

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

A GEOQUÍMICA DA CAMADA LATERÍTICA DA SERRA DO QUATIPURU

Tese Apresentada por

OSVALDO BATISTA SÁ

como requisito parcial à obtenção do grau em

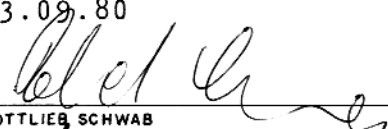
MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOQUÍMICA

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

Aprovado: 03.09.80

  
ROLAND GOTTLIEB SCHWAB

(ORIENTADOR)

  
MATHIAS DIETRICH PETERSEN

  
VICENTE ANTONIO V. GIRARDI

Comitê de Tese

À minha esposa RIA, e  
meus filhos JUNIOR E DANIELE

## AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos ao Prof. Dr. JOSÉ SEIXAS LOURENÇO, coordenador do Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da Universidade Federal do Pará.

Em especial, agradeço ao Prof. Dr. ROLAND SCHWAB, meu orientador, assim como o Prof. Dr. THOMAS SCHELLER pela atenção que me foi dispensada.

Os meus agradecimentos à Diretoria da Rio Doce Geologia e Mineração S.A. , pela minha liberação e concessão de um dos seus projetos para realização deste trabalho.

A minha eterna gratidão ao Dr. BRENO AUGUSTO DOS SANTOS, chefe do Distrito Amazônia da DOCEGEO, assim como ao Dr. WILLIAM MC MANUS, chefe do Laboratório Belém e Dr. ARMANDO CORDEIRO, chefe do Projeto Quatipuru, pelo valioso estímulo prestado durante a realização deste trabalho.

Agradeço à CAPES e CNPq pelo incentivo que me foi dado.

Além destes, desejo agradecer a todos aqueles, que contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Foram estudados os padrões de distribuições dos elementos traços Cu, Zn, Co, Ni, Mn e Cr, em uma camada de solos lateríticos da Serra do Quati puru, superposta a uma "rocha-mãe" ultrabásica serpentinizada e por um talco-clorita(xisto).

A camada de solos é influenciada pelo material intemperizado vindo das serras, contribuindo com um possível desequilíbrio dos perfis. Através do estudo de vários perfis, pôde ser comprovado, que o tipo de padrão de distribuição fica constante sô depende da "rocha-mãe". As contribuições laterais das Serras, somente aumentam ou diminuem os máximos e mínimos ao longo dos perfis. Conseguiu-se comprovar, que existe um forte correlacionamento entre Co-Mn e Cr-Fe, independente dos horizontes e da "rocha-mãe".

São apresentados os fatores de enriquecimentos causados pelo intemperismo, bem como as conclusões que podem ser tiradas na base da determinação destes elementos traços, no solo de pequena profundidade, sobre possíveis enriquecimentos nos horizontes subjacentes, e teores na "rocha-mãe", possibilitando assim, uma identificação da "rocha-mãe" através de estudos geoquímicos preliminares.

## ABSTRACT

A study was carried out on the modes of distribution of the trace elements Cu, Zn, Ni, Co, Mn and Cr in a layer of laterite soil overlying a parent rock composed of serpentinitised ultrabasics and partly of talc-chlotite (schists).

The layer of soil is influenced by weathered coming from the upper levels of the Serras leading to a possible upsetting of the equilibrium of the profile. The investigation of various profiles indicates that it can be proved that the type of mode of distribution is constant and only depends on the parent rock. The lateral contribution from the upper level of the Serras only increases or decreases the maximum and minimum values along the profile. It is proven that there exists a strong relationship between Co-Mn and Cr-Fe independent of the horizon and the parent rock.

The enrichment factors of weathering are presented, as well as the conclusions which may be drawn on the basis of analyses of these trace elements on soil near the surface with the respect to possible enrichment in underlying horizons and values in the parent rock, enabling identification of the parent rock by preliminary simple geochemistry.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. PARTE EXPERIMENTAL .....	4
2.1. Geologia Regional e Amostragem .....	4
2.2. Análises Químicas .....	10
2.2.1. Métodos Analíticos Aplicados .....	10
2.2.2. Resultados Analíticos .....	15
2.3. Análises Mineralógicas .....	29
3. DISCUSSÕES .....	30
3.1. Geoquímica dos Elementos Principais .....	30
3.2. Geoquímica dos Elementos Traços .....	36
4. CONCLUSÕES .....	45
5. APÊNDICE .....	53
5.1. Construção da Função de Seidel .....	53
5.2. Fórmulas Utilizadas nos Métodos de Fluorescência de Raio-X .....	56
6. BIBLIOGRAFIA .....	61

## 1. INTRODUÇÃO

O termo laterita foi originalmente proposto por Buchanan(1807) , para um material ferruginoso, vesicular e aparentemente não estratificado, ocorrendo em imensas massas sobre o centro de rochas de Malabar na Índia. O material descrito por Buchanan, era bastante mole, porém, quando exposto ao ar tornava-se duro e notavelmente resistente à ação da água e do ar, e foi chamado de brickstone em várias linguagens indígenas. Buchanan propriamente chamou de laterita. Segundo Prescott(1954), Buchanan não usou o termo laterita em seus trabalhos entre 1807 e 1814, e sim o termo brickstone. Quem utilizou o termo laterita pela primeira vez em forma de literatura científica, foi Babington(1812).

O interesse em laterita, foi estimulado em outras partes do mundo, através de uma publicação de Blanford(1879), no primeiro manual de Geologia da Índia, no qual o nome laterita, tornou-se finalmente confirmado (Fox, 1936).

As características químicas fundamentais das lateritas, foram primeiro estabelecidas por Bauer(1898). Suas análises, revelaram um baixo teor de sílica e altos conteúdos de óxidos de alumínio e ferro, em amostras coletadas de Seychelles. Subseqüentes investigações de amostras de diferentes partes de regiões tropicais, davam resultados semelhantes (du Bois, 1903; Warth, 1903 ; Holland, 1903). O interesse pela laterita foi aumentando, devido ao seu possível uso como minério de alumínio (Holland, 1905), e em alguns casos para manganês (Fermor, 1909). Ultimamente, qualquer solo vermelho pode ser chamado laterita ou laterítico. Com o progresso do estudo sobre solos tropicais, houve tentativa em padronizar dois termos, com base na composição química. A relação sílica-alumina, e a relação sílica-sesquióxido foram usados para classificar solos dentro "laterita", "laterítico" e "não laterítico", (Martin e Doyne, 1972,1930: Joaquim e Kandiah, 1935).

Segundo S.Sivarajasingham, L.T. Alenxander, J.G.Cady(19), o termo laterita pode ser definido, como um material altamente intemperizado(1) rico em ferro e alumínio, ou ambos na forma secundária(2), pobre em humus(3), deficiente em bases e sílica combinada(4), com, ou sem substâncias não diagnosticadas, tais como; quartzo, conteúdos limitados de minerais intemperizáveis, ou silicatos argilosos e (5) duro, ou sujeito a endurecimento quando exposto alternadamente a ambiente molhado ou seco.

Embora o termo laterita seja usado para crosta ferruginosa, a definição tem sido expandida para incluir inteiramente perfis de solos tropicais

profundamente intemperizados, consistindo de solo, granular ou massas concrecionárias, compostas principalmente de óxidos de ferro e alumínio e hidróxidos. Se o alumínio é predominante são chamados de bauxita.

Com relação à formação das lateritas, Babington(1821), Benza(1836), Blanford(1839), Buist(1860), Clark(1838), Kelaart(1853), Me Gee(1830), Wingate(1852), e outros, consideraram a laterita, como sendo um produto residual do intemperismo no lugar. Blanford(1859), Cole(1836), King e Foote(1864), Newbold(1844,1846), Theobald(1873) e Wynne(1872), admitiram detrítico, sedimentar, ou outras origens, não dependendo do residual intemperizado próximo, contudo, vários destes autores admitiram forma residual. Voysey(1833) e Carter(1852) entre outros, propuseram origens vulcânicas com conseqüente intemperização.

D' Hoore(1955), evidenciou que a composição química da laterita pode ser uma conseqüência de um dos dois processos, ou ambos, (1) concentração de sesquióxidos pela remoção de sílica e bases ou (2) concentração de sesquióxidos pela acumulação de fontes exteriores.

Segundo H.E. Zeissink(1969), laterita é o produto do intemperismo tropical, resultando na acumulação de ferro, alumínio e outros elementos imóveis.

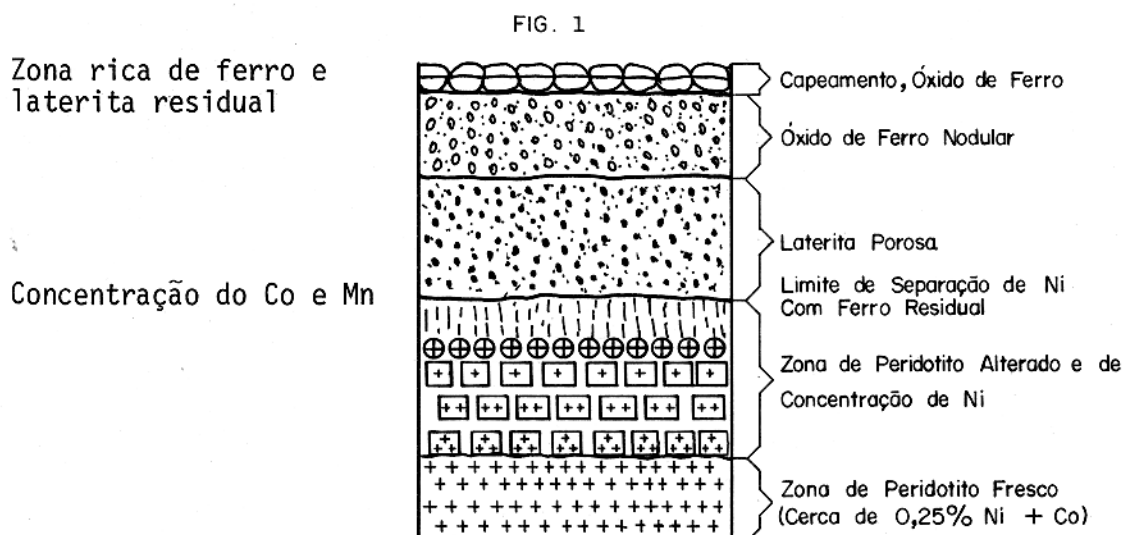
Estudos de níquel laterita de Nova Caledônia, forneceram informações sobre a distribuição de Ni, Co e Mn, em diferentes tipos de lateritas. Essas lateritas, estão desenvolvidas sobre rochas ultramáficas, que originalmente continham cerca de 0,25% de Ni combinado e Co. Esses elementos são encontrados na estrutura de minerais, particularmente a olivina. Muitas rochas ultramáficas têm sido alteradas e intemperizadas, sendo o principal processo a laterização. A maioria do minério de Ni valioso, ocorre na região da laterita, próximo ao topo do peridotito alterado. Contudo, Co e Mn, são concentrados acima de Ni, na base da laterita porosa.

Isso esclarece a separação de Fe, do Co e Mn, pelo processo de laterização, e mostra que o perfil de elementos traços, cada um desses elementos podem ser diferentes. Todos os alcalinos e alcalinos terrosos, e a maioria da sílica é lixiviada, a camada ferruginosa superior é pisolítica, e a melhor concentração de Ni, está onde as condições topográficas favorecem a lixiviação. Garnierita, um grupo de silicatos níquelíferos (serpentina em parte), é o principal mineral do minério. Em alguns lugares de Nova Caledônia, e outros lugares do mundo, depósitos desse mineral completamente puro ocorrem, porém, late-



rita níquelífera de baixo grau, é mais comum em ambientes tropicais, em quase todas as partes do mundo.

A figura - 01 mostra uma seção típica de laterita níquelífera em Nova Caledônia, demonstrando um depósito econômico de Ni, formado pela laterização.



De acordo com os exemplares citados anteriormente, existem diferenças nos perfis dos elementos traços nas lateritas, para cada elemento individual, e para diferentes tipos de solos, refletindo a natureza e extensão do respectivo processo de intemperismo. Em adição, os elementos traços, podem ser distribuídos em vários tamanhos e frações. (Levison, pa. 119; 1973).

Geralmente pode-se dizer, que através do intenso intemperismo tropical, formam-se solos que podem ser caracterizados pela lixiviação de quase todos os elementos principais, exceto os óxidos de alumínio, ferro e silício. Ainda pouco se sabe, que elementos traços acompanham esses elementos principais, sobretudo em função da "rocha-mãe", que determina a quantidade dos elementos principais, e também fornece os elementos traços.

Este trabalho trata de um problema regional da Serra do Quatipuru, onde existe uma camada laterítica, com uma contribuição lateral vinda da Serra e mais ainda com duas litologias diferentes da "rocha-mãe".

O objetivo deste trabalho é elaborar além das condições regionais, correlacionamentos entre elementos traços que são imóveis no meio laterítico e são geoquimicamente associados aos elementos principais imóveis como o silício, e, sobretudo, o ferro e o alumínio.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1. Geologia Regional e Amostragem

A área escolhida para realização do trabalho, pertence à malha-2 da Serra do Quatipuru, que está situada no município de Santana do Araguaia, no sul do Estado do Pará, cerca de 75 Km a sudoeste da cidade de Conceição do Araguaia, principal centro urbano da região (veja mapa-I). O maciço de Quatipuru é constituído de serpentinitos e silixitos, originados de peridotitos e dunitos, cortados por diques e lentes de rochas básicas (diabásio, olivina basalto, hyperito e troctolito), tectonicamente intrusivo, concordantemente, em filitos, cherts negros e metagrauvacas pertencentes ao grupo Tocantins (RADAMBRASIL - 1974), Pré-Cambriano Superior. Falhamentos sub-verticais e de direções variáveis ocasionaram o seu fraturamento intenso, permitindo a percolação de soluções hidrotermais, em diferentes fases, provocando a serpentinização total do corpo, seguida de talco-carbonatização e silicificação.

A Geologia Regional pode ser classificada em seis unidades principais: Embasamento Cristalino, Granitos Intrusivos, Metassedimentos, Intrusões Básicas/Ultrabásicas, Sedimentos da Bacia do Maranhão e Sedimentos Cenozóicos.

EMBASAMENTO CRISTALINO - é constituído por gnaisses/migmáticos quase que totalmente arrasados. Alguns alinhamentos podem ser ainda observados, nas imagens de radar do Projeto RADAMBRASIL, resultante de falhas ou fraturas. Essas rochas afloram, aproximadamente, a partir de 100 Km a Oeste de Quatipuru. Na rodovia-PA-70, que liga a vila Redenção, subdistrito do município de Conceição do Araguaia (PA), foram observados diques de quartzo-porfíros encaixados nessa unidade. Essa manifestação vulcânica pode estar relacionada ao vulcanismo das áreas dos rios Fresco e Xingu.

GRANITOS INTRUSIVOS - nas proximidades das vilas Redenção e Rio Maria, subdistritos do município de Conceição do Araguaia (PA), foram notados, pela interpretação de imagens de radar, corpos graníticos circulares aparentemente intrusivos no embasamento. São granitos a biotita, róseos de granulação grosseira e fraturados segundo dois sistemas principais N 10º - 20º E e 20º - 40º W.

METASEDIMENTOS - referem-se a rochas de grau metamórfico variado, enquadradas nos grupos Tocantins/Araxá, Pré-Cambriano Superior como filitos, clo

rita-xistos, quartzitos, quartzo-mica xistos e gnaisses. Seu grau de metamorfismo varia, em ordem crescente de Oeste para Este (filitos e gnáisses), com predominância dos de baixo grau.

Os gnaisses aparecem ao Norte da Serra da Cordilheira, apresentando direção predominante N-S e mergulhos variando de 30º-60º E.

A parte Sul da Serra da Cordilheira e toda a Serra do Estrondo, que se estende para o Sul, são constituídas de quartzitos (geralmente ferruginosos) e quartzo-mica (biotita)-xistos, cujos comportamentos estruturais se assemelham aos gnaisses.

Na faixa a NW de Conceição do Araguaia surgem grandes estruturas de quartzitos, (Serra São José, Trepentina, Andorinhas etc.), de direções variando de NW a NE, com predominância da primeira, e mergulhos de 12º, (Serra Trepentina), a 50º NE a SE, (sinclinal de Andorinhas).

Os filitos, geralmente róseos ou amarelados, predominam sobre os demais metassedimentos. Suas direções variam de N 20º W a N 30º E, com mergulho médio em torno de 40º (NE ou NW).

**INTRUSÕES BÁSICAS/ULTRABÁSICAS** - corpos ultrabásicos de tamanhos variados (atê 45km de comprimento), constituídos de dunitos e peridotitos serpentizados, aparecem intrudidos no pacote metasedimentar, concordantemente.

Diques de rochas básicas (principalmente diabásicos) são comuns, possivelmente correlacionados à manifestação vulcânica da Bacia do Maranhão.

**SEDIMENTOS DA BACIA DO MARANHÃO** - cobrindo o extremo Este da área Araguaia-Tocantins, constituem um monoclinal mergulhante, suavemente, para Este.

Os sedimentos, ocorrem em uma faixa contínua de sentido N-S, são representados, principalmente, por arenitos e siltitos de idade Paleozóica.

**SEDIMENTOS CENOZÓICO** - nas regiões dos rios Pau D'Arco e Arraias do Araguaia, aparecem arenitos, argilitos e conglomerados, cobertos por laterita ferruginosa com disposição horizontal.

O comportamento estrutural na faixa metasedimentar, cortada pelo rio Araguaia, é de grande monoclinal de direção predominante N-S e mergulho para E, com variações direcionais NW e NE, e mergulhos SE ou NE.

Na faixa central NW da área (Serra do Estrondo - Go até o sinclinal das Andorinhas - Pa), os alinhamentos NW predominam largamente, possivelmen

te ocasionados por grandes falhamentos regionais.

As amostras foram coletadas em perfis, ao longo de 4 poços escolhidos sobre a laterita. Todos os poços têm diâmetro de 1 metro, e profundidade variando de 4,5 a 7 metros, isso porque cada poço termina, onde encontra-se a "rocha-mãe".

A nomenclatura, localização e profundidade dos poços amostrados estão descritos logo a seguir, e podem ser vistos em maiores detalhes no anexo (mapa II).

POÇOS	LOCALIZAÇÃO	PROFUNDIDADE (metros)
QP - 49	140 N - 21 E	7,00
QP - 50-A	142 N - 23 E + 50	6,00
QP - 65	164 N - 28	6,50
QP - 128	142 N - 21 E	4,50

A obtenção dos perfis ao longo de cada poço, foi feito coletando - se amostras de canal como o descrito abaixo:

- a) QP-49 foi amostrado de 50 em 50 cm, totalizando 14 amostras
- b) QP-50A amostrado de 1 em 1 metro, totalizando 7 amostras
- c) QP-65 amostrado de 50 em 50 cm, totalizando 13 amostras
- d) QP-128 amostrado de 50 em 50 cm, totalizando 10 amostras

A numeração das amostras, foi feita de acordo com a metragem de cada poço, partindo-se da superfície (0,0 metro) para o fundo (7,0 metros) veja tabela abaixo.

POÇOS	NUMERAÇÃO DAS AMOSTRAS(metros)
QP - 49	0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 4,5 - 5,0 - 5,5 - 6,0 - 6,5
QP - 50-A	0,0 - 1,0 - 2,0 - 3,0 - 4,0 - 5,0 - 6,0
QP - 65	- 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 4,5 - 5,0 - 5,5 - 6,0 - 6,5
QP - 128	0,0 - 0,5 - 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 3,5 - 4,0 - 4,5

A figura 2 abaixo mostra o perfil médio esquemático do jazimento de níquel da Serra do Quatipuru.

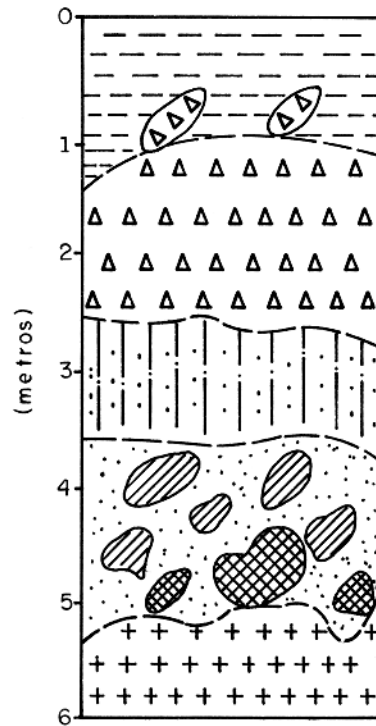


FIG. 2

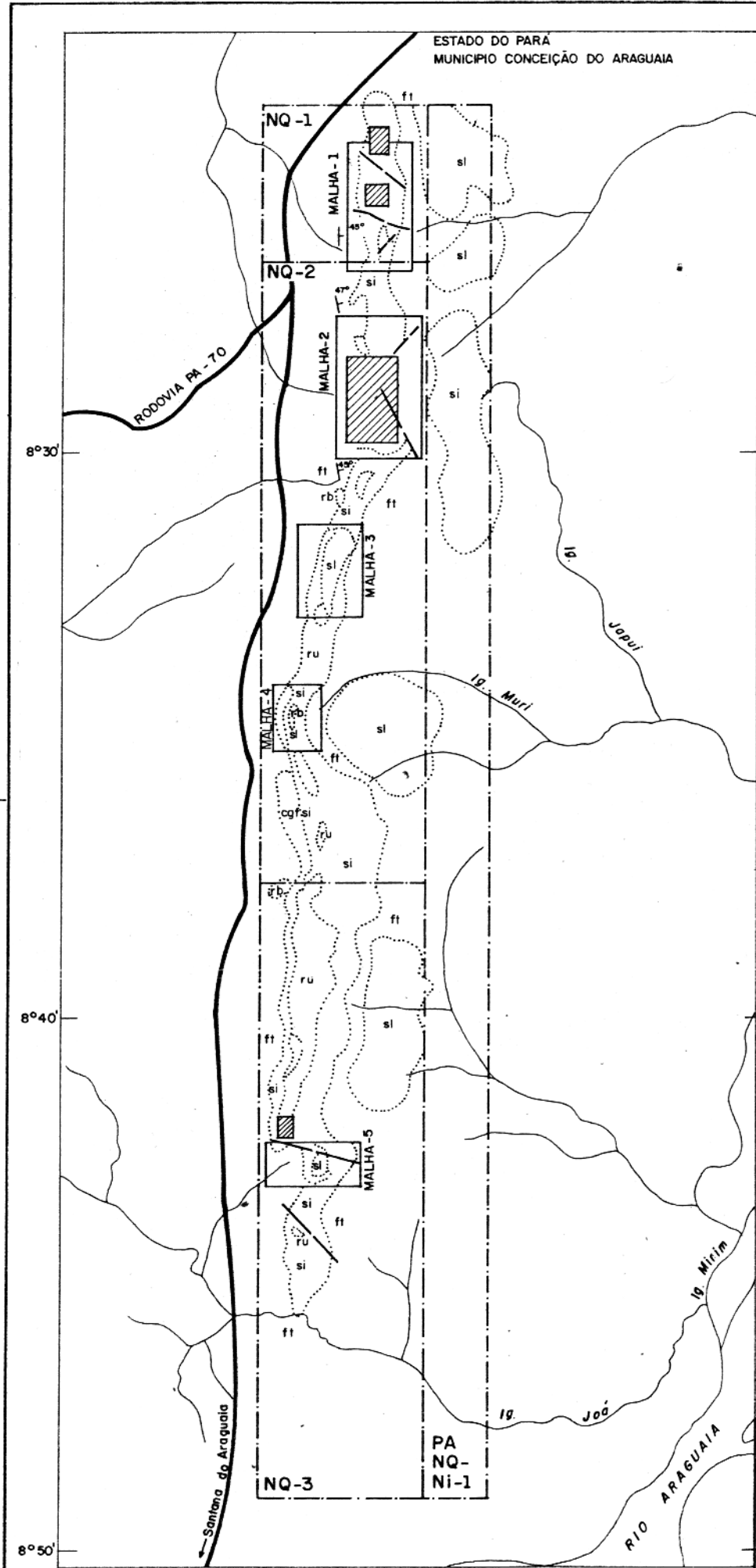
### LEGENDA

- ≡≡≡≡ Laterita Vermelha
- △△△△ Canga
- ⋮⋮⋮⋮ Laterita Amarela
- //// Bloco de Rocha Amarelo-esverdeado
- ⊠⊠⊠⊠ Bloco de Rocha Verde-claro
- + + + + Serpentinó Inalterado Verde-escuro

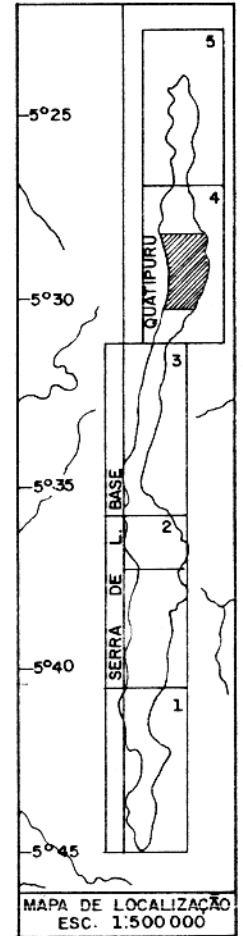
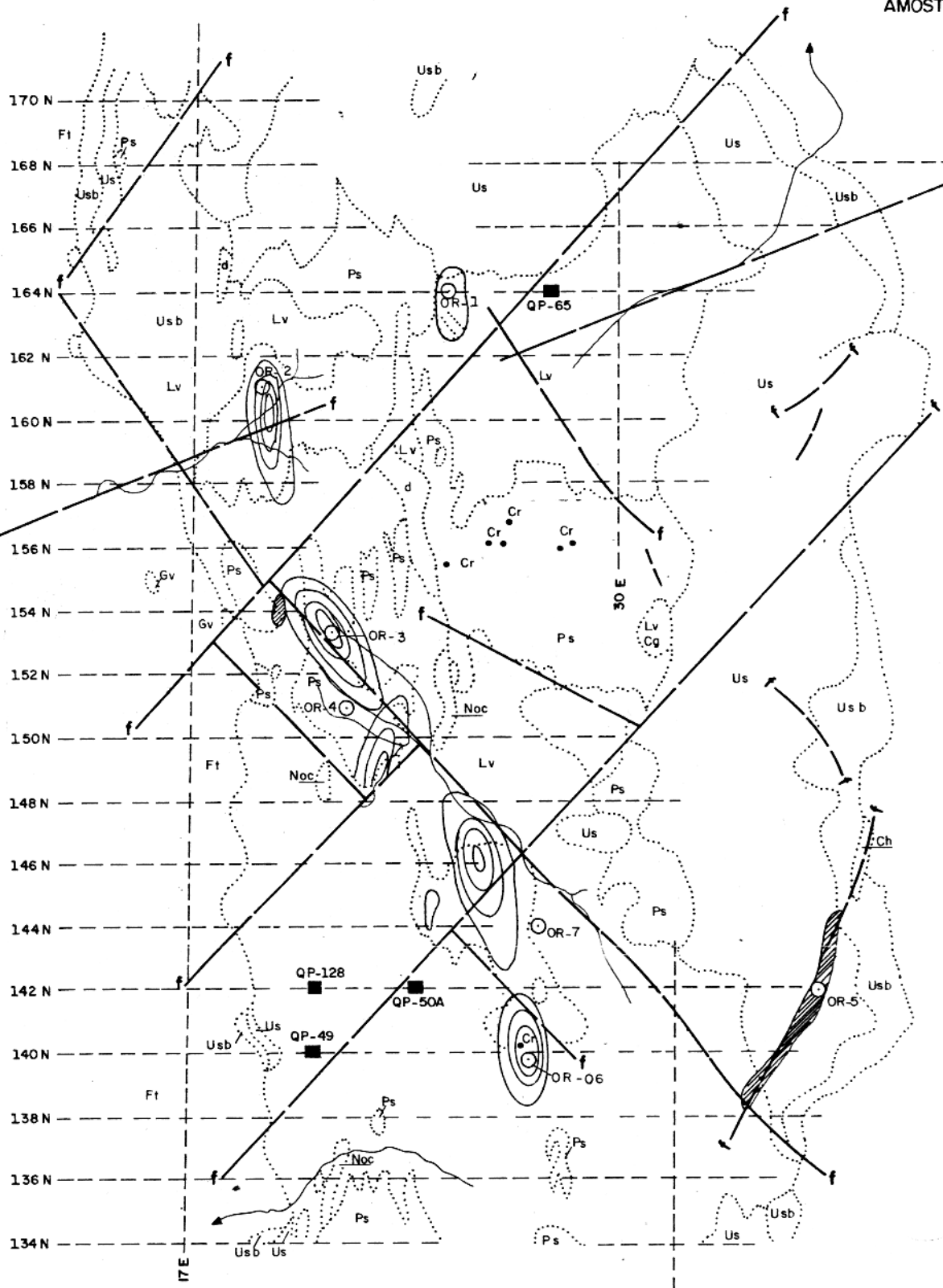
ESTADO DO PARÁ  
MUNICÍPIO CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA

LEGENDA

- cgfsi Canga ferruginosa e Sílica
- sl Solo laterítico
- si Sílica
- rb Rocha básica
- ru Rocha ultramáfica
- ft Filito
- Direção de mergulho
- Falha
- Limite das áreas requeridas
- Contato geológico
- Áreas com ocorrência de amianto
- Mapeamento concluído (Detalhe)



Revisão		
Por		
Em		
RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO S.A. DISTRITO AMAZÔNIA		
Título: PROJETO QUATIPURU SERRA DO QUATIPURU MAPA DE PROGRESSO		
Escala: 1:200 000		
Anexo:	Autor ARMANDO	Desenho: C. Albertão
Data: ABR./80	Mapa nº	Arquivo:



LEGENDA

	SOLO LATERÍTICO		CONTATO GEOLÓGICO
	ULT. SIL. BRECHOIDE		FALHA
	ULTRAMÁFICA SILIFICADA		POÇOS CONCLUÍDOS
	PERIDOTITO SERPENTINIZADO		OCORRÊNCIA DE CROMITA
	CHERT NEGRO		FURO DE SONDA PREVISTO
	GRAUVACA		OCORRÊNCIA DE AMIANTO CRISÓTILA
	FILITO		ANOMALIAS MAGNÉTICAS
	ULTRABÁSICA		ANOMALIAS IPE EM.

