



PHL
008786
2006

PROJETO MORRO DO ENGENHO

RELATÓRIO DE PESQUISA DE NÍQUEL
NA REGIÃO DO MORRO DO ENGENHO

SUREMI
SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO
tório n.º 380 - S
N.º de Volumes: 4 V: 1

EQUIPE TÉCNICA:

GEÓLOGO CHEFE DO PROJETO - NELSON CHABAN ✓
GEÓLOGO - JUAREZ FONTANA DOS SANTOS ✓
GEÓLOGO - ARMANDO TERUO TAKAHASHI ✓
ENGENHEIRO DE MINAS - JOSÉ ANDRADE DE OLIVEIRA ✓

GEÓLOGO CHEFE DE SONDAÇÃO - IDAIR ALVES BRANDÃO
GEÓLOGO - EDUARDO CAVALCANTI CAMPOS ✓

SUPERVISÃO E ORIENTAÇÃO

: DIRETORIA DE OPERAÇÕES

RESPONSÁVEL TÉCNICO

- FRANCISCO MOACYR DE VASCONCELOS

AGÊNCIA GOIÂNIA

AGENTE

- LUIZ ANTÔNIO GRAVATÁ GALVÃO

CHEFE DA D.R.M.

- CARLOS OITI BERBERT

ASSISTENTES DA D.R.M.

- JORGE ALBERTO TRIGUIS

- ANTÔNIO GOMES DE ARAÚJO

SETEMBRO DE 1972



Í N D I C E G E R A L

V O L U M E I

I - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
II - <u>HISTÓRICO</u>	2
III - <u>ASPECTOS GEOGRÁFICOS</u>	4
1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO.....	4
2. GEOMORFOLOGIA.....	5
3. CLIMA.....	6
4. HIDROGRAFIA.....	6
5. VEGETAÇÃO.....	7
6. ECONOMIA.....	7
IV - <u>GEOLOGIA GERAL</u>	8
V - <u>GEOLOGIA LOCAL</u>	9
1. ASPECTOS GERAIS.....	9
2. ROCHAS ENCAIXANTES - FORMAÇÃO FURNAS.....	10
3. MACIÇO ULTRABÁSICO.....	11
3.1. Núcleo - Rochas Duníticas.....	11
3.2. Zona Peridotito - Piroxenítica.....	12
3.3. Zona Gábrico - Alcalina.....	13
3.4. Zona do Sienito Nefelínico.....	14
3.5. Rochas Filoneanas.....	15

4. ROCHAS DE COBERTURA.....	16
4.1. Capeamento Silicificado.....	16
4.2. Lateritas.....	17
4.3. Aluviões.....	17
5. ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO.....	18
5.1. Comentários Acerca da Concentração de <u>Ní</u> quel em Depósitos Lateríticos.....	18
5.2. Mineralização na Área do Projeto Morro do Engenho.....	19
5.3. Hipóteses sobre a Concentração de Níquel na Área do Morro do Engenho.....	20
VI - <u>TRABALHOS DE PROSPECÇÃO</u>	22
1. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA.....	22
VII - <u>TRABALHOS DE PESQUISA</u>	23
1. TRABALHOS DE TOPOGRAFIA.....	23
2. POÇOS DE EXPLORAÇÃO.....	24
2.1. Poços sem Escoramento.....	25
2.2. Poços com Escoramento.....	25
3. CACHIMBOS.....	26
4. SONDAgens.....	27
5. AMOSTRAGEM.....	28
VIII - <u>CÁLCULO DE RESERVAS</u>	29
1. INTRODUÇÃO.....	29
2. MÉTODOS DE CUBAGEM - RESERVA MEDIDA.....	30
2.1. Cubagem por Blocos.....	31
2.2. Cubagem por Mapas de Isópacas.....	32



3.	TABULAÇÃO DAS RESERVAS.....	32
IX -	<u>ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO</u>	33
X -	<u>ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA</u>	33
1.	NÍQUEL - GENERALIDADES.....	33
1.1.	Caracterização e Utilização.....	33
1.2.	Produção Mundial de Níquel.....	38
1.3.	Consumo Mundial.....	39
1.4.	Reservas Mundiais.....	41
1.5.	Preços.....	41
1.6.	Perspectivas.....	42
2.	NÍQUEL NO BRASIL.....	43
3.	CONCLUSÕES.....	45
XI -	<u>BIBLIOGRAFIA</u>	47

V O L U M E II

A - TABELAS DE ANÁLISES DE POÇOS

B - TABELAS DE ANÁLISES DE TESTEMUNHOS DE SONDAJENS

C - TABELAS PARA CÁLCULO DE CUBAGEM - RESERVA MEDIDA

V O L U M E III

CERTIFICADOS DE ANÁLISES



V O L U M E IV

A N E X O S

- Nº 1 - Mapa topográfico esc. 1:10.000 (6 folhas).
- Nº 2 - Mapa de localização da área de pesquisa
- Nº 3 - Mapa de curvas de isoteores - geoquímica.
- Nº 4 - Mapa Geológico de superfície.
- Nº 5 - Mapa Geológico de sub-superfície.
- Nº 6 - Mapa de área mineralizada com a locação de poços, ca
chimbo e furos de sonda.
- Nº 7 - Mapa da área mineralizada com curvas de isópacas da co
bertura laterítica.
- Nº 8 - Mapa de cubagem.
- Nº 9 - Mapa de curvas isópacas.
- Nº10 - Seção A-A'
- Nº11 - Seção B-B'
- Nº12 - Seção C-C'
- Nº13 - Seção D-D'
- Nº14 - Seção E-E'
- Nº15 - Seção F-F'
- Nº16 - Seção G-G'
- Nº17 - Seção H-H'
- Nº18 - Seção I-I'
- Nº19 - Planta da Malha.



ESPECIAL COLABORAÇÃO

EQUIPES :

S E R P E

L A M I N

L A P E T

L A Q U I



A P R E S E N T A Ç Ã O

O presente RELATÓRIO DE PESQUISA DE NÍQUEL NA REGIÃO DO MORRO DO ENGENHO, no Estado de Goiás, foi elaborado pela equipe de técnicos executora do trabalho, composta pelo Chefe do Projeto, Geólogo Nelson Chaban e pelos geólogos Juarez Fontana dos Santos, Armando Teruo Takahashi e pelo Eng^o de Minas José Andrade de Oliveira, sob a orientação e supervisão do Eng^o de Minas e Civil Francisco Moacyr de Vasconcellos, responsável técnico pela CPRM.

Os resultados apresentados neste Relatório dizem respeito à pesquisa realizada em 6 das 9 áreas outorgadas à CPRM e que cobrem apenas parte dos jazimentos de níquel já centes no Morro do Engenho, motivo pelo qual os mesmos devem ser considerados como parciais, ficando para julho de 1973, quando se vencerá o prazo de pesquisas das 3 áreas restantes, a integração global dos resultados da pesquisa de níquel na região.



CPRM

1

I - INTRODUÇÃO

No final do ano de 1970 foi notada pela primeira vez, em fotografias aéreas, a estrutura geológica do Morro do Engenho. Desta observação resultou uma viagem de reconhecimento à área, levada a efeito pelos geólogos Berbert, Cuadros e Corrêa. As observações de campo revelaram tratar-se de um corpo de rochas duniticas serpentinizadas e alteradas, associadas a sienito fresco.

A associação destas rochas, reconhecida como importante do ponto de vista econômico, motivou então a recém criada CPRM a requerer pesquisa através do DNPM na área em questão.

Os pedidos de pesquisa englobam nove áreas contíguas de 1.000 hectares cada. As áreas 3, 4, 5, e 6 medem 1.000 x 10.000m, sendo o lado maior orientado no sentido N-S. As áreas 1 e 2 medem 1.250 x 8.000m, sendo também o lado maior orientado no sentido N-S.

Os Alvarás de Pesquisa das seis primeiras áreas, com data de 21.09.70, foram publicados no Diário Oficial da União no dia 23 de setembro de 1970.

No quadro abaixo, estão relacionadas as áreas, constantes deste relatório, com os respectivos Alvarás, data de publicação, número do processo no DNPM e o mineral para que foi pedida a pesquisa.

<u>ÁREA</u>	<u>ALVARÁ</u>	<u>DATA (D.O.U.)</u>	<u>DNPM</u>	<u>PEDIDO</u>
1	633	23.09.70	804.752/70	Nióbio
2	634	23.09.70	804.753/70	Nióbio



3	632	23.09.70	804.751/70	Nióbio
4	637	23.09.70	804.868/70	Fosfato
5	635	23.09.70	804.866/70	Fosfato
6	636	23.09.70	804.867/70	Fosfato

Os resultados das análises das amostras de geo química indicaram baixos valores para os minerais pedidos, mas valores apreciáveis para níquel (Anexo nº 3). Os trabalhos de pesquisa por poços e furos de sonda confirmaram os resultados iniciais, fato que motivou a CPRM a levar ao conhecimento do DNPM a existência de níquel nas áreas pesquisadas e solicitar averbação desta informação nos processos 804.868/70, 804.866/70 e 804.867/70.

A chefia do Projeto foi entregue ao geólogo Nel son Chaban que, nos meses de março e abril de 1971, promoveu a instalação do acampamento na área. No mês de abril passaram a fazer parte da equipe os geólogos Juarez Fontana dos Santos e Armando Teruo Takahashi. No mês de maio do mesmo ano o Eng^oheiro de Minas José Andrade de Oliveira foi também incorporado à equipe.

A orientação técnica da equipe esteve a cargo do geólogo Carlos Oiti Berbert, chefe da Divisão de Recursos Minerais da 10ª Agência e do Dr. Luiz Antônio Gravatá Galvão, chefe da 10ª Agência, sob a supervisão geral do Eng^o de Minas e Civil, Francisco Moacyr de Vasconcellos, responsável técnico pela CPRM.

II - HISTÓRICO

A estrutura geológica do Morro do Engenho foi notada pela primeira vez pelo Geol. L.E.C. Justo quando, ainda

no DNPM, trabalhava no lançamento de dados na folha ao milionésimo na parte SW do Estado de Goiás.

O reconhecimento aéreo e terrestre foi feito ainda no primeiro semestre do ano de 1970 pelos chefes da recém-criada CPRM e pelos geólogos L.E.C. Justo e J.A. Corrêa. Neste reconhecimento foi verificada a existência de um maciço de rochas ultramáficas associadas a rochas alcalinas.

Foram observados afloramentos de dunito muito alterado, silicificado e serpentizado, e de sienito fresco, bem como um extenso capeamento de laterita e canga limonítica.

Na ocasião foram coletadas amostras de superfície para análise geoquímica.

No primeiro trimestre de 1971 foram tomadas providências legais para a fixação da CPRM na área. Neste período foram feitos os acordos com os proprietários das áreas, que seriam homologados pelo Sr. Juiz de Direito da Comarca de Jussara. Em virtude da quase totalidade dos proprietários das terras na área do Projeto serem analfabetos, as assinaturas dos acordos tiveram que ser feitas em cartório e a rôgo.

A dificuldade de locomoção e entraves burocráticos em cartórios atrasaram o início dos trabalhos de campo em, pelo menos, 4 meses.

Os trabalhos de pesquisa propriamente dita tiveram seu início no mês de março de 1971, quando o geólogo N. Chaban, acompanhado pelo técnico de mineração J.A. Silva, fez um reconhecimento preliminar e traçou o esboço geológico da área do Projeto.

No mês de abril do mesmo ano, teve início a perfuração de poços. Na fase inicial, houve carência de mão de obra não especializada. Os trabalhos de lavoura, aliados à desconfiança inerente ao matuto, foram entraves sérios à contratação dos primeiros braçais.

A evolução do acampamento foi paulatina e fez-se acompanhando as necessidades do serviço.

Atualmente, o acampamento conta com sete construções de madeira, todas com cobertura de telhas e piso cimentado: dois alojamentos para os operários braçais e pessoal de sondagem (estes alojamentos dividem parte de sua área com um almoxarifado geral e um almoxarifado de material de sondagem). Uma casa dos técnicos e escritório, dois conjuntos de sanitários e um de chuveiros, finalmente uma cozinha.

A água para o abastecimento do acampamento é bombeada de um córrego e armazenada em duas caixas d'água com capacidade de 2.000 litros. Toda a rede de distribuição é feita com tubos de PVC.

As amostras são abrigadas em dois barracões cobertos de lona encerada.

III - ASPECTOS GEOGRÁFICOS

1. LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

A área do Projeto Morro do Engenho situa-se no município de Montes Claros de Goiás, distrito de Registro do Araguaia, no sudoeste do Estado de Goiás. Dista 382km da capital do Estado de Goiás e abrange uma área de 9.000ha.

O acesso à referida área é feito inicialmente por rodovia asfaltada (GO-4) até a cidade de Goiás (132km). Segue-se pela BR-070, estrada macadamizada, percorrendo-se o seguinte trajeto: Jussara (212km), Aparecida de Montes Claros (300km) e rio das Almas (340km). A partir do rio das Almas segue-se por uma estrada de 3ª classe, nivelada por patrola, até o acampamento do Projeto (382km).



Na área do Projeto foram abertos 17km de estradas com o auxílio de um trator de esteiras Caterpillar D-5. Essas vias de circulação foram, posteriormente patroladas.

Foi aberta uma pista de pouso com 1.100m de comprimento e 50m de largura, que permite o pouso de aviões bimoteres de pequeno porte.

O acesso às frentes de trabalho é feito por estradas carroçáveis abertas por desmatamento manual.

Em decorrência do intenso programa de sondagem é grande o número de vias de circulação, sendo que, atualmente, nenhum ponto da área pesquisada situa-se a mais de 400m de uma estrada carroçável.

A área do Morro do Engenho deverá distar 42km de uma rodovia pavimentada de 1ª classe, quando fôr concluído o asfaltamento da BR-070, obra que faz parte do plano prioritário do Govêrno Federal.

2. GEOMORFOLOGIA

A área do Projeto situa-se dentro da Bacia do Rio Araguaia, num extenso peneplano. Regionalmente não existem acidentes topográficos de grande monta, de modo que as maiores altitudes não ultrapassem a cota de 160m acima do nível base regional ditado pelo rio Araguaia. O relevo da região é caracterizado por pequenas elevações formadas em sua maior parte por morros de granito, escarpas de arenito ou, no caso particular da área do Projeto, por ultramáficas com cobertura de material silicificado.

