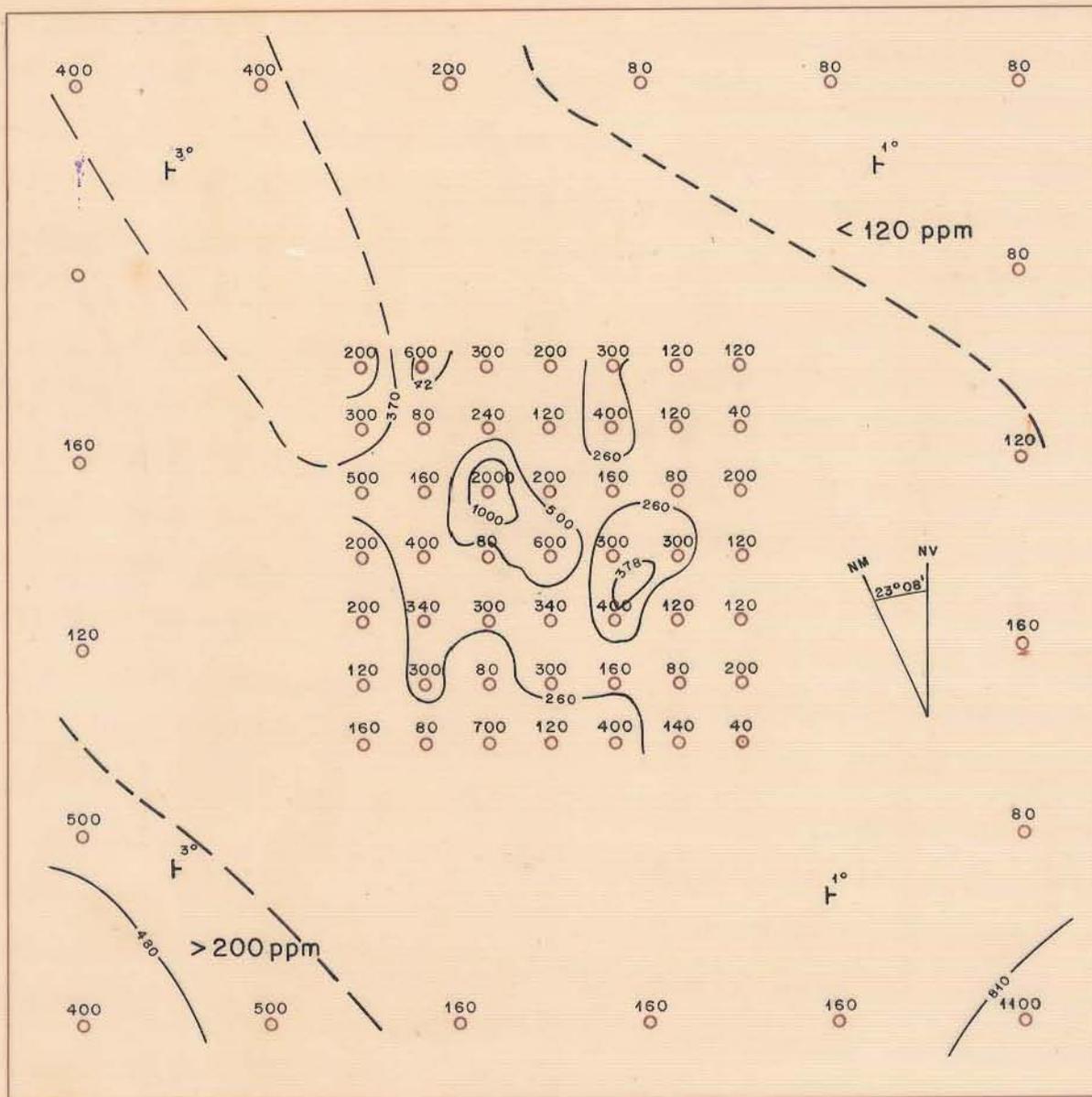


Fig. 29 : Gráfico de probabilidade do P nas três ocorrências amostradas.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 260 ppm

—|— = Curva de isoteor

○ = Ponto amostrado

T = Declive

S = 220 ppm

- - - = Limite do "contato geoquímico."

Figura 30 : Mapa de isoteores do P em Painéis.

valores de 500 a 2.000 ppm, além das zonas a nordeste com valor inferior a 120 ppm e a sudoeste com teores acima de 200 ppm. Essas três faixas são indicativas de um substrato geológico diferente e uma zona central pertencente à mineralização.

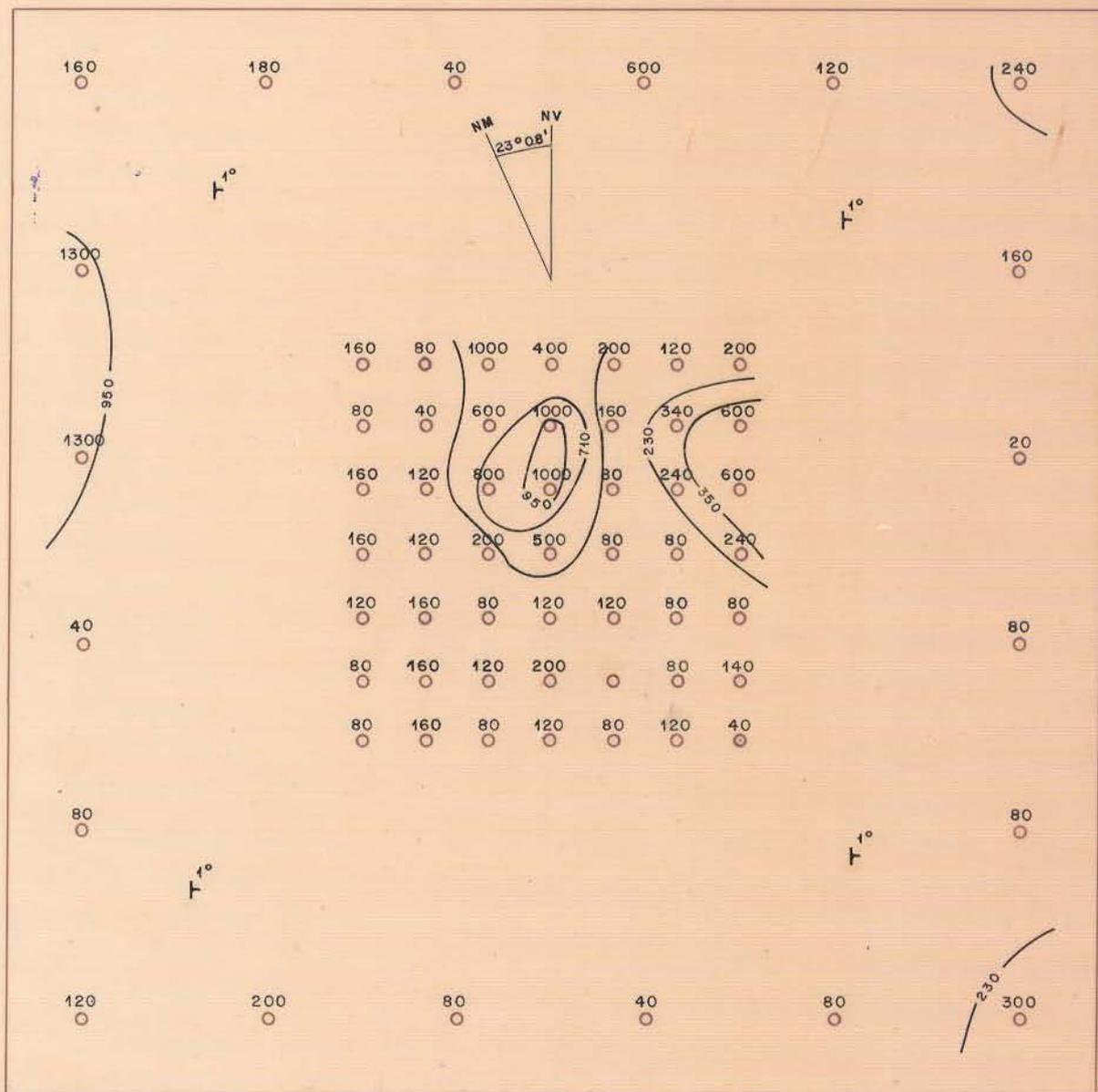
O mapa de isoteores do fósforo na ocorrência de Pedra Branca (fig. 31) acusa valores analíticos mais elevados a oeste da rede de amostragem externa sem explicação aparente. Na ocorrência de Pedra Branca o halo, devido à mineralização, localiza-se no centro da malha, no intervalo de valores entre 230 e 1000 ppm, com cerca de 60 metros de largura. Na parte leste desta cam-se valores entre 240 e 600 ppm, assim como dois valores de 1300 ppm localizados na malha externa, a oeste. De uma maneira geral, os valores analíticos mais expressivos estão localizados no centro da rede interna apesar dos dois valores mais elevados estarem localizados fora da zona de influência da mineralização. O mapa do fósforo revela um menor halo de dispersão em relação aos demais elementos, sendo que em linhas gerais segue o padrão de distribuição dos demais elementos.

Em Tomé (fig. 32), a zona mineralizada está evidenciada no intervalo de teores entre 470 a 1000 ppm. Localiza-se na parte central, porém nas amostras mais ao sul, o que indica que o corpo mineralizado não está exatamente no centro da malha de amostragem.

Discussão da Matriz de Correlação

Neste trabalho o objetivo da matriz de correlação é avaliar o grau de relacionamento entre os elementos, a fim de detectar associações que indiquem a mineralização de apatita e estimar a influência do ferro e do manganês como elementos coprecipitadores. Para uma melhor visualização, separou-se os valores de correlação de cada elemento analisado com os demais elementos e está apresentado nas figuras 33, 34, 35, 36 e 37.

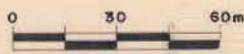
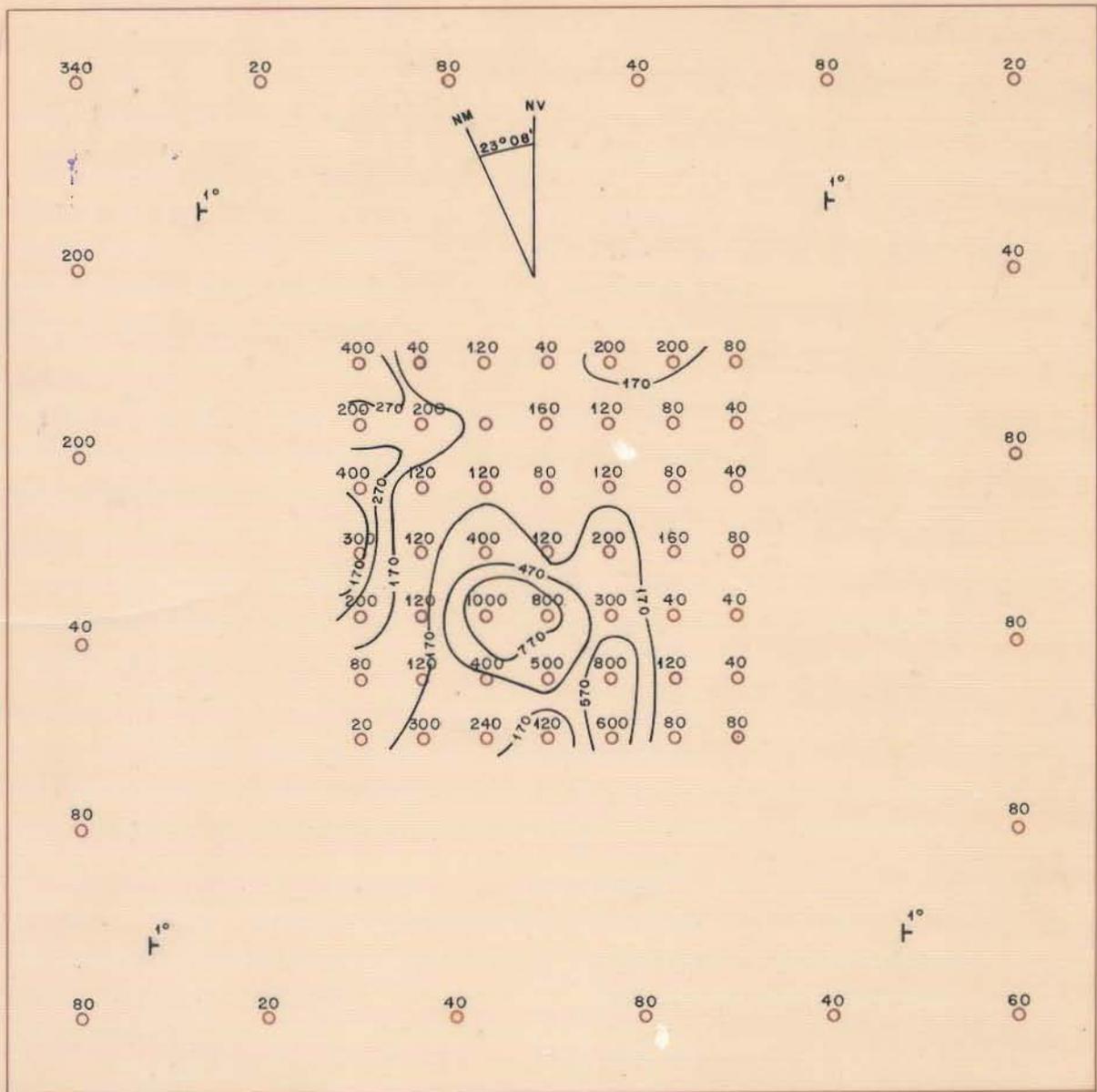
A análise de correlação do cobre com os demais



CONVENÇÕES

- \bar{X} = 230 ppm
- \circ = Ponto amostrado
- S = 240 ppm
- = Curva de isoteor
- ∇ = Declive

Figura 31: Mapa de isoteores do P em Pedra Branca.



CONVENÇÕES

\bar{X} = 170 ppm

 = Curva de isoteor

\circ = Ponto amostrado

T = Declive

S = 200 ppm

Figura 32 : Mapa de isoteores do P em Tomé.