Revisão		
Por		
Em		
RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO S.A. DISTRITO AMAZÔNIA		
Projeto QUATIPURU		
SERRA DO QUATIPURU		
MALHA - 2		
Escala: 1:200 000		
Anexo:	Autor: ARMANDO	Desenho: C. Alberto
Data: ABR./80	Mapa nº	Arquivo:

## 2.2. ANÁLISES QUÍMICAS

As amostras depois de coletadas, foram secas em muflas de gás à temperatura de 100 °C, depois desagregadas, quarteadas até  $\pm$  500 gramas. Essas 500 gramas foram novamente quarteadas para conseguir amostras representativas, e uma parte foi pulverizada em pulverizador tipo SHATTERBOX, e a outra parte peneirada em peneira de nylon de 80  $\mu$ , com a granulometria original. Essas duas frações, foram utilizadas para análises separadamente.

### 2.2.1. MÉTODOS ANALÍTICOS APLICADOS

2.2.1.a. Espectrografia de Emissão

2.2.1.b. Fluorescência de Raio-x

2.2.1.c. Absorção Atômica

2.2.1.d. Via Úmida

#### 2.2.1.a. ESPECTROGRAFIA DE EMISSÃO

Primeiramente foi feito uma análise qualitativa, utilizando-se linhas características, para verificar que elementos seriam detectados por este método. Os elementos detectados, foram os seguintes: Fe, Al, Mg, Si, Ca, B, Ni, Cu, Co, Mn, Ti e Cr. Foram escolhidos os elementos: Cu, Co, Ni, Mn, Ti e Cr (elementos traços de interesse), para fazer análises quantitativas.

Para se conseguir curvas padrões destes elementos, foi aplicado o método da matriz natural, utilizando-se as amostras QP-49(2,5 metros) para misturar os óxidos de Cu, Co, Ni, Mn, Ti e Cr (veja quadro abaixo).

Foi aplicado como padrão interno a seguinte mistura:

99 % C/ 1 %  $\text{GeO}_2$  = A

80 % A/20 % NaCl = B

ELEMENTOS	CONCENTRAÇÕES DOS PADRÕES (PPM)					
	0	10	30	100	300	1000
Cu	0	10	30	100	300	1000
Co	0	100	300	1000	3000	10000
Ni	0	1000	3000	10000	30000	100000
Mn	0	1000	3000	10000	30000	100000
Ti	0	100	300	1000	3000	10000
Cr	0	1000	3000	10000	30000	100000



PROCEDIMENTO ANALÍTICO

1. Foram pesadas 45 gramas da amostra finamente pulverizada ou peneirada a 80 #, e misturadas com 45 gramas da mistura B, em gral de ágata, homogeneizando-as por 20 minutos.
2. Encheu-se os eletrodos de grafita Ringsdorf forma RW 0078 nº 286540100, usando-se espátulas não metálicas.
3. Em seguida, a chapa foi colocada no porta chapa na ausência de luz e instalada na posição correta no espectrôgrafo.
4. As amostras e padrões, foram queimadas com arco intermitente de corrente contínua, utilizando-se o espectrôgrafo de emissão Q-24 AUS JENA nas seguintes condições:
 

a) Tempo de queima	= 102 segundos
b) Períodos	= 32/64
c) Fenda de difração	= 3.2
d) Fenda do sistema óptico	= 10
e) Posição de diafragma	= 15
f) Amperagem da corrente	= 6 A + (anodial)
5. Após as queimas, a chapa AGFA-GEVAERT SIENTIA foi revelada, utilizando-se solução reveladora AGFA-GEVAERT durante 4 minutos, à temperatura de 18º a 20ºC.
6. Foram escolhidas como linhas analíticas os seguintes comprimentos de ondas : Cu ( $\lambda = 3274$ ), Co ( $\lambda = 3405$ ), Ni ( $\lambda = 3315$ ), Mn ( $\lambda = 2935$ ), Ti ( $\lambda = 3373$ ), Cr ( $\lambda = 2867$ ) angstroms, e determinadas as aparências através de um densitômetro.
7. As aparências foram transformadas em intensidades, a partir da FUNÇÃO DE SEIDEL (veja Função de Seidel no apêndice).
8. As curvas padrões foram construídas, usando-se as relações das intensidades dos elementos, versus a intensidade do Germânio, como função de concentração (veja apêndice).

9. O conteúdo original de cada elemento na matriz natural, foi determinado pelo método da adição.

#### 2.2.1.b. FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Assim como na espectrografia, foi utilizado na fluorescência as mesmas amostras e mesmas frações para análises, com a finalidade de comparar os resultados entre os dois métodos.

Os elementos analisados foram: Zn, Co, Ni, Cr e Fe, utilizando-se o método da adição.

Foi escolhida matriz com baixo teor de ferro e alto teor de ferro para eliminar o "efeito-matriz" do ferro.

#### PROCEDIMENTO ANALÍTICO

1. Foram pesadas 2,5 gramas das amostras pulverizadas ou peneiradas e misturadas com 2,5 gramas de amido em gral de ágata por 5 minutos.
2. Depois transformadas em pastilhas próprias, utilizando-se pressão.
3. As pastilhas das amostras e respectivos padrões, foram colocadas no instrumento marca PHILIPS, modelo PW-1410/10/70, nas condições adequadas e registrado o número de contos (vide condições do instrumento no quadro nº 2 no apêndice).
4. As concentrações dos elementos foram obtidas com base no número de contos de curvas padrões e amostras (vide fórmulas e tabela com principais parâmetros, utilizados para calcular as concentrações dos elementos no apêndice).

#### 2.2.1.c. ABSORÇÃO ATÔMICA

A Absorção Atômica, foi utilizada como terceiro método analítico somente para eliminar possíveis erros sistemáticos, dos métodos anteriormente utilizados, e para elaborar possíveis fatores de correção.

Foi aplicado o método das curvas padrões, utilizando-se soluções ácidas dos elementos.

PROCEDIMENTO ANALÍTICO

1. A abertura foi feita atacando-se 1 grama da amostra com mistura de ácido sulfúrico - ácido nítrico.
2. O resíduo desta abertura, foi dissolvido com uma mistura de ácido fluorídrico - ácido sulfúrico, e as soluções das duas aberturas foram juntadas e determinadas através de absorção atômica, utilizando-se um instrumento marca PERKIN ELMER, modelo 306, nas seguintes condições:

CONDIÇÕES DO INSTRUMENTO

CONTROLES	ELEMENTOS ANALISADOS	
	Cu	Cr
Ar	63 %	55 %
Acetileno	37 %	45 %
Chama	oxidante(azul)	reduzora(amarelo)
Comprimento de onda	3247 A <sup>o</sup>	3605 A <sup>o</sup>
SLIT	0.7 nm	0.7 nm
Posição do queimador	normal	normal
Altura do queimador	4.25 cm	4.25 cm
Profundidade do queimador	1.2 cm	1.2 cm
Amperagem da lâmpada	15 mA	25 mA

2.2.1.d. VIA ÚMIDA

A Via Úmida, foi utilizada como quarto método analítico, somente para análises dos elementos principais Silício e Alumínio. Foi aplicado o método da fluorização, para determinação da sílica, e o de titulação com sulfato de zinco para determinação do alumínio.

PROCEDIMENTO ANALÍTICO

1. A abertura foi feita atacando-se 1 grama da amostra, com uma mistura de áci-

do sulfúrico - ácido nítrico.

2. O resíduo desta abertura, foi queimado, esfriado, pesado e, logo a seguir , dissolvido com uma mistura de ácido fluorídrico - ácido sulfúrico, calcinado e pesado novamente.

3. A diferença entre o segundo peso e o primeiro, dá o teor de  $\text{SiO}_2$ .

4. Da mistura das duas soluções, foi retirada uma alíquota, adicionando solução de EDTA, ajustado o pH, e titulada com solução de sulfato de zinco para determinação do  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

## 2.2.2. RESULTADOS ANALÍTICOS

Os resultados analíticos obtidos, estão demonstrados nas tabelas numeradas de 1 a 8 (elementos traços), e de 9 a 12 (óxidos dos elementos principais). Nas tabelas de 1 a 8, os resultados da parte superior de cada amostra, são dados de espectrografia e seus respectivos erros relativos, quando as amostras foram reanalisadas. Os resultados da parte inferior são da fluorescência, e os resultados do meio são valores médios entre os dois métodos, com seus respectivos erros relativos. Faz exceção o poço QP - 128 < 80 #, em que os seguintes resultados para Cu e Cr, são dados da absorção atômica.

Nas tabelas de 9 a 12, os resultados do Fe, são dados da fluorescência, sendo que os resultados da parte superior, são da fração pulverizada, e os da parte inferior da fração < 80 #. Os resultados do Silício, Alumínio e seus respectivos erros, foram obtidos por via úmida.

Os resultados demonstrados nas tabelas e gráficos, mostram que com exceção do Cu e Cr, existe uma boa concordância, entre os dois métodos, garantindo assim não somente resultados reproduzíveis, mas também, resultados corretos, sendo os erros sistemáticos eliminados.

No caso do Cu e Cr, houve uma discordância entre a espectrografia e a fluorescência de raio-x. A absorção atômica como terceiro método aplicado, demonstrou resultados comparáveis com a espectrografia para o Cu, e com a fluorescência para o Cr.

No caso do Cu, a fluorescência deu resultados muito altos, demonstrando um erro sistemático, por causa de uma contaminação na fonte de irradiação. Os dados não foram plotados nas tabelas. E os baixos teores de Cr na espectrografia, foi atribuído provavelmente por causa de sua má volatilidade no arco espectrométrico (veja tabela nº 8).

Não foi aplicado a espectrografia para o Zn, porque a concentração deste elemento, demonstrava-se abaixo do limite de detecção.

Para se ter uma correlação com a mineralogia dos perfis, foram determinados os elementos principais, Fe, Al e Si, que normalmente são enriquecidos durante o intemperismo laterítico.

Na confecção dos gráficos para interpretação dos resultados, fo

ram utilizados os valores médios entre a espectrografia e fluorescência para o Co, Ni e Mn, os valores da fluorescência de raio-x para o Zn, Cr e Fe, os dados da espectrografia para o Cu e a via úmida para o Si e Al.

### 2.2.2.a. CÁLCULO DO LIMITE DE DETECÇÃO

A fórmula utilizada para o cálculo do limite de detecção neste trabalho foi a seguinte:

$$\log C_{LD} = 1/n \log \frac{3 \sqrt{2} \sigma B}{K \cdot I_{Ge}} \quad \text{onde,}$$

$C_{LD}$  = Concentração do elemento no limite de detecção

$3 \sqrt{2}$  = Constante

$\sigma B$  = Desvio padrão da intensidade do background

$I_{Ge}$  = Intensidade média da linha do germânio nas análises

A tabela abaixo contém os limites de detecção da espectrografia de emissão e fluorescência de raio-x.

### LIMITES DE DETECÇÃO

ELEMENTOS	Cu	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Ti
Fluorescência de raio-x	-	8.3	53.2	9.9	18.9	84.5	4.0
Espectrografia de emissão	-	-	7.7	0.7	15.0	-	-

POÇO : QP - 49		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x 133 <sup>+8</sup>	3350 <sup>+50</sup>	-	16250 <sup>+250</sup>	670 <sup>+0</sup>	6950 <sup>+50</sup>	7100 <sup>+100</sup>
	y -	-	-	-	725 <sup>+55</sup>	6530 <sup>+420</sup>	6680 <sup>+420</sup>
	z -	-	175	14518	780	6110	6260
0.5	x 110 <sup>+5</sup>	3600 <sup>+400</sup>	-	16100 <sup>+100</sup>	1205 <sup>+5</sup>	6000 <sup>+100</sup>	9900 <sup>+100</sup>
	y -	-	-	-	1167 <sup>+39</sup>	5845 <sup>+155</sup>	10136 <sup>+236</sup>
	z -	-	128	16063	1128	5690	10372
1.0	x 138 <sup>+3</sup>	4000 <sup>+0</sup>	-	12800 <sup>+200</sup>	1975 <sup>+25</sup>	10000 <sup>+300</sup>	17100 <sup>+100</sup>
	y -	-	-	-	1870 <sup>+105</sup>	9483 <sup>+518</sup>	17590 <sup>+490</sup>
	z -	-	116	13954	1765	8965	18079
1.5	x 105 <sup>+5</sup>	2300 <sup>+200</sup>	-	10850 <sup>+350</sup>	1120 <sup>+0</sup>	9500 <sup>+400</sup>	11150 <sup>+150</sup>
	y -	-	-	-	1123 <sup>+3</sup>	9395 <sup>+106</sup>	11119 <sup>+31</sup>
	z -	-	183	15078	1126	9289	11088
2.0	x 117 <sup>+4</sup>	3600 <sup>+0</sup>	-	13550 <sup>+550</sup>	760 <sup>+40</sup>	8950 <sup>+50</sup>	5000 <sup>+200</sup>
	y -	-	-	-	718 <sup>+42</sup>	8878 <sup>+72</sup>	5104 <sup>+104</sup>
	z -	-	228	16229	676	8806	5207
2.5	x 105 <sup>+5</sup>	3350 <sup>+50</sup>	-	11600 <sup>+400</sup>	1085 <sup>+35</sup>	11325 <sup>+325</sup>	5800 <sup>+230</sup>
	y -	-	-	-	987 <sup>+98</sup>	11196 <sup>+129</sup>	5778 <sup>+22</sup>
	z -	-	244	14862	889	11067	5756
3.0	x 105 <sup>+0</sup>	1475 <sup>+125</sup>	-	11575 <sup>+575</sup>	1180 <sup>+50</sup>	12000 <sup>+300</sup>	6800 <sup>+300</sup>
	y -	-	-	-	1058 <sup>+123</sup>	12093 <sup>+93</sup>	6997 <sup>+197</sup>
	z -	-	265	14783	935	12186	7193
3.5	x 103 <sup>+3</sup>	2400 <sup>+100</sup>	-	10250 <sup>+250</sup>	1100 <sup>+50</sup>	12900 <sup>+100</sup>	8150 <sup>+180</sup>
	y -	-	-	-	1060 <sup>+1</sup>	12773 <sup>+126</sup>	8139 <sup>+12</sup>
	z -	-	284	14982	1019	12647	8127
4.0	x 66 <sup>+2</sup>	565 <sup>+5</sup>	-	14500 <sup>+500</sup>	1250 <sup>+100</sup>	15000 <sup>+0</sup>	9100 <sup>+100</sup>
	y -	-	-	-	1289 <sup>+39</sup>	14627 <sup>+372</sup>	9117 <sup>+17</sup>
	z -	-	346	14682	1328	14255	9133
4.5	x 67 <sup>+2</sup>	385 <sup>+65</sup>	-	9250 <sup>+250</sup>	930 <sup>+20</sup>	14000 <sup>+300</sup>	5400 <sup>+0</sup>
	y -	-	-	-	957 <sup>+267</sup>	14264 <sup>+264</sup>	5933 <sup>+533</sup>
	z -	-	334	14138	983	14527	6465
5.0	x 64 <sup>+2</sup>	100 <sup>+10</sup>	-	5600 <sup>+300</sup>	840 <sup>+10</sup>	21750 <sup>+250</sup>	16000 <sup>+500</sup>
	y -	-	-	-	863 <sup>+23</sup>	21789 <sup>+39</sup>	17262 <sup>+1264</sup>
	z -	-	238	7687	885	21827	18527
5.5	x 46 <sup>+3</sup>	N.D.	-	9050 <sup>+450</sup>	660 <sup>+40</sup>	16800 <sup>+200</sup>	2825 <sup>+25</sup>
	y -	-	-	-	680 <sup>+20</sup>	16739 <sup>+61</sup>	3038 <sup>+213</sup>
	z -	-	299	11453	700	16678	3250
6.0	x 85 <sup>+0</sup>	N.D.	-	8650 <sup>+150</sup>	600 <sup>+40</sup>	16500 <sup>+500</sup>	3950 <sup>+100</sup>
	y -	-	-	-	704 <sup>+104</sup>	16432 <sup>+69</sup>	3975 <sup>+25</sup>
	z -	-	238	11440	808	16363	4000
6.5	x 13 <sup>+1</sup>	N.D.	-	2250 <sup>+50</sup>	125 <sup>+5</sup>	8700 <sup>+200</sup>	450 <sup>+50</sup>
	y -	-	-	-	107 <sup>+18</sup>	8910 <sup>+210</sup>	407 <sup>+44</sup>
	z -	-	59	2278	89	9120	363

POÇO : QP - 49		FRAÇÃO ANALISADA : PENEIRADA (<80 # )					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x 96 <sup>±1</sup>	3650 <sup>±250</sup>	-	10500 <sup>±100</sup>	480 <sup>±0</sup>	6850 <sup>±550</sup>	4100 <sup>±0</sup>
	y -	-	-	-	515 <sup>±35</sup>	6054 <sup>±797</sup>	3717 <sup>±382</sup>
	z -	-	216	12981	550	5257	3335
0.5	x 105 <sup>±5</sup>	2800 <sup>±200</sup>	-	9950 <sup>±450</sup>	455 <sup>±15</sup>	5800 <sup>±0</sup>	3215 <sup>±15</sup>
	y -	-	-	-	529 <sup>±74</sup>	5563 <sup>±238</sup>	3282 <sup>±67</sup>
	z -	-	215	13132	602	5325	3348
1.0	x 114 <sup>±4</sup>	3600 <sup>±0</sup>	-	11150 <sup>±650</sup>	1185 <sup>±35</sup>	7500 <sup>±200</sup>	11100 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	1218 <sup>±33</sup>	7377 <sup>±123</sup>	11888 <sup>±788</sup>
	z -	-	206	13645	1251	7254	12676
1.5	x 108 <sup>±1</sup>	2750 <sup>±50</sup>	-	9100 <sup>±400</sup>	520 <sup>±30</sup>	7700 <sup>±700</sup>	3450 <sup>±350</sup>
	y -	-	-	-	615 <sup>±95</sup>	7860 <sup>±160</sup>	4483 <sup>±1033</sup>
	z -	-	239	15189	710	8019	5515
2.0	x 148 <sup>±2</sup>	2600 <sup>±0</sup>	-	14750 <sup>±1250</sup>	615 <sup>±85</sup>	8950 <sup>±150</sup>	3950 <sup>±750</sup>
	y -	-	-	-	647 <sup>±32</sup>	8935 <sup>±15</sup>	3927 <sup>±23</sup>
	z -	-	281	16680	679	8920	3904
2.5	x 106 <sup>±9</sup>	2600 <sup>±600</sup>	-	11200 <sup>±700</sup>	700 <sup>±0</sup>	11250 <sup>±1250</sup>	4985 <sup>±515</sup>
	y -	-	-	-	728 <sup>±28</sup>	11047 <sup>±204</sup>	4602 <sup>±384</sup>
	z -	-	281	16583	755	10843	4218
3.0	x 110 <sup>±5</sup>	1800 <sup>±0</sup>	-	9400 <sup>±400</sup>	540 <sup>±20</sup>	11150 <sup>±450</sup>	4390 <sup>±0</sup>
	y -	-	-	-	654 <sup>±114</sup>	10710 <sup>±441</sup>	4612 <sup>±222</sup>
	z -	-	287	17998	768	10269	4834
3.5	x 95 <sup>±7</sup>	1160 <sup>±60</sup>	-	13000 <sup>±600</sup>	685 <sup>±25</sup>	13450 <sup>±450</sup>	7000 <sup>±300</sup>
	y -	-	-	-	816 <sup>±131</sup>	13060 <sup>±390</sup>	6941 <sup>±60</sup>
	z -	-	361	17292	947	12670	6881
4.0	x 75 <sup>±2</sup>	495 <sup>±35</sup>	-	11800 <sup>±700</sup>	905 <sup>±55</sup>	14200 <sup>±300</sup>	6350 <sup>±50</sup>
	y -	-	-	-	1073 <sup>±1675</sup>	14220 <sup>±20</sup>	7191 <sup>±841</sup>
	z -	-	363	15528	1240	14239	8031
4.5	x 59 <sup>±6</sup>	185 <sup>±45</sup>	-	7550 <sup>±350</sup>	795 <sup>±5</sup>	16350 <sup>±150</sup>	4150 <sup>±250</sup>
	y -	-	-	-	943 <sup>±148</sup>	16423 <sup>±</sup>	5254 <sup>±1104</sup>
	z -	-	301	12272	1090	16495	6358
5.0	x 66 <sup>±4</sup>	100 <sup>±5</sup>	-	4200 <sup>±400</sup>	1080 <sup>±20</sup>	27000 <sup>±500</sup>	28000 <sup>±500</sup>
	y -	-	-	-	1211 <sup>±131</sup>	27494 <sup>±498</sup>	28169 <sup>±169</sup>
	z -	-	201	5979	1341	27988	28338
5.5	x 50 <sup>±1</sup>	N.D.	-	8100 <sup>±200</sup>	675 <sup>±35</sup>	19250 <sup>±250</sup>	4400 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	799 <sup>±124</sup>	19035 <sup>±215</sup>	3921 <sup>±480</sup>
	z -	-	220	8557	922	18820	3441
6.0	x 103 <sup>±0</sup>	N.D.	-	5950 <sup>±350</sup>	610 <sup>±10</sup>	17000 <sup>±300</sup>	4000 <sup>±150</sup>
	y -	-	-	-	760 <sup>±150</sup>	17593 <sup>±593</sup>	4332 <sup>±332</sup>
	z -	-	180	8530	910	18186	4663
6.5	x 43 <sup>±2</sup>	N.D.	-	2650 <sup>±250</sup>	310 <sup>±10</sup>	11700 <sup>±100</sup>	950 <sup>±30</sup>
	y -	-	-	-	232 <sup>±79</sup>	10760 <sup>±940</sup>	803 <sup>±148</sup>
	z -	-	66	3026	153	9820	655



POÇO : QP - 50 A		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x $97^{\pm 5}$	$2290^{\pm 190}$	-	$11800^{\pm 800}$	$645^{\pm 55}$	$6750^{\pm 250}$	$5125^{\pm 675}$
	y -	-	-	-	$668^{\pm 23}$	$6186^{\pm 565}$	$5181^{\pm 56}$
	z -	-	172	16000	691	5621	5237
1.0	x $110^{\pm 5}$	$3600^{\pm 0}$	-	$9950^{\pm 550}$	$1200^{\pm 20}$	$8350^{\pm 350}$	$8100^{\pm 300}$
	y -	-	-	-	$1011^{\pm 189}$	$7522^{\pm 829}$	$7282^{\pm 818}$
	z -	-	168	13369	822	6693	6464
2.0	x $73^{\pm 1}$	$1290^{\pm 160}$	-	$13350^{\pm 350}$	$805^{\pm 45}$	$15200^{\pm 300}$	$8000^{\pm 225}$
	y -	-	-	-	$882^{\pm 77}$	$14984^{\pm 216}$	$7714^{\pm 287}$
	z -	-	268	12769	958	14768	7427
3.0	x $195^{\pm 15}$	$910^{\pm 40}$	-	$9000^{\pm 500}$	$725^{\pm 28}$	$17000^{\pm 300}$	$6150^{\pm 350}$
	y -	-	-	-	$976^{\pm 71}$	$17166^{\pm 167}$	$5869^{\pm 281}$
	z -	-	266	10433	867	17333	5588
4.0	x $79^{\pm 4}$	$142^{\pm 18}$	-	$6300^{\pm 300}$	$660^{\pm 40}$	$17700^{\pm 300}$	$6250^{\pm 50}$
	y -	-	-	-	$654^{\pm 7}$	$16893^{\pm 808}$	$6261^{\pm 11}$
	z -	-	170	7498	647	16085	6271
5.0	x $43^{\pm 5}$	N.D.	-	$8450^{\pm 50}$	$517^{\pm 33}$	$16000^{\pm 350}$	$2900^{\pm 70}$
	y -	-	-	-	$486^{\pm 32}$	$15378^{\pm 623}$	$2870^{\pm 31}$
	z -	-	190	8178	454	14755	2839
6.0	x $26^{\pm 3}$	N.D.	-	$1750^{\pm 250}$	$170^{\pm 20}$	$9250^{\pm 250}$	$600^{\pm 30}$
	y -	-	-	-	$144^{\pm 27}$	$10149^{\pm 899}$	$567^{\pm 33}$
	z -	-	60	2602	117	11047	534