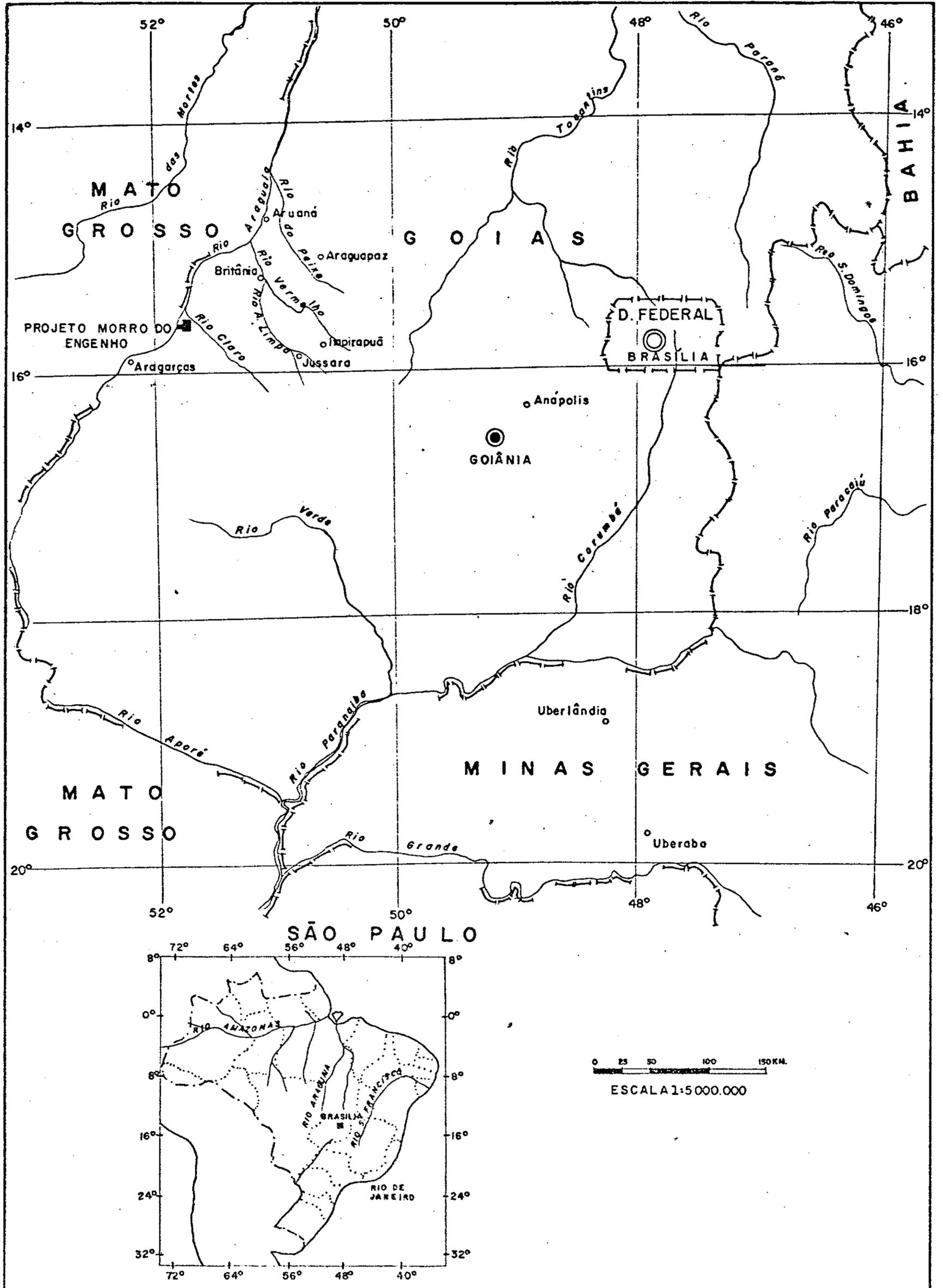
Regionalmente, a topografia sofre uma leve inclinação no sentido do rio Araguaia.

O peneplano enquadra-se dentro do que KING



CPRM

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DO PROJETO



(1956) classifica como superfície "Velhas", de idade Terciário Superior.

O Ciclo Velhas aplainou a região, deixando como testemunhos da etapa inicial do ciclo as "Serras" de "Água branca", "Lambari" e "Morro do Engenho". No caso do Morro do Engenho, a cobertura de blocos silicificados e de calcedônia agiu como elemento sustentador da topografia.

3. CLIMA

Segundo KÖPPEN o clima regional é do tipo AW, caracterizado por duas estações: uma úmida (inverno) que vai de novembro a março, com chuvas torrenciais, correspondendo à primavera e verão, e outra sêca (verão) que vai de abril a outubro e corresponde ao outono e inverno.

No período de outubro de 1970 a setembro de 1971 a precipitação pluviométrica média mensal foi de 93,8mm (in Relatório Projeto Jussara).

A temperatura média anual é da ordem de 22°C, havendo pequena variação, com média de 19°C para o "inverno" e 24°C para o "verão".

4. HIDROGRAFIA

O sistema hidrográfico da região é comandado pelo rio Araguaia, e secundariamente, pelo rio Claro.

Estes cursos d'água e principalmente o Araguaia, mostram grandes áreas de inundação que atingem até quatro quilômetros, perpendicularmente ao curso dos rios. O seu padrão é meândrico, originando inúmeros braços abandonados, denominados

localmente de "lagos".

5. VEGETAÇÃO

Em função da drenagem e intimamente ligado a ela, pode-se separar tres tipos muito notáveis de vegetação.

Em primeiro lugar e ocupando a maior área, têm-se os "cerrados" tipificados pela existência de pequenas árvores e arbustos retorcidos, queimados anualmente e exibindo aquele aspecto sofrido tão bem descrito por Euclides da Cunha em "Os Sertões". Este tipo de vegetação ocupa 90% da área do Projeto.

Seguem-se as matas tropicais que ocupam as margens dos grandes rios, onde são comuns a aroeira e o cedro, bem como o jatobá, o óleo vermelho e o brejeiro. Na área do Projeto, este tipo de vegetação cobre a região de ocorrência do sinito.

Finalmente, têm-se as matas galerias (ciliares) que acompanham os córregos, caracterizadas pela abundância da palmeira buriti. São matas de poucos metros de largura.

6. ECONOMIA

Sob o ponto de vista sócio-econômico, a região do Projeto Morro do Engenho situa-se dentro do que a Secretaria da Indústria e Comércio do Estado de Goiás caracteriza como "micro região do rio Vermelho".

Nesta região desenvolve-se essencialmente a pecuária e desta dependem as demais atividades econômicas. O gado é criado de uma forma muito primitiva, não recebendo qualquer



espécie de tratamento.

O arroz aparece como segundo produto regional, sendo sua cultura rudimentar e presa às margens dos rios. O milho e o feijão são produtos de menor importância. A plantação da banana é esporádica e destina-se unicamente ao consumo pelos proprietários.

IV - GEOLOGIA GERAL

As unidades estratigráficas presentes na região foram definidas pela primeira vez por BARBOSA et alii (1969) no Projeto Brasília (in Relatório Projeto Jussara), quando foi definida a Coluna Estratigráfica anexa.

Regionalmente, as rochas do Complexo Basal, de idade pré-Cambriana, são recobertas a oeste pelos metamorfitos do Grupo Araxá.

Nas proximidades da área do Projeto, as rochas do Complexo Basal são representadas por biotita-gnaisses aflorantes à margem esquerda do rio Araguaia, no local denominado Cachoeira Grande. A leste, as rochas do Complexo Basal são recobertas por arenitos da Formação Furnas.

Na área do Projeto, a maior parte do recobrimento é feito pelas rochas da Formação Furnas, constituídas essencialmente por arenitos esbranquiçados, médios a grosseiros, quartzosos, mal classificados, com grãos arredondados, apresentando frequentemente estratificação cruzada. Secundariamente ocorrem folhelhos sílticos de cores variegadas, que podem gradar a siltitos arenosos de cores amareladas.

Introduzidas nas rochas destas unidades estão as rochas ultramáficas do Grupo Iporá de idade Cretácia.

Sobre a Serra de Água Branca e Morro do Engenho

COLUNA ESTRATIGRÁFICA		
PERÍODOS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	LITOLOGIA
QUATERNÁRIO		ALUVIÕES
QUATERNÁRIO/ TERCIÁRIO	COBERTURA DETRITO LATERÍTICA E/OU COBERTURA ARENO-ARGILO-LATERÍTICA	AREIAS, SILTE E ARGILA, LATERITOS DE ORIGEM FLUVIAL E COLUVIAL
	SILEXITO DA SERRA ÁGUA BRANCA	CALCEDÔNIA
CRETÁCEO	GRUPO IPORÁ	Intrusivas Alcalinas
DEVONIANO	GRUPO PARANÁ	Formação Furnas
PRÉ-CAMBRIANO	GRUPO ARAXÁ	Unidade B
		Unidade A
		COMPLEXO BASAL

existe uma cobertura parcial de material silicificado (silexito-calcedônia).

As coberturas lateríticas têm caráter regional e recobrem todas as unidades.

Sedimentos aluvionares formam as planícies da inundação dos rios Claro e Araguaia.

V - GEOLOGIA LOCAL

1. ASPECTOS GERAIS

O maciço ultrabásico apresenta-se sob a forma de duas elevações alongadas na direção norte. A maior elevação situa-se mais para oeste e possui 1.400m de extensão por 400m de largura média, com um desnível máximo de 120m. A outra elevação é de menor porte, com dimensões de 400 por 400m e com um desnível máximo de 90m (ver mapa topográfico anexo nº 1). Estas elevações apresentam uma cobertura de material silicificado que sustenta a topografia.

As partes baixas apresentam uma cobertura de solo laterítico e em algumas partes de canga.

A nordeste ocorre um corpo de sienito nefelínico que se prolonga na outra margem do rio Claro, em grande parte exposto em afloramentos, constituindo pequenas elevações.

O contato oeste e sul do maciço é proporcionado pela ocorrência de rochas da Formação Furnas, que nas áreas 2 e 3 também apresentam pequenas elevações.

A norte e nordeste, os sedimentos aluvionares do rio Claro recobrem parcialmente as rochas da Formação Furnas, rochas ultramáficas e o sienito nefelínico.

2. ROCHAS ENCAIXANTES - FORMAÇÃO FURNAS

A Formação Furnas, de origem sedimentar, constituínte da coluna da Bacia do Paraná, tem sua idade relacionada ao Devoniano.

Esta Formação aflora em toda a região próxima. Na área de pesquisa, propriamente dita, ocorre nas áreas 1, 2 e 3, ocupando totalmente a sua superfície; na área 4, limitando o maciço ultrabásico para oeste e, nas áreas 5, 6 e 7, limitando o mesmo a norte e sul (ver mapa geológico. Anexo nº 5).

A Formação Furnas apresenta regionalmente uma cobertura de solo laterítico, que nas áreas 3, 4 e 5 se acentua pela presença de um solo de até 6m de espessura, e em alguns casos pela existência de um "chapéu de ferro", denominado regionalmente de canga, que pode ter até 3m de espessura. Acredita-se que a alteração das rochas ultramáficas do maciço e o transporte deste mesmo material tenham sido a causa primeira desta cobertura local.

A seção sedimentar do Furnas, evidenciada tanto em superfície como em sub-superfície (Furo MC-03-GO, 40-N-4), compõe-se de intercalações de arenitos médios a grosseiros, de cores cinza claro a avermelhado, essencialmente quartzosos, com pouca matriz argilosa, grãos angulares a sub-angulares, com esfericidade regular, e folhelhos variegados onde predominam as cores amarelo, marrom e vermelho, com fino bandeamento. Muitas vezes o folhelho grada a siltitos argilosos com cores predominantemente amarelas.

Foram observados poucos indícios da existência de metamorfismo de contato nas rochas desta formação. Somente em um furo de sonda (MC-70-GO, 44-N-12), a cem metros do contato com rochas do maciço, foram evidenciadas algumas alterações

texturais. Neste furo, o folhelho não apresenta qualquer alteração aparente, mas as delgadas camadas de arenito a ele intercaladas apresentam-se sob forma de um quartzito compacto. A análise petrográfica sugere a solução parcial dos seus componentes mineralógicos. Apresenta grãos angulosos de quartzo densamente grupados em uma textura onde são notados raros vestígios de matriz e de óxido de ferro.

Foi constatada a existência de diques de rochas básicas cortando camadas sedimentares do Furnas.

Nas áreas 4 e 5, onde foram realizados trabalhos de prospecção por escavação de poços e sondagem, não foram obtidos quaisquer resultados positivos quanto a presença de qualquer tipo de mineralização, tendo então sido consideradas estéreis as rochas da Formação Furnas.

3. MACIÇO ULTRABÁSICO

O maciço ultrabásico, localizado na área de pesquisa, foi correlacionado às intrusões do Grupo Iporá, de idade Cretácia.

Apresenta características de um maciço zonado de filiação alcalina, no qual é possível a individualização de um núcleo de rochas duníticas, uma Zona Peridotito-Piroxenítica, uma Zona Gábrico-Alcalina, e uma Zona de Sienito-Nefelínica.

3.1. NÚCLEO - ROCHAS DUNÍTICAS

O núcleo, representado pelas duas elevações, é constituído por rocha dunítica, parcialmente serpentinizada. Esta rocha, em afloramentos e poços, exhibe uma coloração esverdeada



da ou amarelo esverdeado, granulação fina, apresentando núcleos de cristais de olivina completamente alterada. Nos raros afloramentos o dunito apresenta fraturas silicificadas, formando em algumas partes um rendilhado fino.

Em furos de sonda, a uma profundidade ao redor de 30m, é comum o aparecimento de veios carbonáticos finos, recortando completamente a rocha.

Microscopicamente, esta rocha é composta exclusivamente por olivina e seus produtos de alteração. A textura mais notável é em malha. Carbonato e clorita ocorrem normalmente associados em veios. Alguns cristais de olivina parcialmente serpentinizados são comuns, bem como a alteração à iddingsita.

3.2. ZONA PERIDOTITO-PIROXENÍTICA

Envolvendo o núcleo dunitico pode-se individualizar um halo de rochas caracterizadas como piroxenitos a olivina, peridotitos e seus respectivos termos de transição.

A esta faixa foi denominada Zona Peridotito-Piroxenítica e ocorre circulando o núcleo dunitico com uma largura que varia de 200 a 400m.

Estas rochas não são aflorantes, estando recobertas por uma camada de solo laterítico uniforme. Os dados obtidos destas rochas são oriundos de poços escavados e furos de sonda.

Os peridotitos alterados, normalmente exibem uma coloração "bordeaux", amarelada ou ainda cinza escuro, mas a cor predominante é a amarelada. A estrutura é maciça e a rocha mostra-se também recortada por veios de carbonato, serpentina e clorita.