LOCALIDADE ELEMENTOS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
Cu - Zn			
Cu - Mn			
Cu - Fe			
Cu - P			

CONVENÇÕES

$r < 0.30$				CORRELAÇÃO BAIXA
$r \ 0.30 - 0.59$				CORRELAÇÃO REGULAR
$r \ 0.60 - 0.79$				CORRELAÇÃO BOA
$r > 0.80$				CORRELAÇÃO EXCELENTE

Fig. 33: Coeficiente de correlação para Cu nas três ocorrências amostradas.

LÓCALIDADE ELEMENTOS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
Zn - Cu			
Zn - Mn			
Zn - Fe			
Zn - P			

CONVENÇÕES

$r < 0.30$				CORRELAÇÃO BAIXA
$r \ 0.30 - 0.59$				CORRELAÇÃO REGULAR
$r \ 0.60 - 0.79$				CORRELAÇÃO BOA
$r > 0.80$				CORRELAÇÃO EXCELENTE

Fig. 34: Coeficiente de correlação para Zn nas três ocorrências amostradas.

LOCALIDADE ELEMENTOS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
Mn - Cu			
Mn - Zn			
Mn - Fe			
Mn - P			

CONVENÇÕES

$r < 0.30$				CORRELAÇÃO BAIXA
$r 0.30 - 0.59$				CORRELAÇÃO REGULAR
$r 0.60 - 0.79$				CORRELAÇÃO BOA
$r > 0.80$				CORRELAÇÃO EXCELENTE

Fig. 35: Coeficiente de correlação para Mn nas três ocorrências amostradas.

LÓCALIDADE ELEMENTOS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
Fe - Cu			
Fe - Zn			
Fe - Mn			
Fe - P			

CONVENÇÕES

$r < 0.30$				CORRELAÇÃO BAIXA
$r \ 0.30 - 0.59$				CORRELAÇÃO REGULAR
$r \ 0.60 - 0.79$				CORRELAÇÃO BOA
$r > 0.80$				CORRELAÇÃO EXCELENTE

Fig. 36: Coeficiente de correlação para Fe nas três ocorrências amostradas.

LOCALIDADE ELEMENTOS	PANELAS	PEDRA BRANCA	TOMÉ
P - Cu			
P - Zn			
P - Zn			
P - Fe			

CONVENÇÕES

$r < 0.30$				CORRELAÇÃO BAIXA
$r 0.30 - 0.59$				CORRELAÇÃO REGULAR
$r 0.60 - 0.79$				CORRELAÇÃO BOA
$r > 0.80$				CORRELAÇÃO EXCELENTE

Fig. 37: Coeficiente de correlação para P nas três ocorrências amostradas.

elementos nas três áreas estudadas indicam que o mesmo está altamente correlacionado ao ferro (correlação excelente: $r > 0,80$) em Panelas e Pedra Branca e com o zinco em Panelas. Possivelmente a excelente correlação entre estes elementos possa ser devido ao fenômeno de coprecipitação ou adsorção pelo óxido de ferro tendo em vista que o zinco também apresentou excelente correlação com o ferro em Panelas. A mobilidade do cobre e zinco diminui quando o pH do ambiente aumenta. A presença do carbonato de cálcio que acompanha o minério faz com que o solo permaneça de neutro a alcalino, facilitando o processo de adsorção e/ou precipitação com os óxidos, argila ou mesmo a matéria orgânica. A correlação do manganês com os outros elementos não é tão acentuada quanto à apresentada pelo ferro. Os coeficientes mais elevados (correlação boa) estão situados em Pedra Branca Mn-Cu e Mn-Zn e em Tomé Mn-Zn. Na área de Panelas o manganês apresenta correlação apenas moderada com todos os elementos.

No tocante ao fósforo verifica-se que o mesmo não está fortemente correlacionado a nenhum elemento nas três áreas estudadas. É notório a pouca mobilidade do elemento no ambiente secundário, fazendo que apresente um halo de dispersão restrito comparado aos elementos mais móveis e conseqüentemente apresenta inexpressiva correlação com os demais elementos. No ambiente primário o modo de ocorrência do fósforo na área estudada, está limitado aos bolsões de apatita que são bastante irregulares não permitindo uma presença marcante do elemento no ambiente secundário.

Como conclusão final sobre os coeficientes de correlação, podemos sintetizar que existe uma alta correlação do ferro com os elementos mais móveis como o cobre e o zinco. No entanto, verifica-se uma influência menos expressiva destes últimos elementos com o manganês. Estes fatos permitem concluir que os fenômenos de coprecipitação e/ou adsorção por óxidos de ferro

são mais evidentes do que como os óxidos de manganês na área e elementos como cobre e o zinco que devem estar ligados principalmente aos óxidos de ferro, argilas e matéria orgânica. Vale ressaltar que o fósforo apresenta correlação apenas regular com todos os elementos analisados. O fósforo, portanto, não é influenciado pelos elementos "scavengers" nem está correlacionável aos elementos cobre e zinco nos solos sobre as áreas estudadas.

Discussão do Teste de Duncan

Os resultados do teste de Duncan estão representados nas tabelas 12 e 13. As médias onde não existem diferenças significativas são unidas por barras.

O cobre exhibe diferenças significativas entre as médias das três ocorrências amostradas. As diferenças entre as médias foram superiores aos valores R_p calculados, desse modo, não existe nenhuma barra unindo as médias.

O teste para zinco mostra igualmente a desigualdade apresentada entre as médias dos três locais de estudo, comprovado pela existência de barras unindo as médias calculadas para este elemento.

Os resultados apresentados pelo ferro demonstram existir diferença significativa entre as médias de Panelas e Tomé, enquanto que nos testes entre as médias de Panelas e Pedra Branca, Pedra Branca e Tomé não acusam qualquer diferença significativa.

No tocante ao manganês, os resultados não revelam nenhuma diferença significativa entre os testes das ocorrências de Panelas e Pedra Branca, revelando entretanto, desigualdade entre as médias de Panelas e Tomé e Pedra Branca e Tomé.

Para o elemento fósforo observa-se não existirem diferenças significativas entre as médias das ocorrências de Panelas e Pedra Branca e Pedra Branca e Tomé. Os testes mostram existir diferença entre as médias das ocorrências Panelas e Tomé, enquanto que é verificada a semelhança entre Panelas e Pedra

Branca.

Os resultados dos testes são sumarizados na tabela abaixo. As médias onde não existem significantes diferenças, são unidas por barras.

Tabela 12 - Resultado do Teste de Duncan para as médias dos elementos nas áreas estudadas.

COBRE			ZINCO		
Panelas	Pedra Branca	Tomé	Panelas	Pedra Branca	Tomé
$X_1 = 20,2$	$X_2 = 13,3$	$X_3 = 4,5$	$X_1 = 46,7$	$X_2 = 33,8$	$X_3 = 19,4$
FERRO			MANGANÊS		
Panelas	Pedra Branca	Tomé	Panelas	Pedra Branca	Tomé
$X_1 = 16182$	$X_2 = 13969$	$X_3 = 7528$	$X_1 = 616,6$	$X_2 = 544,9$	$X_3 = 176,4$
FÓSFORO					
Panelas	Pedra Branca	Tomé			
$X_1 = 195$	$X_2 = 154,2$	$X_3 = 112$			

Discussão dos Diagramas Ternários

Os resultados exibidos pelos elementos analisados nos diagramas ternários estão representados na figura 38. É notado que as médias das ocorrências de Panelas e Pedra Branca apresentam uma configuração bastante similar, estando sempre bem próximas, o que evidencia uma distribuição semelhante.

O diagrama P/10-Cu-Zn revela que as médias das ocorrências de Panelas e Pedra Branca estão vizinhas, notando-se na localidade de Tomé a existência de maior percentual relativo ao fósforo, atingindo a cerca de 30% no diagrama ternário. Nota-se similar percentagem nas três ocorrências em relação ao zin

Tabela 13 - Teste de Duncan para Comparar os Teores de Cobre, Zinco, Ferro, Manganês e Fósforo entre Panelas, Pedra Branca e Tomé

COBRE

LOCAL	MÉDIA	S ²	DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS	Rp	SIGNIFICÂNCIA 5%
PANELAS	X ₁ = 20,2	S ² ₁ = 408	X ₁ -X ₂ = 6,9	(p=2) 4,8	Significante
PEDRA BRANCA	X ₂ = 13,3	S ² ₂ = 177	X ₂ -X ₃ = 8,8	(p=2) 4,8	Significante
TOMÉ	X ₃ = 4,5	S ² ₃ = 20	X ₁ -X ₃ = 15,7	(p=3) 5,0	Significante

ZINCO

LOCAL	MÉDIA	S ²	DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS	Rp	SIGNIFICÂNCIA 5%
PANELAS	X ₁ = 46,7	S ² ₁ = 2181	X ₁ -X ₂ = 12,9	(p=2) 11,8	Significante
PEDRA BRANCA	X ₂ = 33,8	S ² ₂ = 1142	X ₂ -X ₃ = 14,4	(p=2) 11,8	Significante
TOMÉ	X ₃ = 19,4	S ² ₃ = 376	X ₁ -X ₃ = 27,3	(p=3) 12,3	Significante

FERRO

LOCAL	MÉDIA	S ²	DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS	Rp	SIGNIFICÂNCIA 5%
PANELAS	X ₁ = 16182	S ² ₁ = 2,61x10 ⁸	X ₁ -X ₂ = 2213	(p=2) 7666	Não Significante
PEDRA BRANCA	X ₂ = 13969	S ² ₂ = 1,95x10 ⁸	X ₂ -X ₃ = 6441	(p=2) 7666	Não Significante
TOMÉ	X ₃ = 7528	S ² ₃ = 0,56x10 ⁸	X ₁ -X ₃ = 8654	(p=3) 7804	Significante

MANGANÊS

LOCAL	MÉDIA	S ²	DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS	Rp	SIGNIFICÂNCIA 5%
PANELAS	X ₁ = 616,6	S ² ₁ = 380196	X ₁ -X ₂ = 71,7	(p=2) 165	Não Significante
PEDRA BRANCA	X ₂ = 544,9	S ² ₂ = 296916	X ₂ -X ₃ = 368	(p=2) 165	Significante
TOMÉ	X ₃ = 176,4	S ² ₃ = 31117	X ₁ -X ₃ = 440	(p=3) 168	Significante

FÓSFORO

LOCAL	MÉDIA	S ²	DIFERENÇA ENTRE AS MÉDIAS	Rp	SIGNIFICÂNCIA 5%
PANELAS	X ₁ = 195	S ² ₁ = 38025	X ₁ -X ₂ = 41	(p=2) 53	Não Significante
PEDRA BRANCA	X ₂ = 154,2	S ² ₂ = 23778	X ₂ -X ₃ = 42	(p=2) 53	Não Significante
TOMÉ	X ₃ = 112	S ² ₃ = 12544	X ₁ -X ₃ = 83	(p=3) 54	Significante

O valor de R é calculado pela fórmula SSR x ($\bar{S}\bar{X}$). O valor SSR (Significant Student Ranges) é tirado da tabela A 17 a 5% de significância de STEEL e TOMÉ (1960). $\bar{S}\bar{X}$ (erro padrão comum às três médias) é calculado como ($\bar{S}\bar{X}$) = $\sqrt{\frac{S^2 \cdot X}{n}}$ onde \bar{n} é o número de amostra de cada população-alvo (n = 68).

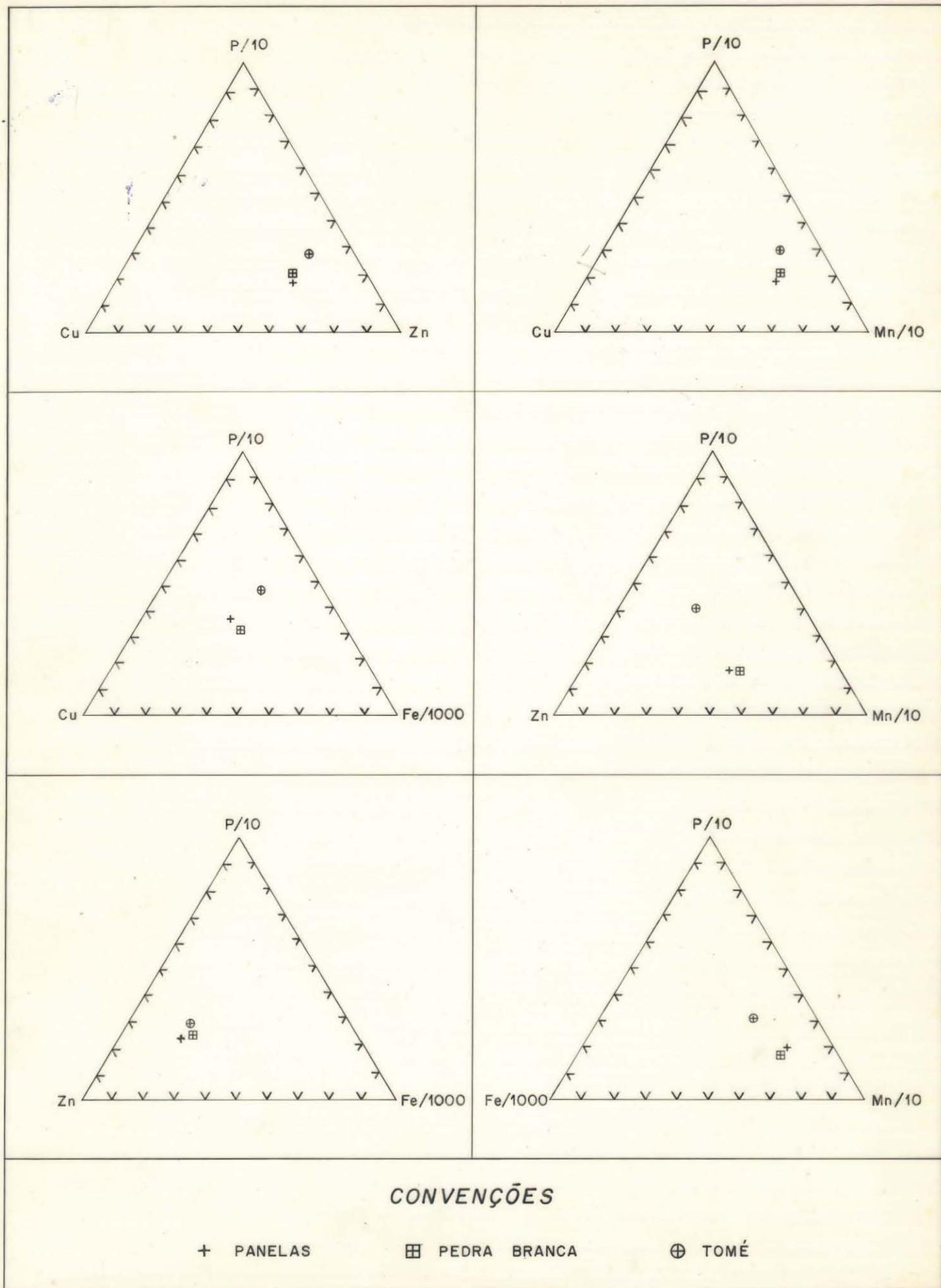


Fig. 38 - Diagramas ternários para comparar as relações percentuais entre as médias dos elementos P - Fe - Mn - Cu e Zn nas três áreas em estudo.

co, e uma menor contribuição relativa ao cobre.