POÇO : QP - 50 A		FRAÇÃO ANALISADA : (80# ) PENEIRADA					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x $90^{\pm 2}$	$4100^{\pm 100}$	-	$11600^{\pm 600}$	$415^{\pm 15}$	$7200^{\pm 200}$	$3900^{\pm 100}$
	y -	-	-	-	$466^{\pm 51}$	$6494^{\pm 706}$	$3472^{\pm 429}$
	z -	-	270	15929	517	5788	3043
1.0	x $76^{\pm 1}$	$3950^{\pm 150}$	-	$10350^{\pm 650}$	$510^{\pm 30}$	$6525^{\pm 255}$	$4700^{\pm 500}$
	y -	-	-	-	$616^{\pm 106}$	$6502^{\pm 23}$	$4806^{\pm 106}$
	z -	-	264	16242	722	6479	4911
2.0	x $60^{\pm 0}$	$1160^{\pm 60}$	-	$11800^{\pm 400}$	$690^{\pm 50}$	$15700^{\pm 50}$	$6650^{\pm 150}$
	y -	-	-	-	834-145	15555-146	6691-41
	z -	-	366	13915	979	15409	6731
3.0	x $260^{\pm 1}$	$735^{\pm 65}$	-	$10900^{\pm 100}$	$1080^{\pm 50}$	$18950^{\pm 50}$	$5800^{\pm 350}$
	y -	-	-	-	$1017^{\pm 63}$	$18824^{\pm 126}$	$5804^{\pm 4}$
	z -	-	381	12362	954	18698	5807
4.0	x $67^{\pm 4}$	$105^{\pm 10}$	-	$5600^{\pm 0}$	$690^{\pm 0}$	$17900^{\pm 300}$	$4200^{\pm 200}$
	y -	-	-	-	$793^{\pm 103}$	$18601^{\pm 701}$	$5498^{\pm 1298}$
	z -	-	246	9942	896	19301	6795
5.0	x $46^{\pm 5}$	N.D.	-	$4850^{\pm 650}$	$505^{\pm 5}$	$15000^{\pm 300}$	$2975^{\pm 425}$
	y -	-	-	-	$543^{\pm 38}$	$16000^{\pm 1000}$	$3370^{\pm 395}$
	z -	-	204	8143	580	17000	3765
6.0	x $42^{\pm 3}$	N.D.	-	$1950^{\pm 150}$	$380^{\pm 10}$	$9965^{\pm 15}$	$1490^{\pm 0}$
	y -	-	-	-	$364^{\pm 17}$	$10397^{\pm 432}$	$1745^{\pm 255}$
	z -	-	71	3336	347	10828	2000

POÇO : QP - 65		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.5	x 150 <sup>±0</sup>	2290 <sup>±110</sup>	-	8200 <sup>±300</sup>	500 <sup>±50</sup>	1800 <sup>±100</sup>	3630 <sup>±195</sup>
	y -	-	-	-	475 <sup>±25</sup>	2017 <sup>±217</sup>	3363 <sup>±268</sup>
	z -	-	151	8166	450	2233	3095
1.0	x 245 <sup>±10</sup>	2350 <sup>±50</sup>	-	7250 <sup>±250</sup>	1300 <sup>±100</sup>	3000 <sup>±150</sup>	9400 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	1116 <sup>±184</sup>	2630 <sup>±370</sup>	8762 <sup>±639</sup>
	z -	-	114	7457	932	2260	8123
1.5	x 230 <sup>±8</sup>	1960 <sup>±40</sup>	-	7000 <sup>±0</sup>	1480 <sup>±20</sup>	3250 <sup>±100</sup>	9250 <sup>±250</sup>
	y -	-	-	-	1354 <sup>±127</sup>	2735 <sup>±578</sup>	9680 <sup>±430</sup>
	z -	-	96	9695	1227	2219	10109
2.0	x 155 <sup>±5</sup>	1590 <sup>±10</sup>	-	6250 <sup>±250</sup>	500 <sup>±30</sup>	1400 <sup>±100</sup>	3950 <sup>±350</sup>
	y -	-	-	-	481 <sup>±20</sup>	1424 <sup>±24</sup>	3564 <sup>±386</sup>
	z -	-	97	5213	461	1447	3178
2.5	x 229 <sup>±6</sup>	2100 <sup>±100</sup>	-	6500 <sup>±500</sup>	1080 <sup>±60</sup>	7800 <sup>±200</sup>	5600 <sup>±300</sup>
	y -	-	-	-	1004 <sup>±77</sup>	6831 <sup>±969</sup>	6552 <sup>±52</sup>
	z -	-	178	8387	927	5862	6604
3.0	x 178 <sup>±8</sup>	1450 <sup>±50</sup>	-	10500 <sup>±500</sup>	1135 <sup>±15</sup>	13000 <sup>±300</sup>	7000 <sup>±200</sup>
	y -	-	-	-	1103 <sup>±33</sup>	12000 <sup>±1000</sup>	6809 <sup>±192</sup>
	z -	-	256	12670	1070	11000	6617
3.5	x 144 <sup>±4</sup>	765 <sup>±35</sup>	-	7750 <sup>±250</sup>	940 <sup>±10</sup>	13100 <sup>±100</sup>	5800 <sup>±400</sup>
	y -	-	-	-	951 <sup>±11</sup>	12962 <sup>±139</sup>	5864 <sup>±64</sup>
	z -	-	265	13141	961	12823	5928
4.0	x 103 <sup>±2</sup>	710 <sup>±40</sup>	-	11900 <sup>±100</sup>	775 <sup>±25</sup>	16133 <sup>±450</sup>	4750 <sup>±350</sup>
	y -	-	-	-	775 <sup>±0</sup>	15641 <sup>±493</sup>	4788 <sup>±38</sup>
	z -	-	224	13053	775	15148	4825
4.5	x 124 <sup>±4</sup>	240 <sup>±40</sup>	-	5650 <sup>±350</sup>	500 <sup>±10</sup>	15500 <sup>±400</sup>	1925 <sup>±225</sup>
	y -	-	-	-	475 <sup>±25</sup>	14003 <sup>±1497</sup>	2078 <sup>±153</sup>
	z -	-	246	8390	450	12506	2230
5.0	x 146 <sup>±1</sup>	318 <sup>±28</sup>	-	6550 <sup>±50</sup>	540 <sup>±30</sup>	13800 <sup>±300</sup>	2350 <sup>±150</sup>
	y -	-	-	-	548 <sup>±8</sup>	12993 <sup>±807</sup>	2360 <sup>±10</sup>
	z -	-	187	10825	555	12186	2369
5.5	x 96 <sup>±5</sup>	350 <sup>±50</sup>	-	10450 <sup>±50</sup>	540 <sup>±80</sup>	14900 <sup>±350</sup>	4550 <sup>±150</sup>
	y -	-	-	-	523 <sup>±18</sup>	14011 <sup>±890</sup>	4397 <sup>±153</sup>
	z -	-	171	9908	505	13121	4244
6.0	x 158 <sup>±3</sup>	1465 <sup>±65</sup>	-	2975 <sup>±25</sup>	180 <sup>±20</sup>	14750 <sup>±250</sup>	1400 <sup>±150</sup>
	y -	-	-	-	141 <sup>±57</sup>	13208 <sup>±1542</sup>	1118 <sup>±283</sup>
	z -	-	80	2443	101	11666	835
6.5	x 149 <sup>±4</sup>	1380 <sup>±40</sup>	-	3095 <sup>±</sup>	120 <sup>±20</sup>	13050 <sup>±250</sup>	1330 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	110 <sup>±11</sup>	11961 <sup>±1089</sup>	1205 <sup>±125</sup>
	z -	-	70	2504	99	10872	1080

POÇO : QP - 65		FRAÇÃO ANALISADA : PENEIRADA (80#)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.5	x 108 <sup>±0</sup>	1305 <sup>±125</sup>	-	3975 <sup>±225</sup>	188 <sup>±28</sup>	3500 <sup>±70</sup>	1625 <sup>±65</sup>
	y -	-	-	-	232 <sup>±44</sup>	3473 <sup>±27</sup>	1754 <sup>±130</sup>
	z -	-	344	7775	276	3446	1884
1.0	x 109 <sup>±1</sup>	1200 <sup>±0</sup>	-	3825 <sup>±75</sup>	223 <sup>±8</sup>	2950 <sup>±50</sup>	1780 <sup>±90</sup>
	y -	-	-	-	253 <sup>±30</sup>	3223 <sup>±273</sup>	1826 <sup>±46</sup>
	z -	-	319	8152	284	3497	1872
1.5	x 90 <sup>±0</sup>	2025 <sup>±175</sup>	-	4210 <sup>±10</sup>	210 <sup>±5</sup>	2550 <sup>±50</sup>	1000 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	187 <sup>±23</sup>	2631 <sup>±81</sup>	1102 <sup>±102</sup>
	z -	-	282	8673	164	2712	1204
2.0	x 79 <sup>±9</sup>	1010 <sup>±20</sup>	-	5600 <sup>±300</sup>	115 <sup>±10</sup>	2400 <sup>±100</sup>	975 <sup>±50</sup>
	y -	-	-	-	124 <sup>±10</sup>	2186 <sup>±214</sup>	902 <sup>±72</sup>
	z -	-	249	6145	134	1972	830
2.5	x 190 <sup>±5</sup>	2240 <sup>±140</sup>	-	5600 <sup>±200</sup>	580 <sup>±70</sup>	7600 <sup>±300</sup>	3260 <sup>±160</sup>
	y -	-	-	-	588 <sup>±22</sup>	7736 <sup>±136</sup>	3088 <sup>±172</sup>
	z -	-	439	10734	536	7872	2916
3.0	x 205 <sup>±5</sup>	1100 <sup>±0</sup>	-	7275 <sup>±475</sup>	713 <sup>±13</sup>	16050 <sup>±500</sup>	4700 <sup>±700</sup>
	y -	-	-	-	760 <sup>±47</sup>	15724 <sup>±326</sup>	4844 <sup>±144</sup>
	z -	-	551	14940	807	15398	4988
3.5	x 129 <sup>±1</sup>	1120 <sup>±30</sup>	-	12550 <sup>±</sup>	920 <sup>±50</sup>	19500 <sup>±600</sup>	5300 <sup>±400</sup>
	y -	-	-	-	867 <sup>±53</sup>	18750 <sup>±750</sup>	5342 <sup>±43</sup>
	z -	-	612	15574	815	18000	5385
4.0	x 141 <sup>±3</sup>	475 <sup>±15</sup>	-	16400 <sup>±400</sup>	1050 <sup>±50</sup>	23800 <sup>±900</sup>	10900 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	1075 <sup>±26</sup>	24280 <sup>±480</sup>	10631 <sup>±268</sup>
	z -	-	568	16309	1101	24761	10363
4.5	x 125 <sup>±3</sup>	520 <sup>±30</sup>	-	7700 <sup>±300</sup>	720 <sup>±80</sup>	20700 <sup>±500</sup>	4350 <sup>±70</sup>
	y -	-	-	-	750 <sup>±30</sup>	21138 <sup>±438</sup>	4304 <sup>±46</sup>
	z -	-	487	12075	780	21576	4258
5.0	x 109 <sup>±1</sup>	340 <sup>±0</sup>	-	6150 <sup>±150</sup>	700 <sup>±0</sup>	17900 <sup>±250</sup>	3800 <sup>±90</sup>
	y -	-	-	-	735 <sup>±35</sup>	19011 <sup>±1111</sup>	3960 <sup>±160</sup>
	z -	-	403	12916	770	20123	4121
5.5	x 101 <sup>±1</sup>	585 <sup>±35</sup>	-	11650 <sup>±150</sup>	788 <sup>±13</sup>	19200 <sup>±1250</sup>	4100 <sup>±150</sup>
	y -	-	-	-	737 <sup>±50</sup>	19447 <sup>±247</sup>	4182 <sup>±82</sup>
	z -	-	376	12439	687	19694	4264
6.0	x 250 <sup>±0</sup>	838 <sup>±13</sup>	-	3100 <sup>±0</sup>	490 <sup>±40</sup>	14650 <sup>±1150</sup>	3400 <sup>±120</sup>
	y -	-	-	-	417 <sup>±73</sup>	14605 <sup>±45</sup>	3426 <sup>±26</sup>
	z -	-	163	2699	345	14561	3452
6.5	x 255 <sup>±15</sup>	545 <sup>±25</sup>	-	1750 <sup>±0</sup>	328 <sup>±13</sup>	12600 <sup>±300</sup>	2500 <sup>±100</sup>
	y -	-	-	-	305 <sup>±</sup>	12988 <sup>±388</sup>	2741 <sup>±241</sup>
	z -	-	123	2478	282	13377	2982

POÇO : QP - 128		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x $105^{+1}$	$2300^{+50}$	-	$9500^{+500}$	$785^{+15}$	$4950^{+350}$	$8900^{+400}$
	y -	-	-	-	$885^{+100}$	$5000^{+50}$	$8402^{+498}$
	z -	-	131	17771	985	5050	7903
0.5	x $138^{+8}$	$3635^{+185}$	-	$14100^{+500}$	$1850^{+100}$	$6600^{+300}$	$18550^{+500}$
	y -	-	-	-	$2048^{+197}$	$6904^{+303}$	$18762^{+212}$
	z -	-	69	17857	2245	7207	18974
1.0	x $174^{+4}$	$3550^{+50}$	-	$10450^{+350}$	$2375^{+75}$	$13000^{+200}$	$23750^{+250}$
	y -	-	-	-	$2420^{+45}$	$12020^{+980}$	$23724^{+26}$
	z -	-	82	13897	2465	11039	23698
1.5	x $153^{+3}$	$2215^{+85}$	-	$12900^{+100}$	$1560^{+40}$	$11250^{+250}$	$11650^{+850}$
	y -	-	-	-	$1538^{+22}$	$10707^{+543}$	$11650^{+1}$
	z -	-	165	16497	1516	10164	11651
2.0	x $138^{+0}$	$2050^{+0}$	-	$12550^{+50}$	$1210^{+10}$	$11550^{+150}$	$9500^{+500}$
	y -	-	-	-	$1149^{+61}$	$11482^{+68}$	$8695^{+805}$
	z -	-	197	15422	1088	11414	7890
2.5	x $139^{+7}$	$1700^{+100}$	-	$8700^{+300}$	$2025^{+25}$	$13000^{+180}$	$14100^{+600}$
	y -	-	-	-	$1798^{+228}$	$13136^{+136}$	$13183^{+917}$
	z -	-	233	14738	1570	13273	12266
3.0	x $76^{+2}$	$430^{+30}$	-	$6100^{+100}$	$454^{+168}$	$7500^{+200}$	$3650^{+850}$
	y -	-	-	-	$468^{+14}$	$7378^{+122}$	$3656^{+6}$
	z -	-	179	7904	482	7256	3662
3.5	x $85^{+0}$	$210^{+15}$	-	$5950^{+150}$	$327^{+80}$	$7500^{+150}$	$3650^{+1050}$
	y -	-	-	-	$288^{+39}$	$7360^{+140}$	$3443^{+206}$
	z -	-	172	6487	250	7221	3237
4.0	x $67^{+1}$	$3115^{+65}$	-	$2150^{+150}$	$119^{+20}$	$9800^{+200}$	$870^{+200}$
	y -	-	-	-	$143^{+24}$	$9253^{+547}$	$981^{+111}$
	z -	-	123	1512	167	8706	1093
4.5	x $39^{+1}$	$1545^{+55}$	-	$2450^{+150}$	$90^{+5}$	$5250^{+100}$	$1075^{+275}$
	y -	-	-	-	$94^{+35}$	$4966^{+284}$	$1042^{+32}$
	z -	-	143	1800	97	4682	1010

POÇO : QP - 128		FRAÇÃO ANALISADA : PENEIRADA (80#)					
Nº AMOST. (metros)	ELEMENTOS ANALISADOS (PPM)						
	Cu	Ti	Zn	Cr	Co	Ni	Mn
0.0	x 92 ± 8	2750±350	-	9450±550	360±80	3850±150	2200±0
	y 72	-	-	17500	465±104	3948± 98	2815±615
	z -	-	324	14190	569	4047	3431
0.5	x 125±5	3900±100	-	9650±350	2450±50	8516±300	19000±0
	y 103	-	-	17485	2472±22	7856±660	20239±1240
	z -	-	253	15418	2493	7197	21479
1.0	x 113±6	2950±50	-	7100±100	1200±50	5500±500	9250±300
	y 103	-	-	19000	1175±25	5721±221	8807±443
	z -	-	323	16580	1151	5943	8364
1.5	x 106±6	2470±70	-	12250±450	325±25	6025±275	1950±150
	y 108	-	-	20640	425±100	6687±662	2060±110
	z -	-	399	17537	526	7349	2171
2.0	x 87±2	1330±70	-	7875±475	320±0	6300±0	2100±100
	y 104	-	-	22500	421±101	8187±1887	2267±167
	z -	-	476	18865	523	10075	2435
2.5	x 73±3	900±50	-	8650±150	475±5	7500±250	1725±125
	y 94	-	-	19710	548±74	9215±1715	1893±168
	z -	-	510	17176	622	10931	2061
3.0	x 66±1	493±8	-	6250±250	380±90	9250±400	2125±125
	y 62	-	-	15960	439±59	9364±114	2472±347
	z -	-	495	14956	498	9478	2819
3.5	x 82±2	110±0	-	4750±750	237±100	8750±1250	1290±110
	y 51	-	-	9800	260±23	8506±243	1421±131
	z -	-	386	9919	283	8263	1553
4.0	x 84±4	2685±15	-	1650±150	180±40	8900±1100	1550±50
	y 54	-	-	2500	192±13	8652±247	1663±113
	z -	-	201	2326	207	8405	1777
4.5	x 28±3	440±40	-	2290±10	130±20	5450±50	1775±225
	y 20	-	-	2230	115±15	5265±185	1553±221
	z -	-	284	2374	100	5079	1332

TABELA Nº 9 (Elementos principais)

A = Fluorescência de raio-x

B = Via Úmida

X = Fração Pulverizada

Y = Fração &lt; 80#

POÇO : QP - 49		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)		
Nº AMOSTRA (metros)	DETERMINAÇÕES (%)			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (A)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (B)	SiO <sub>2</sub> (B)	
0.0	x 48.2 y 42.9	14.9 ± 0.1 -	15.9 ± 0.05 -	
0.5	x 44.7 y 45.0	14.4 ± 0.1 -	10.4 ± 0.1 -	
1.0	x 50.0 y 46.2	17.6 ± 0.8 -	9.9 ± 0.07 -	
1.5	x 50.9 y 48.9	15.8 ± 0 -	10.7 ± 0.02 -	
2.0	x 53.0 y 53.4	14.3 ± 1.0 -	10.3 ± 0.03 -	
2.5	x 56.1 y 56.9	15.8 ± 0 -	8.9 ± 0.1 -	
3.0	x 57.2 y 49.9	14.8 ± 0.5 -	8.4 ± 0.07 -	
3.5	x 55.3 y 57.8	14.9 ± 0.1 -	8.8 ± 0.1 -	
4.0	x 60.4 y 62.9	11.7 ± 0.3 -	6.2 ± 0.04 -	
4.5	x 55.6 y 65.2	11.1 ± 0.4 -	10.3 ± 0.03 -	
5.0	x 48.4 y 56.5	9.6 ± 0.1 -	14.4 ± 0.08 -	
5.5	x 48.4 y 66.0	8.8 ± 0.6 -	17.3 ± 0.2 -	
6.0	x 43.5 y 57.2	8.0 ± 0.4 -	20.2 ± 0.02 -	
6.5	x 9.7 y 11.8	2.7 ± 0.4 -	37.9 ± 0.05 -	

TABELA Nº 10 (Elementos principais)

A = Fluorescência de raio-x

B = Via Úmida

X = Fração pulverizada

Y = Fração &lt; 80 #

POÇO : QP - 50 A		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)		
Nº AMOSTRA (metros)	DETERMINAÇÕES (%)			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (A)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (B)	SiO <sub>2</sub> (B)	
0.0	x 45.4 y 41.0	13.4 ± 0.1 -	14.1 ± 0.05 -	
1.0	x 44.2 y 44.6	19.1 ± 0 -	12.4 ± 0.1 -	
2.0	x 57.3 y 60.0	12.8 ± 0.3 -	10.3 ± 0.04 -	
3.0	x 49.2 y 56.0	12.3 ± 0.2 -	14.3 ± 0.01 -	
4.0	x 37.1 y 53.6	8.1 ± 0.1 -	21.0 ± 0.09 -	
5.0	x 30.7 y 47.0	6.3 ± 0.3 -	25.9 ± 0.2 -	
6.0	x 9.0 y 14.8	1.8 ± 0 -	37.7 ± 0.1 -	



TABELA Nº 11 (Elementos principais)

A = Fluorescência de raio-x

B = Via Úmida

X = Fração pulverizada

Y = Fração &lt; 80#

POÇO : QP - 65		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)		
Nº AMOSTRA (metros)	DETERMINAÇÕES (%)			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (A)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (B)	SiO <sub>2</sub> (B)	
0.5	x 24.1 y 25.3	9.7 ± 0.4 -	56.2 ± 0.07 -	
1.0	x 25.1 y 23.9	9.0 ± 0.4 -	52.4 ± 0.2 -	
1.5	x 30.0 y 25.4	11.8 ± 0.4 -	45.6 ± 0.09 -	
2.0	x 16.8 y 16.8	6.1 ± 0.2 -	69.2 ± 0.09 -	
2.5	x 28.5 y 29.6	12.9 ± 0.1 -	43.5 ± 0.2 -	
3.0	x 39.7 y 42.1	11.5 ± 0.5 -	31.1 ± 0.01 -	
3.5	x 42.2 y 45.2	9.9 ± 0.2 -	28.5 ± 0.02 -	
4.0	x 39.7 y 49.8	8.4 ± 0.5 -	27.7 ± 0.08 -	
4.5	x 25.0 y 37.7	8.3 ± 0.4 -	34.8 ± 0.06 -	
5.0	x 30.1 y 39.3	8.3 ± 0.4 -	34.6 ± 0.1 -	
5.5	x 29.9 y 39.6	8.4 ± 0.5 -	33.2 ± 0.03 -	
6.0	x 10.0 y 13.3	13.4 ± 0.1 -	37.1 ± 0.2 -	
6.5	x 10.8 y 12.0	13.1 ± 0.4 -	37.9 ± 0.06 -	

TABELA Nº 12 (Elementos principais)

A = Fluorescência de raio-x

B = Via Úmida

X = Fração pulverizada

Y = Fração &lt; 80 #

POÇO : QP - 128		FRAÇÃO ANALISADA : PULVERIZADA (Total)		
Nº AMOSTRA (metros)	DETERMINAÇÕES (%)			
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (A)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (B)	SiO <sub>2</sub> (B)	
0.0	x 46.6 y 39.9	14.7 ± 0.1 -	16.3 ± 0.05 -	
0.5	x 52.0 y 44.9	16.3 ± 0 -	7.9 ± 0 -	
1.0	x 49.5 y 44.5	16.9 ± 0.1 -	9.8 ± 0.05 -	
1.5	x 51.2 y 49.0	14.1 ± 0.9 -	10.4 ± 0 -	
2.0	x 55.3 y 53.7	14.4 ± 0.1 -	8.7 ± 0.05 -	
2.5	x 54.2 y 56.2	13.8 ± 0 -	9.0 ± 0 -	
3.0	x 28.6 y 46.7	5.6 ± 0.8 -	27.9 ± 0.8 -	
3.5	x 26.6 y 32.7	3.6 ± 0 -	28.6 ± 0.5 -	
4.0	x 12.9 y 14.8	12.6 ± 0.4 -	34.5 ± 0.1 -	
4.5	x 11.3 y 11.7	13.4 ± 0.9 -	33.2 ± 0.6 -	

### 2.3. ANÁLISES MINERALÓGICAS

Com a finalidade de identificar os minerais principais existentes na "rocha-mãe", foi feita uma análise mineralógica prévia por difratometria, utilizando-se um difratômetro de raio-x marca PHILIPS, modelo PW-1050185. Os resultados obtidos estão demonstrados na tabela abaixo:

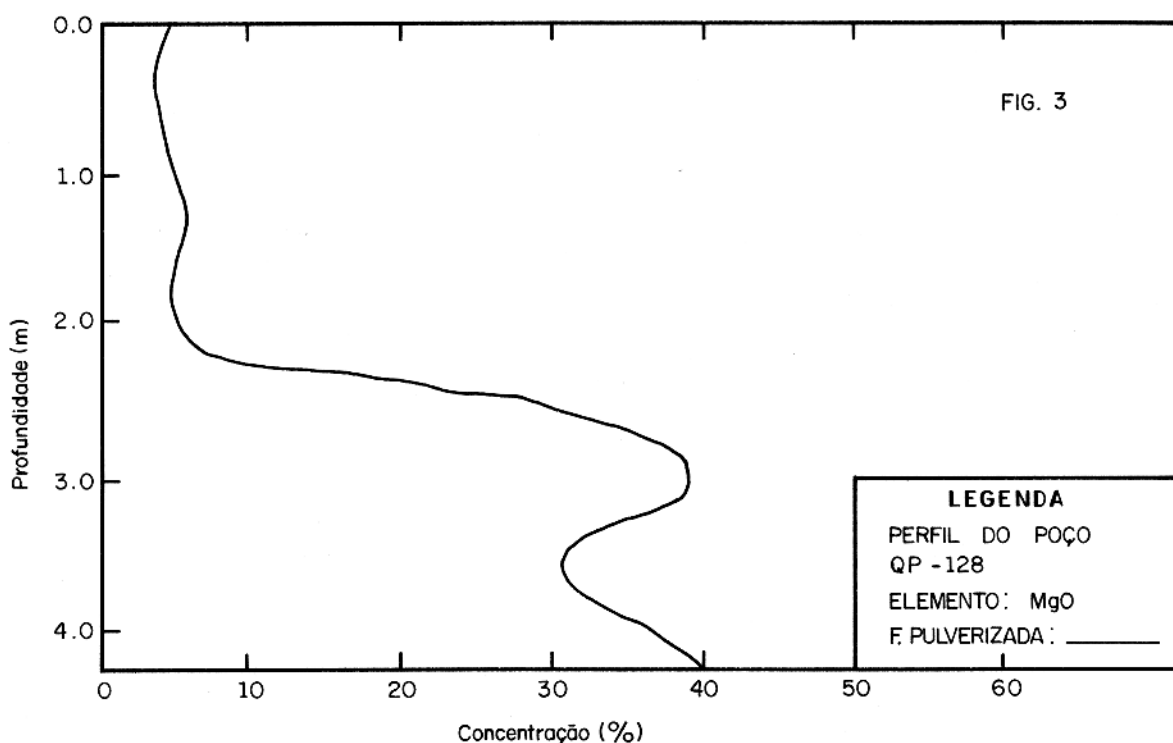
POÇO Nº DA AMOSTRA(metros)	$2\theta$	$d \text{ \AA}^0$	$I/I_{\text{max.}}$	MINERAL
QP - 49 (6.5)	14.10	7.28	100	Antigorita (serpentina)
	28.46	3.63	75	
	41.91	2.50	17	
QP - 50A (6.0)	14.05	7.31	100	Antigorita (serpentina)
	28.18	3.67	75	
	41.91	2.50	17	
QP - 65 (6.5)	14.35	7.15	100	Antigorita (serpentina)
	28.90	3.58	75	
	41.90	2.50	17	
QP - 128 (4.5)	7.20	14.26	100	Clorita
	36.80	2.83	90	
	21.80	4.73	60	
	11.00	9.33	100	Talco
	22.50	4.58	45	
	33.40	3.11	40	