Ao microscópio estas rochas apresentam olivina parcialmente serpentizada, tendo como produto de alteração a iddingsita. O carbonato ocorre preenchendo veios e os cristais crescem alongados, com o eixo longitudinal disposto perpendicularmente às fendas. O piroxênio aparece algumas vezes schilleritizado, com maclas polissintéticas. Também são observados talco e restos de cristais de augita. Em certas lâminas nota-se a textura em bastita.

Macroscopicamente, os piroxenitos apresentam-se com cores castanho escuro gradando a cinza escuro, granulação média, exibindo finos veios de carbonato e serpentina. A textura em bastita é a mais notável ao microscópio. A olivina apresenta-se um pouco serpentizada e o piroxênio schilleritizado. A rocha é composta essencialmente por augita, com olivina e plagioclásio subordinados.

3.3. ZONA GÁBRICO-ALCALINA

Na parte sul do maciço é possível a identificação de uma zona constituída principalmente de rochas gábrico-alcalinas e termos transicionais a peridotito e piroxenito. Apresenta-se externamente à Zona Peridotito-Piroxenítica e foi denominada Zona Gábrico-Alcalina. Esta zona tem a forma de um arco com as extremidades voltadas para o norte (ver mapa geológico, Anexo nº 5).

As rochas gábricas são de coloração cinza a amarelada, granulação média a fina, com acentuado predomínio da primeira. A textura é sub-orientada, com veios milimétricos de carbonato ou de serpentina.

Ao microscópio os cristais de plagioclásios são anédricos e germinados segundo a lei da albita. Secundariamente



te ocorre zeolita.

Uma composição modal estimada, típica deste grupo de rochas, é bem representado pela amostra do furo de sonda MC-40-GO (16-S-4):

Plagioclásio	-	30%
Opacos	-	10%
Biotita	-	10-15%
Augita	-	40-50%

As rochas de transição apresentam-se, macroscopicamente, com as mesmas características dos peridotitos e piroxênitos. Possuem coloração cinza a amarelada (esta última quando mais alterada). Ocorrem finos veios de carbonato. As maiores diferenças são notadas ao microscópio. A olivina mostra-se muito alterada e o piroxênio bastante fraturado, evidenciando os efeitos de tensionamento. Uma das lâminas (MC-20-GO, 40-N-12) mostra plagioclásio germinado segundo a lei da albita e com extinção ondulante. A textura mais notável é em bastita. A augita apresenta comumente germinação polissintética e os cristais de olivina são substituídos por iddingsita e crisotila.

As rochas da Zona Gábrico-Alcalina entram em contato com as rochas da Formação Furnas a leste e sul do maciço.

3.4. ZONA DO SIENITO NEFELÍNICO

A Zona do Sienito Nefelínico situa-se na parte NE, E e SE do maciço propriamente dito, mas somente a NE ocorrem afloramentos de rocha fresca.

Os afloramentos apresentam-se como pequenas elevações arredondadas formadas por inúmeros blocos de rocha fres



ca e fraturada. Em raros pontos, nota-se uma típica esfoliação esferoidal em blocos. A alteração da rocha alcança, em alguns casos, vários metros de espessura.

Em afloramentos a rocha, quando fresca, apresenta uma coloração cinza claro, com textura grosseira, podendo ser reconhecidos, a olho nu, cristais de feldspatóides, biotita, esfeno e, algumas vezes, cristais bem desenvolvidos de apatita. Em alguns casos ocorre com textura porfirítica, onde fenocristais euédricos de nefelina estão imersos em uma matriz fina. Algumas vezes observa-se a presença de pequenos xenolitos de máficos. É notável a presença de grandes cristais (de até 1,5cm de comprimento) de feldspatóides germinados segundo Carlsbad.

Ao microscópio a textura é granular idiomórfica, isótropa, com o feldspato potássico pertitizado e fenocristais de sanidina numa matriz feldspática. A nefelina representa 10-15% na composição modal estimada e caracteriza o sienito. São notadas evidências de uralitização do piroxênio e também titanogita zonada com bordos de aegerina.

Em raros pontos o feldspato mostra-se zeolitizado.

A ocorrência do sienito na região SE e S do maciço foi comprovada em sondagem na locação MC-106-GO(16-S-5).

O sienito foi datado pelo método de dispersão da birrefringência, pelo geólogo Valter José Marques (chefe do laboratório de petrografia da 10ª Agência) que, verbalmente, informou ser a sua idade de 92,5 milhões de anos (média de 27 determinações).

3.5. ROCHAS FILONEANAS

No maciço é frequente o aparecimento de diques de

rochas básicas e alcalinas. Tratam-se de pequenos diques com poucos centímetros de potência. Um dique de sienito foi descrito em furo de sonda efetuado no corpo dunitico na locação MC-12-GO (32-N-16). Da mesma forma, pequenos diques de diabásio estão descritos nos furos de sonda MC-70-GO (44-N-12) e no poço 34-N-18.

Em todas as rochas do maciço, em testemunhos de sondagem, observa-se o aparecimento de pequenos veios com até 2cm de largura, preenchidos por material carbonático de coloração branca. O carbonato apresenta-se, normalmente, sob forma de um fino rendilhado de veios.

Ao microscópico, mostra-se sob forma euédrica (romboédrica), algumas vezes associado à flogopita.

Há muita possibilidade de tratar-se de veios de carbonatito.

4. ROCHAS DE COBERTURA

4.1. CAPEAMENTO SILICIFICADO

Capeando os morros existe uma cobertura de blocos de calcedônia imersos numa matriz terrosa, pulverulenta, de coloração amarelo ocre a vermelho escuro, muito rica em ferro (magneto-ilmenita fina).

Os blocos propriamente ditos exibem uma coloração castanho escuro, contornos angulares, arestas vivas, mostrando tabiques de sílica que se cruzam em todos os sentidos deixando "câmaras" vazias, que às vezes mostram em seu interior mamilos de calcedônia com aspecto granular.

Esta cobertura ocupa a parte superior dos morros, possuindo uma espessura de 25m em média. As encostas são recobertas por blocos soltos com um tamanho máximo de 50cm de diâme



tro.

4.2. LATERITAS

Esta cobertura é derivada dos processos de lateritização que agem sobre as rochas ultramáficas e rochas da Formação Furnas.

As lateritas exibem uma coloração vermelho intenso a "bordeaux", aspecto terroso, com uma cobertura vegetal de cerrado.

No sopé das encostas encontra-se um colúvio imerso em material detrito-laterítico, formado por blocos de silexito e dunito silicificado. O colúvio é observável em afloramentos no sopé da encosta e em poços a uma distância de até 400m do mesmo.

A esta cobertura laterítica estão relacionadas as cangas limoníticas, que ocupam em conjunto 20km².

A canga tem coloração vermelho intenso e engloba frequentemente fragmentos de silexito, dunito silicificado, arenito e raramente blocos de sienito. Tem uma superfície aproximadamente plana e na parte leste forma uma série de "degraus" causados pela erosão remontante. A maior espessura de canga medida em poços foi de 6m. As maiores exposições estão situadas a norte, numa área onde a vegetação se resume em gramíneas e cactáceas. Sua ocorrência é mais acentuada na Zona Peridotito-Piroxenítica.

4.3. ALUVIÕES

As aluviões dos rios Araguaia e Claro são com

postos por sedimentos que recobrem parcialmente as rochas na área do Projeto.

Os sedimentos aluvionares são constituídos de uma fração essencialmente arenosa, com algumas camadas conglomeráticas onde ocorrem seixos arredondados de quartzo. Camadas de argilas cinza escuro e amarelo estão intercaladas na seção.

Sobre estas aluviões está grande parte da vegetação de maior porte: matas tropicais acompanhando as margens dos rios com uma forma irregular.

Estão relacionados ao Holoceno (in relatório Projeto Jussara, 1972).

5. ORIGEM DA MINERALIZAÇÃO

5.1. COMENTÁRIOS ACERCA DA CONCENTRAÇÃO DE NÍQUEL EM DEPÓSITOS LATERÍTICOS

A formação de lateritas a partir de corpos ultramáficos exige condições especiais que foram sintetizadas pelo Dr. R. De Vletter como:

1. Clima úmido e quente, que favorece o intenso intemperismo químico.
2. Topografia plana ou aproximadamente plana (peneplano), onde a água é pouco ativa na remoção dos produtos do intemperismo.
3. Tempo de exposição suficiente para o intemperismo ser acentuado.

A laterização começa com a atividade do intemperismo químico sobre as rochas ultramáficas compostas essencialmente por olivina, que contém normalmente 0,30% de níquel. Quan

do a água subterrânea ataca a olivina, ela se decompõe e o magnésio, o ferro e o níquel são carregados em solução, enquanto a sílica normalmente forma uma suspensão coloidal de partículas sub-microscópicas. Quando esta solução rica em minerais desce, o ferro oxida-se e se precipita como hidróxido férrico que, perdendo posteriormente a água de sua estrutura, transforma-se em goetita e/ou hematita.

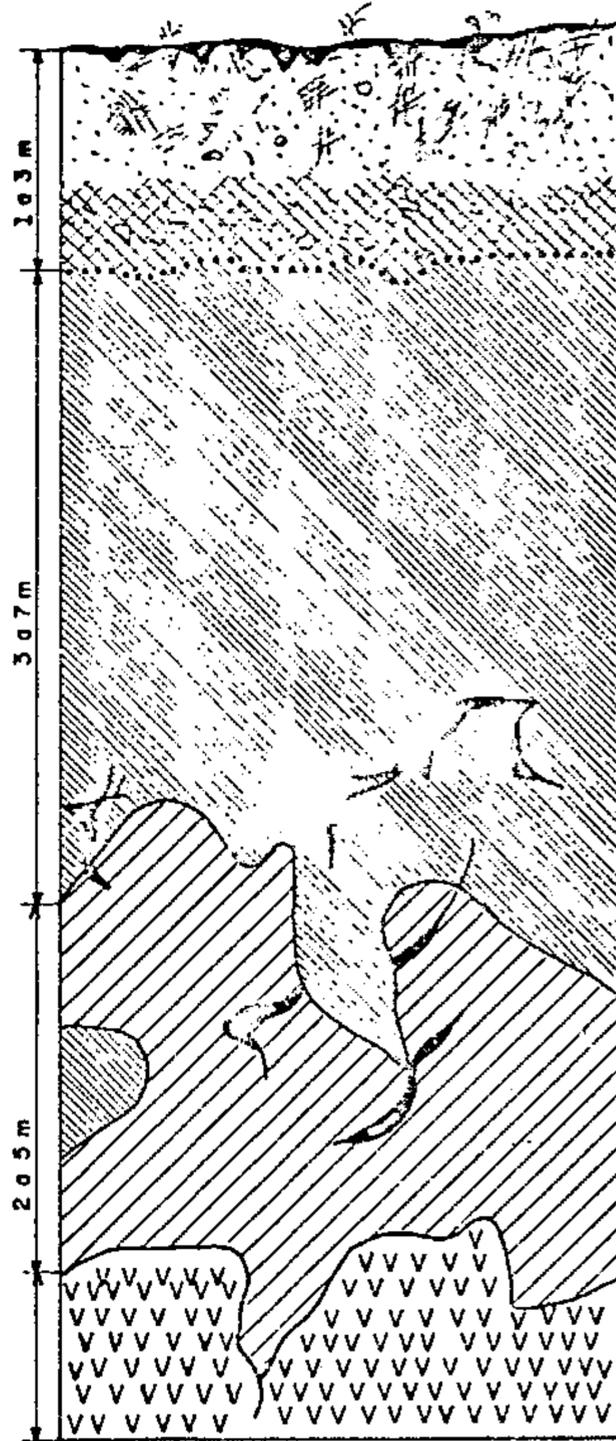
O níquel, o magnésio e a sílica continuam o descenso e a solução persiste enquanto o meio químico for ácido. Tão logo a água seja neutralizada pela rocha subjacente ou pelo solo, precipita-se o silicato anidro. Sob condições topográficas favoráveis as bases insolúveis precipitam-se, formando os depósitos lateríticos.

Se a erosão persiste, as zonas originalmente enriquecidas em níquel são expostas, e os elementos entram em solução novamente para serem redepositados em níveis inferiores. Como o níquel é menos solúvel que o magnésio, o precipitado é mais enriquecido em níquel que a solução remanescente. Sendo a reação cumulativa e com a repetição do ciclo solubilização-precipitação, o precipitado pode conter mais níquel, enquanto a solução será cada vez mais enriquecida em magnésio.

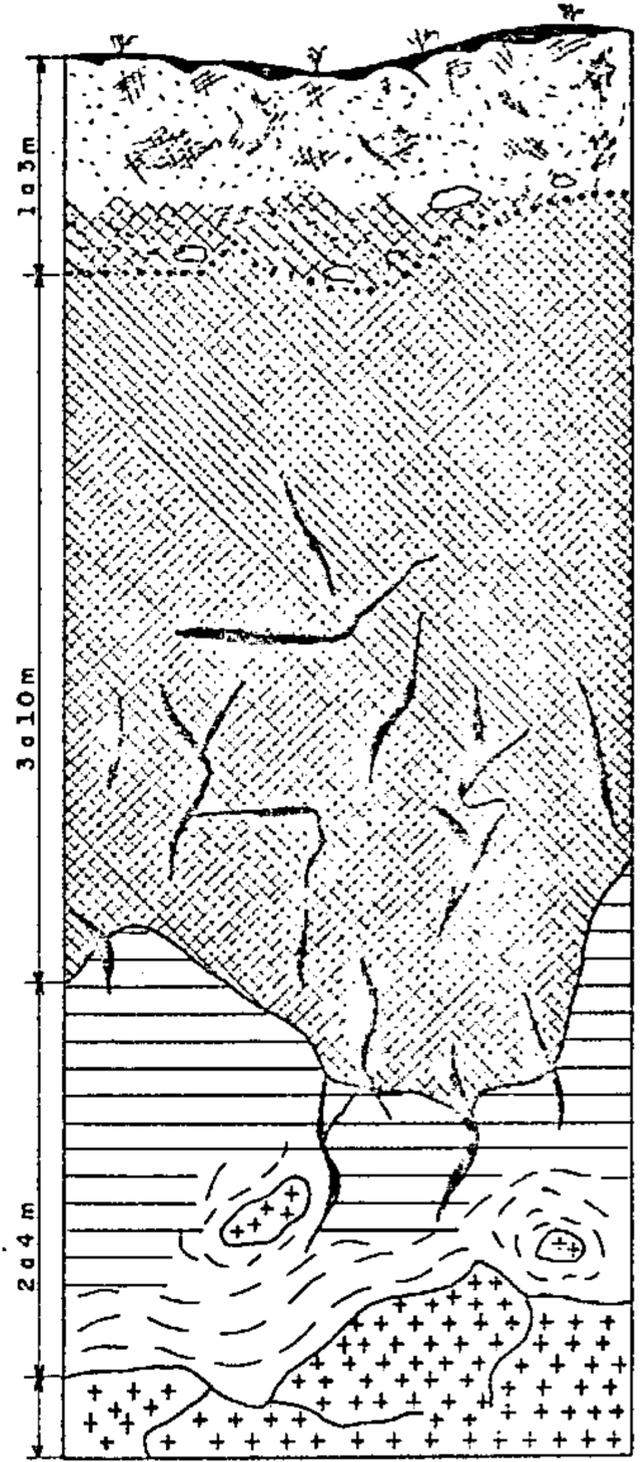
HUNDHAUSEN, R.J. et alii (1954) concluíram que a maioria das lateritas residuais mostram variações de concentração de níquel que refletem a variação do conteúdo primário na rocha fonte, e que o conteúdo de níquel nas lateritas é mais elevado que na maioria dos serpentinitos das quais são originadas.