A representação gráfica dos elemento P/10-Cu-Fe/1000 mostra configuração semelhante à descrita anteriormente, revelando um aumento de percentagem devido ao fósforo, atingindo Tomé a 50% no percentual do gráfico. Em relação ao ferro, o diagrama demonstra semelhante contribuição nos três locais amostrados, com menor contribuição relativa ao cobre em Tomé.

No diagrama P/10-Zn-Fe/1000 a representação das médias mostra que a relação percentual entre os três elementos está bem próxima com leve aumento da contribuição devido ao fósforo em Tomé.

No conjunto de elementos P/10-Zn-Mn/10 está patenteado a igualdade entre os percentuais das médias das localidades Panelas e Pedra Branca. A maior percentagem relativa ao fósforo está acusada em Tomé, atingindo a 30% do gráfico triangular observando-sena última ocorrência, uma menor contribuição devido ao manganês.

O diagrama P/10-Cu-Mn/10 indica que as médias das localidades Panelas e Pedra Branca estão vizinhas, enquanto que em Tomé revela um aumento do percentual devido ao fósforo, e uma diminuição em relação ao manganês e ao cobre.

O gráfico triangular P/10-Fe/1000-Mn/10 indica a proximidade entre as médias das populações-alvo Panelas e Pedra Branca. No tocante ao fósforo, Tomé apresenta o maior percentual, e um menor percentual relativo ao manganês. O ferro indica uma igual contribuição para as três ocorrências.

Discussão dos Diagramas de Dispersão

Os diagramas estão agrupados por ocorrência para que haja uma melhor visualização em cada local amostrado. Assim temos quatro diagramas para cada ocorrência (P-Cu, P-Zn, P-Mn e P-Fe). No gráfico foram plotadas como anomalias aquelas amostras em que o elemento analisado exibe um distinto halo de dispersão.

Como exemplo foi adotado um maior número de amostras no diagrama P-Zn em Panelas, porque o mapa de isoteores do Zn revela um extenso halo de dispersão. Devido à falta de tempo, o resto dos pares não foram plotados, mas seria de grande valor plotá-los mais tarde.

Para a ocorrência de Panelas o diagrama de dispersão (fig. 39) está utilizado para tentar separar as subáreas reportadas nos mapas de isoteor. As amostras provenientes das zonas mineralizadas são separadas por duas linhas paralelas interrompidas (— —), enquanto que uma linha interrompida e um ponto (— . —) é o limite das subáreas. De uma maneira geral os diagramas refletem de forma razoável as regiões das subáreas. A maioria dos elementos apresenta uma correlação positiva nas amostras localizadas próximas à mineralização. A única exceção é para o diagrama P-Zn, que exibe um maior halo de dispersão e consequentemente um maior número de amostras consideradas anômalas, e apresenta valor de correlação apenas regular. Provavelmente devido à diferença entre o halo de dispersão do zinco e do fósforo, faz com que se incluam amostras com teores realçados de zinco e baixo de fósforo em virtude da pouca mobilidade do último elemento, refletindo em baixa correlação. É notado também nos diagramas P-Zn e P-Fe que zonas de altos valores do fósforo superpõem-se a zonas de valores elevados do zinco e do ferro. A hipótese mais provável para o fenômeno é que a maior dispersão apresentada pelo ferro e zinco faz com que exista um maior halo para estes dois elementos, quando comparados com o fósforo, fazendo com que não exista uma distinta separação entre essas subáreas. Observa-se, também, que na malha externa apresenta um valor de 1100 ppm e, que provavelmente esteja refletindo uma continuação do corpo ao sul, ou mesmo a presença de pequenos corpos de calcedônia, hematita e apatita comuns no local.

Em Pedra Branca os gráficos de dispersão (figura 40), são dirigidos principalmente para individualizar a área de

influência da mineralização, além de verificar o comportamento da correlação dos elementos analisados principalmente na zona mineralizada. Para os diagramas P-Cu e P-Mn é notado existir uma nítida separação entre as amostras decorrentes da zona mineralizada. Nos gráficos restantes existe uma superposição entre as duas áreas. Observa-se também que nos teores próximos à zona mineralizada existe uma correlação fortemente positiva para a maioria dos elementos. Os dois valores mais elevados de fósforo estão localizados na malha externa com o valor de 1300 ppm cada local. No entanto, a plotação dos mesmos no gráfico está bem afastada da área considerada mineralizada devido principalmente aos baixos valores dos outros elementos.

Em Tomé da mesma maneira que em Pedra Branca os diagramas de dispersão (fig. 41) são utilizados para discriminar a área mineralizada.

Como conclusão final sobre os diagramas estudados, verifica-se que nos teores mais elevados existe uma alta correlação entre o fósforo e os outros elementos, principalmente em Panelas e Pedra Branca. Pode-se então estabelecer que estes elementos são bem correlacionáveis sobre os corpos mineralizados e poucos correlacionáveis afastados dos mesmos, sobre os solos que recobrem as rochas migmatíticas e granulíticas.

Avaliação dos Métodos Estatísticos, Gráficos e Mapas

A prospecção geoquímica de solos para obtenção de anomalias que possam delimitar o corpo mineralizado representa um levantamento de detalhe e é executado prioritariamente à abertura de trincheiras e trabalhos de sondagem. Esta fase da prospecção envolve uma maior responsabilidade técnica porque é dos seus resultados que serão estabelecidos outros estudos mais acurados, e conseqüentemente mais onerosos para atingir o alvo ou "zero in".

Nesta Monografia foram aplicados diversos métodos

estatísticos e gráficos com o objetivo de obter as técnicas mais adequadas para delimitar a zona mineralizada sobre os corpos de apatita. Os resultados obtidos pelo tratamento estatístico, a apresentação gráfica e a interpretação dos mapas de isoteores, fornecem diversas informações sobre o modo de distribuição dos elementos analisados nos solos subjacentes aos depósitos de apatita estudados. A questão levantada é como esses dados podem ser úteis na prospecção geoquímica de depósitos semelhantes que futuramente possam ser pesquisados.

Os estudos realizados comprovam serem adequados os parâmetros utilizados na avaliação das anomalias de solos subjacentes aos depósitos de apatita. É ressaltado, entretanto, a grande utilidade da interpretação dos mapas isoteores conjugados com os diagramas de dispersão. Os mapas de isoteores revelam-se extremamente práticos e fornecem indicações visuais da geologia subjacente, bem como ressaltam de sobremodo a zona anômala. Para uma melhor interpretação da distribuição geoquímica dos elementos, torna-se necessário a sua integração com os diversos componentes da paisagem geoquímica de cada ocorrência. A topografia, as rochas de diferentes composição geoquímica, as mudanças no pH do solo, a presença de minerais de argila e óxidos de ferro e manganês e diversos outros fatores podem afetar a distribuição dos elementos no solo.

Os mapas de isoteores de uma maneira geral, apresentam similaridade de distribuição areal quando comparados em uma mesma ocorrência. É observado no entanto, na maioria dos mapas, que os maiores valores analíticos não correspondem exatamente ao centro da malha de amostragem, como era de se esperar. Algumas hipóteses são sugeridas para interpretar esses fenômenos.

Na ocorrência de Panelas os elementos Cu, Zn e Fe apresentam os valores mais elevados distribuídos na parte oeste da malha de amostragem. Este fenômeno provavelmente está relacionado ao padrão de dispersão secundária do solo, mobilidade e topo

grafia. Esta ocorrência está localizada em uma encosta e está sujeita, em épocas de chuva, a uma migração lateral dos elementos mais móveis, como o cobre e o zinco, das partes mais elevadas. A pós a "lavagem" estes elementos poderiam ser capturados pelos óxidos e hidróxidos de ferro, e também permanecerem nos interstícios dos minerais de argila expansiva do tipo montmorilonita. A matriz de correlação ressalta a alta correlação entre cobre e zinco com o ferro em Panelas. Em Panelas as condições topográficas e a alta mobilidade do cobre e do zinco favoreceram a migração e uma mudança para o pH mais básico do solo sobre rochas calcossilicatadas, favorecendo a captura dos íons de cobre e zinco por óxidos e hidróxidos de ferro, manganês e pela argila expansiva do tipo montmorilonita. Os elementos fósforo e o manganês apresentam-se distribuídos mais ao centro da malha de amostragem e são razoavelmente coincidentes com a zona de influência da mineralização. O valor mais elevado do fósforo 2000 ppm não está localizado exatamente no centro da malha, mas é interpretado como dentro da zona de influência da mineralização, uma vez que este elemento, a julgar pela curva de isoteor, não foi afetado pelos fenômenos anteriormente citados para o cobre e zinco. A relativa insolubilidade em condições de pH alcalino e alta temperatura limita a migração do fósforo e faz com que o valor de 2000 ppm do elemento seja relacionado à mineralização. O valor 1100 ppm de fósforo na malha externa é interpretado como proveniente de metajaspelitos que ocorrem frequentemente associados às zonas mineralizadas e rochas calcossilicatadas próximas às zonas de falhas. O manganês apresentou a maior faixa de valores ao centro da malha e segue razoavelmente a rocha calcossilicatada. O valor mais elevado de 4410 ppm, na malha externa, sugere não haver nenhum relacionamento ao corpo mineralizado uma vez que só foi constatado 400 ppm de fósforo nesta amostra, o que é ainda interpretado como dentro da faixa de background. Nesta ocorrência todos os elementos analisados apresentam uma configuração areal bem semelhante. Os dados analíticos indi

cam que é possível delimitar três subáreas. A nordeste existe uma distinta subárea com valores inferiores. A explicação para este fenômeno é que a geologia subjacente é composta de rochas migmatíticas, que são normalmente empobrecidas nos elementos analisados, notadamente o fósforo. A sudeste é definida outra subárea com valores superiores à descrita acima. É sugerido que lentes de mármore detectadas a oeste em uma região mais elevada, são enriquecidas nos elementos mencionados e, nas épocas chuvosas estão sujeitas à migração lateral e incrementando o solo das regiões mais baixas com o produto do intemperismo de suas rochas. A terceira subárea está localizada na região central onde a presença de rochas diopsidíticas e a mineralização promovem o maior aumento nos teores dos elementos discutidos nesta tese. Estão traçadas nos mapas as linhas divisórias separando estas subáreas, que são denominadas "contatos geoquímicos".

Na ocorrência de Pedra Branca todos os elementos analisados apresentam-se com os valores mais elevados no centro da malha estando coincidentes com a mineralização e com as rochas calcossilicatadas. Observa-se que em Pedra Branca a concentração dos elementos não foi influenciada por fenômenos topográficos, haja vista ser a área bem plana. A variação de valores analíticos para o fósforo demonstra a limitada dispersão secundária deste elemento quando comparada com a dos elementos mais móveis como cobre e zinco. Não foi possível como em Panelas, delimitar a ocorrência em subáreas. A mais provável explicação é que as rochas encaixantes, predominantemente migmatitos e granulitos, sejam empobrecidas nos elementos cobre, zinco, fósforo, ferro e manganês.

Na ocorrência de Tomé os valores mais elevados para todos os elementos estão localizados no centro da malha de amostragem. Encontram-se, todavia, mais ao sul. Este fato comprova que a mineralização não está no centro da malha de amostragem. O valor mais elevado de fósforo corresponde ao valor de 1000 ppm. Merece menção os valores de 800 ppm, 600 ppm e 500 ppm respectiva

mente. Nota-se para este elemento, que afastando-se da zona de influência da mineralização, o teor de fósforo cai consideravelmente, o que atesta o pequeno halo de dispersão secundário apresentado pelo elemento.

Para o restante dos elementos a configuração de modo geral, segue o mesmo padrão de dispersão apresentado pelo fósforo, com valores mais elevados distribuídos próximos à zona mineralizada. A malha interna evidencia os baixos valores dos elementos, atestando que os solos sobre as rochas encaixantes nesta ocorrência não apresentam enriquecimento marcante nos elementos analisados, por isso mesmo, não definem subáreas como em Panelas.

Alguns teores dos elementos apresentam-se anômalos, sem que, aparentemente, seja detectada a presença de indícios de mineralização. Estes exemplos são vistos em Pedra Branca e em Tomé. Os rejeitos da lavra predatória e dos poços para pesquisas, talvez possam ser os responsáveis por esses fenômenos, caracterizando uma contaminação ambiental. Tendo em vista que não foi feito um estudo específico sobre esse assunto, estas asserções ficam apenas no terreno da especulação, devendo ser estudadas com maior detalhe em futuras pesquisas.