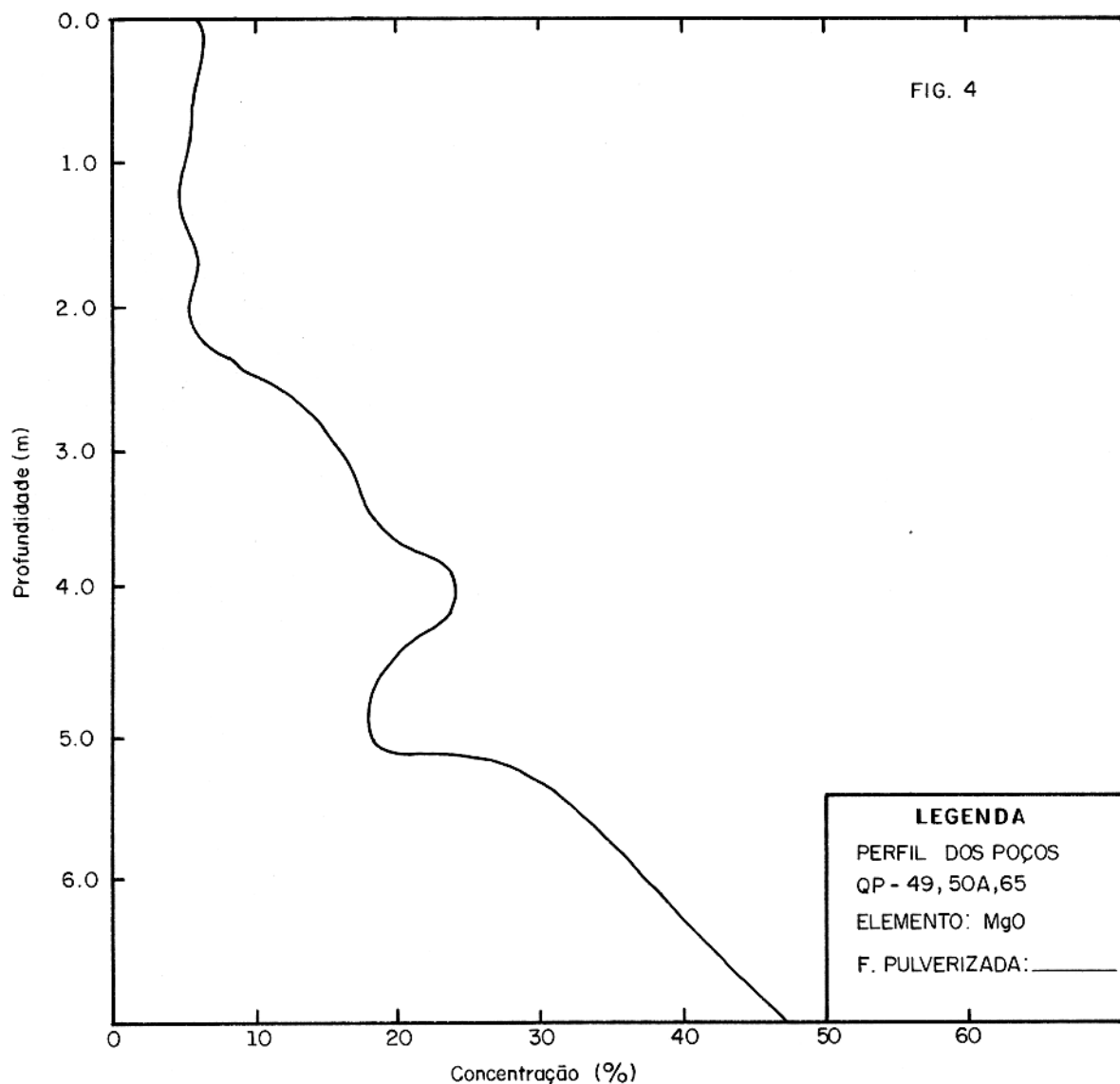
### 3. DISCUSSÕES

#### 3.1. GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS PRINCIPAIS

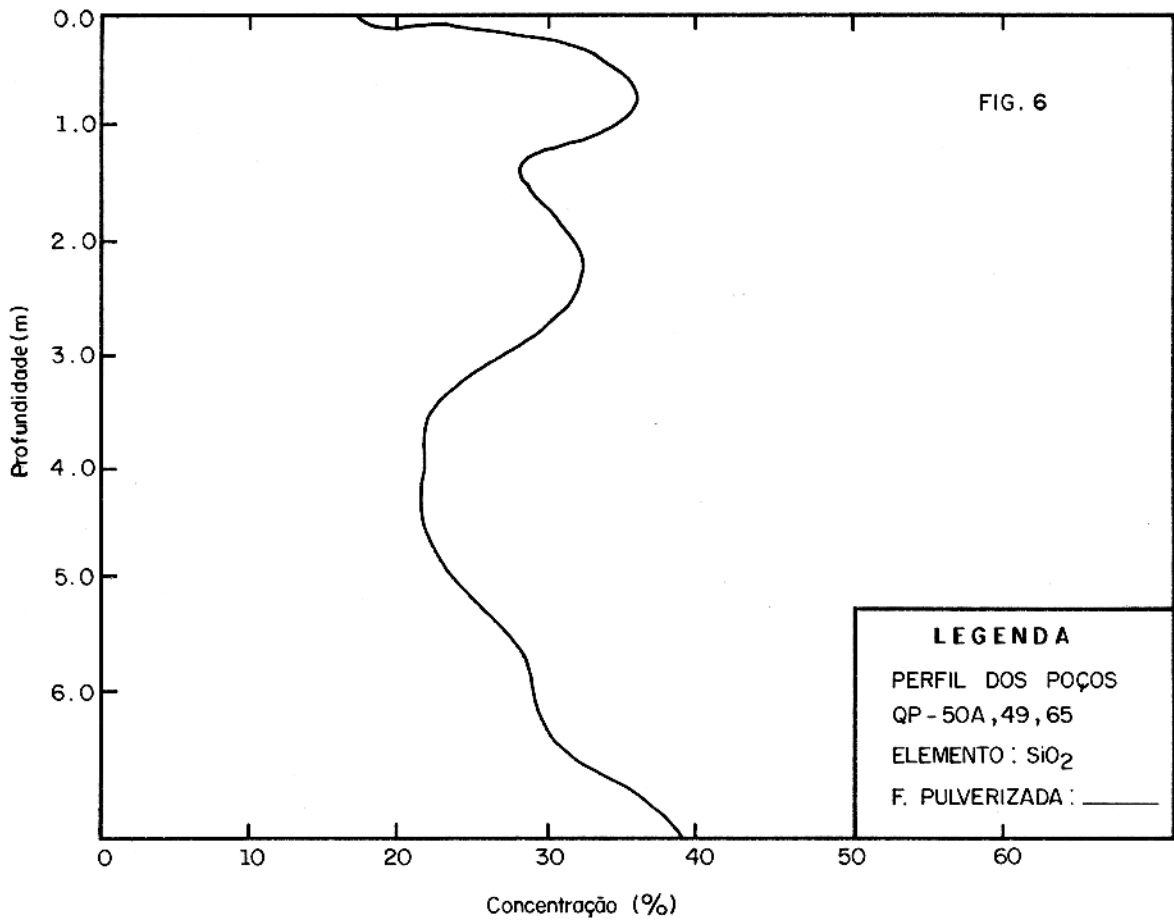
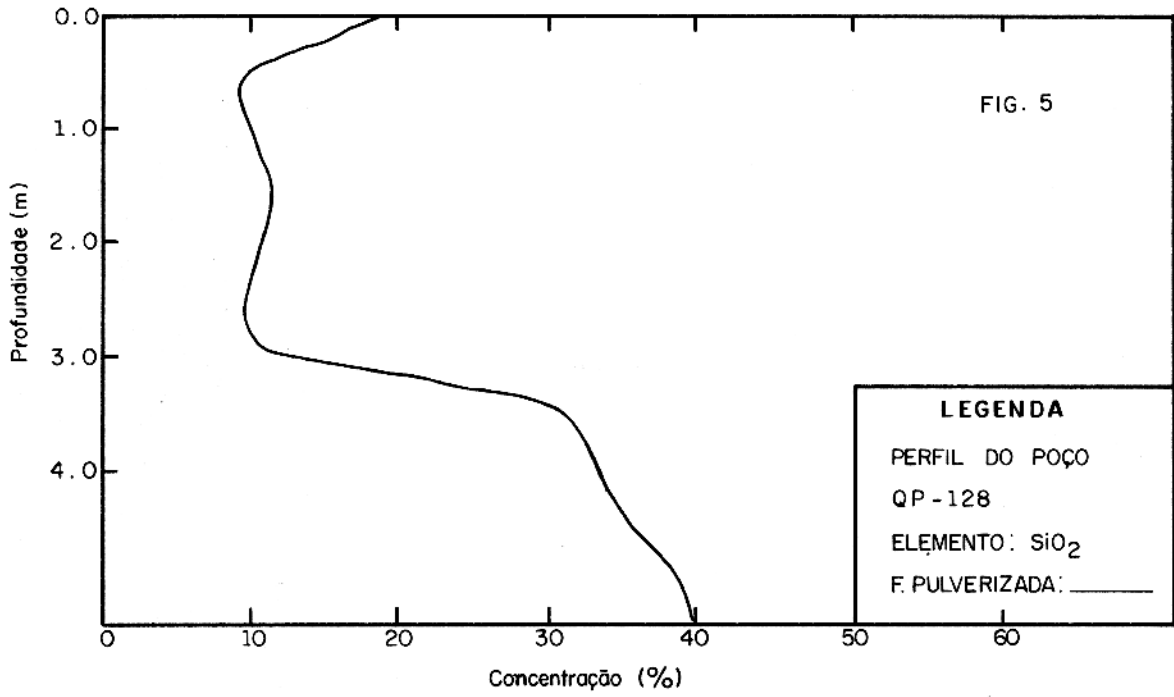
O comportamento dos elementos principais  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$  e  $MgO$  dos perfis lateríticos da Serra do Quatipuru, de um modo geral estão de acordo com a literatura consultada (Preston E. Hotz - Nickeliferous Laterites in Southwestern Oregon and Northwestern California; J.J. Trescases - Weathering and Geochemical Behaviour of the Elements of Ultramafic Rocks in New Caledonia; H.E. Zeissink the mineralogy and Geochemistry of a Nickeliferous Laterite Profile, Greenvale, Queensland, Australia; Randall J. Weege and William J. Beres-The Exploration and Development of Nickel laterites) para lateritas desenvolvidas sobre rochas ultramáficas.

O  $MgO$ , tanto no perfil sobre o serpentinito como no perfil sobre o talco-clorita, tem migração bem acentuada para cima. Somente fica associado aos minerais serpentiniticos e talco-cloritas nas camadas inferiores dos respectivos perfis (veja figs. 3 e 4).

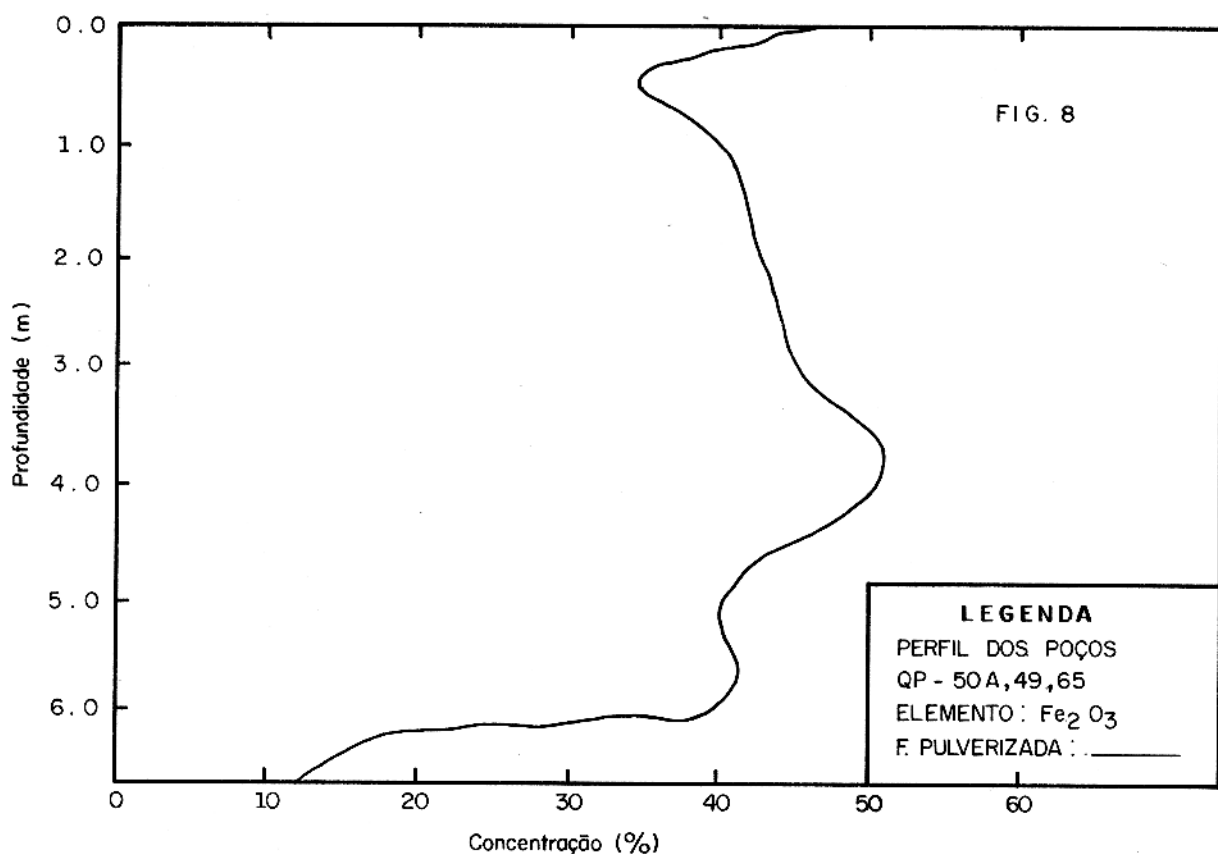
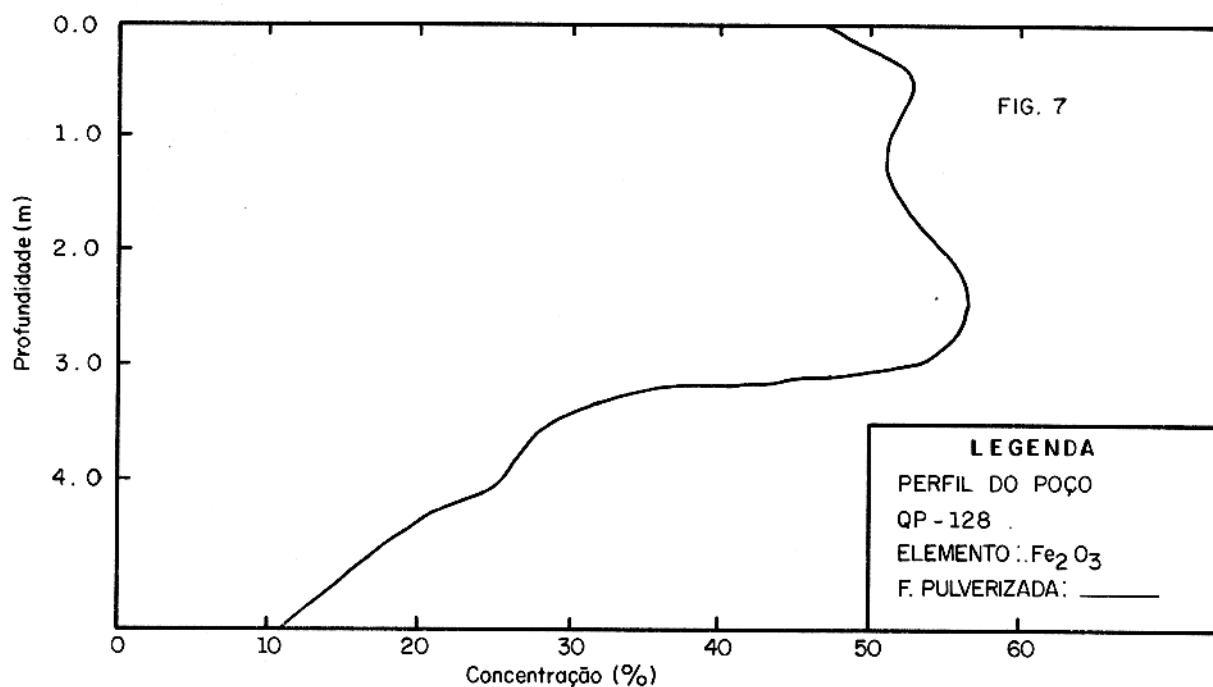




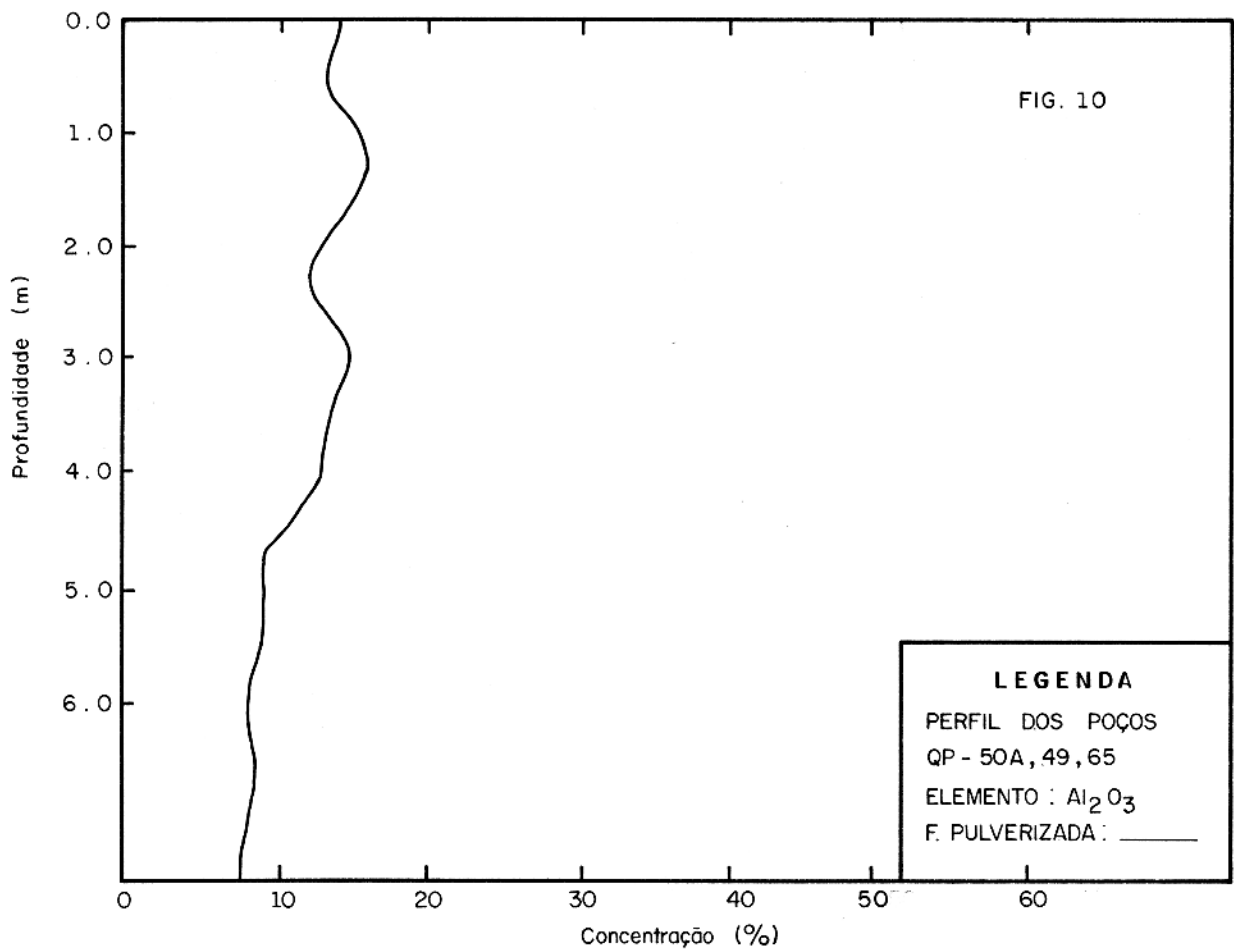
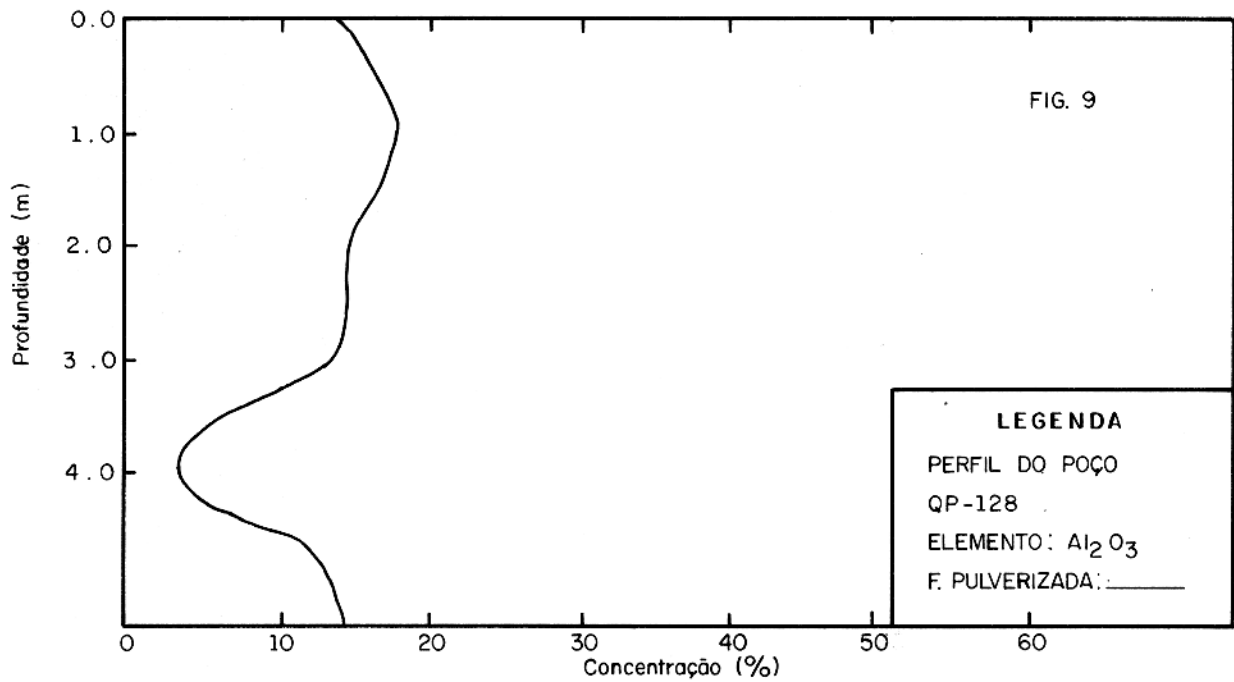
O comportamento da  $\text{SiO}_2$  é bem diferente. Ele tem dois máximos acentuados: o máximo inferior refere-se à sílica combinada nos minerais serpentiníticos e talco-clorita e o superior é causado pelo enriquecimento de sílica livre. Este efeito pode ser interpretado pelo pH do meio, que é fracamente alcalino nas rochas magnesianas e fica ácido nas camadas superficiais (veja figs. 5 e 6).



O  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  demonstra uma tendência geral para enriquecimentos nas camadas intemperizadas, e somente na "rocha-mãe" e nas camadas subjacentes, a concentração é ainda baixa, provavelmente em forma de  $\text{Fe}^{+2}$  substituindo o  $\text{Mg}^{+2}$  nos respectivos minerais. Nas camadas superiores o ferro está na forma de goetita e limonita (veja figs. 7 e 8).

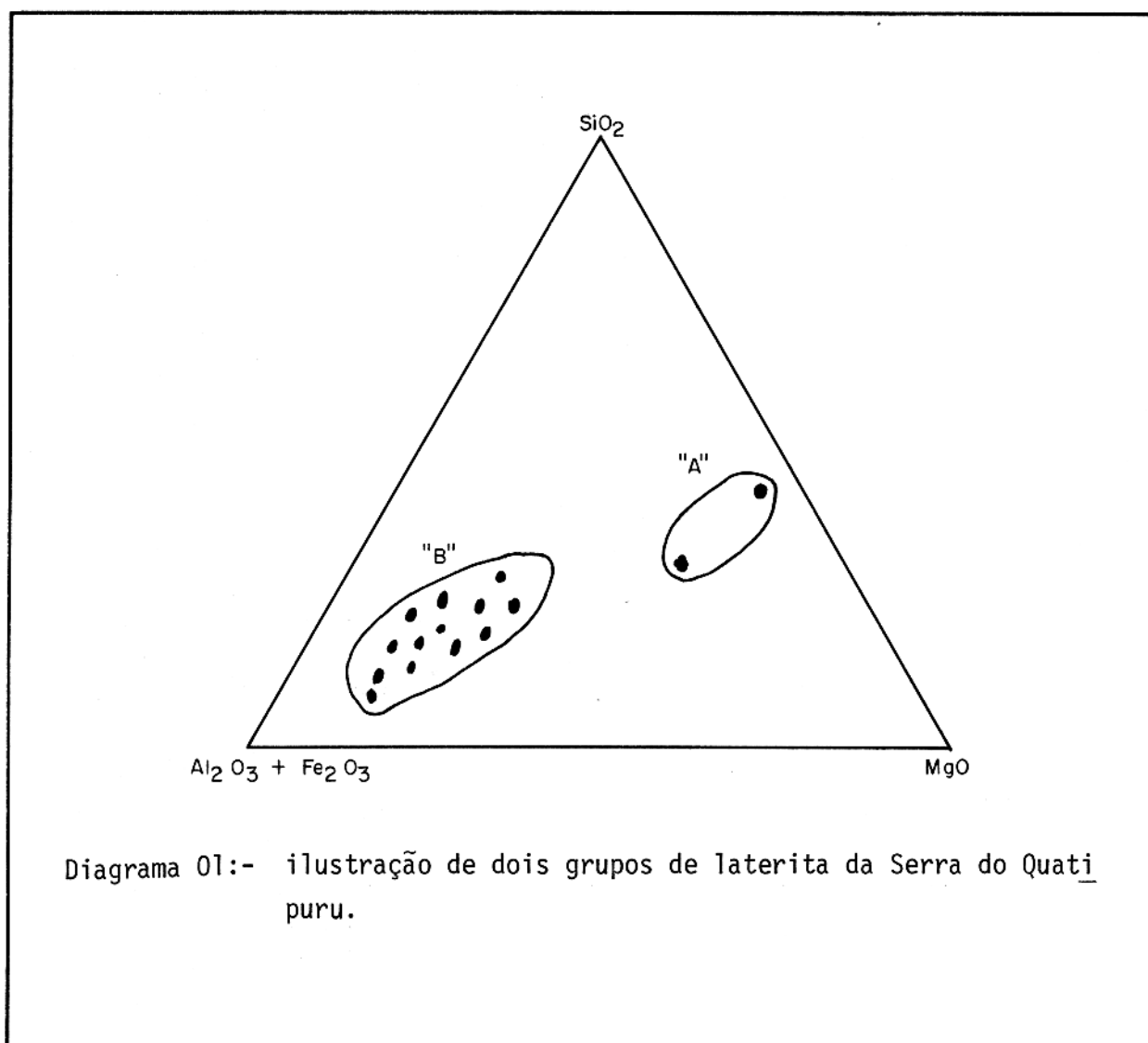


O  $\text{Al}_2\text{O}_3$  tem comportamento idêntico ao do  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , mas não tão acentuado (veja figs. 9 e 10).