A laterita transportada naturalmente não apresenta esta relação com a rocha subjacente.

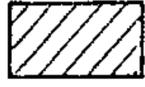
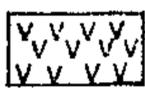
PERFIS ESQUEMATICOS DA ZONA MINERALIZADA

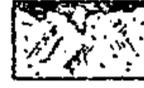
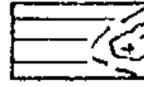
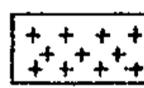


PERFIL ESQUEMATICO-DUNITO



PERFIL ESQUEMATICO-PERIDOTITO, PIROXENITO, GABRO

-  SOLO LATERITICO COM BLOCOS DE CANGA
-  COLUVIO DE BLOCOS DE SILEXITO
-  ARGILA AMARELA OU ESVERDEADA. MINERALIZADA
-  ROCHA ALTERADA, MINERALIZADA
-  DUNITO
-  ROCHA ALTERADA OU ARGILA COM VEIOS DE GARNIERITA, MINERALIZADA

-  SOLO LATERITICO COM BLOCOS DE CANGA
-  COLUVIO DE BLOCO DE SILEXITO
-  ARGILAS AVERMELHADAS OU ESVERDEADAS
-  ROCHA ALTERADA E BLOCOS DE ROCHA SA
-  PERIDOTITO, PIROXENITO, GABRO
-  ROCHA ALTERADA OU ARGILA COM VEIOS DE GARNIERITA, MINERALIZADA



O minério niquelífero que ocorre na área do Projeto é definido como do tipo silicatado, estando o níquel concentrado sob a forma de minerais do tipo "garnierita", grupo que engloba silicatos hidratados de níquel, ou em minerais que compõem o serpentinito, substituindo diadocicamente o Mg^{++} . A substituição do Mg^{++} pelo Ni^{++} é facilitada pela similaridade de raios iônicos (Ni^{++} : 69Å; Mg^{++} : 66Å). O minério é proveniente da concentração do Ni a partir de processos de lateritização, conforme expostos no item anterior. Contudo, observam-se certas diferenças entre o perfil das rochas duniticas e o perfil das rochas ultramáficas componentes do maciço.

No perfil do solo da rocha dunitica nota-se a existência de um nível composto de material argiloso de cores esverdeada e amarelada, contendo material "garnierítico" preenchendo fraturas, que proporciona, em geral, o topo da camada mineralizada. Sotoposta a esta camada ocorre a rocha dunitica muito alterada, conservando a textura original, que se apresenta mineralizada com teores mais elevados que a média (1,0 — > 3,0%) e, em geral, com valores mais constantes.

No perfil das rochas ultramáficas associadas ao dunito observa-se que a camada mineralizada se restringe ao intervalo de argilas amarelo-esverdeadas ou de alteração de rochas em que são observados veios de material "garnierítico" ao longo das fraturas.

Observe-se que, em geral, os teores nas camadas argilosas com veios de "garnierita" possuem valores mais baixos (entre 0,80 e 1,60%) e irregulares.

O intervalo mineralizado ocupa, nas áreas 4, 5 e 6, uma superfície de 4.430Km².

5.3. HIPÓTESES SOBRE A CONCENTRAÇÃO DE NÍQUEL NA ÁREA DO MORRO DO ENGENHO

A área do Projeto possui todas as condições normalmente exigidas para a formação de capas lateríticas. O núcleo ultramáfico situa-se numa região peneplanizada, que tem um clima quente e úmido com a alternância anual de um ciclo chuvoso e um ciclo de seca (ver ítem clima nº III-3). Sendo o núcleo ultramáfico relacionado à idade Cretácia, o tempo de atuação do intemperismo estende-se do Terciário ao Quaternário.

Como tentativa de interpretação dos fenômenos que condicionaram o acúmulo da cobertura laterítica, enriquecida em níquel no Morro do Engenho, foram traçadas curvas de isópacas do capeamento de laterita com teores abaixo do "cut-off" de 0,80% de níquel. As curvas de isópacas sobre o mapa da área mineralizada acrescentaram subsídios para a interpretação da origem da mineralização (Anexo nº 7).

Evidenciou-se primeiramente que, em áreas onde a cobertura de laterita sofria um espessamento apreciável (parte SW, S e SE do maciço), atingindo em alguns casos até 16m de espessura, havia igualmente um espessamento da área mineralizada que atingia até 32m (MC-47-GO-14-S-2).

Foi verificado também que as áreas de maior espessamento de laterita eram áreas mediterrâneas entre as elevações de dunito e às rochas da Formação Furnas a W, SW e S e o sienito a S, SE e E.

Topograficamente, a parte sul do maciço apresenta um desnível pouco acentuado para sul, influenciando no sentido do escoamento das águas de "run-off", o que é observado até em tempos atuais.

Na parte norte do maciço o escoamento das águas de "run-off" é condicionado pelo desnível no sentido do rio Claro. As águas subterrâneas por sua vez, são interceptadas pelo cone de captação do referido rio.



Admitindo que o processo de transporte e acúmulo de lateritas alóctones é basicamente idêntico ao processo de concentração de minério niquelífero em áreas lateritizadas, po-de-se supor que conhecendo os fatores que condicionaram a formação da laterita ter-se-ia identificado as causas e origens da mineralização.

As curvas de isópacas mostram que nas partes W, SW, S e SE do maciço havia baixos topográficos possivelmente originados pela proximidade do contato das rochas ultramáficas (elevadas topograficamente) com o Arenito Furnas ou o sienito nefelínico.

Estes baixos teriam condicionado o transporte e o acúmulo do material clástico fino e grosseiro na parte sul do maciço em "bacias" de acumulação ali situadas. Realmente é nesta área que são observadas as mais espessas acumulações de minério.

Na parte norte do maciço os contatos das rochas ultramáficas com o Arenito Furnas e o sienito nefelínico também tiveram influência, porém a captação das águas subterrâneas pela bacia do rio Claro parece ter sido o fator preponderante no acúmulo da mineralização.

VI - TRABALHOS DE PROSPECÇÃO

1. PROSPECÇÃO GEOQUÍMICA

A coleta sistemática de amostras para a análise geoquímica foi realizada paralelamente à abertura das primeiras picadas na área. Tal amostragem teve por finalidade o selecionamento de áreas para o ataque do trabalho de pesquisa.

O processo de amostragem seguiu uma malha regular de 400 X 200m, sendo o material coletado proveniente da co



bertura de solo da área.

Quando necessário, o material era homogeneizado por fragmentação e posteriormente quarteado. O material resultante era dividido em dois volumes de aproximadamente $0,5\text{dm}^3$ cada um. Depois de ensacados e devidamente identificados, um dos exemplares era encaminhado para análise no laboratório de petrografia-LAPET (CPRM-Rio).

Foi coletado um total de 145 amostras de solo que foram analisadas para Ni, Nb, Ti e P_2O_5 .

As amostras de geoquímica receberam a notação JMC-2102-NC-G, seguida do código de identificação do ponto na malha.

A partir dos resultados de análises geoquímicas, foi traçado um mapa de isoteores (Anexo nº 3). Da comparação do mapa de isoteores com o mapa da área mineralizada (Anexo nº 7), resulta a comprovação da funcionalidade do método para o selecionamento de áreas para detalhe.

VII - TRABALHOS DE PESQUISA

1. TRABALHOS DE TOPOGRAFIA

O primeiro trabalho desenvolvido nas áreas de pesquisa foi a abertura de picadas com o auxílio de um teodolito WILD tipo T₁.

Foi tomada, como linha base, uma picada com sentido E-W, que foi piqueteada em intervalos de 200m. Perpendicularmente à linha base, foram abertas picadas com sentido N-S em intervalos de 400m (ver mapa, Anexo nº 19).

Posteriormente à medida que aumentava o conhecimento da área, foi necessário o estreitamento dos intervalos

das picadas N-S para 200m, e em alguns casos até para 100m.

Como todos os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos ao longo das picadas, a localização dos pontos da malha de serviço foram a ela relacionados na seguinte maneira: na picada E-W (considerada mestra) foram notados os pontos 4E-W, 6E-W, 8E-W, etc., distantes 400, 600, 800m respectivamente do ponto E de origem da picada. De cada um dos pontos da picada E-W foi aberta uma picada N-S. A picada norte recebia a sigla N, após o número que indicava a sua origem na picada E-W. A distância do ponto com relação a picada mestra era notado por um número após a sigla N. Por exemplo o ponto 22-N-8, corresponde a um ponto situado a 800m norte, na picada localizada a 2.200m a oeste do ponto de origem da picada mestra.

A mesma notação foi utilizada para as picadas situadas a sul da picada E-W, somente utilizando-se a sigla S ao invés de N.

O Centro de Aerofotogrametria da CPRM, através dos serviços aerofotogramétricos da Cruzeiro do Sul S/A., confeccionou um mapa topográfico da área de pesquisa, em escala de 1:10.000 com curvas de nível em intervalos de 2m, através da restituição de fotografias aéreas e com controle de campo por telurômetro (Anexo nº 1).

Foi realizado um levantamento plani-altimétrico com a finalidade de determinar o posicionamento e cotas dos pontos da malha de pesquisa (ver Anexo nº 19).

2. POÇOS DE EXPLORAÇÃO

No início dos trabalhos de pesquisa foram localizados os poços, nas áreas selecionadas através da prospecção geoquímica, em malha regular de 400 X 400m. Com o desenvolvimento



dos trabalhos esta malha foi reduzida para 200 X 200m.

Nas áreas de pesquisa constantes deste relatório foram escavados 152 poços, sendo 130 poços sem escoramento e 22 poços com escoramento, totalizando 1.542 metros lineares e 1.635m³ de material escavado (ver mapa de locação de poços, Anexo nº 6).

2.1. POÇOS SEM ESCORAMENTO

A execução dos poços sem escoramento foi facilitada devido ao material de cobertura apresentar, em grande parte da área, características não desmoronantes.

Os poços tiveram normalmente seção circular. Os de seção retangular foram pouco utilizados devido ao maior volume de material removido.

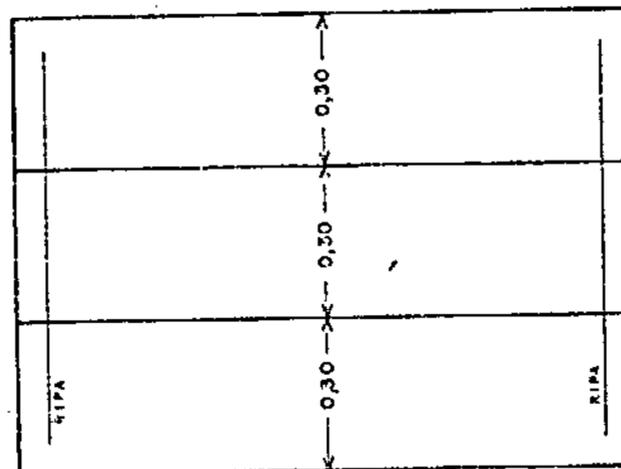
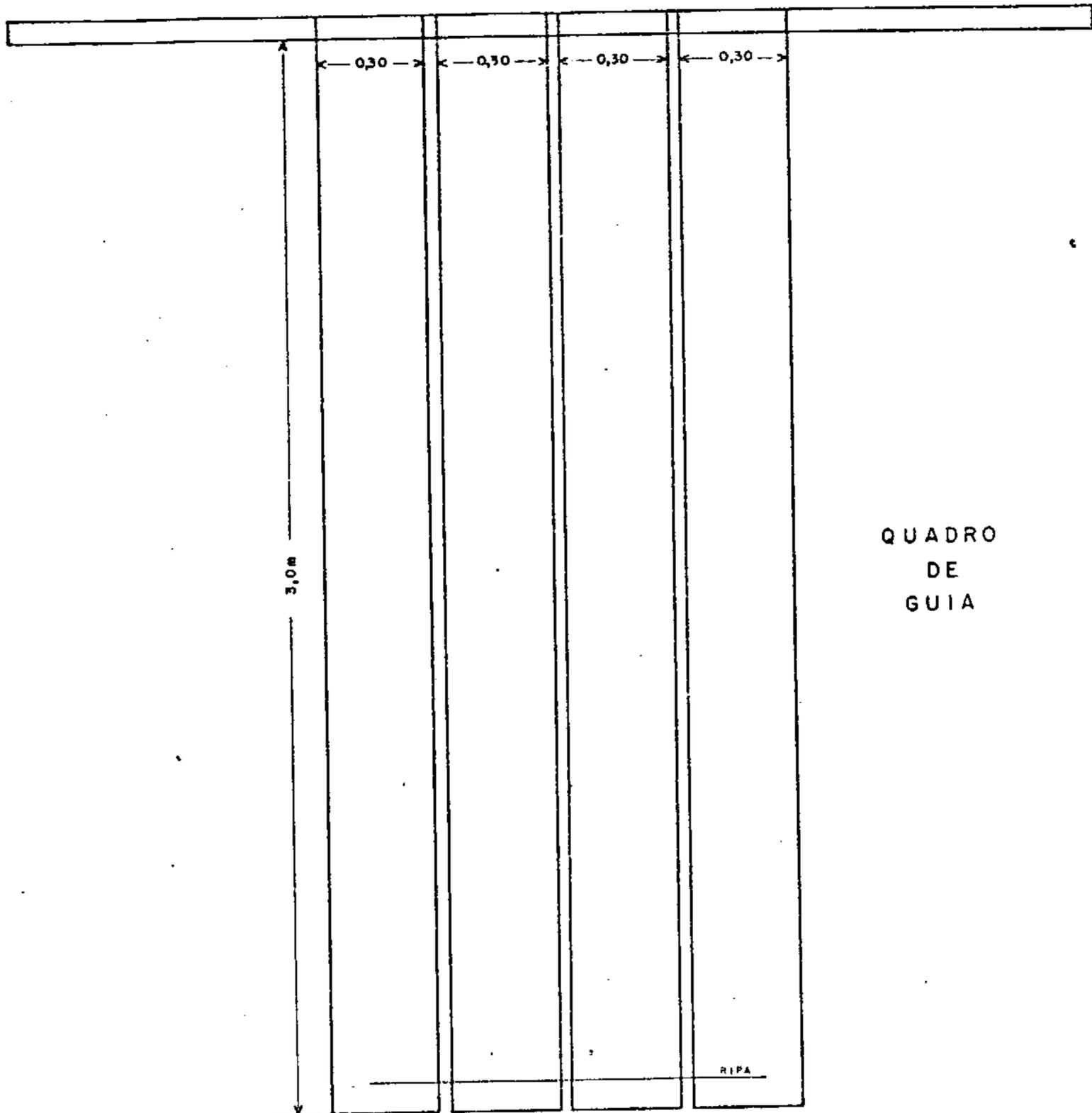
A retirada do material escavado foi feita através de baldes elevados por uma instalação na superfície, constituída por roldanas fixas a um tripé de madeira, ou mais comumente por um sarilho.