Os diagramas de dispersão além de exibir a correlação gráfica entre os elementos, pode separar subáreas indicativas da mudança do substrato rochoso. Esta última utilidade foi executada em caráter experimental e deve ser testada mais vezes para provar a sua utilidade.

Um estudo de detalhe sobre uma área detectada por um levantamento regional ou de semi-detalhe é usualmente executado por firma particular ou mesmo companhias estatais, as quais necessitam de um estudo simples e rápido para interpretar uma área potencialmente anômala, prioritariamente à abertura de trincheiras e serviços de sondagem. Nesse caso, o emprego de mapas de isoteores dos elementos analisados conjugados a diagramas de dispersão e uma estatística simples para cálculo de média, desvio pa

drão e limiar pode fornecer com rapidez uma resposta confiável nestes tipos de depósitos que se estudou, ao invés de técnicas estatísticas mais sofisticadas, que eventualmente necessitam de computador para os cálculos mais complexos e, conseqüentemente, um maior tempo exigido para interpretação.

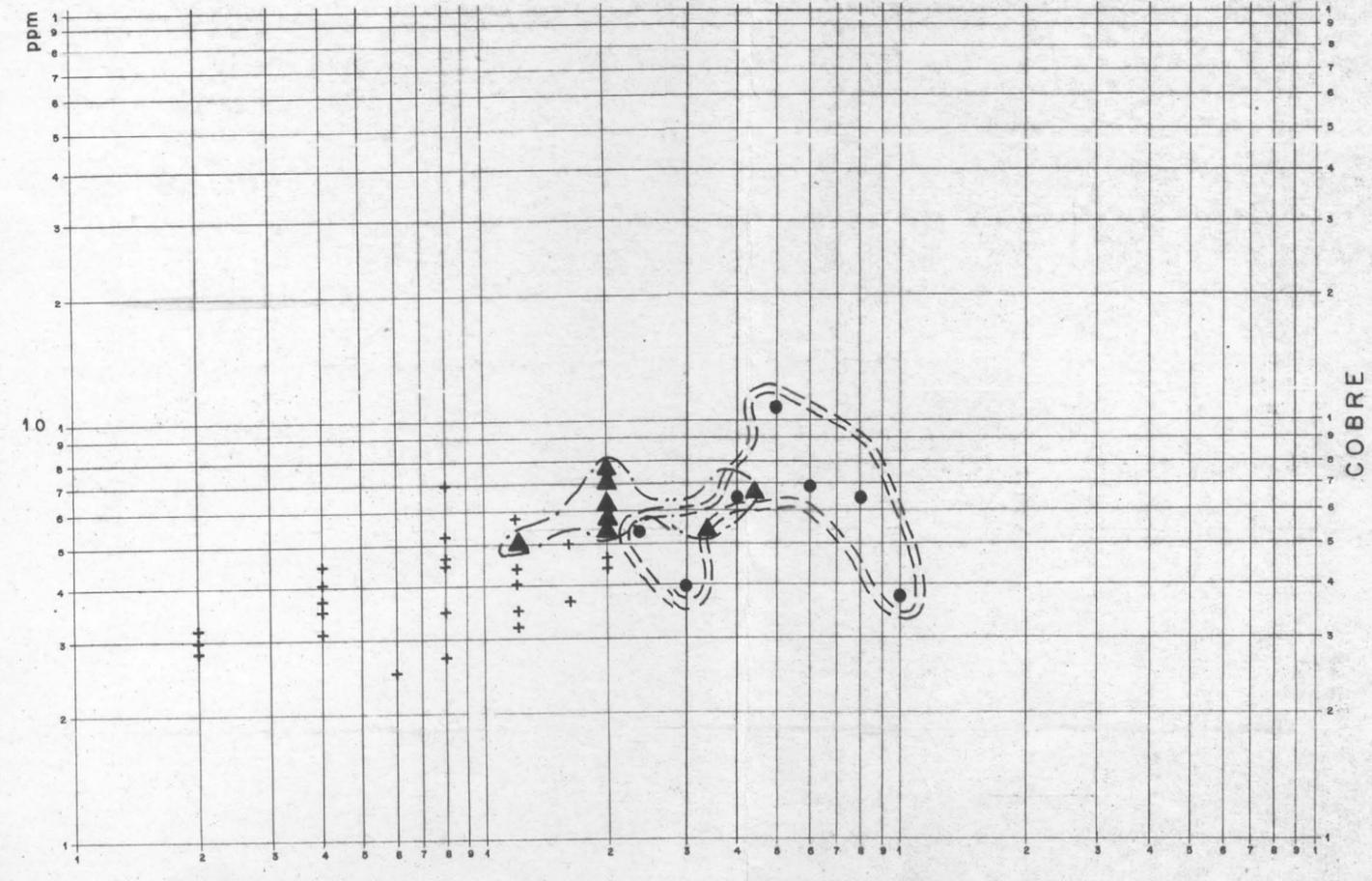
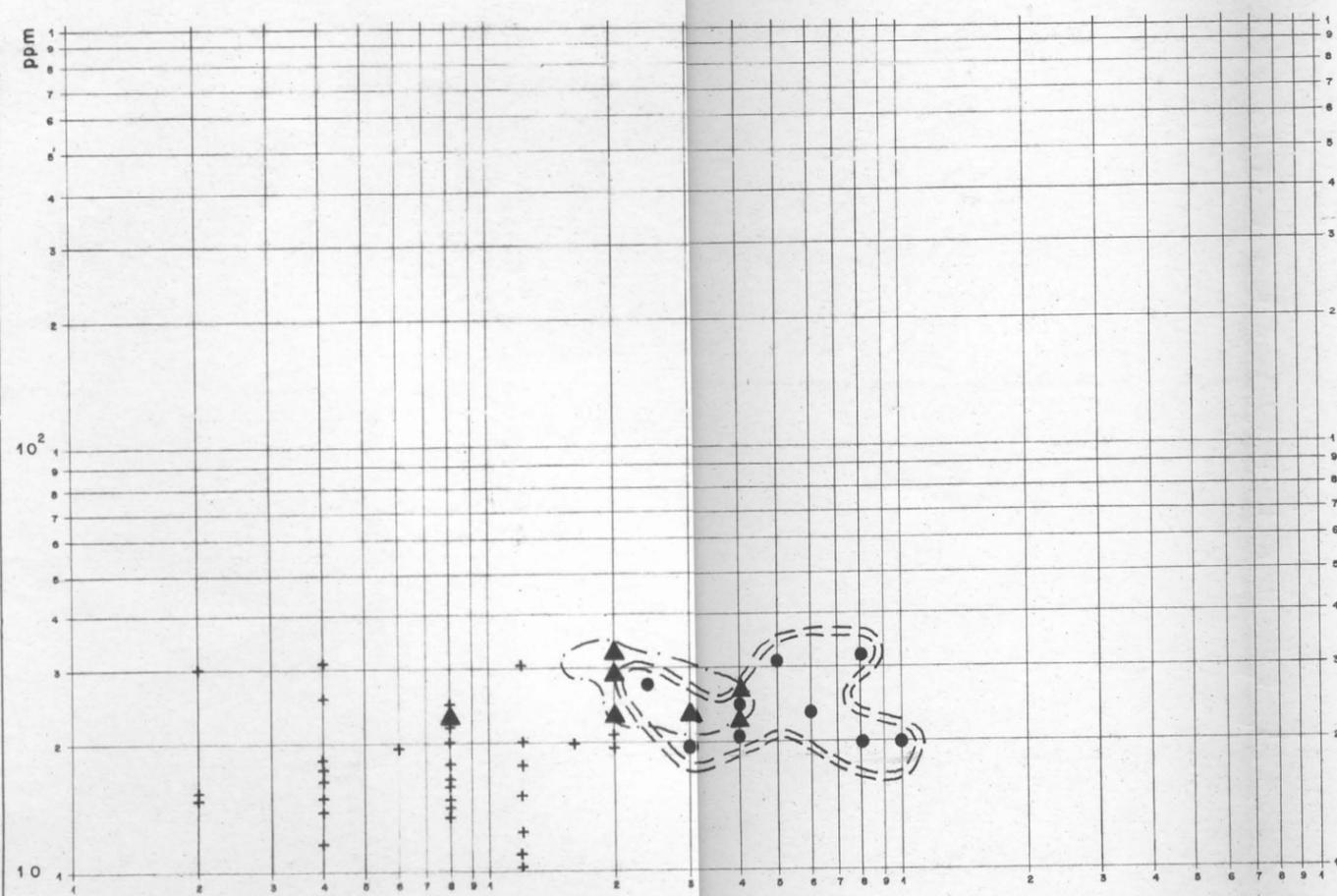
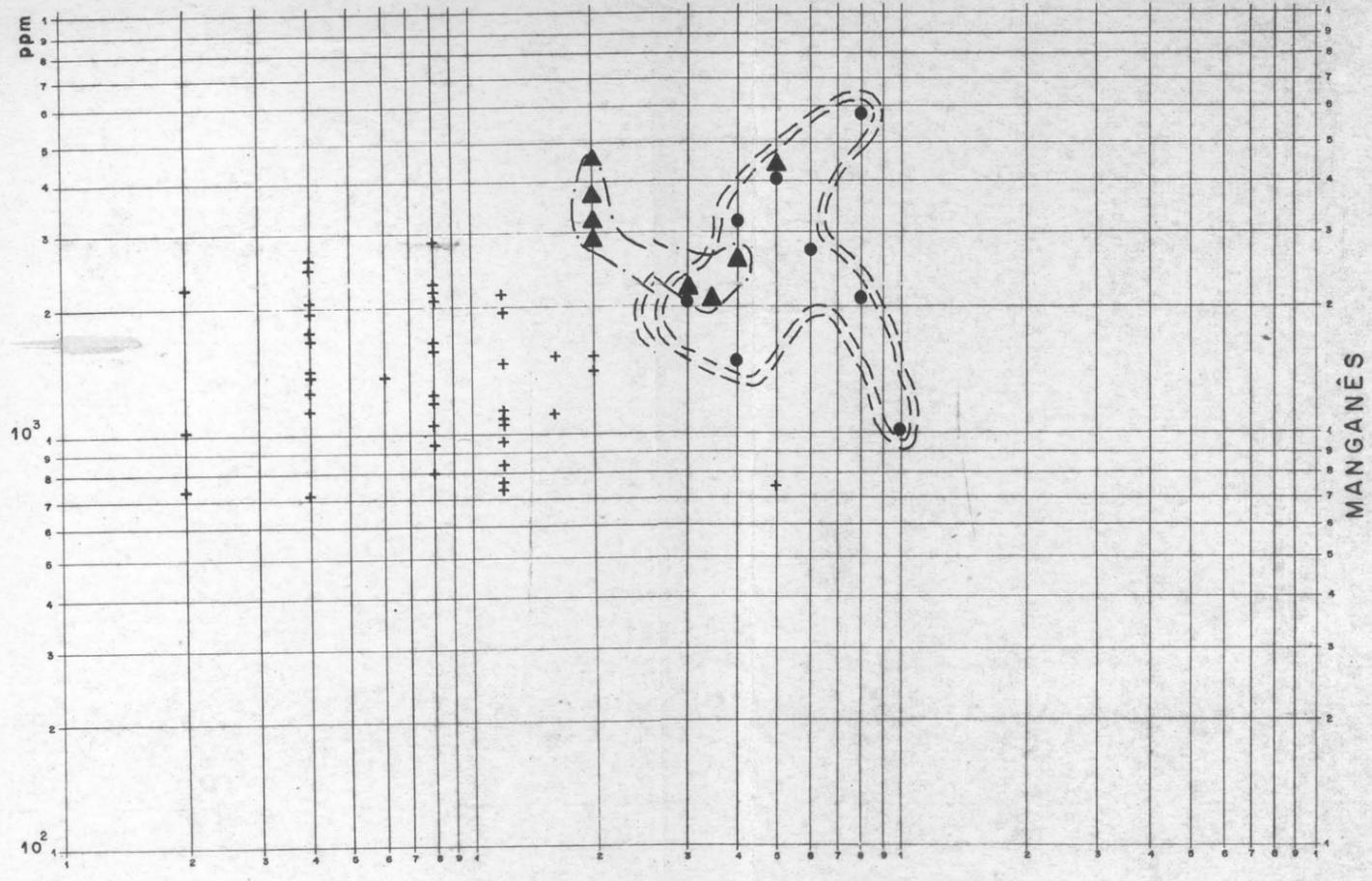
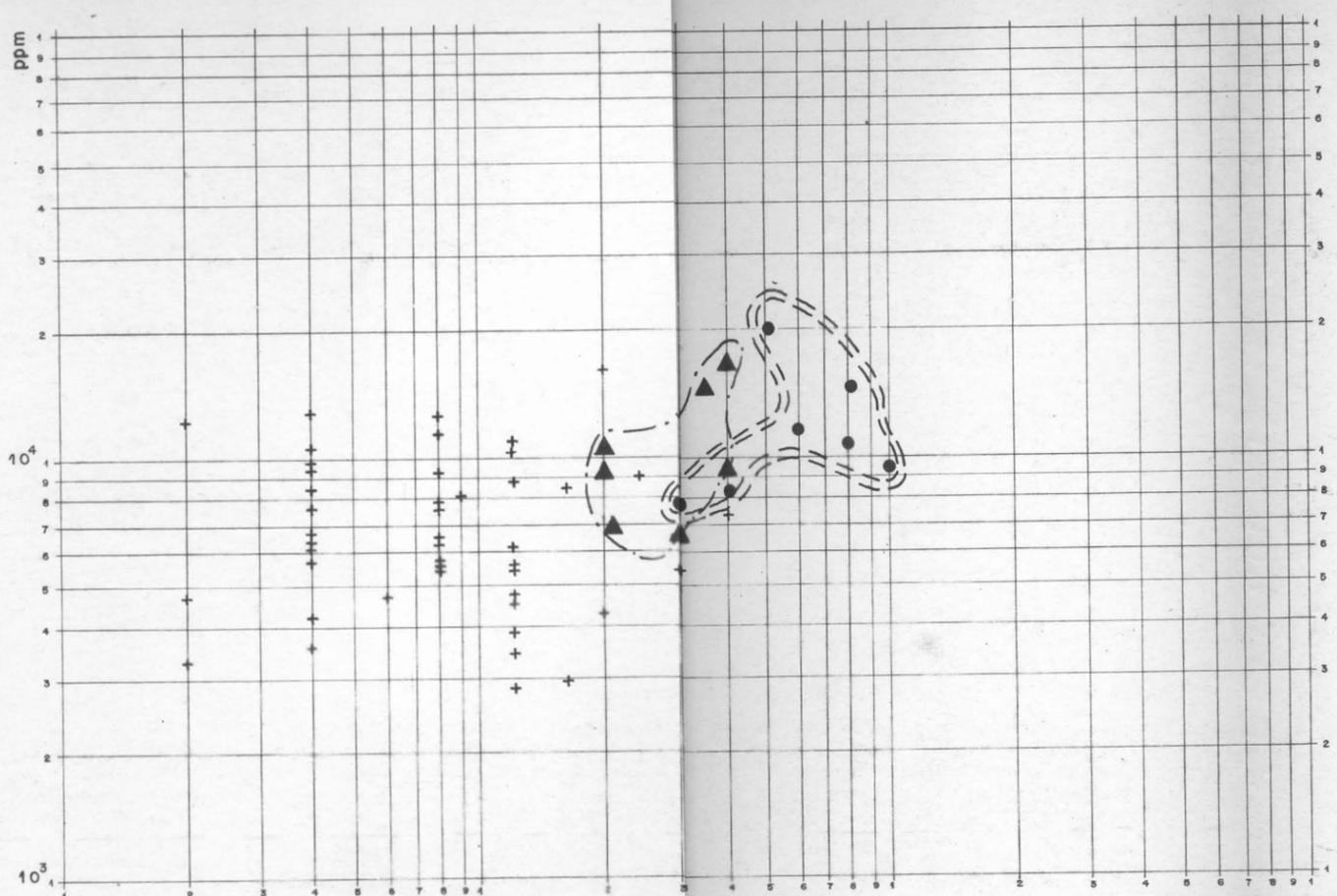