Através dos elementos principais podem ser distinguidos dois tipos de lateritas níquelíferas na Serra do Quatipuru. O grupo "A" é caracterizado pelos altos valores de  $\text{SiO}_2$  e  $\text{MgO}$  e baixos valores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . O grupo "B" tem pouca  $\text{SiO}_2$  e  $\text{MgO}$  e muito  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , formando assim lateritas ferruginosas. Ambos os tipos freqüentemente ocorrem dentro de um mesmo depósito, mas devido a erosão, lixiviação e outros fatores, normalmente um deles torna-se importante como fonte de minério de Ni (veja diagrama 01).



### 3.2. GEOQUÍMICA DOS ELEMENTOS TRAÇOS

Uma varredura qualitativa demonstrou que para valores acima dos limites de detecção, somente os elementos Cu, Zn, Co, Mn, Ni e Cr foram encontrados. Estes elementos evidentemente foram enriquecidos com relação aos seus conteúdos na "rocha-mãe". Os fatores de enriquecimento médio para os vários traços, foram calculados através da razão da concentração do traço na "rocha-mãe" na fração total.

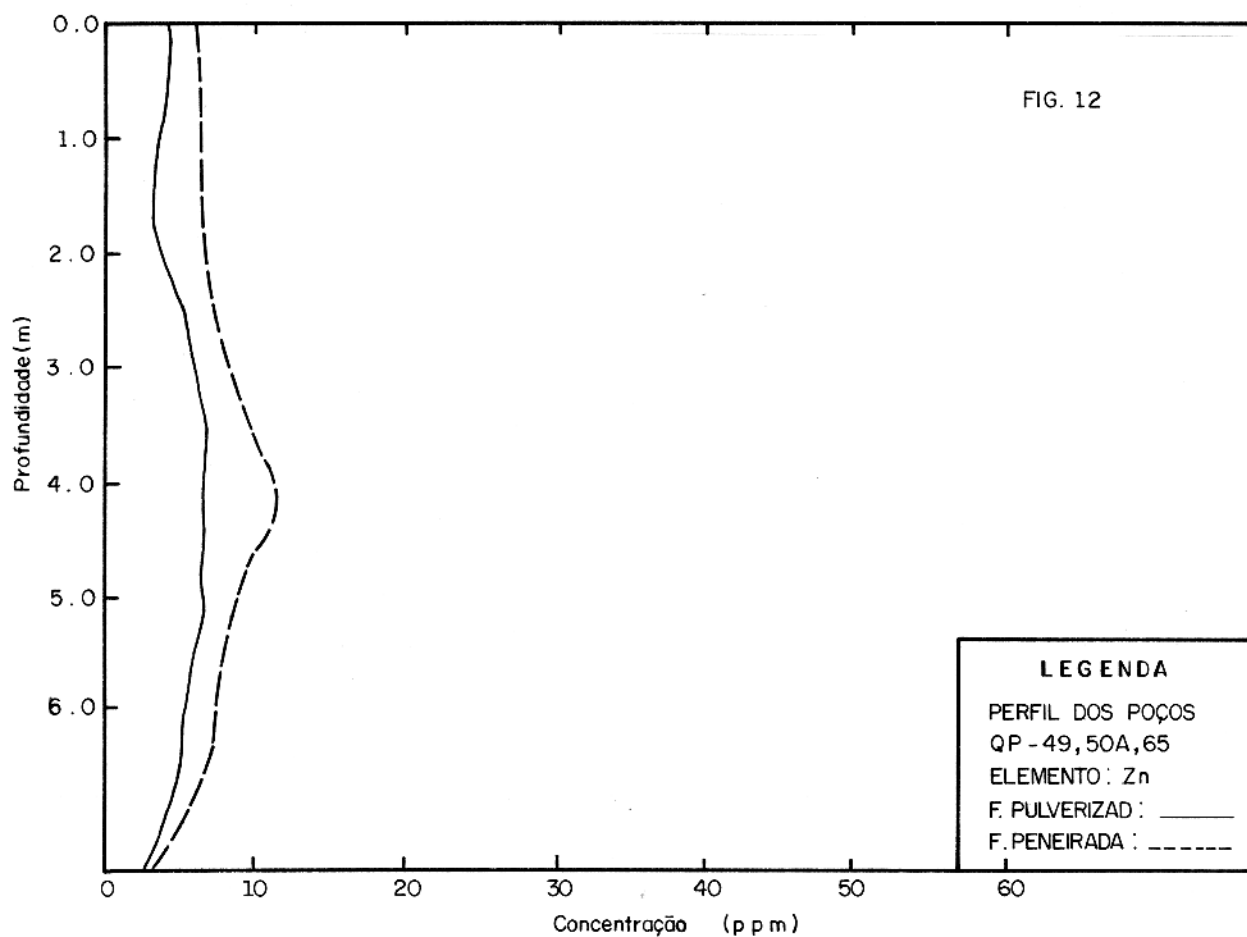
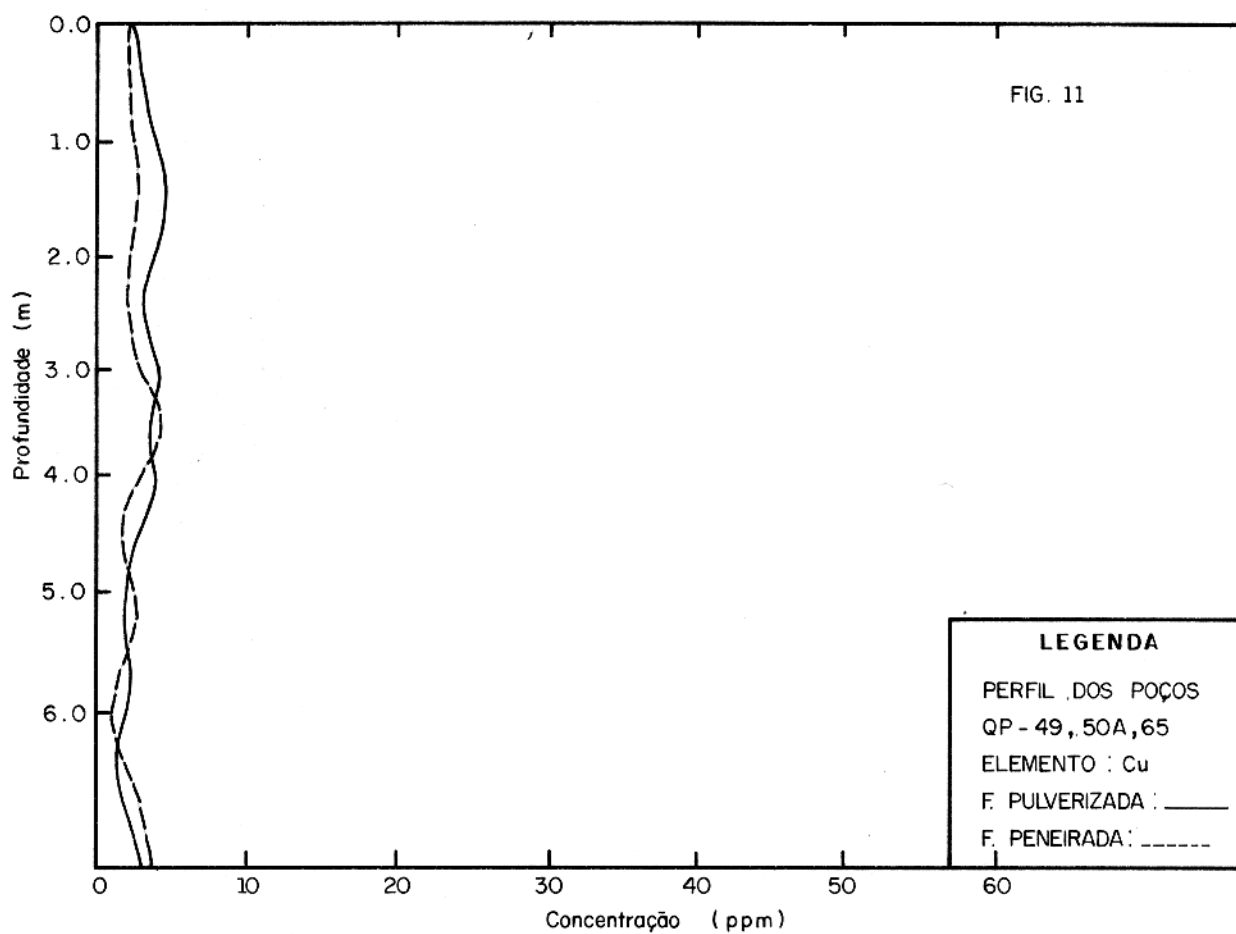
Os perfis da Serra do Quatipuru, estão caracterizados da seguinte maneira:

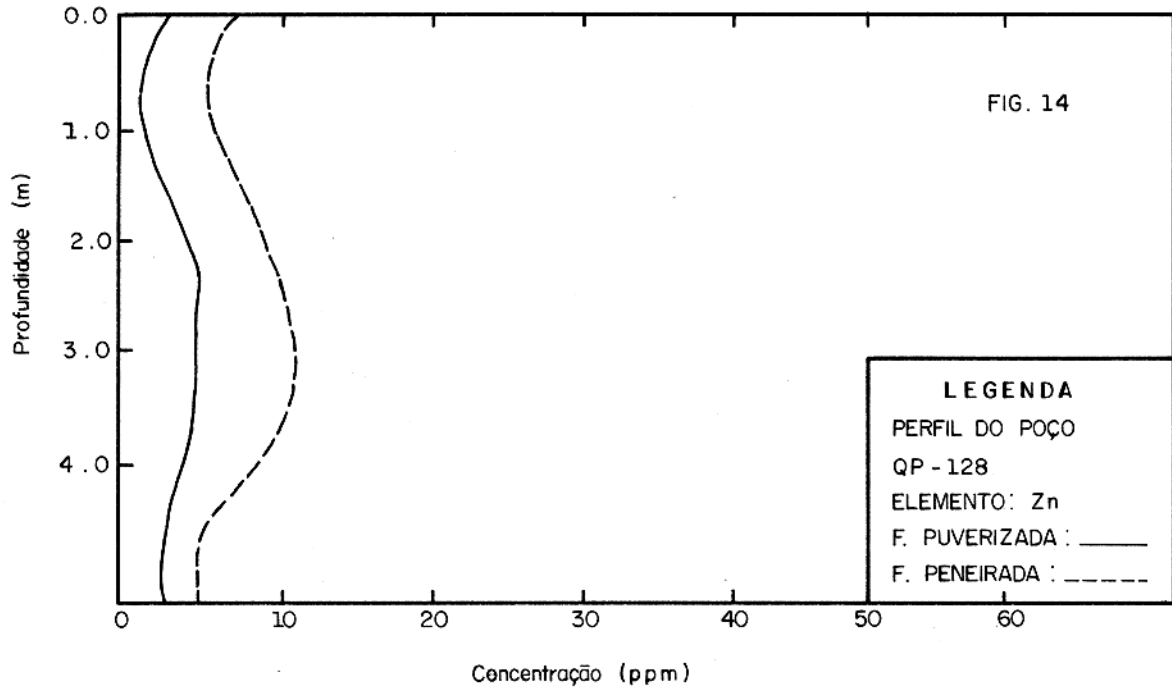
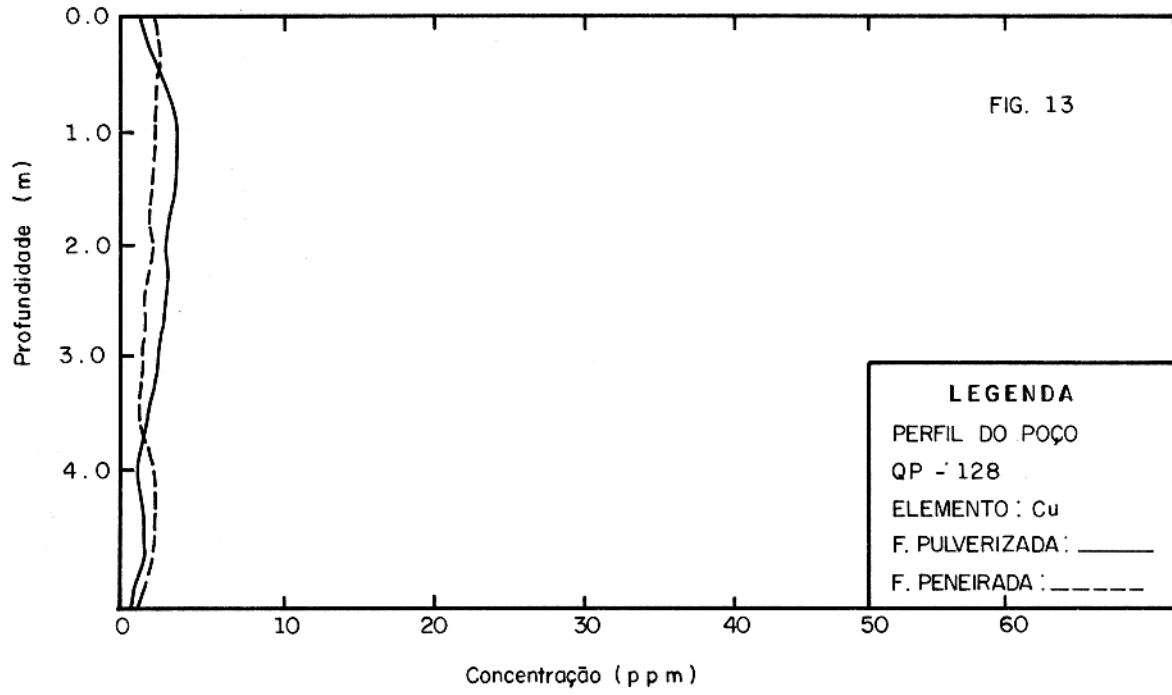
#### COBRE E ZINCO

Esses dois elementos, ficam mais ou menos constantes nos perfis dos solos nas duas "rochas-mães", com enriquecimento fraco, sendo que o Zn, foi mais bem relacionado com a fração  $< 80 \mu$ , concentrando-se de maneira bem evidente nesta fração, tanto nos perfis sobre o serpentinito como no perfil do talco-clorita (veja figs. 11, 12, 13, 14). Isto deve ser relacionado a um processo de adsorção.

O Cu apresenta constantemente uma grande mobilidade ao longo dos vários horizontes, enquanto o Zn é evidentemente um pouco menos imóvel no meio laterítico, do que o Cu.

Os fatores de máximo enriquecimento para o Cu, foram 2.2 no perfil médio sobre o serpentinito (1.5 metros), e 4.2 sobre o talco-clorita (1.0 metro) Para o Zn resultou um fator de 4.8 (4.5 metros) sobre o serpentinito e de 1.6 (2.5 metros) sobre o talco-clorita.

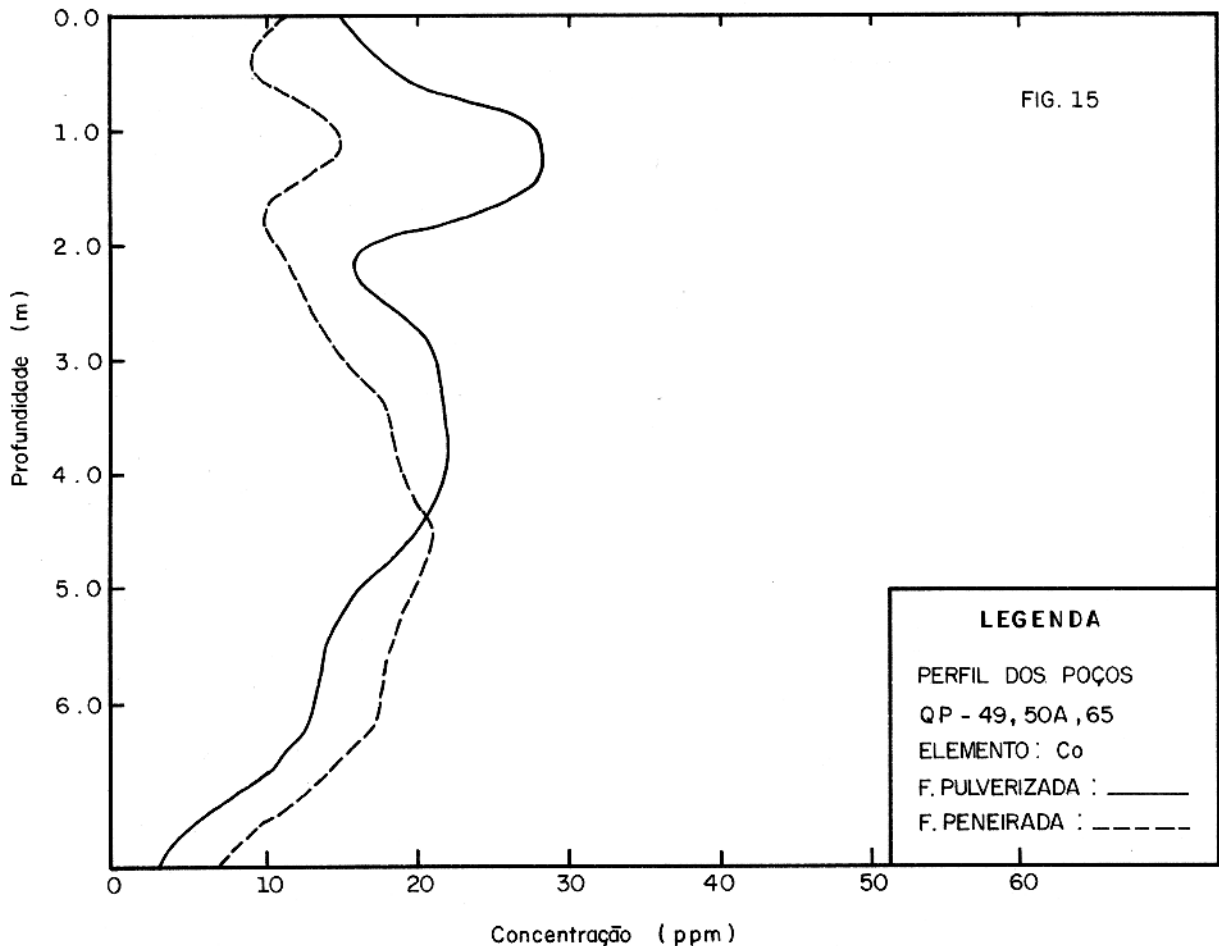


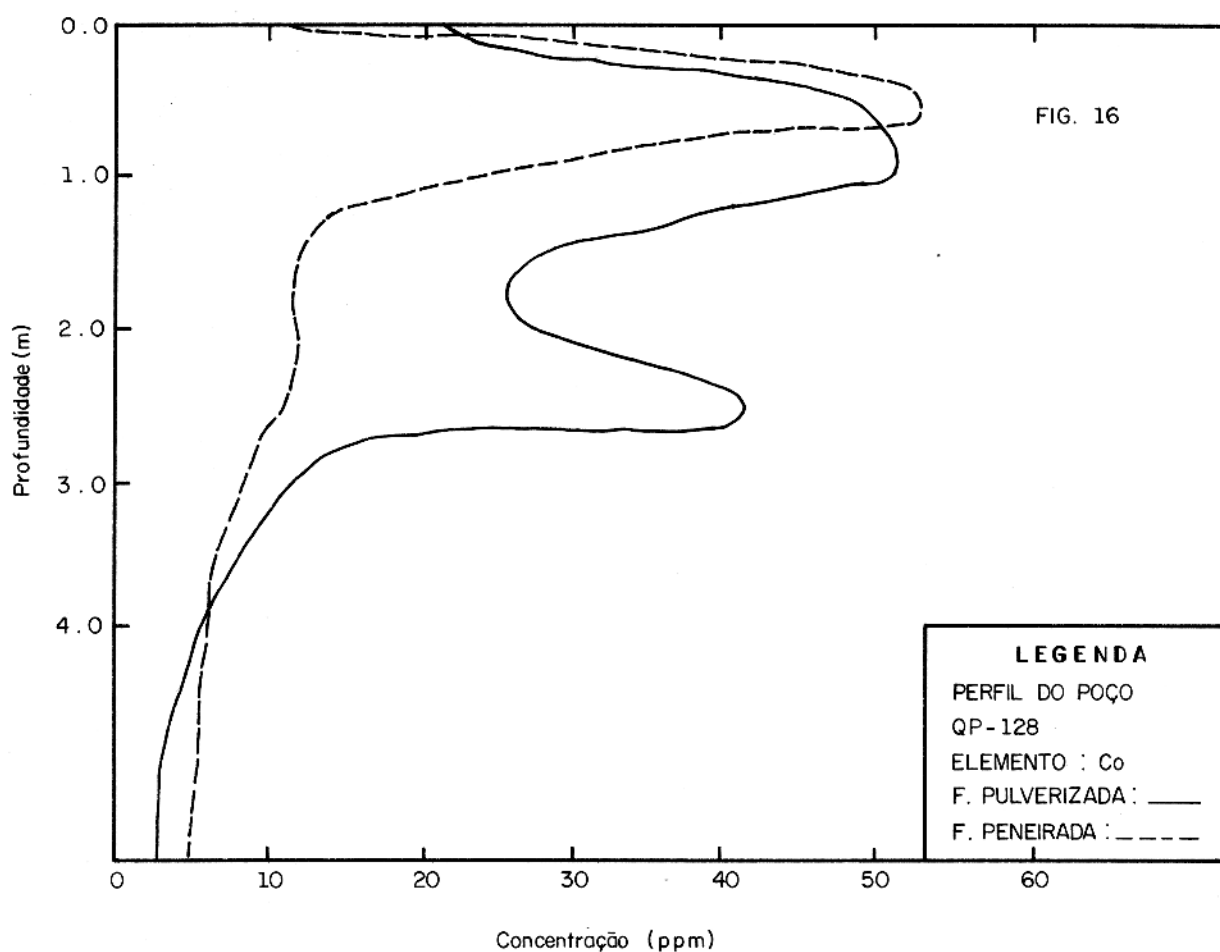


COBALTO

O Co apresenta um bom enriquecimento em horizontes distintos, além disso, a sua distribuição é um pouco diferente em função das duas "rochas mães". Nos perfis sobre o serpentinito, existe um máximo na camada superior (1.0 metro) nas duas frações, sendo mais acentuado na fração total. Além disso existe fraca indicação de um segundo máximo nas camadas intermediárias (entre 2.5 e 4.0 metros) sobre o serpentinito (veja fig. 15). No talco-clorita existem dois máximos bem desenvolvidos nos dois horizontes (1.0 e 2.5 metros) sendo mais evidente na fração pulverizada (veja fig. 16).

Os fatores de enriquecimento para o Co vão de 11.1 no serpentinito até 27.0 no talco-clorita (1.0 metro).

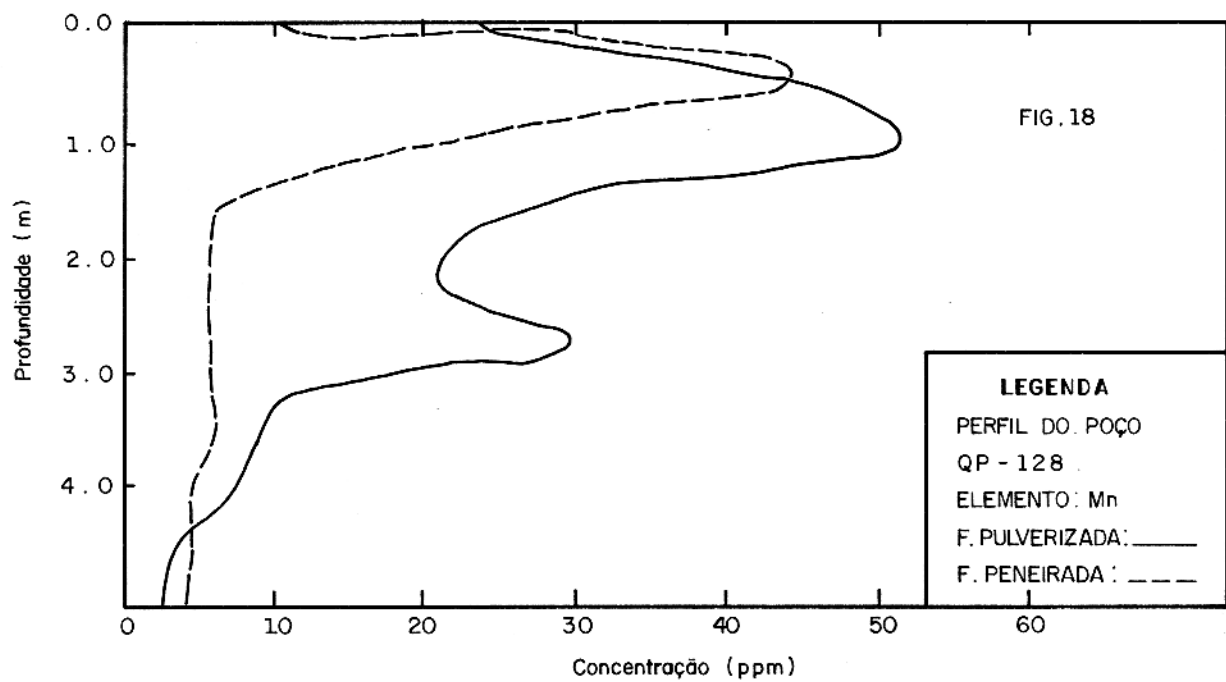
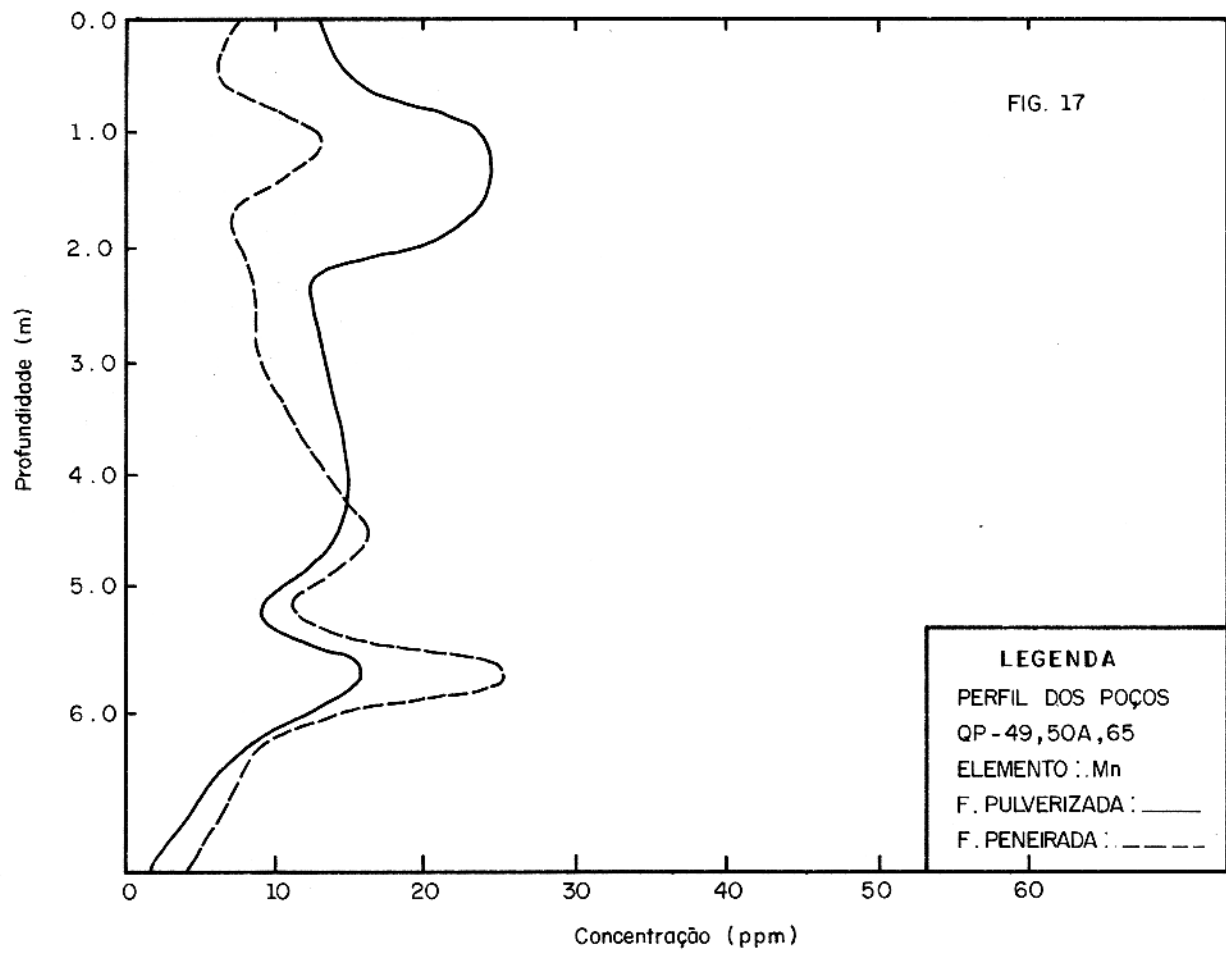




### MANGANÊS

O Mn revela um comportamento geoquímico muito semelhante ao do Co, nas duas litologias. A única diferença é que no perfil sobre o serpentinito, o máximo na camada inferior é mais pronunciado especialmente na fração 80 # do que no caso do Co (veja figs. 17 e 18).