O avanço da escavação em condições normais atingiu uma média diária de 2m. No entanto, quando da ocorrência de material de difícil rompimento (canga ou colúvio de sílexito), a produção diária atingia limites mínimos de até 20cm.

A paralização da escavação dos poços era ditada por evidências geológicas desfavoráveis, desmoronamento das paredes ou surgimento do nível freático.

A profundidade máxima atingida por este método, na área, foi de 21,50m.

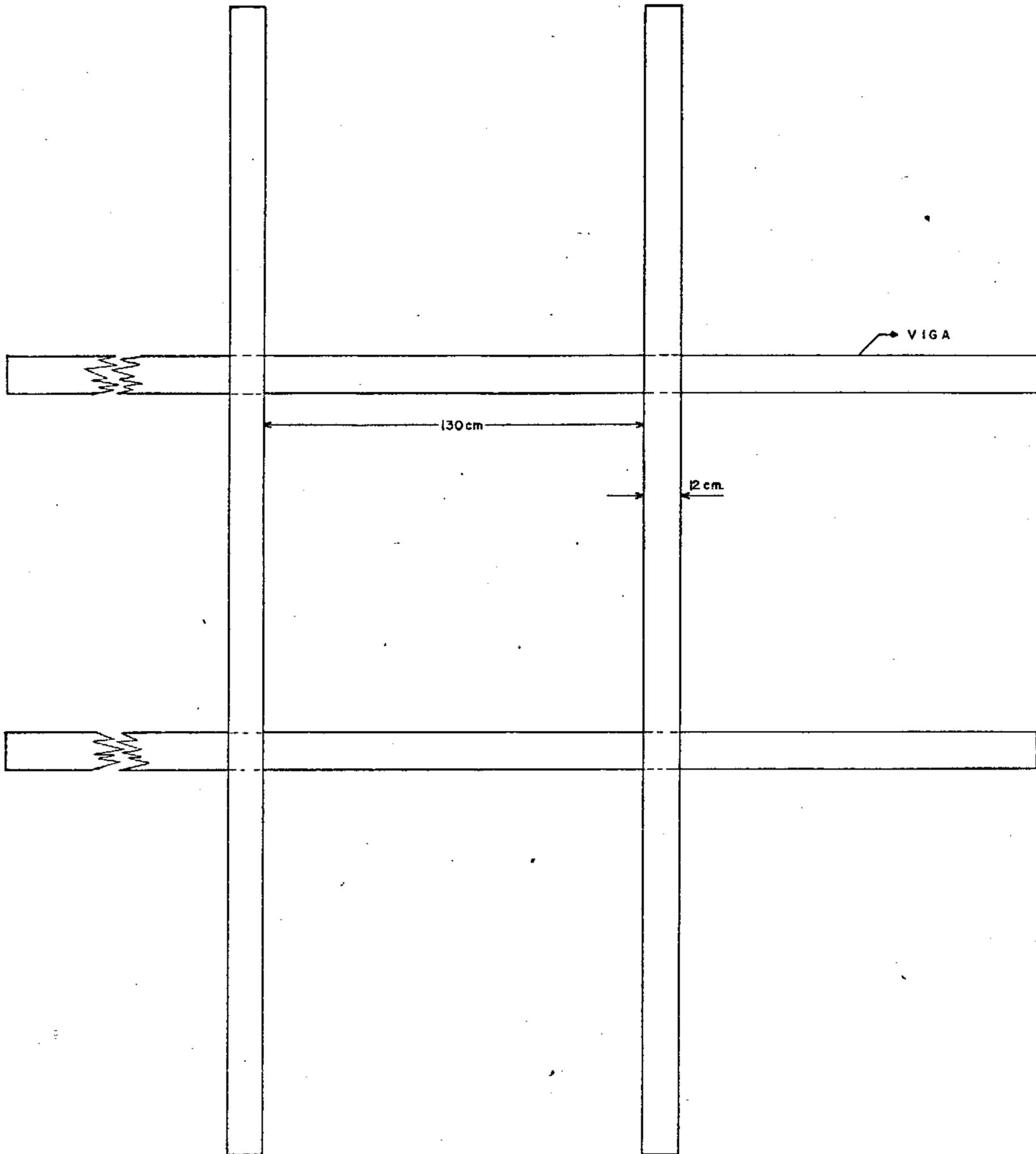
2.2. POÇOS COM ESCORAMENTO



PROJETO MORRO DO ENGENHO

ESCORAMENTO DE POÇOS
PERFIL DO QUADRO DE GUIA
E
QUADRO DE PROTEÇÃO

20 0 20 40 60 Escm
ESCALA 1:20



PROJETO MORRO DO ENGENHO

ESCORAMENTO DE POÇOS

SEÇÃO TRANSVERSAL DO

QUADRO DE GUIA

20 0 20 40 60 80 cm.

ESCALA 1:20

O trabalho de pesquisa nas elevações apresentou problemas peculiares. Devido à espessa cobertura constituída por blocos de material silicificado imersos em uma matriz argilosa, os poços locados nesta área necessitaram de condições especiais de segurança a fim de evitar desmoronamentos. Optou-se pela execução de poços com escoramento.

Para atender às finalidades do escoramento os poços foram escavados com seção quadrada de 1,30 X 1,30m. Na superfície era afixado um quadro de guia (ver esquema anexo). Pela parte interna deste quadro de guia eram baixados quadros de proteção à medida que avançava a escavação.

Em alguns casos foi necessário a redução das dimensões dos quadros de proteção para dar seguimento à escavação.

O avanço da escavação por este método revelou-se lento e trabalhoso, tendo a penetração de 15m consumido em média 30 dias.

Apesar da lentidão dos trabalhos e do custo do material do escoramento, verificou-se que, neste tipo de material, o emprego deste método era mais adequado que a própria sondagem rotativa, já que na tentativa de sondagem houve grande desgaste de material por abrasão, além de resultar em uma recuperação muito baixa.

3. CACHIMBOS

Quando dos trabalhos nas encostas das elevações, o perigo de desmoronamento tornou impraticável a abertura de poços sem escoramento. Tornou-se necessária a locação de cachimbos para expor a camada mineralizada.

Os cachimbos tiveram 1,20m de largura e atingi



ram até 8m de parede frontal.

Na maioria dos casos este tipo de escavação não se mostrou adequado, pois a camada mineralizada em geral apresentava-se com uma espessura maior do que aquela seccionada pelos cachimbos e os mesmos não tinham condições de serem ampliados devido ao grande perigo de desmoronamento.

No total foram locados 7 cachimbos, que totalizaram 168 metros cúbicos de material removido (ver mapa de localização, Anexo nº 6).

4. SONDAGENS

A programação inicial dos trabalhos de pesquisa previa a execução de furos de sonda em uma malha regular de 800 X 800m. Após o cumprimento deste programa a malha de sondagem foi estreitada para 400 X 400m.

Com o desenrolar dos trabalhos foi observado que muitas vezes a camada mineralizada encontrava-se a uma profundidade tal que a pesquisa por poços escavados não fornecia subsídios suficientes para a sua real avaliação. Foi necessária a locação de furos de sonda nos nós da malha que se enquadravam naquela situação; com isto a malha foi estreitada para 200m (ver mapa de localização, Anexo nº 6).

A sondagem na área do Projeto foi método rotativo.

Nas áreas constantes deste relatório, foram executados 58 furos de sonda totalizando 2.072,47 metros lineares (ver relação de furos de sonda em anexo).

A identificação dos furos de sonda segue as normas da Companhia. Por exemplo: no furo MC-92-GO, a sigla MC identifica o município de Montes Claros de Goiás, onde é loca

lizado o Projeto; o número 92 designa o número de ordem em que foi realizado o furo e finalmente a sigla GO identifica o estado da Federação. Após esta caracterização segue-se a posição de malha do mesmo furo, feita conforme o explanado no item Trabalhos de Topografia.

No cumprimento do programa foram utilizadas 5 sondas do tipo rotativa.

Uma sonda Sondeq hidráulica, modelo SS-1, e duas Long-Year, hidráulicas, modelo 24, realizaram a maior parte do trabalho.

Alguns furos foram executados por uma sonda hidráulica Boyles-BB-S1 e uma Boyles-BB-S1Jr de cabeça mecânica.

O sistema de circulação de água foi realizado por bombas de água Sondeq modelo SB₁ ou Sondap modelo BB5-12.

Ao iniciar-se um furo era utilizado normalmente o diâmetro NX, reduzido para BX aproximadamente aos 10m de profundidade.

Nos intervalos de baixa recuperação e onde a rocha fraturada ameaçava a segurança do furo, foi necessária a redução do diâmetro para AX.

A recuperação média para as perfurações em camadas de cobertura de laterita atingiu a média de 90%. Quando em rocha fraturada a recuperação caía para 60% em média.

5. AMOSTRAGEM

A amostragem do material dos poços e cachimbos foi feita pelo método de canal. O canal, situado em uma das paredes da escavação, mantinha 15cm de largura por 5cm de profundidade.

O material amostrado de metro em metro, depois de homogeneizado, era quarteado em uma lona por método expedi



to.

O volume final foi separado em duas frações de aproximadamente $0,5\text{dm}^3$, acondicionados em sacos plásticos e de pano que apresentavam a notação de identificação da amostra.

As primeiras vias das amostras eram encaminhadas ao Laboratório de Petrografia da CPRM (LAPET-Rio), sendo as segundas vias armazenadas no acampamento do Projeto.

Os testemunhos de sondagem foram amostrados de metro em metro, sendo retirado 50% do volume do material para análise.

O serviço de amostragem foi feito por pessoal especialmente treinado, acompanhado por um técnico do Projeto.

VIII - CÁLCULO DE RESERVAS

1. INTRODUÇÃO

Para fins de cubagem foi utilizada, como base topográfica, uma planta em escala 1:10.000 (Anexo 1).

O posicionamento dos pontos da malha foi controlado por levantamento planialtimétrico.

A avaliação da reserva foi efetuada levando-se em consideração os resultados provenientes de:

- Análises do material dos poços.
- Análises de testemunhos de sondagem. Em alguns casos, quando os poços não expuseram totalmente o intervalo mineralizado, foram utilizados os resultados de sondagem a partir da profundidade final dos poços.
- Análises do material de cachimbos. Neste ca



so foram utilizados os dados da parede maior.

As análises para níquel, cujos resultados constam do volume 2 do presente Relatório, foram efetuadas pelo Laboratório de Análises Minerais da CPRM (LAMIM), pelo método de espectrografia de Raio-X, semi-quantitativo, realizadas com o auxílio de um aparelho de fabricação Phillips, modelo PW-1540, usando radiação de tungstênio, contador de cintilação, cristal de fluoreto de lítio e discriminação de energia.

Para fins de cálculo foi utilizado o valor 1,33 g/cm³ para a densidade do material mineralizado, média dos valores obtidos por análises efetuadas na Agência da CPRM de Belo Horizonte.

O "cut-off" considerado foi 0,80% de Ni.

A tabulação das reservas foi feita segundo quatro faixas de teores:

FAIXA A - Material mineralizado com teores compreendidos entre 0,80% e 1,50% Ni.

FAIXA B - Material mineralizado com teores compreendidos entre 1,51 e 2,00% Ni.

FAIXA C - Material mineralizado com teores compreendidos entre 2,01 e 2,50% Ni.

FAIXA D - Material mineralizado com teores acima de 2,51% Ni.

2. MÉTODOS DE CUBAGEM

A mineralização na área de pesquisa situa-se em locais que possuem duas posições topográficas distintas, uma baixa e plana, que caracteriza o relevo regional e outra ele

vada, que define o Morro do Engenho.

O desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa nas partes baixas não ofereceu maiores dificuldades, tendo sido possível cerrar uma malha regular de 200 x 200m e com isto estabelecer-se um perfeito controle dos limites da mineralização.

Nas elevações os fortes declives, aliados à espessa cobertura de blocos silicificados, proporcionaram sérias dificuldades na execução dos pontos de controle programados, ocasionando, em consequência, um menor volume de informações nessas áreas.

A superfície topográfica, nas partes baixas, apresenta-se praticamente plana. Este fato, juntamente com o bom controle da área mineralizada, proporcionado pelos poços da malha, permitiu a utilização do método de cubagem por blocos, razão pela qual a reserva bloqueada por este método foi considerada como medida.

2.1. CUBAGEM POR BLOCOS - RESERVA MEDIDA

Na cubagem por blocos a área de influência considerada, para cada ponto de controle, foi definida pela figura geométrica formada por retas que passam pelo ponto médio das linhas que unem dois pontos de controle, sendo normais às mesmas.

A espessura (L) do intervalo mineralizado para cada ponto de controle, multiplicada pela área de influência (A), define o volume (V) do bloco.

A tonelagem de cada bloco foi obtida multiplicando-se o volume (V) pelo valor da densidade ($D=1,33 \text{ g/cm}^3$).

Para cada bloco o cálculo do teor médio para as faixas A, B, C e D, independentemente, foi feito pela média aritmética, em virtude do intervalo ser regular (1m). Para o cálculo do teor médio do bloco, foi utilizada a média ponderada (ver tabelas de cálculo de reservas).