Figura 42 : Diagramas de dispersão P-Cu, P-Zn, P-Fe e P-Mn em Tomé.

Amostra em nível de "background" +
 Amostra com influência da zona mineralizada ●
 Limite das amostras contaminadas - - - -
 Limite das amostras anômalas = = = =
 Amostras com contaminação provável ▲

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A prospecção geoquímica por solos realizadas nas três ocorrências de apatita amostradas possibilitou a configuração de diversas informações sobre a distribuição dos elementos cobre, ferro, manganês, zinco e fósforo.

Os solos amostrados são similares em cada ocorrência em si, sendo em geral rasos, do tipo A-C, e um pouco mais profundos sobre as rochas calcossilicatadas, sendo predominantemente residuais. A exceção acontece na ocorrência de Panelas, onde devido às condições topográficas, pode ter sofrido aporte de material das partes mais altas, tendo em vista que o corpo amostrado localiza-se próximo à encosta da Serra das Panelas.

A análise e interpretação dos resultados do Estudo Orientativo e do Estudo de Detalhe conduzem às seguintes conclusões:

1) A fração granulométrica -80 +150 é a escolhida para análise dos dados do Estudo de Detalhe, visto que apresenta os melhores resultados utilizando o contraste teórico e coeficiente de variação. Não existe, no entanto, grande ascendência em relação às granulometrias -80 e -150 mesh, acreditando-se que possam igualmente ser utilizadas apresentando o mesmo resultado.

2) A comparação entre o contraste teórico comprova que, na fração -80 +150 o ataque HCl a quente é mais efetivo do que a mesma digestão a frio, para os elementos Cu, Zn, Fe e Ca. A diferença entre os contrastes não é tão acentuada, acreditando-se que são muito semelhantes. Adota-se a abertura HCl a quente por este motivo, ressaltando que o ataque HCl a frio deve igualmente refletir as variações analíticas dos elementos nos solos das três ocorrências amostradas.

3) Os testes t e f demonstram não existir diferenças significativas entre os resultados analíticos das profundidades 0-10 e 10-40 cm, sendo escolhida a última para evitar uma possível contaminação por aporte de material de superfície.

4) Os resultados analíticos da ocorrência de Panelas, para todos os elementos, são mais elevados do que os demais locais amostrados, enquanto que os resultados de Tomé foram os menos expressivos comparativamente, significando que em Tomé há uma menor expressão areal da rocha diopsidítica, bem como da mineralização apatítica.

5) Os resultados apenas discretos para o coeficiente de correlação entre o fósforo e os elementos ferro e manganês revelam a pequena influência desses elementos como possíveis "scavengers" do primeiro elemento, sendo ao contrário, bem marcante a influência do ferro em relação aos elementos cobre e zinco.

6) Os mapas de distribuição dos elementos analisados refletem satisfatoriamente a zona mineralizada e ajudam na distinção dos diferentes tipos litológicos, atestando que a prospecção geoquímica por solos pode ser usada na região.

Na ocorrência de Panelas os valores mais elevados estão localizados do centro para oeste do corpo amostrado. Este fenômeno provavelmente está relacionado ao gradiente da encosta, que permite, em época de chuvas, que elementos mais móveis como cobre e zinco sejam carregados das partes mais elevadas para as partes mais baixas e, posteriormente, capturados ou adsorvidos pelos óxidos e hidróxidos de ferro, como também podem permanecer nas estruturas de argilas expansivas. A mudança no pH do solo pode, igualmente, auxiliar na precipitação dos elementos. O solo desenvolvido sobre as rochas calcossilicatadas tem pH alcalino, que também favorecem a precipitação dos elementos, ao contrário das rochas migmatíticas que, por apresentarem pH menos básico, favorecem a lixiviação dos elementos. O elemento manganês e fósforo aparentemente não foram influenciados por estes fenômenos. Em todos os elementos analisados nesta ocorrência é possível delimitar subáreas, que são interpretadas como variações devido ao "bedrock" subjacente, assim como é também salientado principalmente para o fósforo, a região correspondente ao corpo mineralizado em apatita.

Na ocorrência de Pedra Branca a totalidade dos elementos tem os seus teores mais elevados no centro da malha o que corresponde à zona de rochas calcossilicatadas e da mineralização. É observado nesta ocorrência a menor dispersão secundária do fósforo em relação aos outros elementos. No entanto não foi possível, individualizar subáreas como em Panelas, além dos valores mais elevados do centro da malha não revelarem um "trend" perfeito.

Em Tomé os valores mais elevados estão localizados no centro, porém na direção sul. Não foi possível individualizar subregiões indicativas das mudanças litológicas, porque as amostras mais externas apresentam-se geralmente com valores uniformemente baixos, indicando que o solo sobre as rochas encaixantes estão empobrecidos nos elementos analisados.

7) Os diagramas ternários e testes de Duncan permitem verificar que as ocorrências de Panelas e Pedra Branca apresentam uma semelhança muito elevada no aspecto da concentração dos elementos no solo, enquanto que a ocorrência de Tomé apresenta diferenças marcantes nos teores dos elementos a ponto de serem discriminadas visualmente nos diagramas acima mencionados, bem como existirem diferenças significativas entre a maioria dos elementos analisados quando comparados no teste de Duncan com os elementos contidos em Panelas e Pedra Branca.

Os diagramas de dispersão mostraram ser um efetivo modo de separar as amostras da zona da mineralização bem como aquelas provenientes de diferentes tipos de rochas. É comprovado que a maioria dos gráficos apresentam correlação positiva entre os pares de elementos na zona mineralizada.

8) Dos diversos métodos de avaliação empregados para o estudo da dispersão geoquímica dos elementos no solo das ocorrências estudadas, verifica-se que a interpretação de mapas de isoteores associados à análise da correlação gráfica, podem fornecer as melhores indicações para a localização das áreas anômalas, bem como distinguem subáreas interpretadas como o reflexo das variações litológicas existentes no local.

9) As observações colhidas no campo, tais como in dícios de mineralizações, e outros controles da mineralização, com binadas com o resultado dos mapas de isoteores e diagramas de dis persão são, ainda, uma poderosa ferramenta para localização des tes tipos de ocorrências, aliando-se para isso também ao "fee lings" do geoquímico intérprete para evitar gastos desnecessá rios, como abertura de trincheira afastada do corpo mineralizado, ou mesmo locações inadequadas de furos de sondagem que oneram ex traordinariamente um programa de pesquisa, já que as fases subse quentes da exploração mineral envolvem uma demanda maior de recur sos econômicos.

Algumas considerações devem ser observadas no in tuito de melhor avaliar os padrões de dispersão secundária dos elementos nesta classe de amostra. Recomenda-se, pois, que em ou tras ocorrências que porventura vierem a ser amostradas, a adoção dos seguintes critérios no intuito de melhor avaliar a dispersão secundária dos elementos nos corpos mineralizados.

1) Uma maior densificação de amostras de 10 por 15 metros em uma malha retangular acompanhando o "trend" da rocha calcossilicatada, permitindo também um grau maior de representati vidade da amostragem.

2) Nas ocorrências localizadas em encostas, estu dar as condições topográficas, pH, etc, e verificar a influência do escoamento superficial na migração e aporte dos elementos não relacionados à mineralização.

3) Nos locais em que haja presença de remanejamen to do solo pela ação do homem, com o conseqüente rejeito, que pro voque a contaminação do solo, devem ser tomadas precauções adicio nais que visem minimizar essa influência na interpretação dos ma pas de isoteores. Recomenda-se nesses locais assinalar no mapa os locais da acumulação e do possível caminho que a contaminação pos sa tomar nas ocorrências em áreas de declive, ou mesmo que haja acumulação para as partes mais baixas nas ocasiões de chuvas tor renciais comuns em certas épocas do ano.

4) Recomenda-se para futuras pesquisas, analisar na fração -80 +150 nos solos desenvolvidos sobre os depósitos de apatita análogos, apesar de que as granulometrias -80 e -150 mesh também apresentam excelentes resultados.

5) Recomenda-se que a profundidade amostrada mais adequada seja realizada no intervalo 10-40 cm, evitando-se uma possível contaminação por aporte de material de superfície.

6) A determinação do fósforo por colorimetria deve, preferencialmente, ser executada em espectrofotômetro em substituição à colorimetria visual, devido às dificuldades do olho humano em distinguir variações imperceptíveis de cores.

7) Recomenda-se a análise das rochas e minerais pelo método de emissão espectrográfica abrangendo 30 elementos. Nos elementos que se apresentarem acima do limite superior de detecção seriam reanalisados pelo método de fluorescência de raios-x, especialmente os elementos terras raras que normalmente se acham presentes na estrutura das apatitas. Estas análises permitem que se obtenha uma idéia melhor sobre as associações geoquímicas no ambiente primário e justificaria melhor a escolha dos elementos a analisar em amostras de solo desenvolvido sobre a mineralização apatítica.

8) Para um estudo prático e rápido de áreas mineralizadas em apatitas como as pesquisadas nesta tese, os mapas de isoteores e diagramas de dispersão são bem adequados, podendo ser empregados por Companhias que estejam interessadas em estudo rápido e simples preliminarmente à execução de trincheiras, prospecção geofísica ou mesmo sondagem em áreas semelhantes para pesquisa de fosfato.

9) Atualmente este tipo de depósito apresenta-se subeconômico em virtude da pequena extensão dos corpos. Elementos terras-raras que normalmente se encontram presentes podem aumentar a rentabilidade destes corpos mineralizados, tendo ainda as micas um grande potencial de serem aproveitadas industrialmente, pois existem grandes quantidades deste mineral acompanhando o minério apatífero.

10) Recomenda-se a execução de testes metalúrgicos que avaliem mais acuradamente a qualidade do minério com vistas a um aproveitamento não só do fosfato, mas de elementos terras-raras presentes na estrutura da apatita e que podem ser utilizados como sub-produtos.

BIBLIOGRAFIA

- BAUM, L.F. - 1975 - Geology and Cu-Zn-Ni-Fe geochemistry of some eugeosynclinal rocks, Stevens County, Washington. Tese de Phd. University of Idaho, Idaho, 325 pp.
- BOYER, J. - 1971 - Definição dos solos e descrição do perfil. Tradução de Célia Peixoto Motti e Pascal Motti. Programa de textos didáticos da U.F.Ba., 68 pp.
- BRADSHAW, P.M.D., CLEWS, D.R. e WALKER, J.L. - 1972 - Exploration geochemistry. Barringer research ltda 304 Carlingview Dr.
- BRADSHAW, P.M.D. - 1975 - Conceptual models in exploration geochemistry - The Canadian cordillera and Canadian shield - Elsevier scientific publishing N.Y 213 p. Reprinted from Journ. Geoch. Expl. vol. 4 nº 1.
- CHAFFEE, M.A. - 1977 - Some thoughts on the selection of threshold values as practiced in the branch of exploration research of the U.S. Geological Survey. The Association of Exploration Geochemists. Newsletter nº 21, p. 14-16.
- CHAPMAN, R.P. - 1976 - Limitations of correlation and regression analysis in geochemical exploration - Inst. Mining and Metallurgy Trans. V. 69 p. B 279 - B 283.
- CHAYES, F. - 1960 - On correlation between variables of constant sum. Journ. Geophys. Research, v. 65 nº 12 p. 4185-4913.
- CORDANI, U.G., ISOTTA, C.A.L. e ABREU, A.C.S. - 1969 - Reconhecimento geocronológico do embasamento da região oriental do estado da Bahia. An. XXIII Congr. bras. geol. p. 159-165.
- COUTINHO, F.J.G., FEITOSA, J.A., BARRETO, A., BEZERRA, M.S. e MARINS, G.F. - 1972 - Beneficiamento da apatita de gavião - Mineração e Metalurgia, nº 235 ano XXXVI.