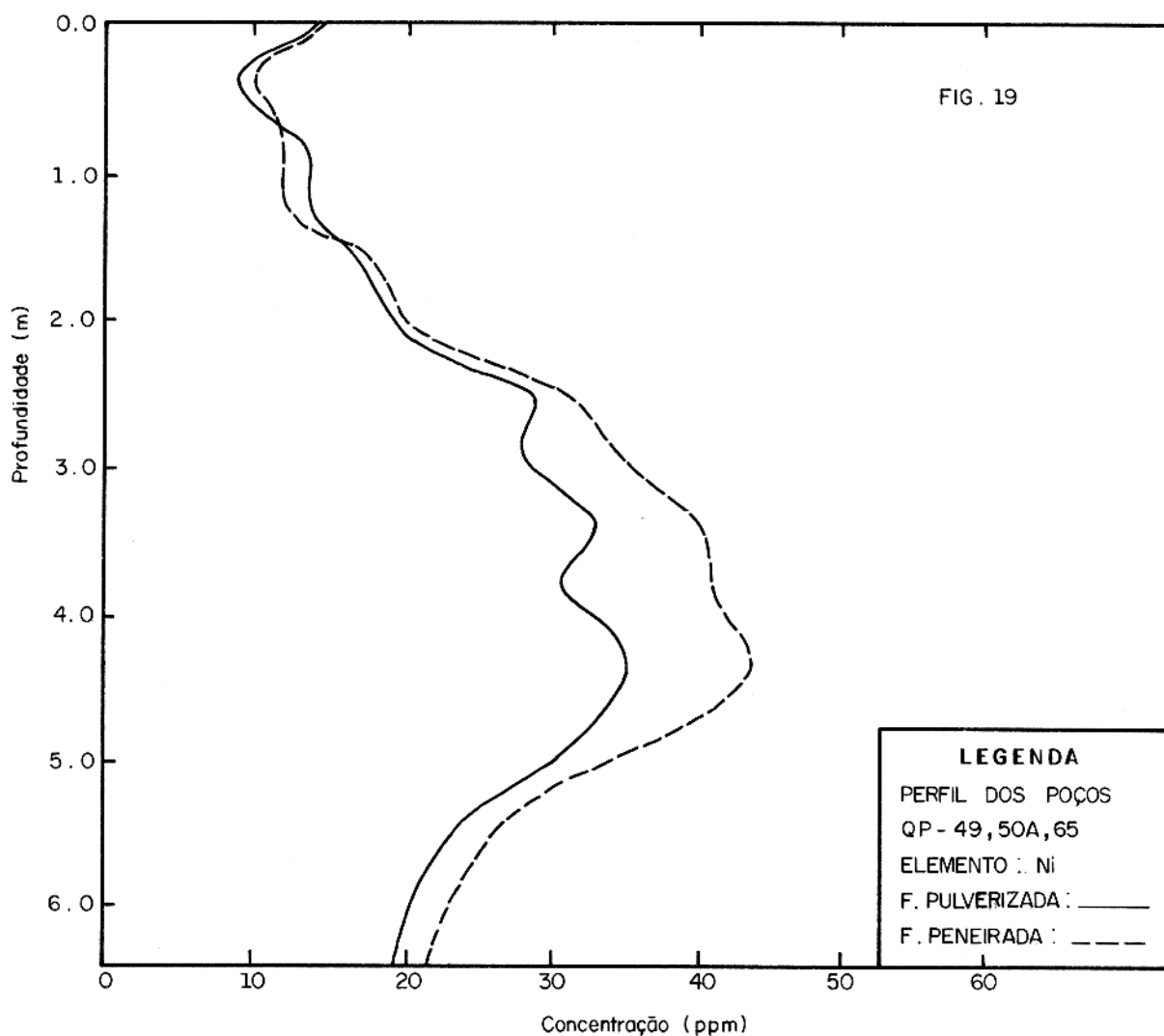
Os fatores de enriquecimento vão de 12.4 sobre o serpentinito até 23.7 sobre o talco-clorita (1.0 metro).



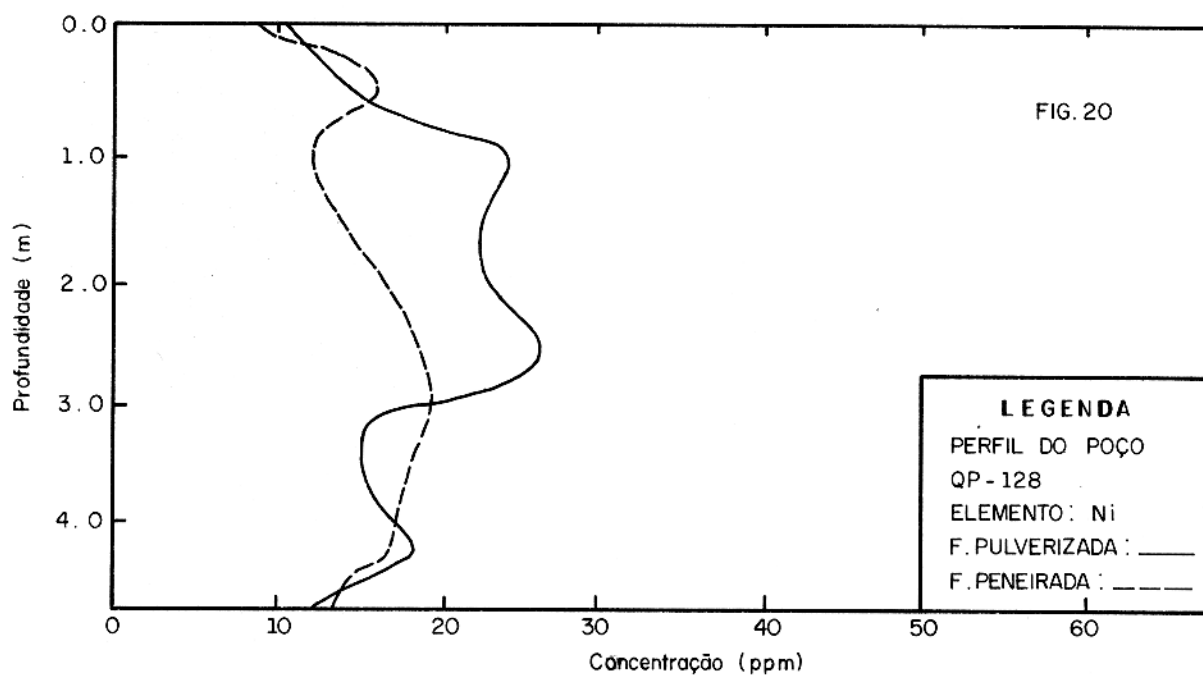
NIQUEL

O Ni se concentra bem na parte inferior magnesia dos perfis, isto é, próximo ao topo da "rocha-mãe" alterada. No perfil sobre o serpentinito os valores máximos de Ni são encontrados na fração fina, entretanto, sobre o talco-clorita ele se concentra um pouco mais para cima e na fração total (veja figs. 19 e 20).

Os fatores de enriquecimento são relativamente baixos, vão de 1.6 no serpentinito (5.0 metros) até 2.6 no talco-clorita (2.5 metros).



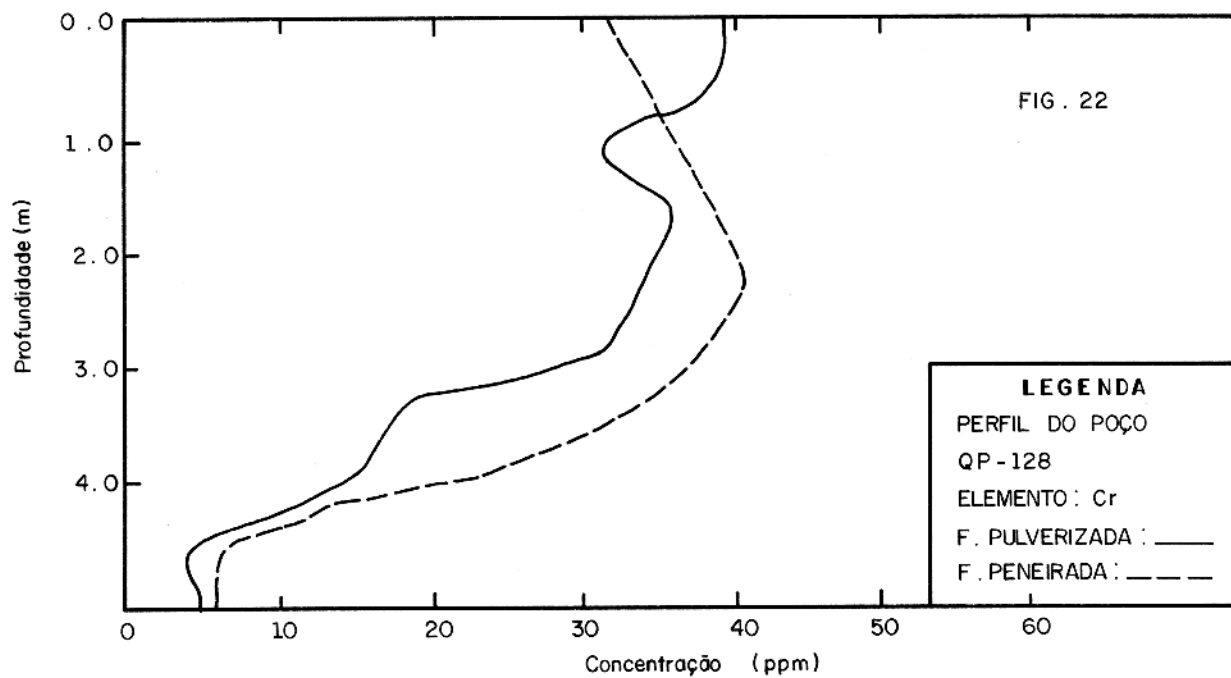
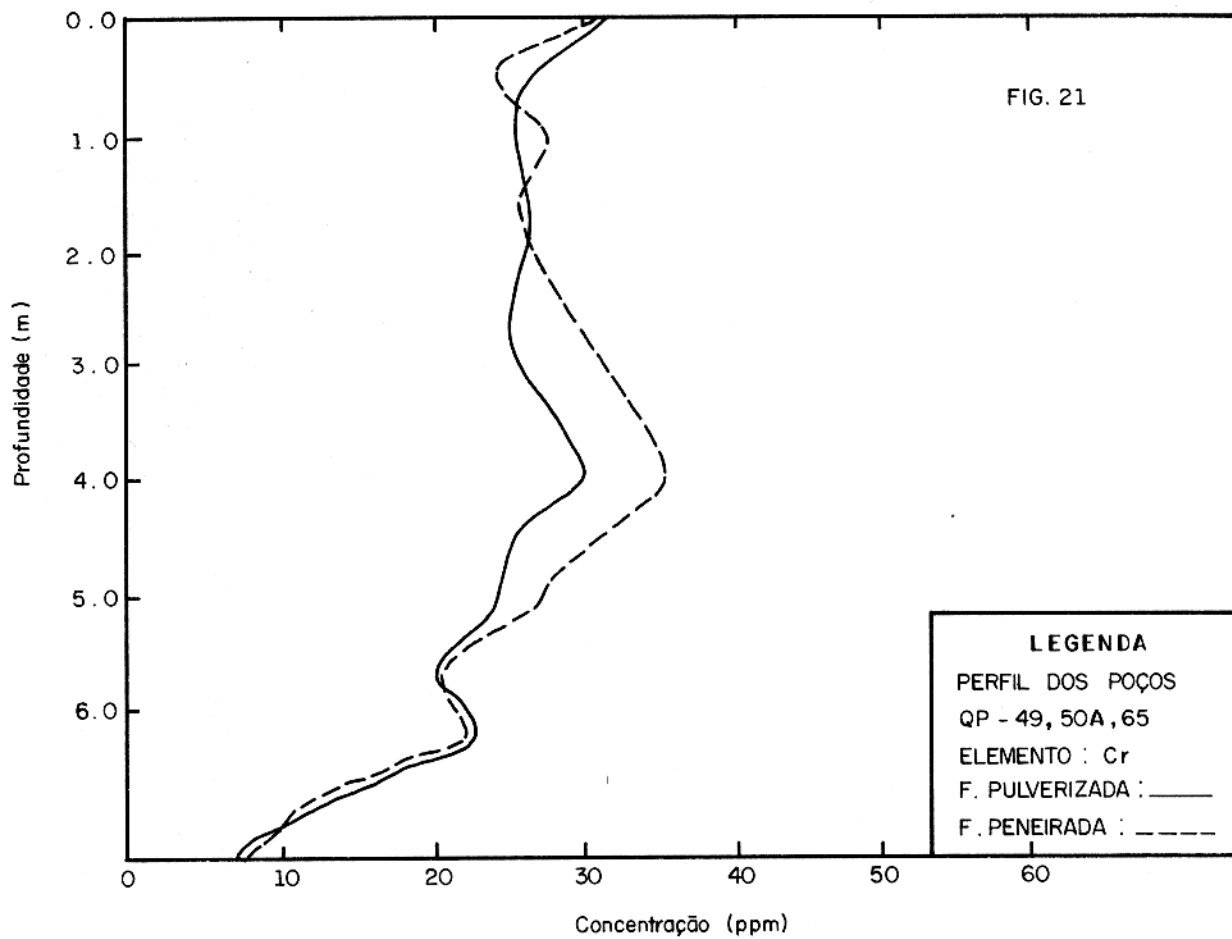




### CROMO

No caso do Cr, os perfis são iguais sobre as duas litologias, demonstrando um enriquecimento ascendente. Por isso o comportamento geoquímico é contrário ao do Ni. Enquanto o Ni é fracamente enriquecido na camada inferior, o Cr como elemento mais imóvel no meio laterítico, fica enriquecido nos horizontes superiores. A distribuição do Cr é semelhante a do Fe (veja figs. 21 e 22).

Os fatores de enriquecimento encontrados vão de 6.4 no serpentinito (superfície) até 9.9 no talco-clorita (0.5 metros).



#### 4. CONCLUSÕES

Com base no que foi estudado neste trabalho chegamos às seguintes conclusões:

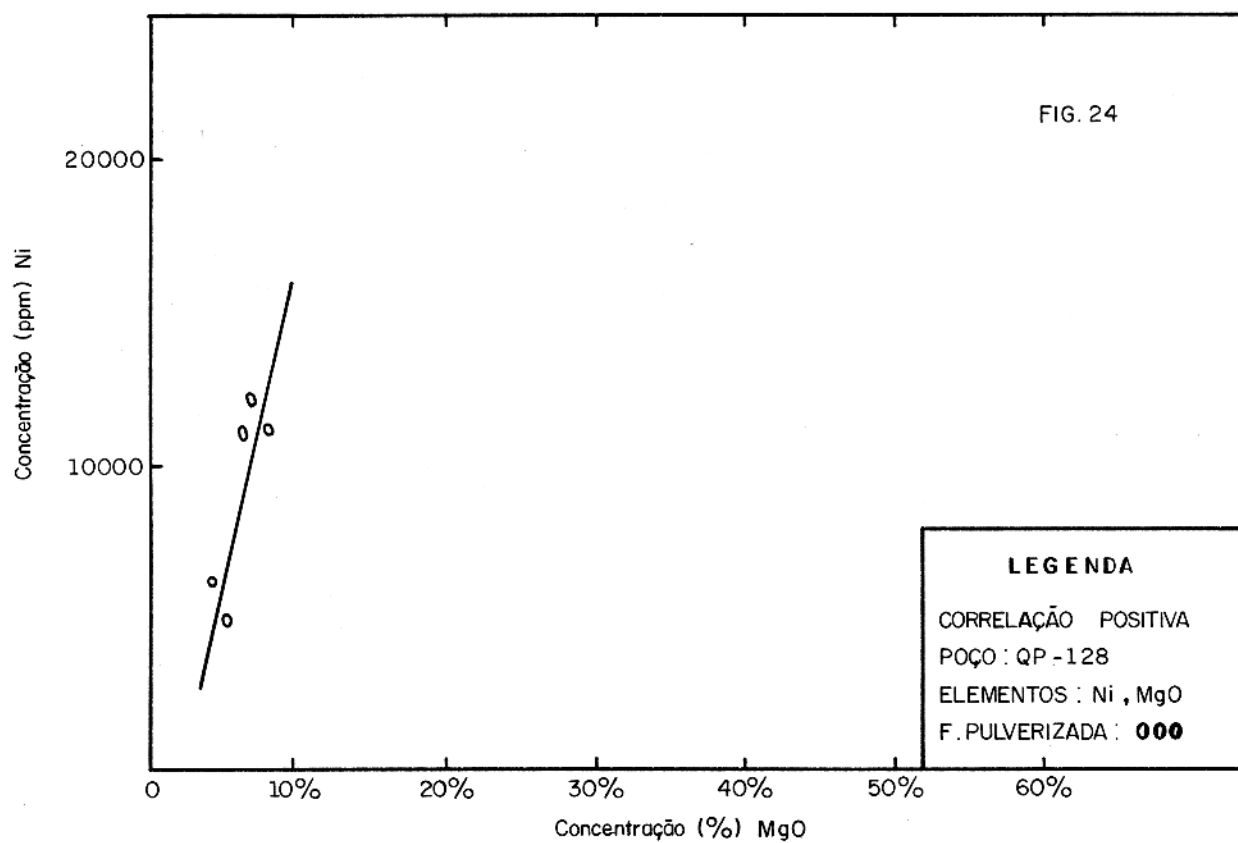
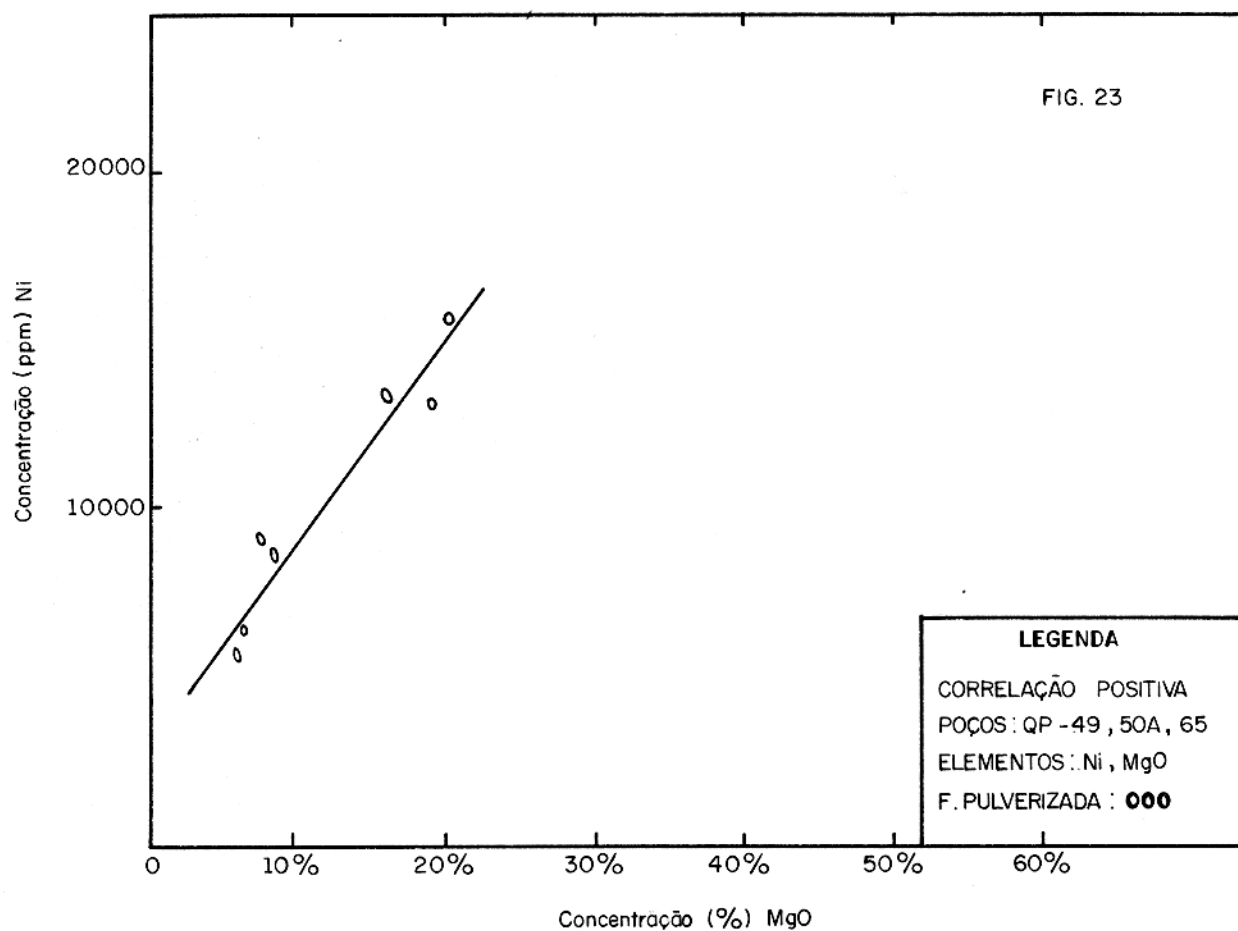
Não foi encontrado nenhum tipo de correlação positiva dos elementos principais Al e Si com os demais elementos estudados, no perfil inteiro.