2.2. CUBAGEM POR MAPAS DE ISÓPACAS -RESERVA INDICADA

Em virtude da menor densidade de pontos de controle, a cubagem nas elevações foi feita com o auxílio de um mapa de isópacas do intervalo, mineralizado (Anexo nº 9).

O controle das curvas isópacas foi feito por pontos internos e externos a essa área.

As curvas de isópacas foram traçadas com intervalo de 2m, e a área entre as curvas foi calculada com o auxílio de um planímetro de rolo.

A espessura média para cada intervalo calculado foi definida pelo valor médio das curvas que o limitam e o teor médio foi calculado pela média ponderada dos teores dos pontos internos ao intervalo, eliminados os valores muito distantes da média.

A superfície planimetrada, multiplicada pela espessura média, resulta no volume do intervalo, que, por sua vez, multiplicado pelo valor da densidade ($1,33 \text{ g/cm}^3$), dá a tonelagem do minério na área considerada (Tabelas nºs 2 e 3).

3. TABULAÇÃO DAS RESERVAS

Os resultados obtidos no cálculo das reservas medida e inferida e da reserva total estão expressos nas tabelas nºs 1, 2, 3 e 4, transcritas a seguir.



CPRM

33

RESERVA MEDIDA

Tabela nº 1

ÁREA Nº	TEOR MÉDIO %	ESP. MÉDIA m	FAIXA	RESERVA MEDIDA t	RESERVA TOTAL t
4	1,35	6,50	A(0,80-1,50%)	526.510	633.668
			B(1,50-2,00%)	77.263	
			C(2,00-2,50%)	9.965	
			D(> 2,50%)	19.930	
5	1,16	6,60	A(0,80-1,50%)	6.829.521	7.907.559
			B(1,50-2,00%)	848.450	
			C(2,00-2,50%)	189.668	
			D(> 2,50%)	39.920	
6	1,24	6,85	A(0,80-1,50%)	9.965.823	12.115.776
			B(1,50-2,00%)	1.651.461	
			C(2,00-2,50%)	338.892	
			D(> 2,50%)	159.600	

RESUMO DAS ÁREAS 4, 5 e 6

TEOR MÉDIO - 1,23%
ESPESSURA MÉDIA - 6,50m
RESERVA DA FAIXA A - 17.321.854t
RESERVA DA FAIXA B - 2.577.574t
RESERVA DA FAIXA C - 538.525t
RESERVA DA FAIXA D - 219.450t
TOTAL RESERVA MEDIDA - 20.657.003t

OBS.: As tabelas de cálculo da reserva medida constam do volume II do presente Relatório.



CPRM

34

CÁLCULO DA RESERVA - ÁREA 5 (INDICADA)

Tabela nº 2

INTERVALO	POÇOS	TEOR MÉDIO (poços) %	TEOR MÉDIO (intervalo) %	SUPERFÍCIE m ²	ESPESSURA MÉDIA DO INTER. MINERALIZADO	VOLUME m ³	TONELAGEM V x D t
A	23-N- 4*	1,44	1,44	2.720	10	27.200	36.176
B	30-N- 4	1,74	1,74	480	9	4.320	5.746
C	30-N-10**	1,06	1,21	292.160	8	2.337.280	3.108.582
	34-N-12	1,36					
D	30-N-20	1,05	1,15	321.760	7	2.252.320	2.995.585
	30-N-22	1,13					
	32-N-20	1,26					
E	26-N-10	1,14	1,33	556.720	5	2.753.600	3.662.288
	26-N-12	1,18					
	28-N- 6	1,40					
	30-N-24	1,03					
	32-N- 6	2,15					
	34-N- 6	1,43					
35-N-12	0,88						

RESERVA INDICADA (ÁREA 5) - 9.808.377t

OBS.: * Os dados foram complementados com os resultados de análises do furo - MC-14-GO

** Os dados foram complementados com os resultados de análises do furo - MC-53-GO

O intervalo A - Corresponde à área interna à curva de 10m

O intervalo B - Corresponde à área limitada pelas curvas 10 e 8m

O intervalo C - Corresponde à área interna à curva de 8m

O intervalo D - Corresponde à área limitada pelas curvas 8 e 6m

O intervalo E - Corresponde à área limitada pelas curvas 6 e 4m (elevação maior).

CÁLCULO DA RESERVA - ÁREA 6 (INDICADA)

Tabela nº 3

INTERVALO	POÇOS	TEOR MÉDIO (poços) %	TEOR MÉDIO (área) %	SUPERFÍCIE m ²	ESPESSURA MÉDIA DO INTER. MINERALIZADO	VOLUME m ³	TONELAGEM V x D t
B	30-N- 4	1,74	1,74	15.360	9	138.240	183.859
C	30-N-10	1,06	1,21	42.080	8	336.640	447.731
	34-N-12	1,36					
D	30-N-20	1,05	1,15	184.000	7	1.288.000	1.713.040
	30-N-22	1,13					
	32-N-20	1,26					
E	26-N-10	1,14	1,33	227.520	5	1.137.600	1.513.008
	26-N-12	1,18					
	28-N- 6	1,40					
	30-N-24	1,03					
	32-N- 6	2,15					
	34-N- 6	1,43					
36-N-12	0,88						
F	20 - EW	1,40	1,40	4.160	6	24.960	33.197
G	22 - EW	1,34	1,31	104.800	5	524.000	696.920
	22-N- 6	1,28					
H	20-N- 2	1,70	1,75	68.320	3	204.960	272.597
	22-N- 2	1,80					
I	20-N- 4	0,84	0,84	28.800	2	57.600	76.608

RESERVA INDICADA (ÁREA 6) - 4.936.960t

Intervalo B - Corresponde à área limitada pelas curvas 10 e 8m

Intervalo C - Corresponde à área interna à curva de 8m

Intervalo D - Corresponde à área limitada pelas curvas 8 e 6m

Intervalo E - Corresponde à área limitada pelas curvas 6 e 4m
(elevação maior)

Intervalo F - Corresponde à área interna à curva de 6m. (elevação menor).

Intervalo G - Corresponde à área limitada pelas curvas de 6 e 4m
(elevação menor)

Intervalo H - Corresponde à área limitada pelas curvas de 4 e 2m
(elevação menor)

Intervalo I - Corresponde à área interna à curva de 2m (elevação menor)

RESERVA TOTAL

Tabela nº 4

ÁREA Nº	RESERVA MEDIDA t	RESERVA INDICADA t	RESERVA TOTAL t
4	633.668	-	633.668
5	7.907.559	9.808.377	17.715.936
6	12.115.776	4.936.960	17.052.736
Σ	20.657.003	14.745.337	35.402.340



CPRM

37

IX - ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO

Para atender ao imperativo do Código de Mineração a CPRM, por meio de sua Diretoria de Operações, está mantendo contato com o U.S. Bureau of Mines, Department of Interior-USA, para estudo de beneficiamento do minério do Morro do Engenho.

É oportuno salientar que a Clymax Molybdenium Company já está operando em fase experimental uma planta, para a obtenção de níquel metálico a partir de lateritas níquelíferas pelo processo baseado na concentração contra a corrente (C.C.D.), fato que abre perspectivas animadoras para o aproveitamento econômico do jazimento de níquel do Morro do Engenho.

Os resultados dos ensaios de beneficiamento serão apresentados em julho de 1973, quando da entrega do Relatório Final de Pesquisa do Projeto.

X - ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

1. NÍQUEL - GENERALIDADES

1.1. CARACTERIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO

O níquel apresenta-se como o 24º elemento em abundância na crosta terrestre, com um "quantum" de 0,015%. Possui elevada dureza, é dútil, maleável e de boa condutibilidade, tendo grande aplicação como elemento liga na fabricação de aço.

O conhecimento do níquel remonta à antiguidade, mas o seu emprego em escala industrial, acelerou-se com a des

coberta do minério silicatado da Nova Caledônia e Cuba, assim como do minério sulfetado do Canadá. A produção de ligas ferro-níquel, iniciada na França na penúltima década do século passado, foi o ponto de partida para o consumo de níquel em larga escala. O avanço tecnológico provocou uma diversificação crescente no seu emprego. Algumas de suas principais aplicações atuais são: na fabricação de ferro-ligas, especialmente aços inoxidáveis, em resistências elétricas, na fabricação de materiais magnéticos, em ligas diversas, operação de catálises, no fabrico de aço-ligas de alta resistência e de aço-ligas para a fundição de peças, na produção de ferro-gusas especiais, em diversos equipamentos e instrumentos especiais e em niquelagem.

O consumo de níquel apresenta a seguinte distribuição percentual:

- 40% no fabrico de aços especiais.
- 20% na fabricação de ligas cobre-níquel (66% de Ni), ou cromo-níquel (75% de Ni).
- 10% em aço-ligas para construção.
- 15% utilizados como catalizadores, nos ímãs permanentes, etc.

1.2. PRODUÇÃO MUNDIAL DE NÍQUEL

Os dados de produção mundial de níquel são os seguintes:



PAÍSES	10 ³ TONELADAS DE METAL CONTIDO											
	1950	%	1967	%	1968	%	1969	%	1970	%	1971*	%
CANADÁ	112	78,0	226	47,3	244	44,4	193	40,1	277	44,5	265	41,8
NOVA CALEDÔNIA	5	4,2	21	17,6	115	21,5	31	13,9	105	16,3	115	18,4
URSS	20	15,5	25	13,9	100	18,2	115	21,8	111	17,3	113	17,6
CUBA	-	-	35	7,3	37	6,7	25	7,3	35	5,6	30	5,6
EMA	1	0,7	13	2,7	14	2,6	14	2,9	14	2,3	15	2,4
OUTROS	1	0,7	27	5,2	36	6,6	13	9,0	79	12,7	91	14,2
TOTAL	142	100,0	473	100,0	549	100,0	451	100,0	621	100,0	641	100,0

FONTE: "Les Richesses Minières Mondiales". F.Callot - Sevil - 1970.

"Minerals Yearbook - 1969"

Estimativa do U.S. Bureau of Mines.

Do quadro acima podemos concluir que o Canadá é responsável por quase metade da produção mundial, e que, juntamente com a Nova Caledônia respondem por 2/3 dessa produção.

A taxa de crescimento da produção de níquel no período de 1950 a 1968 foi de 7,7% em média.

A tendência é um aumento acelerado da produção pois novos produtores estão entrando no mercado, no momento, dominado pelo Canadá.

As estimativas indicam uma produção de 670 mil toneladas para 1975, e para o ano 2.000 a produção deverá duplicar em relação a 1970.

1.3. CONSUMO MUNDIAL

A taxa de crescimento do consumo mundial de ní



CPRM

40

que foi em média de 8% ao ano (1946-68) e as previsões indicam para o futuro uma taxa provável de 10% ao ano.

Os dados de consumo em 1969 e 1970 apresentaram o seguinte panorama:

REGIÕES	1969		1970		ACRÉSCIMO		PER CAPITA-1970	
	10 ³ t	%	10 ³ t	%	10 ³ t	%	Hab.10 ³	Kg/Hab.
EUROPA OCID.	143,0	36,7	177,0	40,9	29,0	14,6	270	0,660
EUA	140,0	35,8	145,0	33,4	5,0	3,5	210	0,690
JAPÃO	63,5	17,9	79,0	18,3	10,5	15,4	105	0,752
CANADÁ	13,2	3,4	15,0	3,5	1,8	13,6	30	0,500
AMÉRICA LATINA	2,7	0,7	3,2	0,7	0,5	18,6	240	0,013
OUTROS PAÍSES (EXCLUSIVE SO CIALISTAS)	9,5	2,5	13,6	3,2	4,1	43,0	690	0,020
TOTAL	381,9	100,0	432,8	100,0	50,9	13,3	1545	0,280

A Europa Ocidental é a maior consumidora de níquel, tendo, em 1970, participado com quase 41% do total consumido mundialmente. Apesar de uma redução na demanda, no último trimestre de 1970, o consumo mundial foi superior em 13,3% ao de 1969 e o dobro do verificado há dez anos. Este crescimento deve-se ao aumento do consumo do Japão e dos países da Europa.

A América Latina em 1970 teve participação de menos de 1%; no entanto, durante o período 1969-70, a sua taxa de crescimento de consumo (18,5% ao ano) foi superior à taxa mundial (13,3% ao ano). Mantendo-se a proporção, pode-se esperar um bom mercado consumidor na América Latina, com seus países desenvolvendo um enorme esforço de industrialização.

Para o ano 2.000 estima-se um consumo mundial de níquel da ordem de 1,5 milhões de toneladas.



1.4. RESERVAS MUNDIAIS

As reservas de níquel conhecidas mundialmente giram em torno de 67 milhões de toneladas de metal contido. Em sua maioria são representadas por minérios oxidados.

As principais reservas, em milhões de toneladas, localizam-se em: Cuba (16), Nova Caledônia (15), Canadá (9), U.R.S.S. (9), Indonésia (7), Filipinas (4), Austrália (0,9), Guatemala (0,9) e República Dominicana (0,7).

As reservas de minério sulfetado, em especial a pentlandita, provavelmente esgotar-se-ão dentro de trinta ou quarenta anos. O minério oxidado está assumindo uma posição de maior importância. Segundo estimativas feitas, até 1980 cerca de 70% do níquel então produzido deverá ser derivado de minério oxidado.

1.5. PREÇOS

O preço do níquel sofreu um aumento gradativo desde 1965 e atingiu o auge em novembro de 1969 no mercado não oficial, devido, principalmente, às greves nas usinas do Canadá.

Em 1970 os preços mantiveram-se bem altos com a cotação máxima a 135 cents/libra, no mercado americano não oficial. A normalização do ritmo nas minas canadenses fez com que as cotações voltassem ao estabelecido pelo mercado oficial, nos primeiros meses de 1971.

As cotações mensais do níquel em New York durante 1969, 1970 e 1971 foram as seguintes:

COTAÇÃO DO NÍQUEL METÁLICO NO MERCADO MUNDIAL

MESES	1969	1970	1971
	CENTS/LIBRA	CENTS/LIBRA	CENTS/LIBRA
JANEIRO	105,00	128,00	133,00
FEVEREIRO	104,00	128,00	133,00
MARÇO	103,00	128,00	133,00
ABRIL	102,00	128,00	133,00
MAIO	103,00	128,00	133,00
JUNHO	103,00	128,00	133,00
JULHO	103,00	128,00	133,00
AGOSTO	103,00	128,00	133,00
SETEMBRO	103,00	128,00	133,00
OUTUBRO	103,00	129,00	133,00
NOVEMBRO	109,00	133,00	133,00
DEZEMBRO	128,00	133,00	133,00
MÉDIA ANUAL	105,79	128,98	133,00

1.6. PERSPECTIVAS

Em geral, as empresas da indústria do níquel têm grandes planos de expansão a curto prazo.