- CURRIE, J.B. - 1951 - The occurrence and relationships of some mica and apatite deposits in southeastern Ontario, Econ. Geol. n° 46 p. 765-778.
- DAVIS, J.C. - 1973 - Statistics and data analysis in geology. John Wiley & Sons, INC, New York, 550 pp.
- ERICKSEN, A. e GUIMARÃES, D. - 1936 - Distrito petrográfico de camisão, estado da Bahia. Mineração e Metalurgia, n° 1, p. 17-21.
- FRIZZO, J.S. e MACAMBIRA, E. - 1974 - Estudos geoquímicos na Fazenda Panelas - Bahia - Relatório inédito - Curso de geoquímica - Convênio PLANFAP - U.F.Ba. 86 pp.
- GOVETT, G.J.S. - 1972 - Interpretation of a rock geochemical exploration survey in Cyprus - Statistical and graphical techniques. Journal of Geochemical Exploration, vol. 1, n° 1, p. 93-99.
- - 1977 - Threshold fact or fiction?. The Association of Exploration Geochemistry, Newsletter n° 21, p. 2.
- HARDEM, G. e TOOM, J.S. - 1964 - Efficiency of the potassium bisulphate fusion in geochemical analysis. Inst. Mining and Metallurgy Trans. n° 74 - p. B-129-141.
- HAWKES, H.E. e WEBB, J.S. - 1962 - Geochemistry in mineral exploration: Harper and Row, New York, 415 pp.
- KOCK Jr., G.S. e LINK, R.F. - 1971 - The coefficient of variation a guide to the sampling of ore deposits - Economic Geology - v. 66, p. 293-301.
- LEPELTIER, C. - 1969 - A simplified statistical treatment for geochemical data by graphical representation. Econ. Geology - v. 64, p. 538-556.
- LEVINSON, A. A. - 1974 - Introduction to exploration geochemistry - Calgari, applied publishing ltda. 5 pp.

MASCARENHAS, J.F., PEDREIRA, A.J. de C.L., ALCANTARA GIL, C.A., NEVES, J.P., OLIVEIRA, J.E., SILVA FILHO, M.A. e MARINHO, M.M. - 1976 - Geologia da região centro oriental da Bahia - Relatório integrado dos projetos, Bahia, Bahia II e sul da Bahia - Vol. I - texto - convênio DNPM-CPRM.

MIESCH, A.T. - 1976 - Geochemical survey of Missouri-methods of sampling laboratory analysis, and statistical reduction of data - Geological Survey Professional - paper 954 A B9 pp.

MONTE FLORES, M.M. - 1937 - Geologia do estado da Bahia - Inst. Geoquim. e Hist. da Bahia - Salvador, Is. ed. I 41 pp.

MORAES, L.J. - 1938 - Recursos brasileiros em matérias primas dos adubos fosfatados. Mineração e Metalurgia. Vol. II nº 12 março-abril p. 377-381.

OLIVEIRA, J.F., GOUDARZI, G. e COUTO, P.A. - 1969 - Depósitos de apatita em Riachão de Jacuipe - An. XXIII - Congr. Bras. Geol. Esp. nº 1 - p. 35-36.

PEACHEY, D., ROBERTS, J.L. e SCOT-BAKER, J. - 1973 - Rapid colorimetric determination of phosphorus in geochemical survey samples. Journal of Geochemical Exploration, vol. 2 nº 2 p. 115-120.

SANTOS, R.F.A. - 1962 - Chuvas na Bahia, máximas e mínimas. Ministério de Viação e Obras Públicas - DNOCS - 4º DISTRITO - Salvador.

SCORZA, E.P. - 1950 - Mineralizações pirometassomáticas de calcários impuros e sua importância econômica no Brasil. Mineração e Metalurgia, v. XV, nº 87, p. 101-104.

SEIXAS, S.R.M., MARINHO, M.M., MORAES FILHO, O. e AWDZIEJ, J. - 1974 - Projeto Bahia II - Ministério das Minas e Energia - Convênio DNPM-CPRM - V. I, partes I e II. Relatório de progresso.

- SINGHAR, A.J. - 1974 - Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs. *Journal of Geochemical Exploration*, p. 145-149.
- STAYTON, R.E. - 1955 - Rapid methods of trace analysis for geochemical applications. Edward Arnold Ltd., London, 95 pp.
- TEKSE, G.D. e TORRES, J.M. - 1960 - Principles and procedures of statistics - Mc Graw - Hill Book Company, Inc. 650 pp.
- TRUSSKOWSKI, E.P. - 1975 - Os recursos minerais raros e potássio no Brasil e sua metalogenia - *Interciência* - RJ, 553 pp.
- VALER DE OLIVEIRA, H.A.P. - 1976 - Petrologia e geoquímica das máficas e calcossilicáticas. Ipirá, Bahia, tese de N. Sci. - Geol. Instituto de Geociências U.F.Ba., Salvador 104 pp.
- VERHART, G.D. e WELTE, N.L. - 1962 - Study of the distribution of some geochemical data. *Economic Geology*, v. 54, p. 1281-1293.
- WEISS, P. e OLIVEIRA, F.A. - 1971 - Projeto apatite - Ministério das Minas e Energia - Convênio URUGUAI-CHILE, V.1 - Relatório Final.
- WOODSWORTH, G.J. - 1972 - A geochemical drainage survey and its implications for metallogenesis, Central Coast Mountains, British Columbia - *Econ. Geology* V. 66 p. 1104-1120.
- ZUSSMAN, J., DEER, W.A.P.R.S. e HOWIE, R.A. - 1971 - An introduction to the rock-forming minerals - Longman, London, 586 pp.

A P R E S E N T A Ç Ã O

Este Anexo contém os resultados analíticos das amostras analisadas no Estudo Orientativo e Estudo de Detalhe das ocorrências de Painelas, Tomé e Pedra Branca.

O número das amostras é apresentado em código alfanumérico, sendo adotado três letras e três números. Para o Estudo Orientativo, foram utilizadas as letras ORI, além das letras A, B e C no final da numeração, representando as granulometrias - 80, - 80 + 150 e - 150 mesh. O intervalo de numeração de 001 a 069, 139 a 207 e 277 a 345 representam as amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm, das ocorrências de Painelas, Tomé e Pedra Branca, enquanto que o intervalo de 070 a 138, 209 a 276 e 346 a 414 representam aquelas coletadas na profundidade 10-40 cm destas ocorrências respectivamente (ex: a amostra ORI 024 B representa uma amostra do Estudo Orientativo da ocorrência de Painelas, coletada a profundidade 0-10 cm na granulometria - 80 + 150 mesh).

Para o Estudo de Detalhe, adotou-se as letras iniciais HBA estando representados os resultados analíticos das amostras da profundidade 10 a 40 cm das três ocorrências.

A letra que segue o símbolo do elemento químico analisado corresponde ao tipo de abertura e análise efetuada:

F = abertura por HCl a frio analisado por absorção atômica.

Q = abertura por HCl a quente analisado por absorção atômica.

Col = abertura por fusão ácida em piro-sulfato de potássio e análise por colorimetria visual.

A concentração dos elementos analisados estão apresentados em partes por milhão (ppm), sendo que o cobre, o zinco e algumas análises do manganês a frio estão com uma (1) casa decimal, tendo em vista o pequeno valor analítico apresentado.

A determinação do cálcio a quente no Estudo Orientativo foi realizada sem adição de lantânio. Desse modo, sérias interferências devido a presença do fósforo, alumínio e silício podem ter ocorrido, deprimindo fortemente os resultados. Por este motivo, não foram realizadas as análises do cálcio no Estudo de Detalhe.

ESTUDO ORIENTATIVO

NÚMERO	Cu - F	Zn - F	Mn - F	Fe - F	Ca - F	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	Ca - Q	P - Col
ORI 001 A	2,3	8,1	123	567	3150	9,3	16,5	228	5875	1750	240
B	2,0	5,6	101	350	2670	2,5	6,5	155	3800	1275	240
C	2,3	8,6	145	504	3870	3,3	12,3	188	4700	1525	240
ORI 024 A	7,5	9,8	997	2130	5820	19,5	54,7	1633	16775	5425	1000
B	7,9	9,9	916	2205	6210	17,3	55,7	1563	17125	5775	1400
C	7,5	9,6	982	2203	5580	20,8	61,0	1763	19225	5925	900
ORI 030 A	9,8	21,5	1329	2460	5940	30,5	101,2	1970	36925	5300	220
B	8,1	21,5	1129	1875	5700	26,0	88,0	1645	31000	4700	280
C	9,6	21,5	1273	2220	5700	31,5	106,0	2120	38600	5700	260
ORI 031 A	6,7	12,5	616	2220	4308	17,0	49,0	945	21775	3300	580
B	8,1	14,6	726	2775	5223	16,5	56,7	960	22525	3375	700
C	10,1	15,9	832	2685	6363	20,0	61,2	1020	25875	4150	700
ORI 032 A	22,5	33,9	1294	3690	16110	73,2	145,8	1878	51175	6450	5000
B	18,9	33,0	1137	4635	14100	72,5	137,8	1880	50150	8275	2200
C	25,2	30,7	1434	3855	14160	76,0	157,2	1915	52675	7100	2400
ORI 038 A	15,5	34,5	444	4680	7530	30,3	93,5	507	25750	4875	900
B	15,6	33,6	465	3780	9000	30,0	96,7	558	24725	5250	900
C	17,3	33,5	519	3405	10590	42,0	112,5	645	32725	6200	1100
ORI 041 A	16,1	115,0	804	3330	4380	40,8	119,5	1070	30650	3625	440
B	12,3	95,0	651	2340	5760	36,8	105,2	973	27025	3350	620
C	19,9	165,0	832	3840	9660	45,5	122,2	980	30950	3900	380
ORI 043 A	12,5	17,0	362	3360	4290	39,0	85,8	718	24800	3300	440
B	12,5	18,0	468	3405	4140	46,2	100,2	945	27050	3050	360
C	14,9	20,0	482	3915	5640	46,8	103,0	935	33800	2725	400
ORI 049 A	6,8	8,1	635	1230	4560	21,3	48,5	918	24650	3350	220
B	7,5	8,7	697	1500	4560	24,8	55,7	973	27950	4050	280
C	7,9	9,3	675	1485	5310	29,0	64,5	1030	33675	4750	320
ORI 060 A	8,4	8,3	675	3165	4500	16,3	35,3	955	23550	2525	280
B	7,5	6,5	626	3090	3930	18,0	41,0	953	25475	3225	150
C	9,3	8,4	677	3585	5040	20,0	41,8	938	26750	1175	320
ORI 065 A	17,3	12,6	665	3825	5340	49,8	84,5	993	38450	4700	140
B	17,1	12,8	674	3915	6150	50,0	88,7	963	38175	4925	340
C	16,5	12,8	700	3645	5580	54,5	95,5	1090	41650	5375	200
ORI 067 A	19,9	15,2	861	2655	6960	75,0	90,7	1407	39325	5925	640
B	22,6	32,7	938	3300	9150	72,0	89,7	1423	39625	6075	700
C	26,3	21,2	1110	3435	10650	83,0	103,7	1473	44025	6975	700
ORI 070 A	1,5	4,5	81	555	1947	3,7	12,5	127	4600	900	100
B	1,5	4,1	64	645	1620	3,2	12,0	107	4000	600	100
C	2,1	4,5	117	915	2730	4,7	16,7	168	6075	1150	140
ORI 093 A	7,5	10,6	1528	2850	6480	17,0	53,2	1485	16075	5650	640
B	7,1	10,2	1584	2460	6240	18,2	55,5	1502	19125	6175	700
C	8,8	12,2	2031	3120	7110	21,2	63,5	1655	21875	7225	560
ORI 099 A	9,2	29,7	1335	3435	5853	25,0	80,0	1860	30135	4900	740
B	9,9	33,3	1462	3345	6213	25,0	83,0	1962	28200	3625	500
C	11,8	38,4	1641	4035	6939	29,2	100,0	2185	35475	5500	560
ORI 100 A	9,3	10,6	774	2925	5850	19,7	62,8	1020	27825	3350	280
B	8,8	12,3	780	3075	5490	16,7	54,5	973	24200	3150	620
C	12,6	15,2	984	4365	7170	21,5	59,5	1070	27875	3650	380
ORI 101 A	22,5	24,6	1884	6165	11400	70,7	148,0	1738	33875	7500	1100
B	21,9	26,4	1855	6874	12900	76,0	142,5	1820	47625	7925	1000
C	22,1	26,4	1755	6210	8820	77,0	145,0	1787	47100	8150	400
ORI 107 A	15,3	38,4	413	4230	6870	32,3	88,8	525	27675	4525	440
B	13,8	25,8	376	3615	6207	32,2	93,3	550	25000	5500	500
C	16,3	28,6	408	4395	8034	41,5	98,5	585	28775	4325	540
ORI 110 A	14,4	21,6	699	2745	6630	40,0	120,0	1070	30425	4175	380
B	15,4	25,9	783	3315	7020	35,8	118,0	1025	30350	4550	360
C	18,6	28,8	780	3825	6480	38,7	132,5	905	28725	4550	320
ORI 112 A	13,4	15,9	310	3375	3423	58,2	92,5	448	37150	2775	240
B	13,5	18,3	324	3240	3510	56,0	90,0	413	35350	2600	240
C	11,1	19,9	400	3525	4071	59,0	193,7	525	36975	2925	240
ORI 118 A	7,2	7,1	683	1170	4650	24,7	55,0	1110	29475	4225	220
B	5,5	5,5	556	1005	3540	23,0	95,7	1070	23275	3050	220
C	7,9	9,8	624	1260	4830	28,7	56,5	1132	25825	3625	280
ORI 129 A	21,8	8,8	805	3117	3210	40,5	42,5	972	30050	3050	330
B	16,7	8,1	687	2836	2940	47,2	44,0	885	27700	2750	240
C	16,9	9,9	867	4039	4230	49,5	44,0	845	22500	3025	360
ORI 136 A	20,8	17,1	741	3390	8670	72,2	83,7	1263	39100	5725	760
B	25,1	16,9	951	3795	1470	66,7	77,5	1235	36300	5200	560
C	25,1	15,3	945	2685	7710	60,5	81,7	1315	37500	5975	540
ORI 140 A	2,4	4,2	106	1245	1470	3,8	20,0	175	13000	700	270
B	1,8	3,5	123	1060	1320	5,3	11,8	113	9325	500	290
C	2,7	5,3	196	1665	1530	2,3	25,8	155	12775	675	240