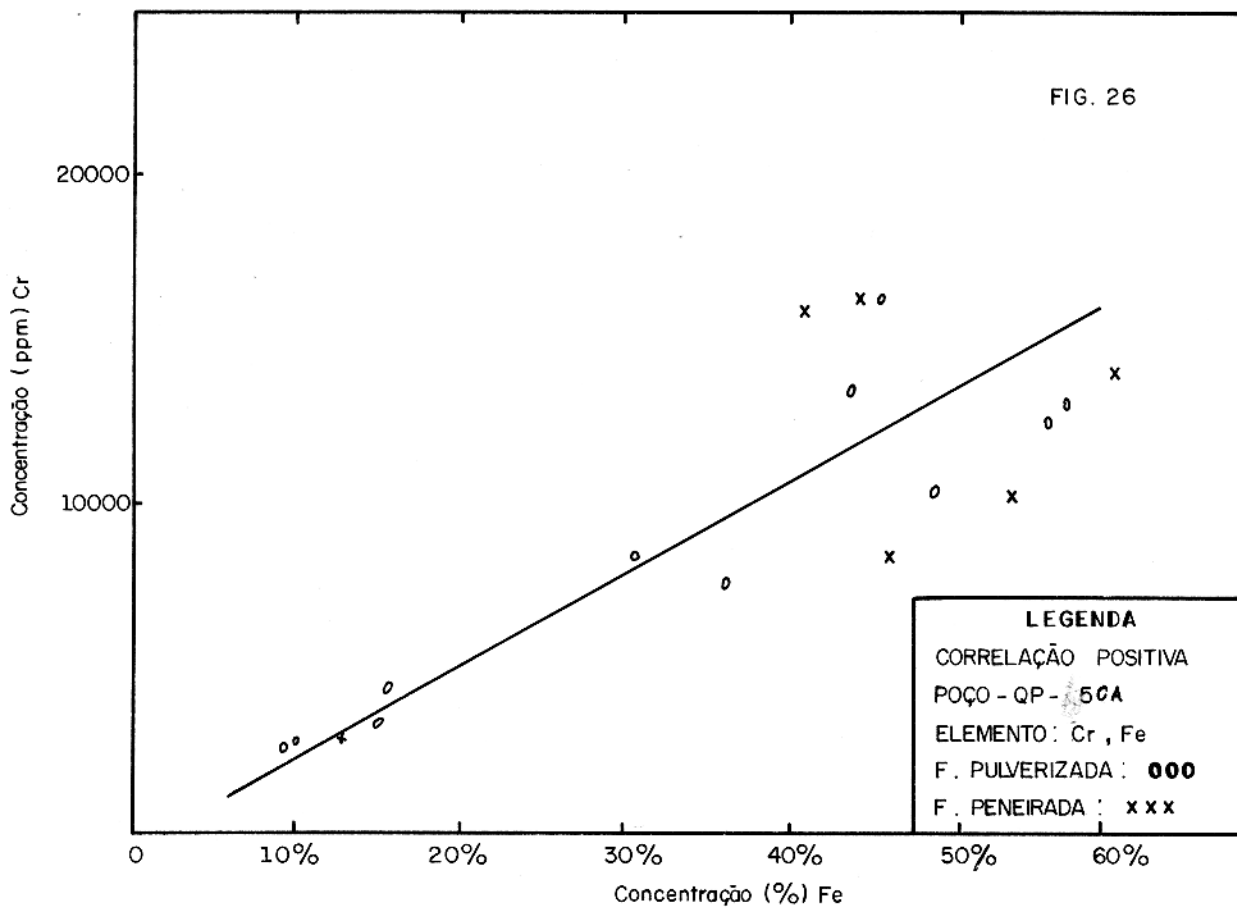
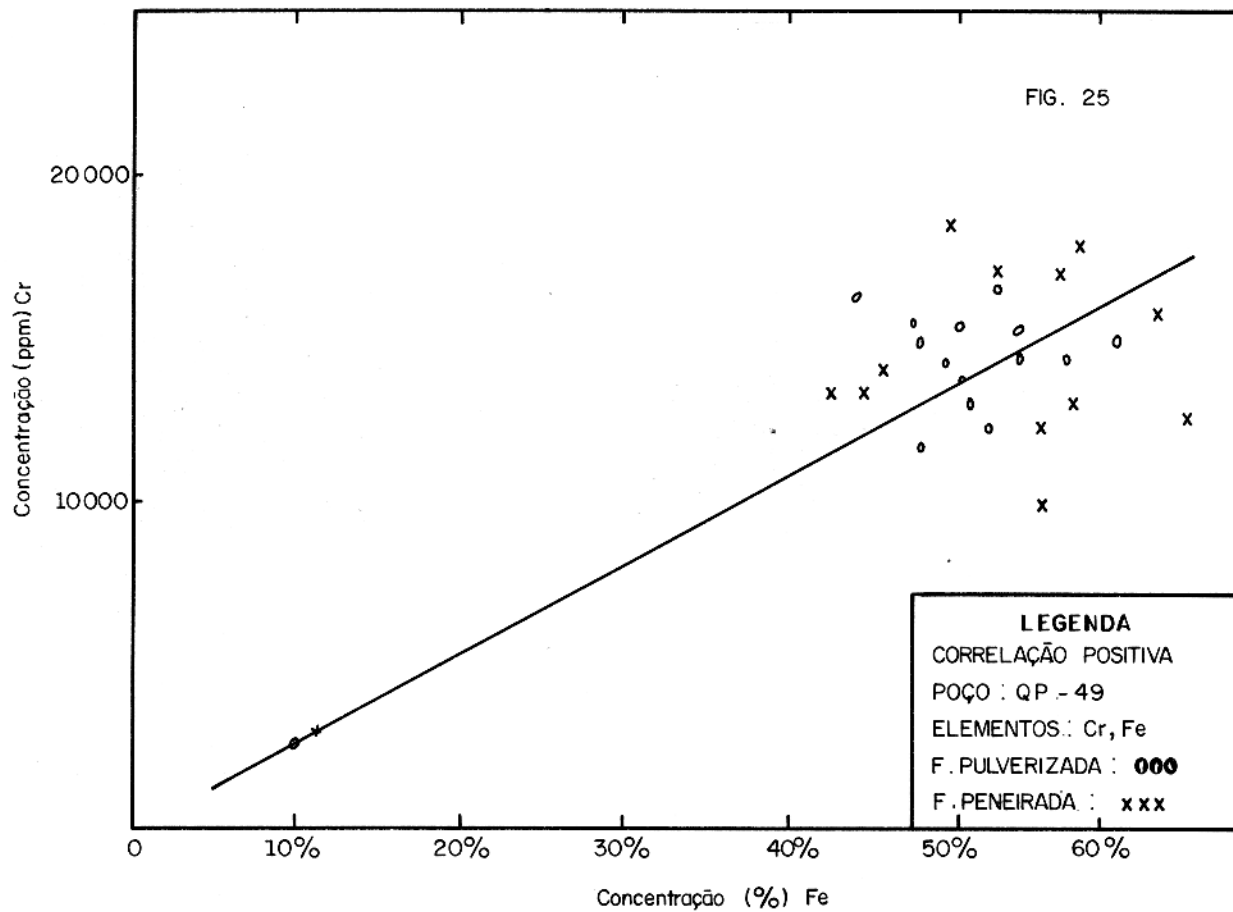
O MgO apresentou uma correlação positiva específica com o Ni, isto é, somente nas camadas garnieríticas. Esta associação provavelmente está relacionada com as lateritas do tipo "A" (lateritas mangesianas) dos perfis lateríticos de Quatipuru (veja figs. 23 e 24).

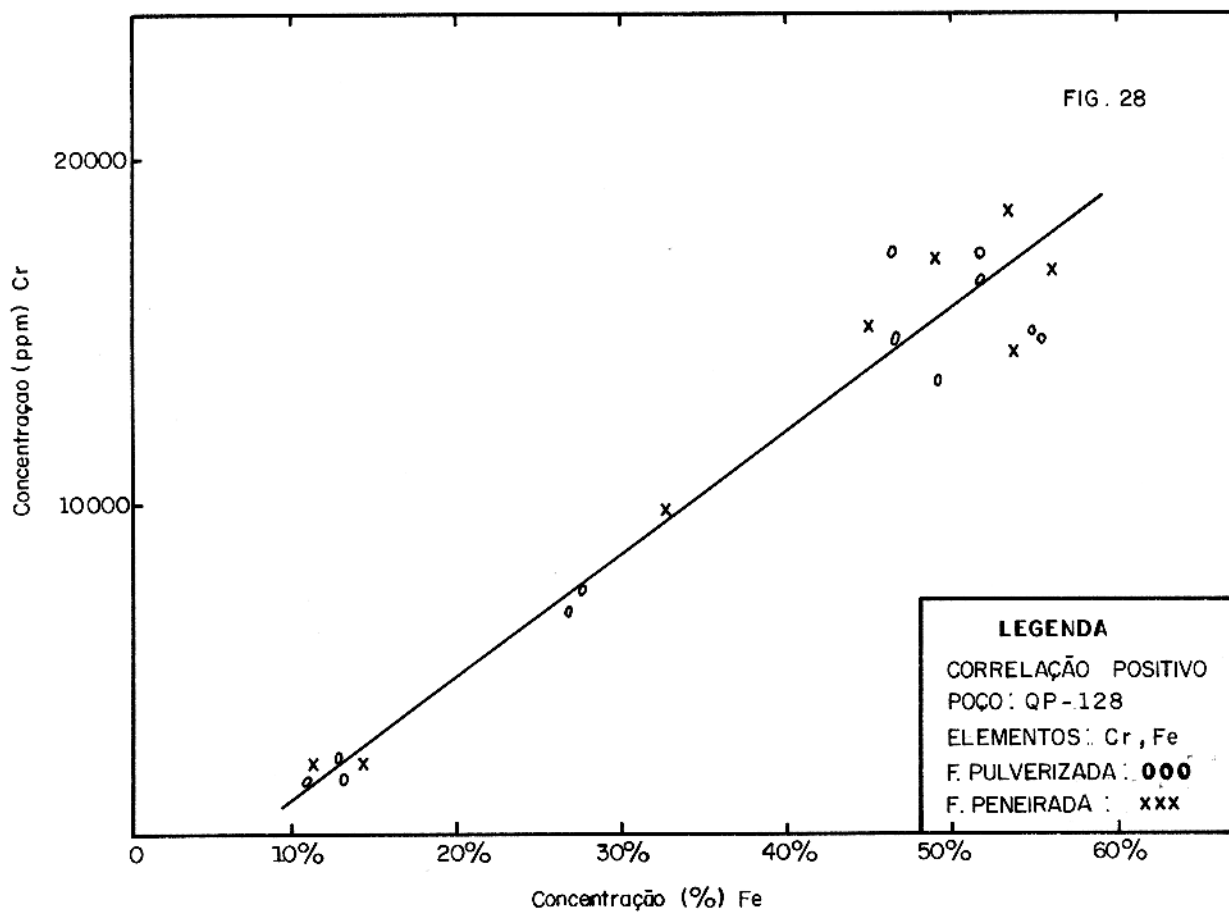
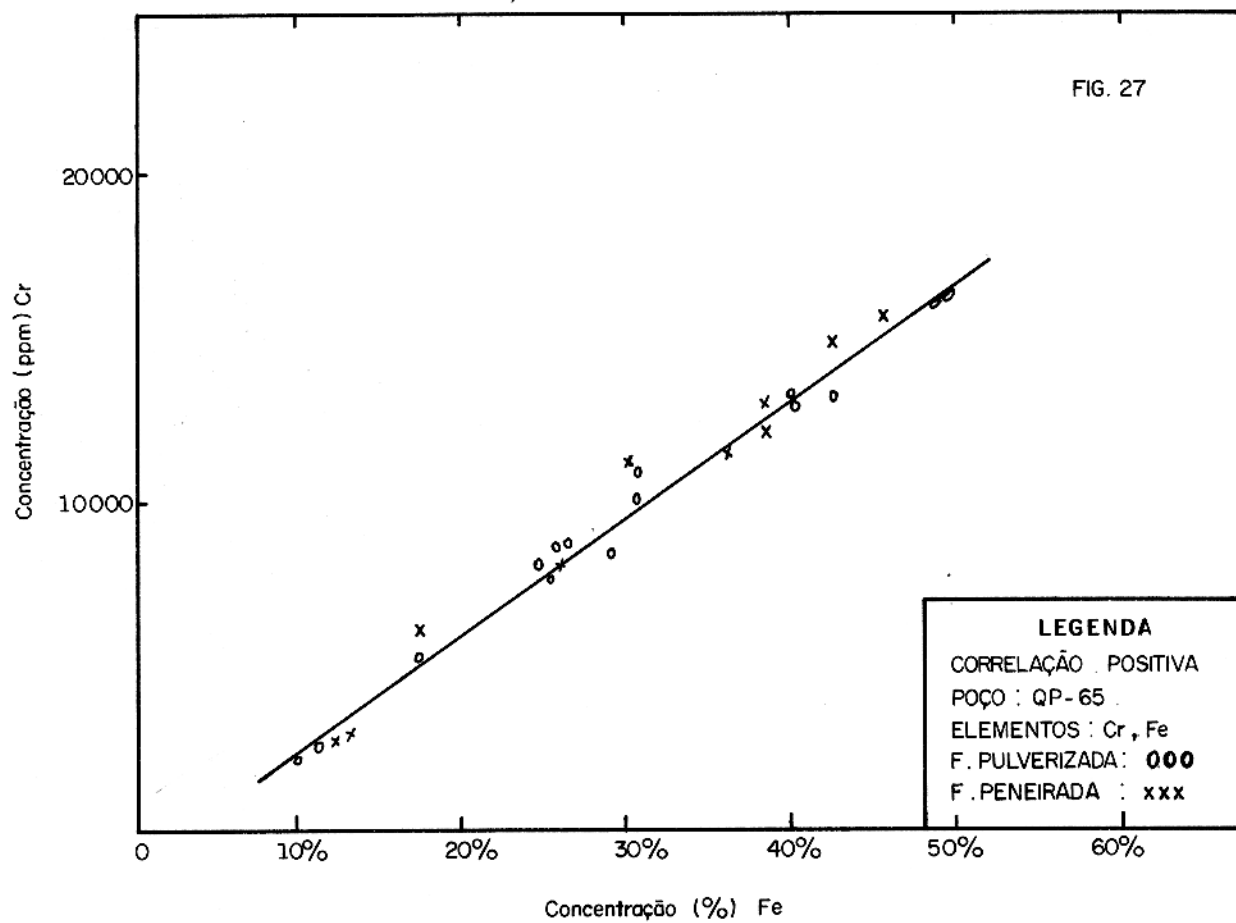
Um correlacionamento positivo entre elemento principal e elemento traço investigado neste trabalho, só ocorre no caso do Fe com Cr. Isto pode ser explicado pelos seus valores semelhantes de potenciais iônicos ( $I_p \text{Fe}^{+3} = 4.7$ ,  $I_p \text{Cr}^{+3} = 4.8$ ). A diferença nos potenciais iônicos é tão pequena que realmente se pode esperar a mesma mobilidade no meio, durante o processo de intemperismo laterítico (veja figs. 25, 26, 27 e 28).

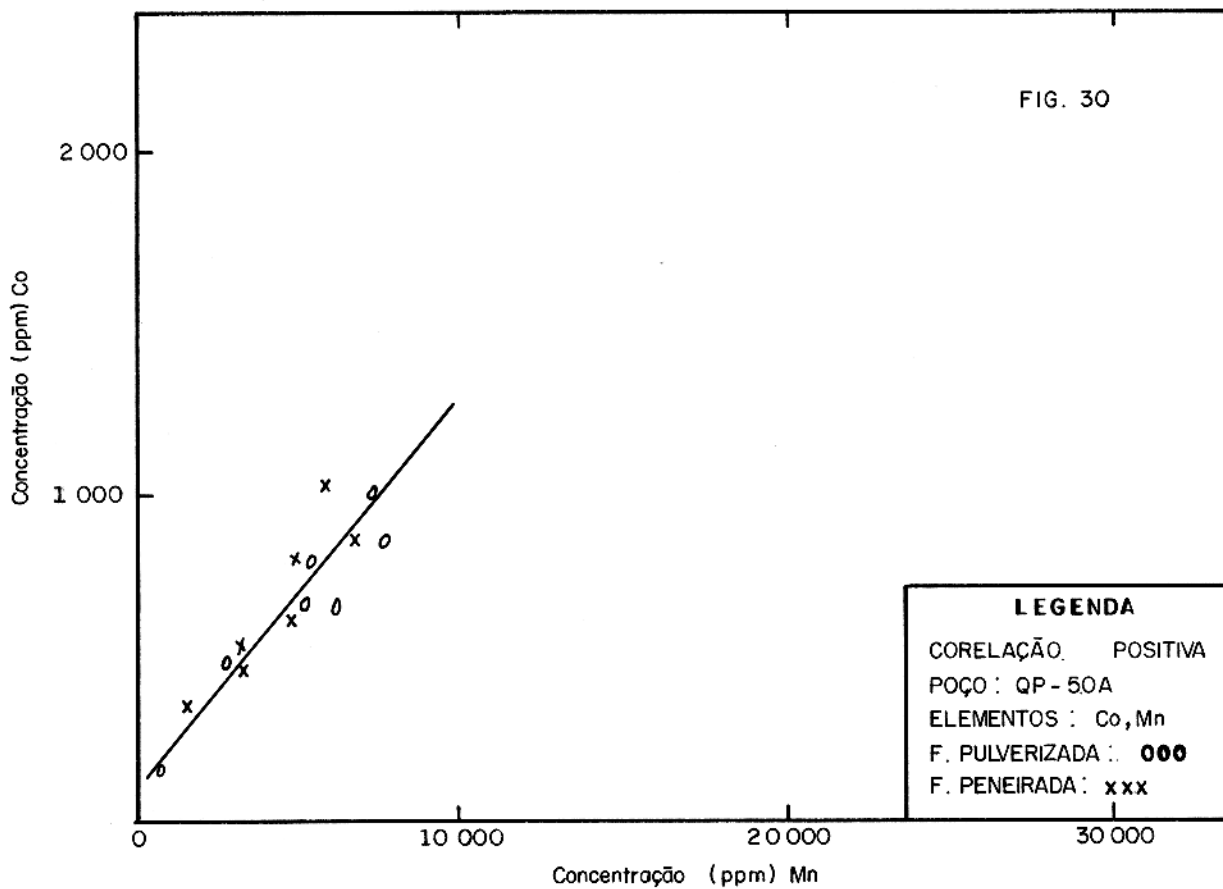
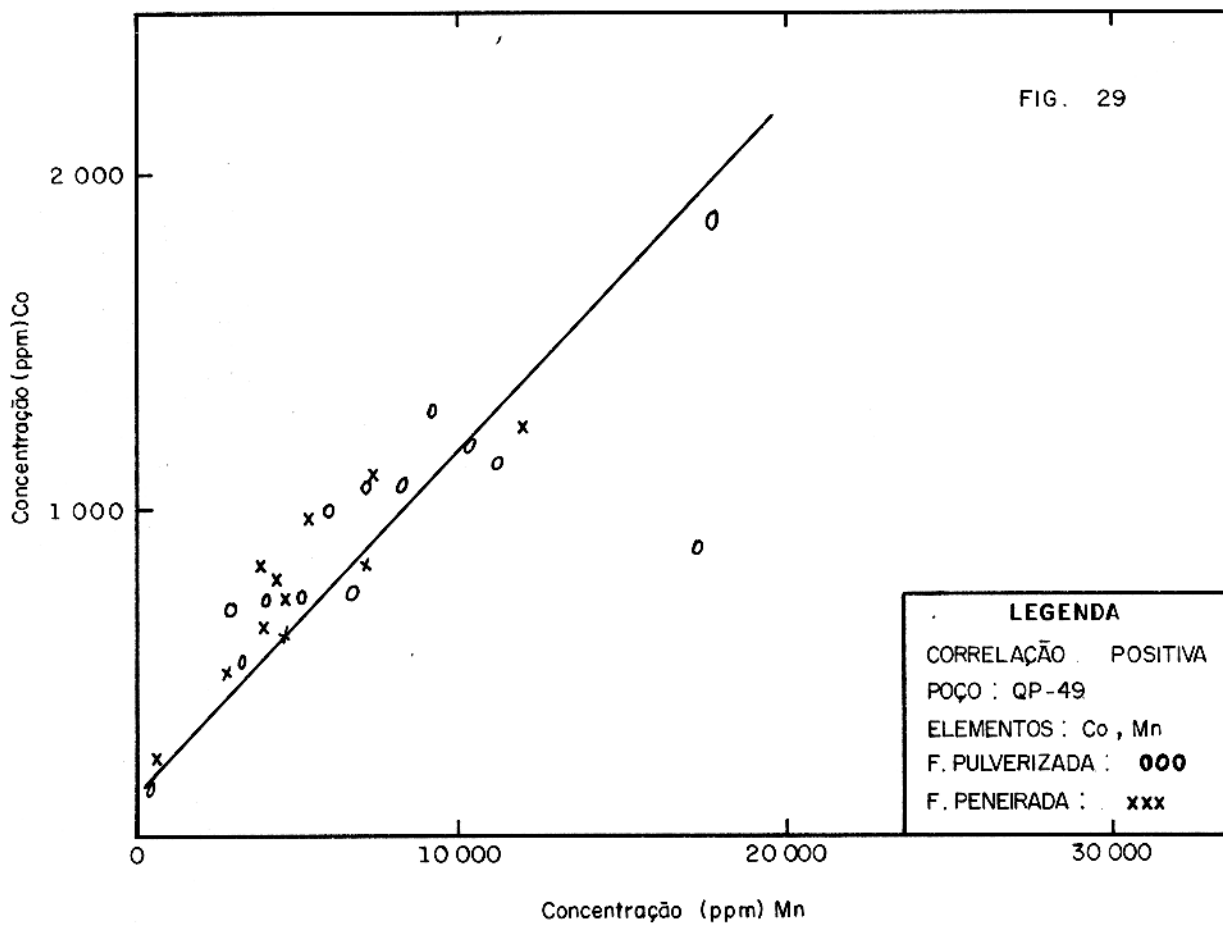
Também no caso dos elementos traços só foi encontrado um tipo de correlacionamento positivo, é o caso do Mn com o Co. O correlacionamento destes dois elementos é independente da "rocha-mãe" (veja figs. 29, 30, 31 e 32).

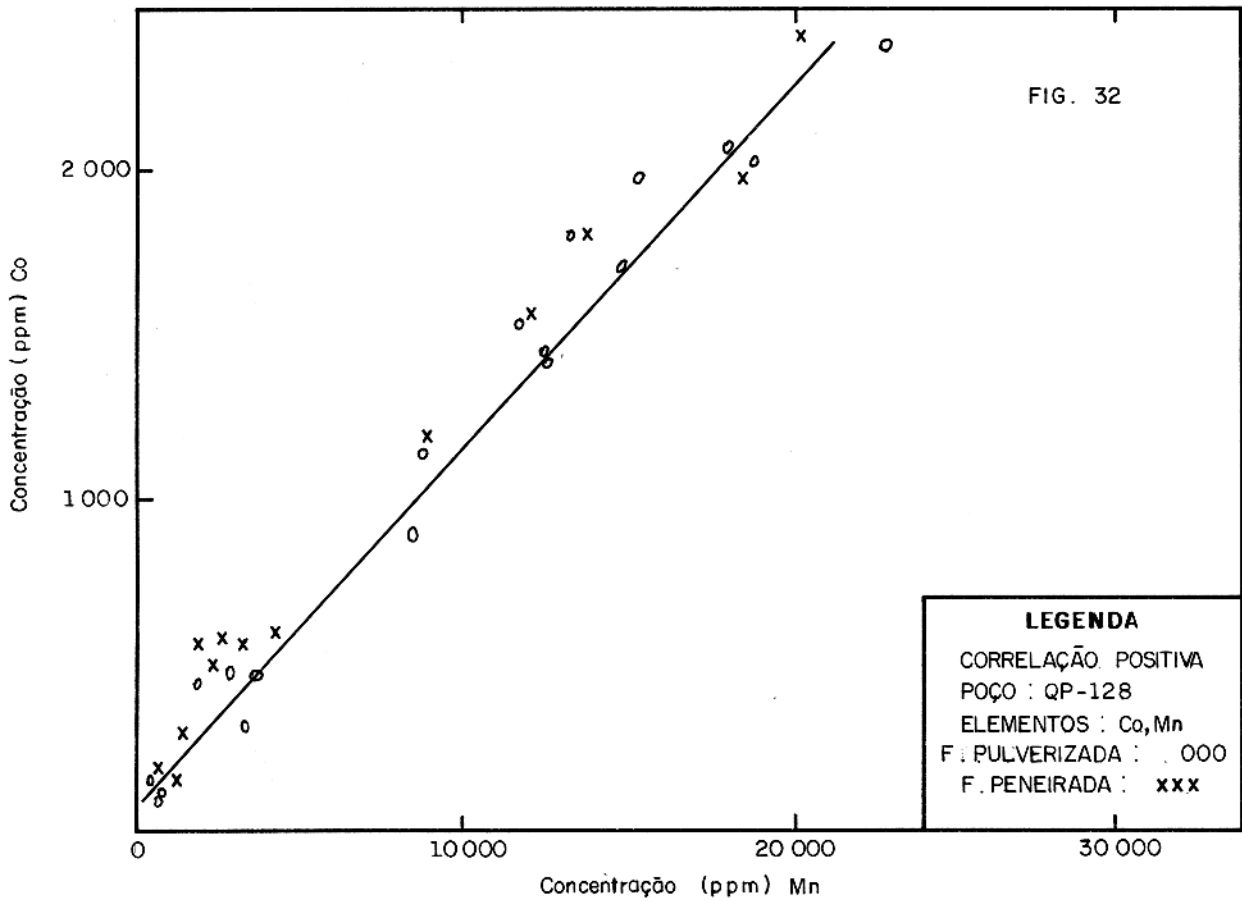
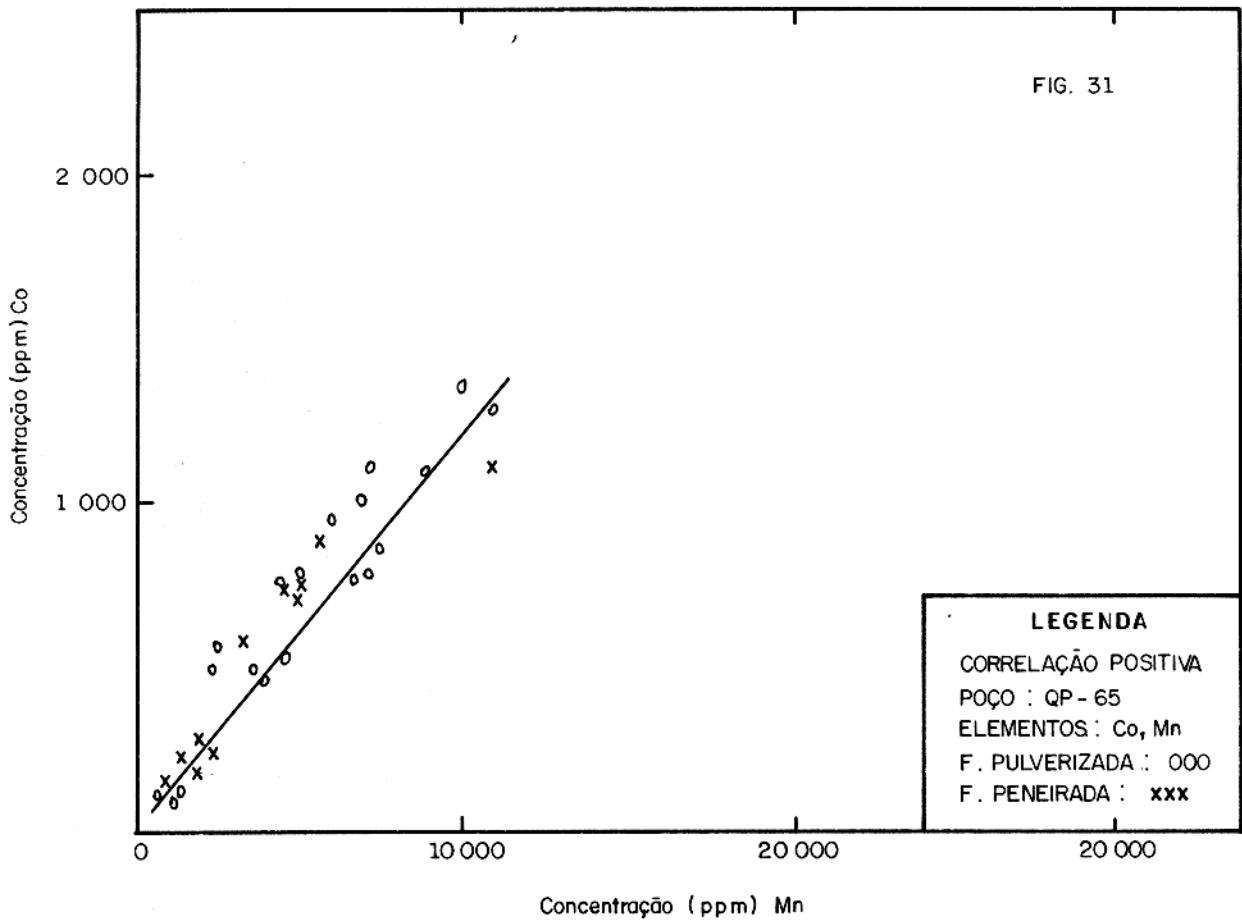
Com relação ao enriquecimento dos traços observou-se que: Ni, Cu e Zn têm uma concentração muito fraca, demonstrando assim, mobilidades relativamente altas durante o intemperismo laterítico. O Cr, Mn e Co são enriquecidos especialmente no perfil sobre o talco-clorita.