A International Nickel Co. of Canada, com seus planos de expansão visando atingir 19 usinas, poderá produzir



790 milhões de libras em 1975, quando no ano passado deve ter atingido 550 milhões de libras.

A Société Le Nickel também tem planos de expansão e sua produção em 1975 deverá ser de aproximadamente 350 milhões de libras.

A Falconbridge deverá produzir em 1975 cerca de 250 milhões de libras.

Somando-se todos os projetos de crescimento de capacidade de produção das diversas empresas, pode-se esperar que até o ano 2.000 duplique a oferta mundial de níquel.

O problema do níquel está intimamente ligado ao problema da indústria siderúrgica, uma vez que o níquel é o maior componente na produção de aços especiais.

A recessão da indústria siderúrgica no Japão abalou o mercado do níquel, pois a indústria japonesa tem cancelado pedidos e solicitado redução nos preços anteriormente estipulados.

O Canadá, por sua vez, também sofre um recesso na indústria dos metais em geral, e do níquel em particular.

As companhias produtoras prevêem para este ano uma recuperação, tendo em vista o final da crise na indústria siderúrgica.

O níquel tem um mercado promissor devido a seus variados campos de aplicação, estimando-se um mercado estável até meados da década de 70.

2. NÍQUEL NO BRASIL

No ano de 1967 a produção de Fe-Ni no Brasil atingiu 4.561t com 1.100t de Ni contido. No ano seguinte verificou-se uma queda, sendo a produção do ano 3.780t com 926t de

níquel contido.

A julgar pelo comportamento verificado nestes últimos anos, é de se prever um constante aumento no consumo de níquel metálico e um conseqüente aumento nas importações que, somente no triênio 1968-1970, somaram 367,5t num valor de US\$13.520.200, enquanto no triênio 1965-1967 as importações foram de 2.281,3t num valor de US\$5.899.800.

Desde o ano de 1965 o preço do níquel no mercado internacional vinha sofrendo um aumento gradativo para atingir seu auge em novembro de 1969.

Em 1969 o Brasil aumentou sua produção de Fe-Ni produzindo 1.400t de Ni contido, aumentando mais no ano de 1970 quando chegou a produzir 2.780t de níquel contido em liga, aproveitando o "boom" internacional dos preços deste metal.

A "Morro do Níquel S.A." com sua usina de metalurgia em Pratápolis-MG, é a responsável pela quase totalidade da produção de Fe-Ni do país.

O restante é produzido pela Cia. Nickel do Brasil que industrializa o minério da jazida de Liberdade (MG).

A produção brasileira de Fe-Ni é suficiente para abastecer nosso consumo interno, havendo anualmente excesso exportável.

Nos anos de 1969 e 1970 as exportações superaram o consumo interno. No último destes anos, as vendas, expressas em termos de níquel contido, atingiram 850t. no mercado doméstico e 1.940t no mercado externo.

Enquanto existe excesso na produção de liga Fe-Ni, há carência de níquel metálico, e nossas importações são deste produto.

Estudos levados a efeito pela "Morro do Níquel S.A." mostram que a fabricação de níquel puro e de sais de ní

NÍQUEL - PRODUÇÃO, EXPORTAÇÃO E IMPORTAÇÃO

1966-1970

ANOS	PRODUÇÃO (Níquel contido em Fe-Ni) TONELADAS	IMPORTAÇÃO		EXPORTAÇÃO (Níquel contido no Fe-Ni)	
		TONELADAS	US\$	TONELADAS	US\$
1966	1.007,59	878,83	2.070.742	267,37	554.440
1967	1.120,06	840,31	2.476.359	677,20	2.016.100
1968	926,41	1.242,19	3.889.211	397,23	1.427.514
1969	1.404,00	1.007,08	3.509.444	671,62	2.871.361
1970	2.784,29	1.422,27	6.121.567	1.934,22	7.114.020

In: "Contribuição da Prod. Mineral Brasileira no Produto Interno Bruto - Situação dos não ferrosos" - 1º Simposium de Mineração. Recife, 1971.



CPRM

46

que, só é viável, economicamente, para uma produção a partir de um mínimo de 3.000t por ano, valor este superior às necessidades atuais do mercado nacional. (Ver quadro página anterior).

3. CONCLUSÕES

A conclusão final do estudo de viabilidade econômica do jazimento de níquel do Morro do Engenho, contemplando a integração atualizada de todos os parâmetros abordados neste capítulo e os resultados dos ensaios de beneficiamento que serão procedidos em amostras representativas do minério da região, será apresentada em julho de 1973, quando forem submetidos à consideração do Departamento Nacional da Produção Mineral os Relatórios de Pesquisa das áreas 7, 8 e 9, ocasião em que estará disponível o cálculo da reserva global do jazimento, elemento fundamental para a definição da exequibilidade do aproveitamento econômico da reserva bloqueada.

Rio de Janeiro, de setembro de 1972

Francisco Moacyr de Vasconcellos.

Eng^o de Minas e Civil

CREA nº 526 - D - 2ª Região

XI - BIBLIOGRAFIA

1. ALVES, B.P. - Distrito Nióbio - Titanífero de Tapira. Div. Fom. Prod. Min., Rio de Janeiro, B. 108, 1960, 48 p.
2. BENSON, W.T. - Pine Flat and Diamond Flat Nickel-Bearing Laterite Deposits, Del Norte Country, Calif. Bureau of Mines, U.S. Dept. of Interior, RI 6206, 1963, 19p.
3. BOLDT, Jr. J. - The Winning of Nickel - Ed. Techn. Paul Queneau. Princetown, New Jersey, Van Nostrand, 1966, 487 p.
4. BONNIVARD, G. - Réduction Sélective des Minerais de Nickel. IXème Congrès International de Mineralurgie, Praga, 1970, 47 p.
5. DAYTON, S.H. - Nickel. Eng. Min. Jour., New York, mar. 1972, p. 183-185.
6. HEIDENREICH, W.L. & REYNOLDS, B.M. - Nickel - Cobalt - Iron Bearing Deposits in Puerto Rico. Bureau of Mines, U.S. Dept. of Interior, RI 5532, 1959, 68 p.
7. HEINRICH, E.W. - The Geology of Carbonatites. Chicago, Rand Mc Nally, 1966, p. 11-48.
8. HOTZ, P.E. - Nickeliferous Laterites in Southwestern Oregon and Northwestern California. Econ. Geol., B.



CPRM

48

59 (3) : 355-396, 1964.

9. HUNDHAUSEN, R.J. et alii - Preliminary investigation of the Red Flats Nickel Deposits Curry Country, OREG. Bureau of Mines, U.S. Dept. of Interior, RI 5072, 1954, 19 p.
10. KING, L.C. - A geomorfologia do Brasil Oriental. R. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, 18 (2) : abr./jun., 1956.
11. KITAIKI, E. - Minerales utiles y su prospeccion. Editorial Paz, Moscou, URSS. 237 p.
12. LAHEE, F.H. - Field Geology. Tokyo, Kogakusha, 1959, 926 p. il.
13. LANGER, E. - Produção e aplicação do ferro-níquel no Brasil. XIX Cong. Ass. Bras. Met., São Paulo, 1964, 19 p.
14. LEONARDOS, O.H. - Carbonatitos com Apatita e Pirocloro. Div. Fom. Prod. Min., Rio de Janeiro, Av. 80, 1956, 30 p.
15. LESSA SOBRINHO, M. e ANDRADE, R. S. de - DNPM, Relat. int. Relatório do Projeto Jussara - 1972, 86 p., il.
16. MAIA, J. - Curso de Lavra de Minas. Esc. Min. Ouro Preto, 2 v., 1965, 238 p.
17. MELCHER, G.C. e COUTINHO, J.M.V. - Rochas Alcalinas e Car



- bonatito de Anitápolis, Estado de Santa Catarina. Soc. Bras. Geol., São Paulo, B. 15 (1): 1-93, 1966.
18. ROUTHIER, P. - Les Gisements Métallifères. Geologie et Principes de Recherche. Paris, Masson, 1963, 1282 p. 2 v., il.
19. SILVA, U.R. - Contribuição da Produção Mineral Brasileira no Produto Interno Bruto: Situação dos não metálicos. 1º Simp. Min., Recife, 1971, p. 27-29.
20. TUTTLE, O.F.S. e GETTINS, F. - Carbonatites. New York, Interscience, Publishers 1966, 275 p., il.
21. WILLIAMS, H. et alii - An Introduction to the Study of Rocks in thin Sections. San Francisco, W.H. Freeman, 1954.



FOTO Nº 1

Sondagem.

FOTO Nº 2

Sondagem - Detalhe.





FOTO Nº 3

Prospecção geoquímica com auxílio de trado motorizado.

FOTO Nº 4

Abertura de picadas.





FOTO Nº 5

Poço executado. Cercado por medida de proteção.

FOTO Nº 6

Aspecto da abertura de poços sem escoramento com auxílio de um sarilho.

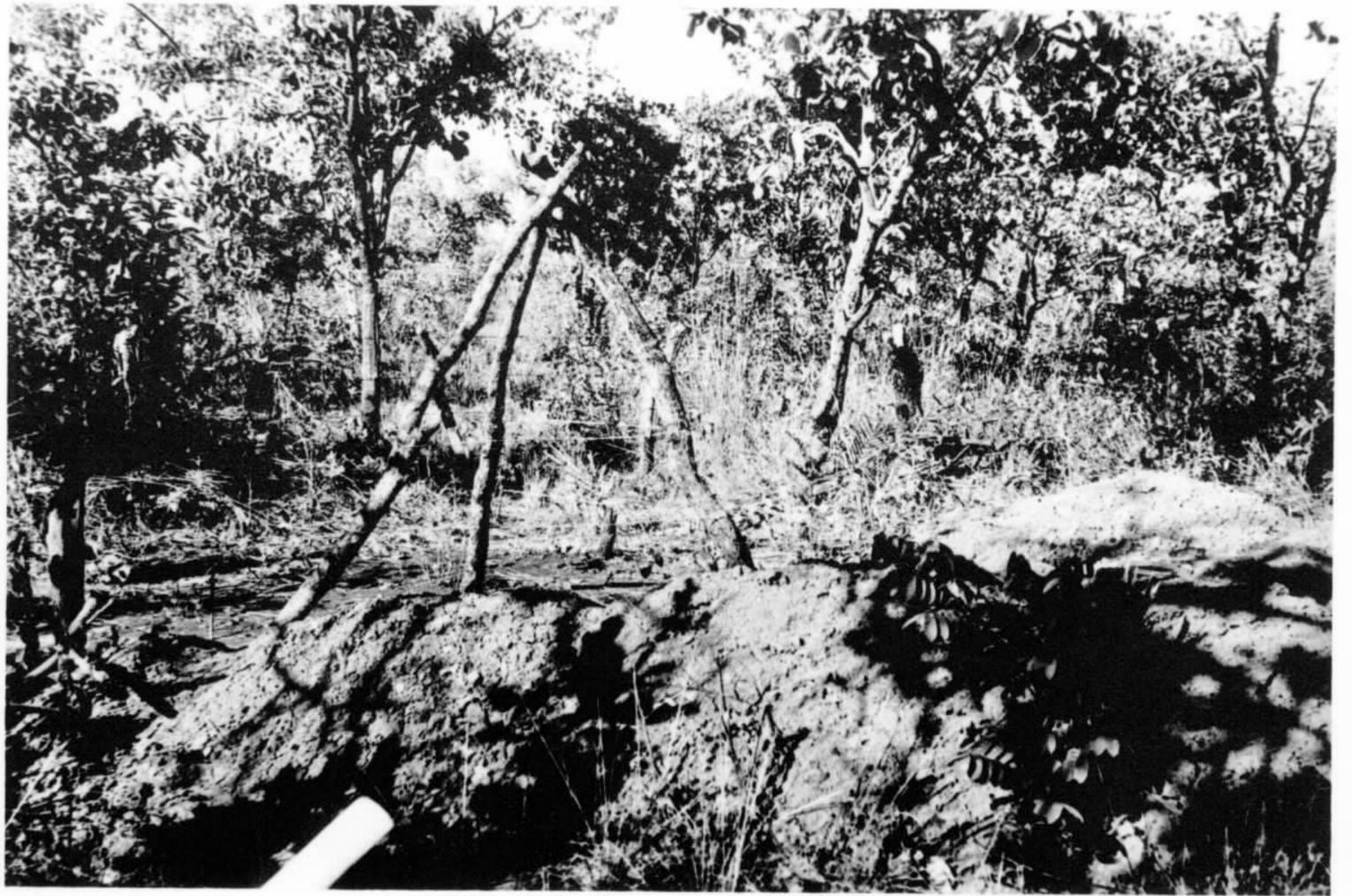




FOTO Nº 7

Vista aérea do acampamento da CPRM na região do Morro do Engenho.

FOTO Nº 8

Prospecção nas encostas - Cachimbo.





CPRM

FOTO Nº 9

Vista geral do Acampamento.

FOTO Nº 10

Vista geral do Acampamento.





CPRM

FOTO Nº 11

Campo de pouso.

FOTO Nº 12

Descrição de testemunhos de sondagem.





FOTO Nº 13

Abertura de picadas com auxílio de equipamento motori
zado.

FOTO Nº 14

Alfabetização dos braçais





FOTO Nº 15

Acampamento: em primeiro plano, casa e escritório dos técnicos.

FOTO Nº 16

Acampamento: em segundo plano, alojamento dos braçais.





FOTO Nº 17

Vista aérea do maciço do Morro do Engenho tendo ao fun
do a elevação menor.

FOTO Nº 18

Vista aérea do maciço do Morro do Engenho. Em primeiro
plano a elevação maior.