NÚMERO	Cu - F	Zn - F	Mn - F	Fe - F	Ca - F	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	Ca - Q	P - Ccl
ORI 143 A	2,1	7,1	163	1560	798	2,5	15,8	190	6200	300	240
B	1,2	3,5	76	960	633	3,3	16,6	132	4125	200	240
C	1,9	7,9	165	1245	876	3,5	16,5	255	8425	500	220
ORI 146 A	1,2	4,2	36	615	798	4,2	8,5	123	20075	200	140
B	1,1	4,1	24	465	633	2,5	7,8	123	5350	350	80
C	1,3	6,3	42	705	876	2,5	6,5	108	5475	350	140
ORI 150 A	1,6	3,7	118	1080	1320	3,3	11,3	283	10200	650	240
B	1,2	3,2	79	405	840	5,3	13,0	215	7200	350	200
C	1,6	4,8	136	900	1590	4,3	13,0	225	9000	600	260
ORI 156 A	2,5	7,6	303	1545	2580	15,6	33,7	528	15675	1875	620
B	3,0	7,5	336	1575	2940	7,7	32,2	508	13900	1175	640
C	4,1	9,9	424	2190	3630	11,0	43,7	615	19300	2150	460
ORI 160 A	0,9	3,1	9,0	520	630	3,0	14,2	65	5700	200	70
B	0,9	3,1	6,0	573	540	2,2	9,0	40	3175	100	30
C	1,3	3,1	12,0	634	780	3,2	15,2	65	6625	275	130
ORI 164 A	1,6	4,5	185	1740	2130	6,8	34,0	315	13300	1175	300
B	1,2	2,7	129	1350	1890	4,3	20,0	270	13650	725	200
C	2,3	5,3	259	2355	2490	6,8	27,5	418	17650	1450	140
ORI 175 A	1,2	4,3	93	703	1080	1,8	14,8	118	6025	550	160
B	1,1	4,1	70	702	1050	1,8	14,0	150	6025	525	100
C	1,3	4,6	132	820	990	2,3	14,3	190	8575	950	200
ORI 180 A	1,3	3,5	160	1035	1260	4,0	17,6	305	10450	400	60
B	0,9	3,3	114	900	960	4,5	18,0	340	10125	525	30
C	1,6	4,6	230	1230	1800	5,5	19,6	390	9875	650	110
ORI 195 A	0,9	2,3	119	720	1020	2,8	16,7	260	9250	350	100
B	1,1	2,3	129	690	990	2,8	18,0	265	8675	325	120
C	1,2	2,9	130	570	1170	4,5	23,2	233	9975	500	170
ORI 199 A	4,8	7,1	345	975	3480	8,0	36,5	405	12475	2050	180
B	3,5	4,6	237	660	2520	7,2	29,2	402	11650	1800	120
C	5,5	7,4	351	1005	3540	9,5	34,2	450	14025	2275	100
ORI 200 A	1,4	4,2	144	887	1260	3,5	18,7	187	9550	350	280
B	1,1	4,4	100	840	1320	3,2	16,2	170	9000	350	180
C	1,4	4,1	148	1141	1320	3,7	17,5	182	9175	450	220
ORI 202 A	0,9	2,1	89	600	810	2,2	15,7	213	5350	150	120
B	0,7	2,7	57	330	630	1,7	12,2	163	4600	400	120
C	1,4	2,7	136	570	1230	2,5	13,7	220	5375	400	140
ORI 205 A	1,3	9,0	171	345	1530	2,5	19,7	273	7150	400	180
B	0,9	8,3	117	285	1041	6,2	20,0	255	8075	275	60
C	1,5	10,8	230	495	1878	3,0	23,8	338	6750	575	180
ORI 208 A	1,9	5,1	195	2205	1950	7,5	32,2	313	24325	750	600
B	2,1	4,8	196	1890	2580	7,0	27,0	258	22600	750	560
C	2,7	6,3	309	3405	2400	8,5	36,0	363	25100	825	360
ORI 209 A	2,8	6,1	279	810	2403	5,2	27,5	350	9875	1275	240
B	2,7	5,4	225	1065	2049	4,2	20,7	320	7125	1075	220
C	3,3	6,3	275	1185	2067	6,0	29,7	463	13250	1800	220
ORI 212 A	3,7	6,6	299	1020	2748	6,7	43,7	403	9600	1800	140
B	3,8	5,7	312	1350	2850	6,7	28,5	385	10175	1925	140
C	3,9	6,2	324	1485	3039	7,7	39,2	453	15150	2100	140
ORI 215 A	1,5	5,3	64	642	1350	2,7	15,3	120	5125	275	140
B	1,2	4,1	42	423	900	1,7	10,0	88	3050	175	100
C	1,6	5,9	68	708	1620	3,2	19,0	150	6600	450	240
ORI 219 A	2,1	6,3	70	1095	1020	3,2	15,0	110	7225	425	120
B	1,6	5,1	54	705	1380	2,7	19,0	110	6475	300	180
C	2,1	4,8	84	1185	1080	4,5	14,0	113	8275	550	220
ORI 225 A	2,9	3,9	272	2205	2880	7,0	25,2	353	16050	1425	140
B	2,5	3,8	238	1695	2790	6,0	24,0	313	15000	1325	140
C	3,2	4,1	307	2385	2910	8,0	27,2	405	14675	1475	240
ORI 229 A	0,8	1,8	8,1	600	603	1,5	4,0	53	6500	350	140
B	0,8	1,8	4,1	465	480	1,0	13,2	50	2900	200	100
C	0,9	1,8	8,5	735	747	1,5	6,2	53	4325	325	180
ORI 233 A	2,1	4,3	207	2190	3030	7,2	25,0	280	17925	1225	500
B	1,9	4,1	150	1590	3330	5,5	16,0	202	13300	1025	760
C	2,3	4,9	222	2220	1710	6,5	21,7	288	14300	825	440
ORI 244 A	0,9	2,9	65	555	1200	1,2	13,5	182	8550	600	40
B	1,1	1,9	48	720	1140	2,7	15,7	148	7125	400	100
C	1,3	3,0	93	690	1500	1,7	17,2	163	8550	700	80
ORI 249 A	1,2	4,8	180	975	1590	2,8	11,5	280	10325	575	150
B	1,1	3,6	120	945	1080	2,5	9,8	240	10175	325	140
C	1,8	5,4	218	1080	1830	3,8	8,5	295	11225	700	150
ORI 264 A	1,5	5,3	106	990	1800	3,0	13,3	160	7625	225	20
B	1,2	4,1	76	555	960	2,2	13,3	155	8450	350	180
C	1,5	6,9	120	1170	1980	3,0	18,0	180	9525	525	200
ORI 268 A	1,5	4,1	63	810	960	2,7	9,0	128	5975	225	140
B	1,5	3,8	60	750	930	2,2	8,0	90	3850	125	140
C	1,5	4,4	72	780	1020	3,0	11,2	128	5900	250	140

NÚMERO	Cu - F	Zn - F	Mn - F	Fe - F	Ca - F	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	Ca - Q	P - Col
ORI 269 A	1,8	3,2	47	900	525	3,2	18,7	153	10500	300	260
ORI 269 B	1,5	3,0	45	855	648	2,5	12,7	108	7575	175	100
ORI 269 C	1,8	3,9	75	1440	1035	3,7	21,0	150	10975	375	250
ORI 271 A	0,8	2,8	54	765	870	2,0	13,2	148	4975	250	100
ORI 271 B	0,9	7,3	43	540	810	1,5	9,0	103	3625	175	20
ORI 271 C	0,9	2,4	73	660	990	2,2	14,0	140	4975	325	80
ORI 274 A	1,1	4,2	139	300	1410	2,2	19,0	280	8225	375	120
ORI 274 B	0,6	2,7	89	240	1080	2,0	13,5	168	6000	225	60
ORI 274 C	1,4	4,9	183	450	1740	5,2	22,7	313	6675	500	140
ORI 278 A	3,5	6,8	915	1380	1500	6,2	23,7	953	7675	625	100
ORI 278 B	3,6	6,9	858	1500	1590	6,2	24,2	1053	8300	525	140
ORI 278 C	3,1	6,2	936	1365	1530	8,5	24,0	865	7775	650	220
ORI 282 A	3,2	4,8	573	1620	1620	6,7	21,2	710	9175	400	140
ORI 282 B	2,7	6,1	529	1575	2940	6,0	22,0	610	8725	275	140
ORI 282 C	3,8	6,3	681	2235	1800	8,7	30,0	860	2075	550	220
ORI 285 A	6,4	6,2	547	2383	2940	13,2	31,2	578	15475	1500	260
ORI 285 B	5,9	6,0	472	1635	2610	11,5	35,2	533	14550	1250	190
ORI 285 C	7,5	8,8	646	2544	3150	14,2	36,7	628	16350	1700	200
ORI 287 A	4,5	7,4	330	1845	4680	13,0	30,0	555	20300	2325	100
ORI 287 B	4,2	7,8	310	1785	3600	13,5	33,5	545	20750	3075	180
ORI 287 C	5,4	7,7	340	2025	5070	17,0	43,5	640	24025	4025	180
ORI 288 A	6,6	5,1	492	4005	3900	21,0	29,5	660	26250	2475	180
ORI 288 B	7,1	5,3	510	3990	3750	20,0	30,1	643	23975	1950	200
ORI 288 C	8,2	6,0	573	4905	4740	24,5	32,7	720	30250	2750	240
ORI 291 A	15,8	15,0	1669	3096	5760	48,2	65,7	1775	33525	2725	1240
ORI 291 B	17,4	15,6	1081	3390	3930	54,0	73,2	1965	35550	2950	840
ORI 291 C	18,3	17,4	1837	400	5640	51,0	74,0	1933	34450	1175	1160
ORI 298 A	19,1	4,6	597	4080	2460	53,2	44,2	870	34050	1500	240
ORI 298 B	18,0	2,4	631	4695	2580	46,0	38,0	823	28425	1350	280
ORI 298 C	17,0	4,5	535	4335	2310	59,7	48,7	938	36625	1650	260
ORI 301 A	12,2	10,1	917	1680	6399	40,7	62,5	1230	28225	4300	440
ORI 301 B	10,2	6,2	852	442	3750	36,7	52,7	1205	25450	3700	400
ORI 301 C	15,3	11,5	1080	2115	8730	40,5	64,7	1413	26475	4900	560
ORI 304 A	9,3	5,2	510	2655	2580	33,5	40,7	908	26150	2225	220
ORI 304 B	11,4	6,3	620	3660	2940	33,2	42,0	855	24500	2100	130
ORI 304 C	11,3	7,1	561	3405	3030	40,0	48,5	1040	31075	2900	150
ORI 311 A	1,4	3,5	302	2475	1053	4,2	23,7	458	14500	450	200
ORI 311 B	1,1	2,7	216	1905	816	3,5	19,7	415	14725	300	180
ORI 311 C	1,7	3,6	368	3000	1245	6,0	30,0	603	18475	725	140
ORI 319 A	9,0	7,7	392	4845	3060	23,2	37,2	563	28600	2350	280
ORI 319 B	6,9	12,6	362	4185	2700	20,2	32,5	525	21325	1750	270
ORI 319 C	9,5	8,1	366	4725	3090	21,7	36,0	525	24075	1800	220
ORI 333 A	3,2	4,7	534	1860	1920	7,0	24,0	593	16450	875	200
ORI 333 B	2,6	3,8	386	2197	1590	6,0	23,2	500	14800	700	190
ORI 333 C	3,8	5,4	603	3000	2370	8,0	29,2	660	21625	1150	120
ORI 335 A	13,1	11,4	784	2946	4380	34,0	58,5	1063	43650	3800	240
ORI 335 B	11,3	11,8	702	2791	3930	28,7	51,5	965	29975	3175	180
ORI 335 C	13,9	11,0	806	3031	4920	33,0	56,0	1080	44250	3875	240
ORI 336 A	19,5	14,3	589	5776	4050	78,5	89,7	1180	52450	4700	200
ORI 336 B	17,7	14,2	815	4147	3720	62,2	84,7	1143	49250	4500	120
ORI 336 C	21,8	15,5	923	5437	4680	73,7	105,0	1258	59825	5660	220
ORI 338 A	2,7	6,3	276	1630	2250	6,7	17,0	450	16950	1525	150
ORI 338 B	2,3	8,6	212	1538	1830	5,2	7,5	408	15025	1300	140
ORI 338 C	3,3	4,8	285	1913	2760	7,5	24,0	498	16850	2050	190
ORI 347 A	3,2	5,9	715	1098	1680	7,2	35,0	1028	9150	950	100
ORI 347 B	3,5	6,2	795	1189	1860	7,7	34,5	1095	10475	1075	100
ORI 347 C	3,8	6,0	893	1165	2100	6,7	22,2	873	8500	850	160
ORI 351 A	2,7	3,5	419	1470	1020	6,5	28,2	533	10750	300	160
ORI 351 B	2,6	3,6	399	1335	1020	10,0	24,5	500	8750	275	120
ORI 351 C	3,3	4,1	476	1875	1410	8,0	29,2	588	12725	450	200
ORI 354 A	7,5	8,6	489	2205	3300	14,7	36,2	605	18125	1775	200
ORI 354 B	6,9	8,7	456	2040	2970	14,2	36,7	598	16350	1650	160
ORI 354 C	9,8	8,9	611	2685	3840	17,5	46,5	695	21050	2275	160
ORI 356 A	5,3	6,8	120	1444	4500	12,0	24,2	395	18750	3125	140
ORI 356 B	6,0	8,1	291	1030	4980	14,5	25,0	418	20325	3375	160
ORI 356 C	4,8	6,8	206	1126	3930	12,7	26,5	395	19325	2975	180
ORI 357 A	7,5	12,0	404	4275	3510	23,7	39,2	640	12975	2475	180
ORI 357 B	6,5	8,1	384	3885	3300	22,2	31,7	625	13575	2125	180
ORI 357 C	8,6	20,4	411	5100	3690	21,0	29,5	590	14725	2450	140
ORI 360 A	16,4	13,6	968	2530	4110	55,2	68,7	1570	35425	2825	1100
ORI 360 B	16,7	13,7	996	2688	4020	64,2	82,7	1768	40550	2800	1140
ORI 360 C	19,4	14,0	1047	2363	4740	57,5	70,7	1543	33925	3025	960