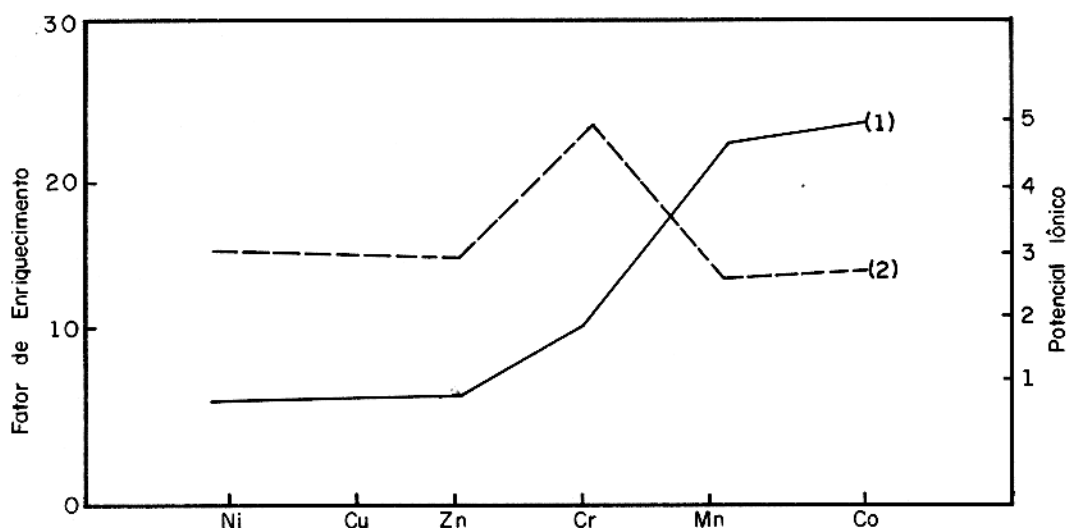








O diagrama abaixo, mostra que a imobilidade dos elementos traços estudados, evidentemente aumenta do Ni para o Co nas camadas lateríticas do Quatipuru (veja curva - 01). Este comportamento é diferente do esperado, pois na maioria das lateritas estudadas sobre rochas ultramáficas, e teoricamente com base nos potenciais iônicos, normalmente o Cr é considerado como o elemento mais imóvel durante o intemperismo laterítico (H.E. Zeissink pg. 132.152, 1969), (veja curva - 02).



Curva 01 - Fator de enriquecimento versus imobilidade

Curva 02 - Potencial iônico versus imobilidade

ELEMENTOS TRAÇOS	FATOR DE ENRIQUECIMENTO					
	Ni	Cu	Zn	Cr	Mn	Co
SERPENTINITO	1.6	2.2	4.8	6.4	12.4	11.1
TALCO - CLORITA	2.6	4.2	1.6	9.9	23.7	27.0
MÉDIA	2.1	3.2	3.2	8.2	18.1	19.1
POTENCIAL IÔNICO	2.9	2.8	2.7	4.8	2.5	2.8

Finalizando, podemos dizer, que o padrão de distribuição dos elementos traços, fica constante e só depende da "rocha-mãe", e que essas rochas podem ser indentificadas, assim como os horizontes superiores, conhecendo-se os fatores de enriquecimentos máximos dos traços, em uma prospecção geoquímica preliminar.

É interessante observar que o Ni, como elemento formador de depósitos niquelíferos lateríticos, é fracamente enriquecido em Quatipuru. Podendo-se assumir que estes perfis não foram bem amadurecidos.

## 5. APÊNDICE

### 5.1. CONSTRUÇÃO DA FUNÇÃO DE SEIDEL

A curva de Seidel, foi construída a partir do plot das intensidades dos filtros A (11,5%), B (100%) e C (48%), do aparelho versus a função da transparência de uma linha, em uma determinada região de comprimento de onda.

O procedimento detalhado foi o seguinte: escolheu-se uma região da chapa de comprimento de onda intermediário, entre os comprimentos de onda dos elementos a analisar. Neste trabalho a região escolhida foi  $\lambda = 3100\text{Å}$ . Depois de escolhida a região, procurou-se qualquer linha da chapa, cuja leitura no densitômetro deu entre 130 a 150 para o filtro B (100%), fazendo-se a leitura também para os filtros A (11.5%) e C (48%). Depois de feitas essas leituras, escolheu-se outra linha bem próxima da primeira, e na mesma queima, cuja leitura no filtro B (100%) deu semelhante à leitura da linha anterior no filtro A (11,5%), em seguida, leu-se essa última linha nos filtros A (11,5%) e C (48%).

Obtidos os dados construiu-se a função de Seidel (veja função de Seidel) no gráfico 01.

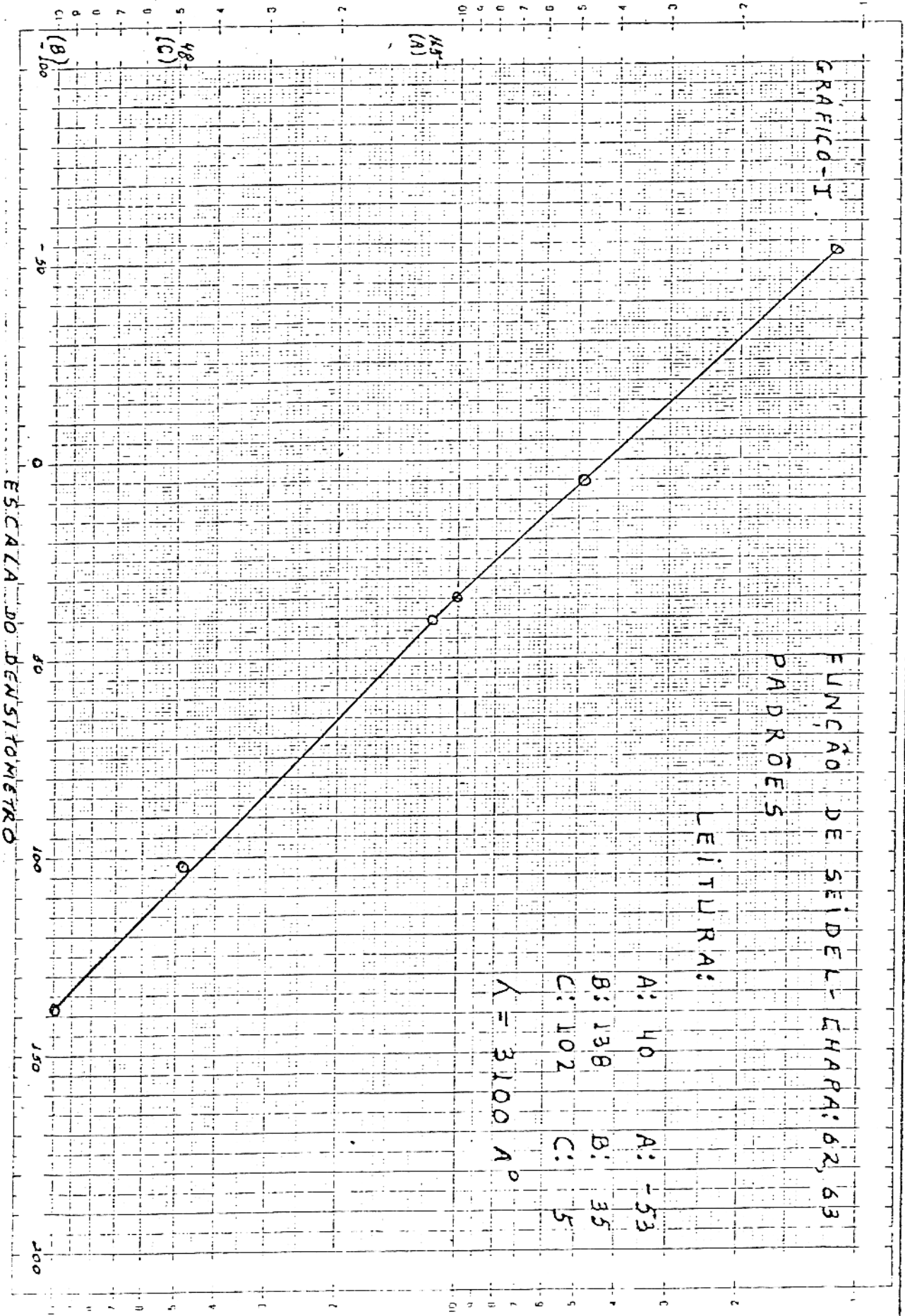
GRAFICO-I

FUNÇÃO DE SEIDEL-CHARPA: 62, 63  
 PADRÕES

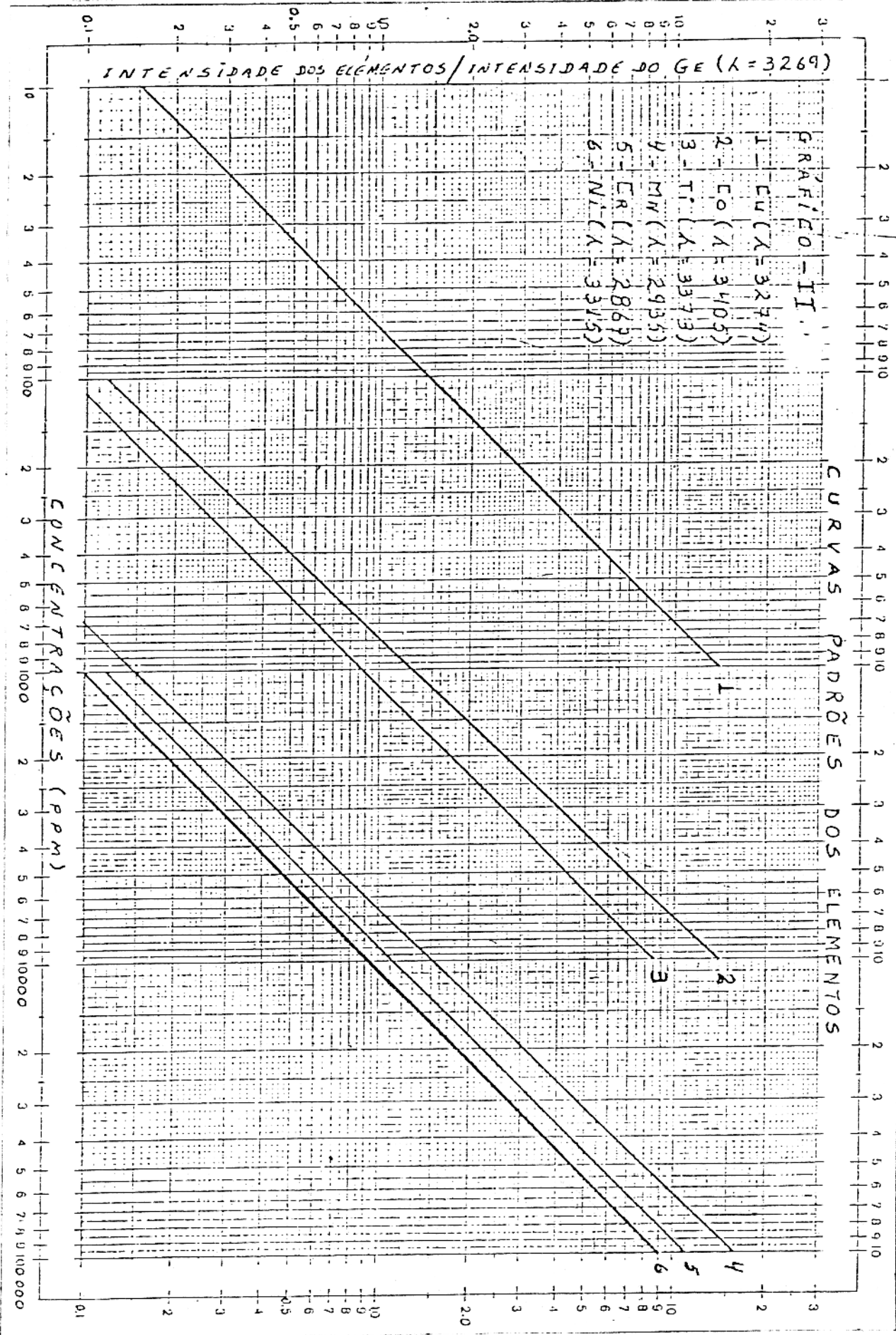
LEITURA:

A: 40      A: -53  
 B: 138    B: 35  
 C: 102    C: 5

$\lambda = 3100 \text{ \AA}^\circ$



ESCALA DO DENSITOMETRO



## 5.2. FÓRMULAS UTILIZADAS NO MÉTODO DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

Para calcular as concentrações de cada elemento nas amostras, foi utilizada a seguinte fórmula:

$$C_x = \frac{N^x}{N^p} \cdot C^p \cdot \frac{1 + a \cdot C^{xFe}}{1 + a \cdot C^{pFe}} \quad (1) \quad \text{onde,}$$

$C_x$  = Concentrações dos elementos na amostra em ppm

$N^x$  = Número de contos do elemento na amostra

$N^p$  = Número de contos do elemento no padrão

$C^p$  = Concentração do elemento no padrão

$a$  = Fator de influência do Fe nos elementos

$C^{xFe}$  = Concentração do Fe na amostra

$C^{pFe}$  = Concentração do Fe no padrão (47% ou 0.47)

As amostras utilizadas para calibração das curvas padrões foram Qp (6,0 e 5,0 metros), para as frações pulverizadas e peneiradas.

As concentrações dos elementos nos padrões, foram calculadas pela seguinte fórmula:

$$C^p = \frac{\Delta c}{\frac{N^{pm} - 1}{N^p}} \quad (2) \quad \text{onde,}$$

$C^p$  = Concentrações dos elementos nos padrões (matrizes QP - 50A 6,0 e 5,0 metros).

$\Delta c$  = Quantidades adicionadas na matriz de cada elemento (ppm)

$N^{pm}$  = Número de contos subtraídos do background das amostras padrões, misturadas para cada elemento (se a contagem for maior que 200.000, corrigir o tempo morto).

$N^P$  = Número de contos subtraídos do background das amostras padrões puras (matriz).

Utilizou-se a seguinte fórmula para calcular o fator de influência do Fe (a) em cada elemento:

$$a = \frac{m_1 - m_0}{C_{Fe1}^{m_0} - C_{Fe0}^{m_1}} \quad (3)$$

onde ,

a = Fator de influência do Fe em cada elemento

$m_1$  = Inclinação da curva no padrão de 5,0 metros

$m_0$  = Inclinação da curva no padrão de 6,0 metros

$C_{Fe1}$  = Concentração do Fe no padrão de 5,0 metros

$C_{Fe0}$  = Concentração do Fe no padrão de 6,0 metros

Para calcular as inclinações das curvas em 6,0 e 5,0 metros , utilizou-se a seguinte fórmula:

$$m(1/0) = \frac{C^P(1/0)}{N^P(1/0)} \quad (4)$$

Para os cálculos das concentrações do Fe nas amostras, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$C_{Fe}^X = \frac{N^X_{Fe}}{N^P_{Fe}} \cdot 0.47 \frac{1.5}{1.97 - \frac{N^X}{N^P}} \cdot 0.47 \quad (5)$$

onde,

$C_{Fe}^X$  = Concentrações do Fe nas amostras

$N_{Fe}^X$  = Número de contos do Fe na amostra

$N_{Fe}^P$  = Número de contos do Fe no padrão

0.47 = Concentração do Fe na amostra padrão de 5.0 metros somente para as frações peneiradas, para as pulverizadas é 0.307.

1.5 e 1.97 = São constantes calculadas do fator de influência do Fe (a).

O valor 47% (0.47), foi obtido através da análise prévia da amostra, por absorção atômica, e 30.7% (0.37), obtido a partir da fórmula (1).

Substituindo-se o  $C^P/N^P$  da fórmula (1), por (m) da fórmula (4), teremos a fórmula (6), que foi utilizada para calcular as concentrações dos elementos nas amostras, então teremos:

$$C_x = N^X \cdot m \cdot \frac{1 + a \cdot C_{Fe}^X}{1 + a \cdot C_{Fe}^P} \quad (6)$$

Para calcular o tempo morto das contagens acima de 200.000, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$N_c = \frac{N_m}{1 - \frac{N_m}{T} \cdot 2 \times 10^{-6}} \quad (7)$$

$N_c$  = Número de contos corrigidos nas amostras ou padrões

$N_m$  = Número de contos do elemento medido na amostra

$T$  = Tempo de contagem

$2 \times 10^{-6}$  = Tempo morto para contador de fluxo

$1.5 \times 10^{-6}$  = Tempo morto para o cintilômetro

Todos os resultados analíticos da fluorescência de raio-x, apre-



sentados neste trabalho, foram feitos utilizando estas fórmulas, e depois recalculados através de um "Programa de Computação".

QUADRO COM OS PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS NAS ANÁLISES DE  
FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

ELEMENTOS	FRAÇÕES ANALISADAS					
	PENEIRADAS ( <80 # )			PULVERIZADAS (Total)		
	a	m	C <sub>Fe%</sub>	a	m	C <sub>Fe%</sub>
Cu	5.28	0.162	47.0	5.28	0.162	30.7
Co	0.76	0.31	47.0	1.08	0.31	30.7
Ni	4.73	0.097	47.0	4.59	0.081	30.7
Mn	0.14	0.51	47.0	0.14	0.51	30.7
Cr	- 0.63	0.40	47.0	- 0.63	0.40	30.7
Zn	4.71	0.048	47.0	4.71	0.048	30.7
Ti	- 0.355	0.015	47.0	- 0.148	0.024	30.7

a = Fator de influência do Fe em cada elemento nas duas frações

m = Inclinação da curva para cada elemento nas duas frações do QP-50A (5,0 metros)

C<sub>Fe</sub> = Concentração do ferro nas duas frações do QP-50A (5,0 metros)

CONDIÇÕES DO INSTRUMENTO PARA LEITURAS DAS AMOSTRAS E PADRÕES

CONTROLES	ELEMENTOS									
	Cu	Zn	Co	Mn	Ni	Cr	Ti	Fe		
ORDEM	F-I	F-I	S-I	F-I	F-I	F-I	F-I	F-I		F-I
CRISTAL	Lif 1(220)	Lif 2(220)	Lif 1(220)	Lif 1(220)	Lif 2(200)	Lif 2(200)	Lif 2(200)	Lif 2(200)		Lif 2(200)
COLIMADOR	Fino	Fino	Fino	Fino	Fino	Fino	Fino	Fino		Fino
SPINNER	Girando	Girando	Girando	Girando	Girando	Girando	Girando	Girando		Girando
FILTRO	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem	Sem		Sem
VÁCUO	Ligado	Ligado	Ligado	Ligado	Ligado	Ligado	Ligado	Ligado		Ligado
FLUXO DO GÁS DE CONTAGEM	3 L/h	3 L/h	-	3 L/h	3 L/h	3 L/h	3 L/h	3 L/h		3 L/h
PRESSÃO DO AR	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg	0.5 mm Hg		0.5 mm Hg
ÂNGULO (2θ)	65.60	41.75	77.83	95.20	48.65	69.35	86.12	57.48		
BACKGROUND	65.0 66.5	41.0 42.5	77.2 78.5	94.8 96.2	47 -	68 71	85 -	-		-
VOLTAGEM	50 Kv	50 Kv	50 Kv	50 Kv	50 Kv	50 Kv	50 Kv	50 Kv		50 Kv
AMPERAGEM	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA	40 mA		5 mA-20%
NÍVEL INFER.	2	2	2	1.5	2	1.5	2.6	1.5		
JANELA	5	5	6	5	4.5	5	4	5		
TEMPO DE CONTAGEM	40 seg.	40 seg.	40 seg.	40 seg.	20 seg.	20 seg.	20 seg.	20 seg.		20 seg.
DISCRIMINADOR	6.6	6.6	3.0	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6		6.6

F-I = CONTADOR DE FLUXO DE PRIMEIRA ORDEM

S-I = CINTILÔMETRO DE PRIMEIRA ORDEM

6. BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, L.T; CADY, J.G. - 1962. Genesis and hardening of laterite in soils. 90 p. (USDA TECHN BULL. 1282).
- ANDRADE, MAURÍCIO RIBEIRO DE; e BOTELHO, LUIS CARLOS - 1974. Perfil analítico do Níquel. Rio de Janeiro, DNPM, p. 1 - 30.
- ANGINO, ERNEST E. and BILLINGS GALE K. - 1972. Atomic Absorption Spectrometry in Geology. Amsterdam Elsevier Publishing Company, Second Revised Edition p. 16-40.
- BABINGTON, B. 1821. Decomposition of Hornblende and Feldspath in laterite formation. Trans Geol.Soc., London, vol - 5. p. 328-329.
- BAUER, M. 1898. Beiträge zur Geologie der Seyschellen insbesondere zur Kenntnis des laterites. Neues Jahrb Miner., vol. 2 - p. 163-219.
- BENZA, P.M. 1836. Geology of the Nilgiris. Madras, lit. and Sci., vol. 4, p. 241.
- BETEJTIN, A. 1970. Curso de Mineralogia. Moscou Editorial mir. 2ª edição, p. 580-630.
- BLANFORD, W.T. 1859 - Laterite of Orissa. Mem. Geol. Survey India, vol. 1 , p. 290.
- BUCHANAN, F. 1807. A journey from Malabar through the countries of Mysore , Canara and Malabar, vol 2, p. 436-460
- BUIST, G. 1860 - Trans. Bombay Geogr. Soc., vol. 15 - p. 22
- CÂMARA, EDUARDO DA GAMA, e JUNIOR ARTUR LAKSCHEVITZ - 1973 - Características de uma laterite níquelífera, metalurgia - vol. 29 nº 191 - p. 633-638
- CORDEIRO, A.A.C. - 1976 - Relatório final de pesquisa da Serra do Quatipuru. vol. 2 - p. 1-31, 67-96
- CLARK, J. - 1838 - Origine of laterite. Madras J. Lit. and Sci, vol. 8 , p. 334-336
- DAMASCENO, EDUARDO CAMILHER - 1969 - Recursos Minerais do Brasil em Níquel, Cobalto e Platina, associados as Rochas Ultramáficas. p. 1-21

- DOLEZAL, J. POVONDRA, P. and SULCEK, S. 1968 - Decomposition Techniques in Inorganic Analysis, London, I life Book Ltda - p. 13-74
- DU BOIS, G.C. 1903 - Beitrag zur Kenntnis der Surinamischen Laterit und Schutz-rindenbildungen. Miner. Octrog. Mitt., vol. 22
- FARINA, MÁRIO - 1969 - Ultrabasitas Niquelíferos da Catingueira-Paraíba. Série Geologia Econômica nº 7 - p. 1-53
- GROSSI, J.H. E SOBRINHO, MÁRIO LESSA - 1974. Titânio e Níquel do Brasil. Instituto de Geociências U.F.R.G.S., - 1a. edição - p. 25-39
- HAWKES, H.E. and WEBB, J.S. 1962 - Geochemistry in Mineral Exploration. United States of America, Carey Cronies, Edition - p. 1-113
- HOLLAND, T.H. 1903 - On the constitution, origin and dehydation of laterite Geol. Mag., vol. 4 - nº 10
- HOTZ, PRESTON E. 1964 - Nickeliferous laterites in Southwestern Oregon and Northwestern California. Economic Geology. vol. 59 nº 3 - p. 356-396
- JOACHIM, A.W.R. - 1935 - Studies on Ceylon Soils. Trop. Agriculturist, Ceylon, nº 84
- Jr., JOSEPH R. BOLTT. 1970 - Processamento dos lateritos Niquelíferos. Minérios e Metais - p. 32-45
- KANDIAH, S. 1941 - The composition of some local laterites (cabooks) soils concretions and days. Trop. Agriculturist Ceylon, nº 96
- KELAART, E. F. - 1853 - Notes on the geology of Ceylon. Laterite formation. Ednb. New phil. J. vol. 54
- KING, W. and FOOTE, R.B. 1864 - Laterite at capperis Hill. Mem. Geol. Survey India - vol. 4
- KRAUSKOPF, KONRAD B. - 1972 - Introdução à Geoquímica. Editora Polígono -São Paulo - vol. I - p. 160-166 - vol. II - p. 194-199
- LEVINSON, A.A. - 1974. Introduction to Exploration Geochemistry - Canadá - p. 71-150
- LEONARDOS, OTHON HENRY - 1939 - Os depósitos niquelíferos de Goiás. Mineração e Metalurgia - vol. 4 nº 19 - p.37-44
- MAC. GEE, W.J. 1880 - Comparison of ferriferous deposit of the Upper Mississippi Basin the Indian Laterite. Geol. Mag. nº 5 - vol. 7

- MARTIN, F.J. and DOYNE, H.C. 1927 - Laterite and Laterite soils in Sierra Leone. J. agric. Sci. - vol. 17
- MASON, BRIAN H. 1971 - Princípios de Geoquímica. Editora Polígono - São Paulo - p. 186-204
- NEWBOLD, T.J. 1844 - Notes, Chiefly geological, a cross the peninsula from Masulipatam to goa... J. Asiatic Soc. Bengal - vol. 13 - 1846. Summary of the geology of southern India laterite. J. Roy. Asiatic. Soc. vol. 8
- NORTON, STEPHEN A. 1973 - Laterite and Bauxite Formation. Economic Geology. vol. 68 - p. 353-361
- PROKOP, FRIEDRICH W, 1975 - The future Economic significance of large lowgrade copper and NICKEL Deposits. Monograph Series on Mineral Deposits - nº 13. p. 1-3 e 12-13
- SANTIVANEZ, ALBERTO ORELLANA - 1972 - Níquel no Brasil. Mineração e Metalurgia. vol. 36 - nº 329 - p. 65-73
- SANTIVANEZ, ALBERTO ORELLANA - 1965 - As Serpentinhas Niquelíferas do "Morro do Níquel" em Pratápolis, Minas Gerais. Eng. Min. Met. vol. XIII - nº 248 p. 61-64
- SAVARAJASINGHAM, S., et al. 1962 - Laterite. In Advances in Agronomy. New York, London, Academic Press. vol. 14
- SLAVIN, WALTER, 1968 - Atomic Absorption Spectroscopy. New York Interscience Publishers - p. 1-76
- THEOBALD, W. 1873 - Geology of Peru. Mem. Geol. Survey India, vol. 10
- TRESCASES, J.J. 1973 - Weathering and Geochemical behaviour of the elements of ultramafic rocks in New Caledonia. Orstom. (Australia, Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics. Bulletin 141) p. 149-161
- VOYSEY, H. 1833. J. Asiatic Soc. Bengal, vol. 2
- WARTH, H. and WARTH, F. J. 1903 - The composition of Indian laterite. Geol. Mag., - vol. 4 nº 10
- WEEGE, RANDALL J. and BERES, WILLIAM J. - 1978 - The Exploration and Development of Nickel laterites. Mineral Sciences Division, UOP Inc. Forty UOP Plaza Des Plaines, Illinois - p. 1-22

- WELCHER, FRANK J. 1966 - Standard Methods of Chemical Analysis. New York. Van Nostrand Reinhold Company. Sixth Edition - vol. 3 - p. 105-184
- WILLARD, HOBART H. Jr.; LYNNE, L. MERRITT and DEAN JOHN A. 1965 - Instrumental. 4 th Edition - p. 198-238
- WINGATE, G. 1852 - The laterites of the southern Konkan and southern Mahratta country. Trans. Bombay Geogr. Soc., vol. 10
- WOODALL, R. and TRAVIS, G.A. Os depósitos de Níquel de Kambalda. Austrália Ocidental - p. 1-18
- WYNNE, A.B. 1972 - Laterite in Kutch. Mem. Geol. Survey. India - vol. 9
- ZEISSINK, H.E. 1969 - The mineralogy and geochemistry of nickeliferous laterite profile (Greenvale, Queensland, Australia). Min. Dep. 4 - p. 132-151
- ZIAUDDIN, M. and ROY, SANKARSAN. Geochemistry of Nickel in the weathering cycle, Sukinda area, Orissa, India - p. 194-198