NÚMERO	Cu - F	Zn - F	Mn - F	Fe - F	Ca - F	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	Ca - Q	P - Q
ORI 367 A	18,9	16,5	542	4740	2490	43,0	36,7	763	23725	1375	280
B	16,7	8,4	473	4200	2430	43,2	34,0	738	24100	1175	320
C	25,8	10,4	692	6195	3270	47,7	39,7	825	26175	1450	240
ORI 370 A	12,6	6,8	801	2340	5130	45,0	59,5	1153	18350	5075	580
B	12,2	6,2	758	2145	4890	37,2	49,7	1045	22350	4000	520
C	14,7	7,5	905	2895	5610	40,7	49,7	1202	13975	4825	520
ORI 373 A	13,5	6,8	668	3390	3300	36,2	30,6	913	45875	1625	160
B	13,4	6,3	687	3360	3510	41,5	39,5	913	28100	2525	160
C	16,8	7,5	775	4350	4080	42,2	34,2	980	22475	2700	180
ORI 380 A	2,1	4,9	330	637	1290	10,2	26,2	530	10625	525	120
B	1,7	3,9	248	563	840	4,5	23,2	435	11850	400	90
C	2,6	4,9	355	1163	1290	6,5	28,7	608	15900	775	130
ORI 388 A	9,2	9,3	339	4080	3210	21,5	40,0	528	24150	1925	240
B	7,1	7,7	252	3255	2610	18,2	32,2	385	22375	1225	220
C	10,9	9,8	381	4215	4020	20,5	33,3	475	19425	1725	220
ORI 402 A	2,6	7,5	342	3520	1500	8,0	22,7	520	18450	500	220
B	2,4	4,8	326	3240	1227	6,7	19,0	490	18625	650	140
C	3,3	6,2	438	3900	2358	9,0	27,5	643	19350	1150	260
ORI 404 A	9,0	7,2	807	1387	3000	29,5	43,2	998	31325	2875	100
B	8,9	8,3	440	1440	2940	35,0	44,5	1048	31675	3650	180
C	13,7	11,4	602	1050	4320	41,0	55,5	1118	43575	4050	240
ORI 405 A	20,3	19,4	905	6750	5730	59,7	72,0	1033	45825	3975	220
B	18,2	14,6	771	3630	6000	55,0	70,2	933	41150	3750	250
C	21,9	18,9	827	6975	6540	65,7	85,0	1070	45425	4300	300
ORI 407 A	3,2	7,5	198	2052	2450	6,7	30,5	373	18425	1650	200
B	2,7	6,0	180	1957	1980	6,7	23,2	318	18725	1325	80
C	3,9	7,4	246	2266	2580	10,7	50,2	398	24650	1875	140

ESTUDO DE DETALHE

P A N E L A S

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 070	5,0	15,2	160	4705	120
HBA 071	5,5	17,7	153	2825	40
HBA 072	7,0	18,7	263	5873	200
HBA 073	8,5	43,2	235	6255	120
HBA 074	8,8	19,7	433	7008	120
HBA 075	75,2	58,2	363	32060	200
HBA 076	8,0	24,7	555	15300	40
HBA 077	8,5	22,0	163	6280	120
HBA 078	8,0	19,7	373	9775	120
HBA 079	7,8	25,2	335	6900	80
HBA 080	19,0	31,0	1355	16270	300
HBA 081	9,7	29,2	815	10930	120
HBA 082	11,2	32,5	1345	13380	80
HBA 083	18,0	49,0	345	19050	140
HBA 084	14,7	42,2	743	24740	300
HBA 085	18,0	38,7	1420	12190	400
HBA 086	11,7	49,5	1887	13600	160
HBA 087	20,0	60,5	2305	13520	300
HBA 088	13,2	34,0	878	13950	400
HBA 089	10,2	30,2	585	10950	160
HBA 090	20,7	40,5	780	12080	400
HBA 091	8,7	29,2	845	7350	200
HBA 092	19,0	55,0	1495	16540	120
HBA 093	17,2	53,0	1957	23200	200
HBA 094	30,0	85,7	1215	33100	600
HBA 095	27,0	69,2	760	30380	340
HBA 096	56,2	105,7	735	17580	300
HBA 097	21,7	44,2	565	25880	120
HBA 098	24,2	68,7	1742	25070	300
HBA 099	12,5	31,2	808	13520	240
HBA 100	74,2	127,5	1555	47160	2000
HBA 101	55,7	76,7	945	41390	80
HBA 102	109,2	150,7	670	35680	300
HBA 103	4,5	15,2	345	3938	80
HBA 104	34,5	49,0	565	16220	700
HBA 105	35,2	63,7	1410	37130	600
HBA 106	24,0	61,0	303	17030	80
HBA 107	55,0	100,2	525	28790	160
HBA 108	41,5	101,2	673	26860	400
HBA 109	38,0	97,5	948	25470	340
HBA 110	22,8	75,2	668	20720	300
HBA 111	57,2	81,7	235	24280	80
HBA 112	103,5	113,7	620	30110	200

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 113	100,7	86,5	343	21880	300
HBA 114	56,0	106,2	698	25120	500
HBA 115	20,0	59,2	700	18810	200
HBA 116	28,5	56,2	515	23600	200
HBA 117	23,5	47,5	955	23100	120
HBA 118	15,5	50,2	523	16200	160
HBA 119	50,5	107,7	793	34900	400
HBA 120	38,8	80,0	4410	27130	400
HBA 121	15,5	36,7	410	14540	200
HBA 122	5,2	24,7	123	7425	80
HBA 123	5,0	19,5	253	7313	80
HBA 124	3,8	15,2	163	6675	80
HBA 125	5,0	16,0	155	5005	80
HBA 126	4,2	15,7	280	5753	120
HBA 127	12,2	31,0	463	16860	160
HBA 128	16,7	36,7	690	17180	80
HBA 129	21,7	39,0	1078	16210	1100
HBA 130	76,7	135,2	775	10300	160
HBA 131	32,0	56,5	253	31380	160
HBA 132	25,0	45,0	543	30400	160
HBA 133	44,2	74,7	900	31950	500
HBA 134	59,0	89,0	1135	39300	400
HBA 135	73,7	83,5	1243	36070	500
HBA 136	38,7	38,2	1385	15750	120
HBA 137	25,0	55,7	653	31480	160

T O M É

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 208	6,5	25,5	265	16790	400
HBA 209	6,5	33,7	315	9800	200
HBA 210	6,2	23,2	130	9815	400
HBA 211	4,0	23,7	218	6600	300
HBA 212	7,5	30,7	375	4312	200
HBA 213	7,2	24,5	228	11660	80
HBA 214	8,2	30,5	220	12060	20
HBA 215	3,5	15,2	118	4295	40
HBA 216	4,7	23,5	300	6752	200
HBA 217	5,2	20,2	213	6110	120
HBA 218	6,5	14,0	155	4727	120
HBA 219	3,7	14,0	95	4575	120
HBA 220	3,2	10,7	78	2803	120
HBA 221	4,0	18,7	228	5587	300
HBA 222	3,2	12,2	108	3455	120
HBA 224	3,5	14,5	113	5575	120

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 225	7,0	25,0	322	8170	400
HBA 226	3,8	19,2	103	9450	1000
HBA 227	6,5	21,0	147	7425	400
HBA 228	5,5	27,7	200	9047	240
HBA 229	3,5	11,5	73	3598	40
HBA 230	3,7	20,0	113	2985	160
HBA 231	3,5	14,5	80	5405	80
HBA 232	5,7	19,7	195	10210	120
HBA 233	6,5	19,5	210	10930	800
HBA 234	10,8	31,5	415	20000	500
HBA 235	6,7	30,5	373	13340	120
HBA 236	4,5	19,0	217	6725	200
HBA 237	3,2	14,0	75	3875	120
HBA 238	4,5	18,2	85	5668	120
HBA 239	5,5	22,2	143	11600	200
HBA 240	3,5	19,2	218	7950	300
HBA 241	8,2	32,7	590	14370	800
HBA 242	7,0	23,2	273	11710	600
HBA 243	4,7	25,5	510	12590	200
HBA 244	3,5	15,2	123	5750	80
HBA 245	4,5	16,5	213	9245	80
HBA 246	5,2	31,0	158	8625	160
HBA 247	4,5	18,0	258	6490	40
HBA 248	4,2	12,7	113	8900	120
HBA 249	5,0	22,0	218	8062	80
HBA 250	4,2	20,2	170	11600	80
HBA 251	4,5	17,7	265	6400	40
HBA 252	3,5	14,0	178	6643	40
HBA 253	2,7	15,5	160	5477	80
HBA 254	4,2	25,7	193	8285	40
HBA 255	4,5	16,2	195	9620	40
HBA 256	3,0	15,2	223	6200	80
HBA 257	6,5	27,2	213	15780	340
HBA 258	3,2	10,0	73	3357	20
HBA 259	5,0	13,7	95	6535	80
HBA 260	3,2	17,7	128	8907	40
HBA 261	4,7	21,7	233	12660	80
HBA 262	3,0	15,5	103	4632	20
HBA 263	3,0	16,7	180	7787	40
HBA 264	4,7	18,0	123	10390	80
HBA 265	4,0	23,7	220	13500	80
HBA 266	3,0	23,5	290	8900	80
HBA 267	2,5	19,2	138	4725	60
HBA 268	4,2	14,2	138	5850	40
HBA 269	4,5	16,5	98	7815	80
HBA 270	7,2	31,2	208	8205	40

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 271	3,0	14,7	100	4075	20
HBA 272	3,2	21,2	290	7795	80
HBA 273	1,2	14,0	213	6350	80
HBA 274	3,7	17,7	143	6405	40
HBA 275	7,7	35,0	457	16070	200
HBA 276	5,7	21,0	150	11570	200

P E D R A B R A N C A

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col
HBA 346	6,7	20,7	540	4725	160
HBA 347	7,2	23,7	950	6457	80
HBA 348	11,0	30,7	605	9512	160
HBA 349	9,7	29,2	330	10530	160
HBA 350	10,7	26,7	572	12210	120
HBA 351	7,7	24,7	645	8495	80
HBA 352	7,0	26,7	533	6525	80
HBA 353	10,5	29,2	1055	12110	80
HBA 354	14,5	35,2	650	9285	40
HBA 355	9,0	23,2	420	9610	120
HBA 356	14,5	33,7	208	14300	120
HBA 357	20,5	31,2	540	19740	160
HBA 358	14,2	33,5	478	25980	160
HBA 359	12,7	34,5	475	11840	160
HBA 360	57,0	66,2	1675	31410	1000
HBA 361	96,0	67,7	1155	36280	600
HBA 362	50,7	60,7	1470	29330	800
HBA 363	12,7	35,5	500	17950	200
HBA 364	20,2	32,2	535	16750	80
HBA 365	14,7	31,7	583	16560	120
HBA 366	19,2	38,0	1020	16110	80
HBA 367	45,5	35,0	655	21210	400
HBA 368	221,0	73,5	1345	53010	1000
HBA 369	44,7	56,2	1447	26900	1000
HBA 370	38,7	55,2	1007	20540	500
HBA 371	35,0	45,7	1107	23890	120
HBA 372	23,2	37,2	813	13520	200
HBA 373	42,0	42,0	883	21260	120
HBA 374	15,7	34,2	598	11800	200
HBA 375	7,7	31,5	420	17150	160
HBA 376	6,7	24,2	238	8645	80
HBA 377	5,5	41,2	305	7925	80
HBA 378	8,0	22,5	525	7300	120
HBA 380	6,0	20,0	398	9540	80

NÚMERO	Cu - Q	Zn - Q	Mn - Q	Fe - Q	P - Col l
HBA 381	29,2	34,0	285	21790	120
HBA 382	35,0	52,5	863	29630	340
HBA 383	13,0	40,7	828	18800	240
HBA 384	9,0	26,0	523	10970	80
HBA 385	3,8	18,7	378	6025	80
HBA 386	5,0	21,2	293	9930	80
HBA 387	7,0	19,2	283	7440	120
HBA 388	18,5	33,0	365	14210	200
HBA 389	28,5	43,7	1007	21690	500
HBA 390	17,0	52,2	1015	17580	600
HBA 391	15,0	36,2	730	21150	240
HBA 392	8,2	32,0	598	8802	80
HBA 393	4,8	24,7	373	5650	140
HBA 394	5,5	20,0	383	6110	40
HBA 395	3,7	21,2	288	9400	160
HBA 396	8,2	52,0	585	29100	180
HBA 397	15,2	32,7	543	16350	40
HBA 398	26,5	51,0	1092	13370	600
HBA 399	24,2	29,5	545	25990	120
HBA 400	8,2	64,7	573	27660	240
HBA 401	7,5	45,0	410	25070	160
HBA 402	8,2	29,5	428	17290	20
HBA 403	4,5	26,5	128	5775	80
HBA 404	36,5	45,0	895	4770	80
HBA 405	64,5	81,0	1002	45110	300
HBA 406	6,7	19,7	515	8715	80
HBA 407	8,7	31,5	268	20440	40
HBA 408	10,2	39,2	565	9677	80
HBA 409	6,0	23,2	543	5887	200
HBA 410	6,5	27,5	323	13160	120
HBA 411	4,5	18,0	163	8070	80
HBA 412	6,5	20,5	243	8580	40
HBA 413	12,5	53,2	350	8187	1300
HBA 414	9,5	51,7	510	13190	1300