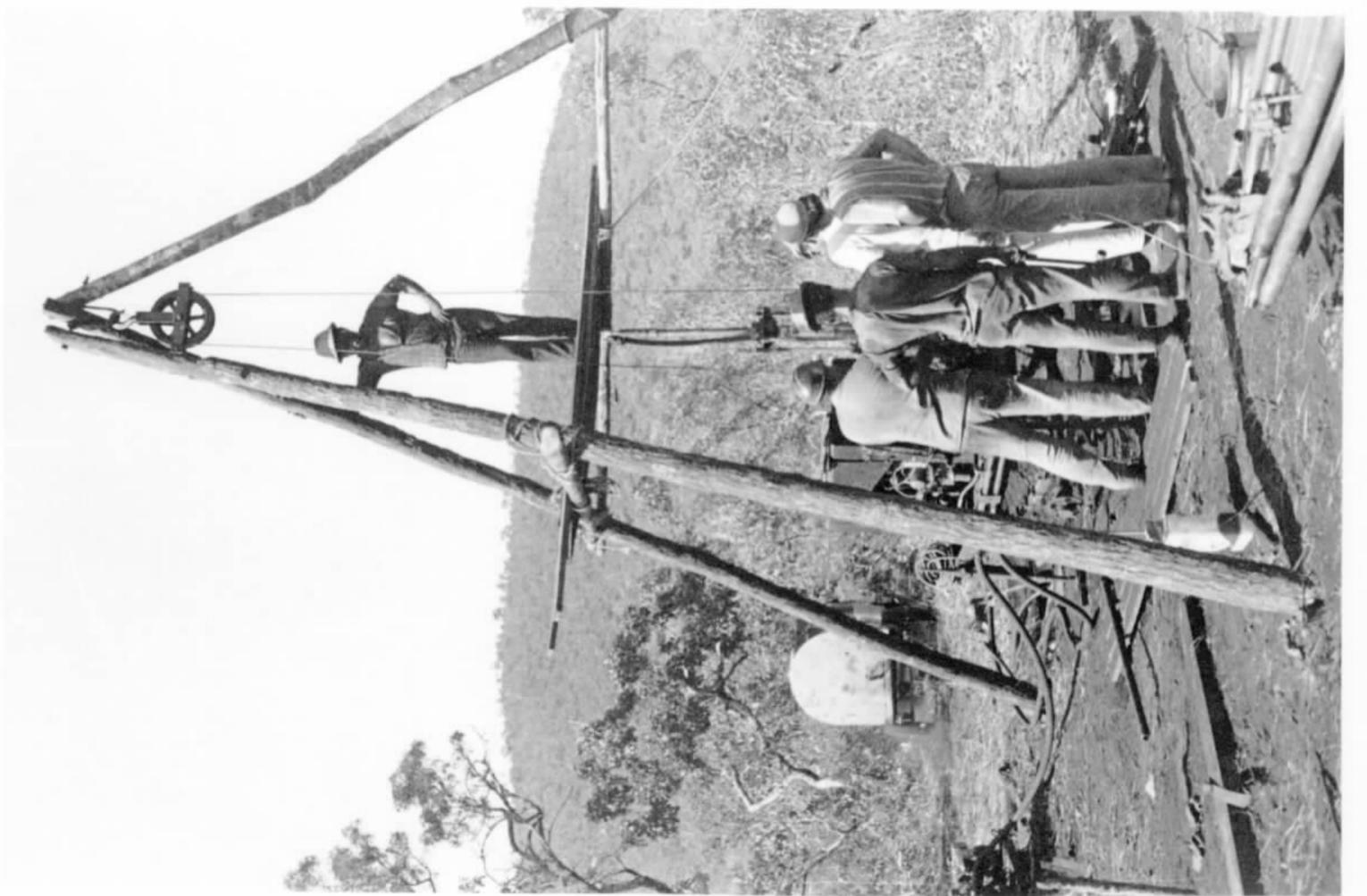
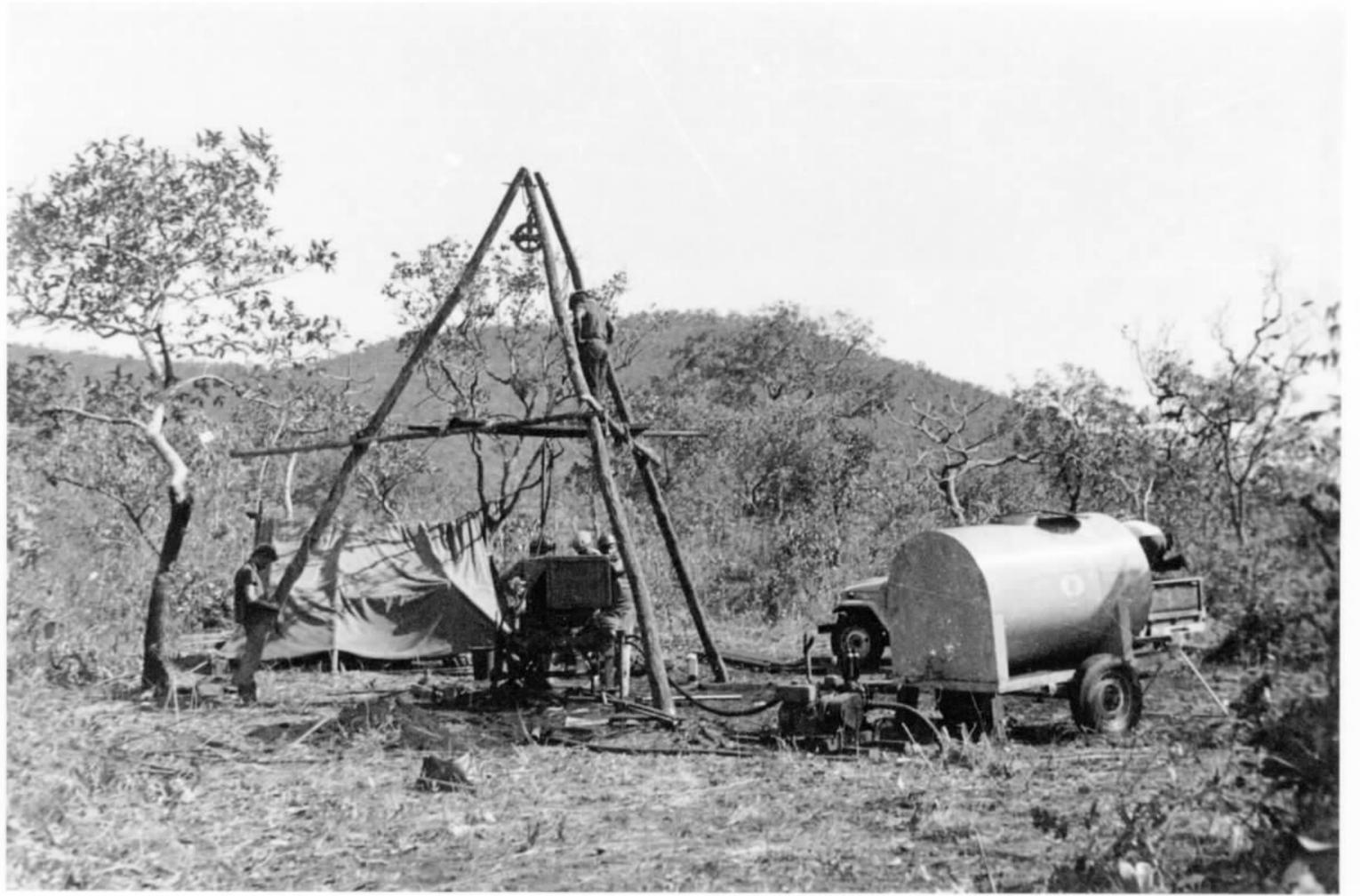


FOTO Nº 19

Aspectos da sondagem.

FOTO Nº 20

Aspectos da sondagem.



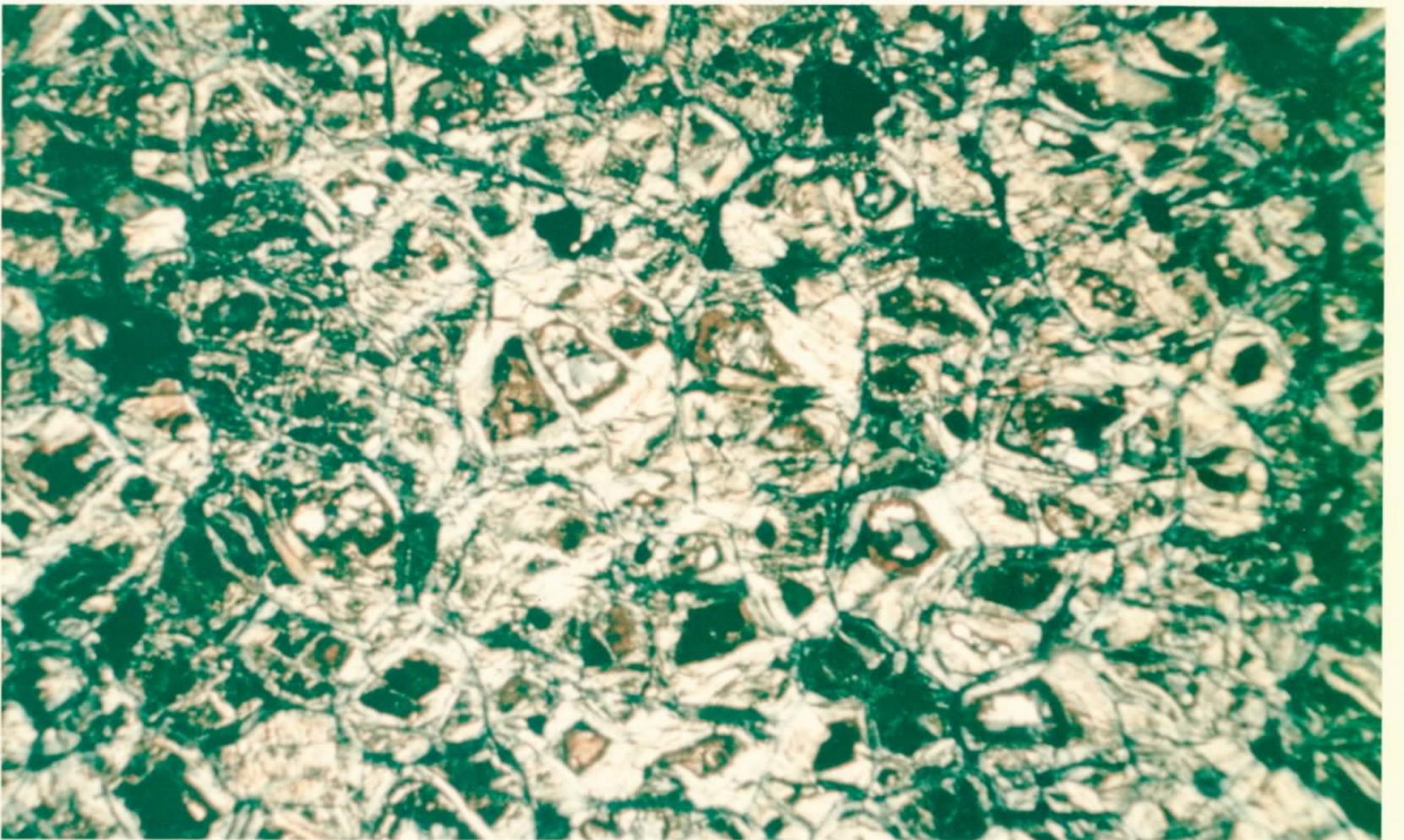
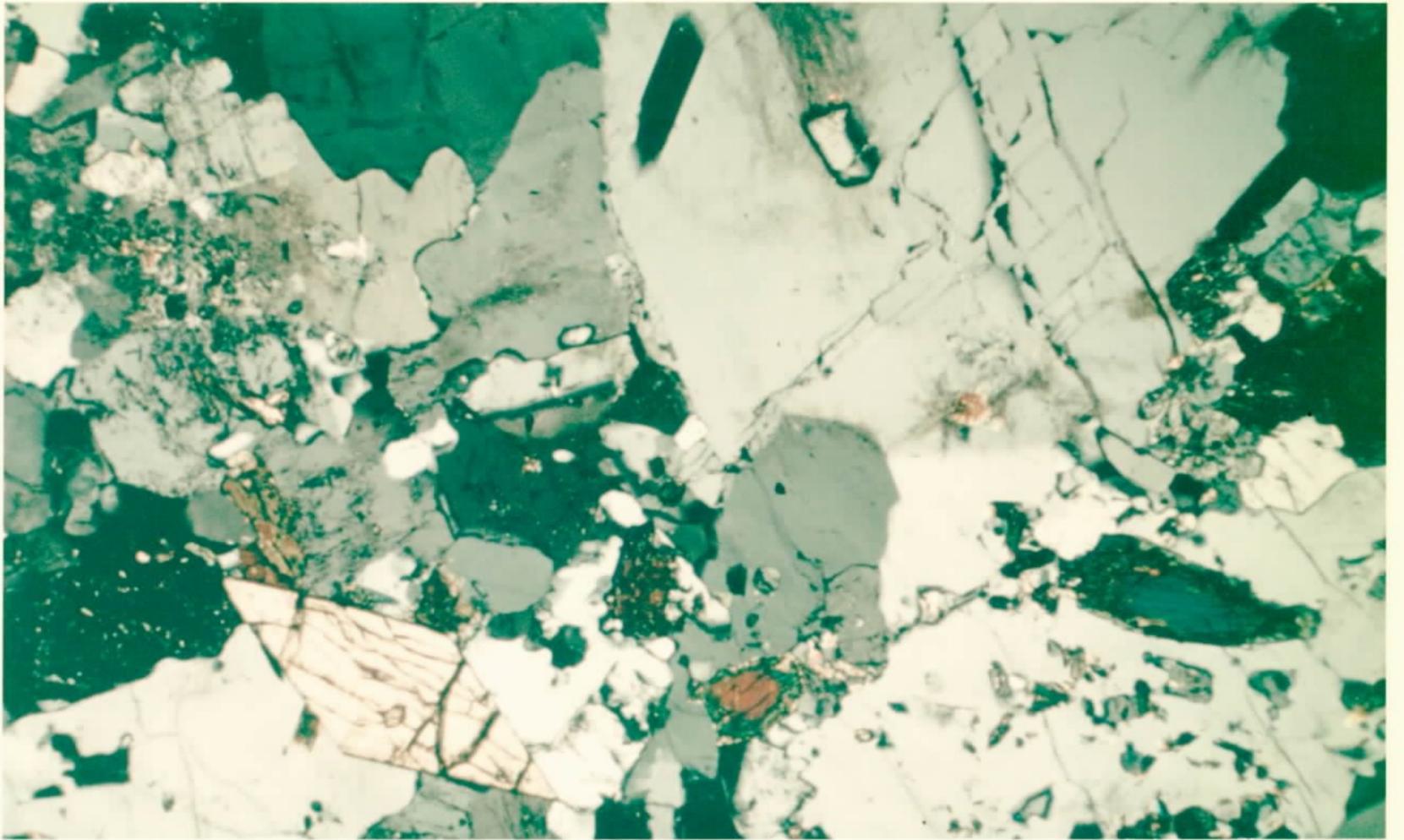


MICROFOTO Nº 1

Sienito nefelínico, observando-se cristais de nefelina, feldspato potássico, aegerina zonada, esfeno.
LP X 10.

MICROFOTO Nº 2

Serpentinito com textura típica, observando-se ainda calcedônea ao centro. LP X 4.



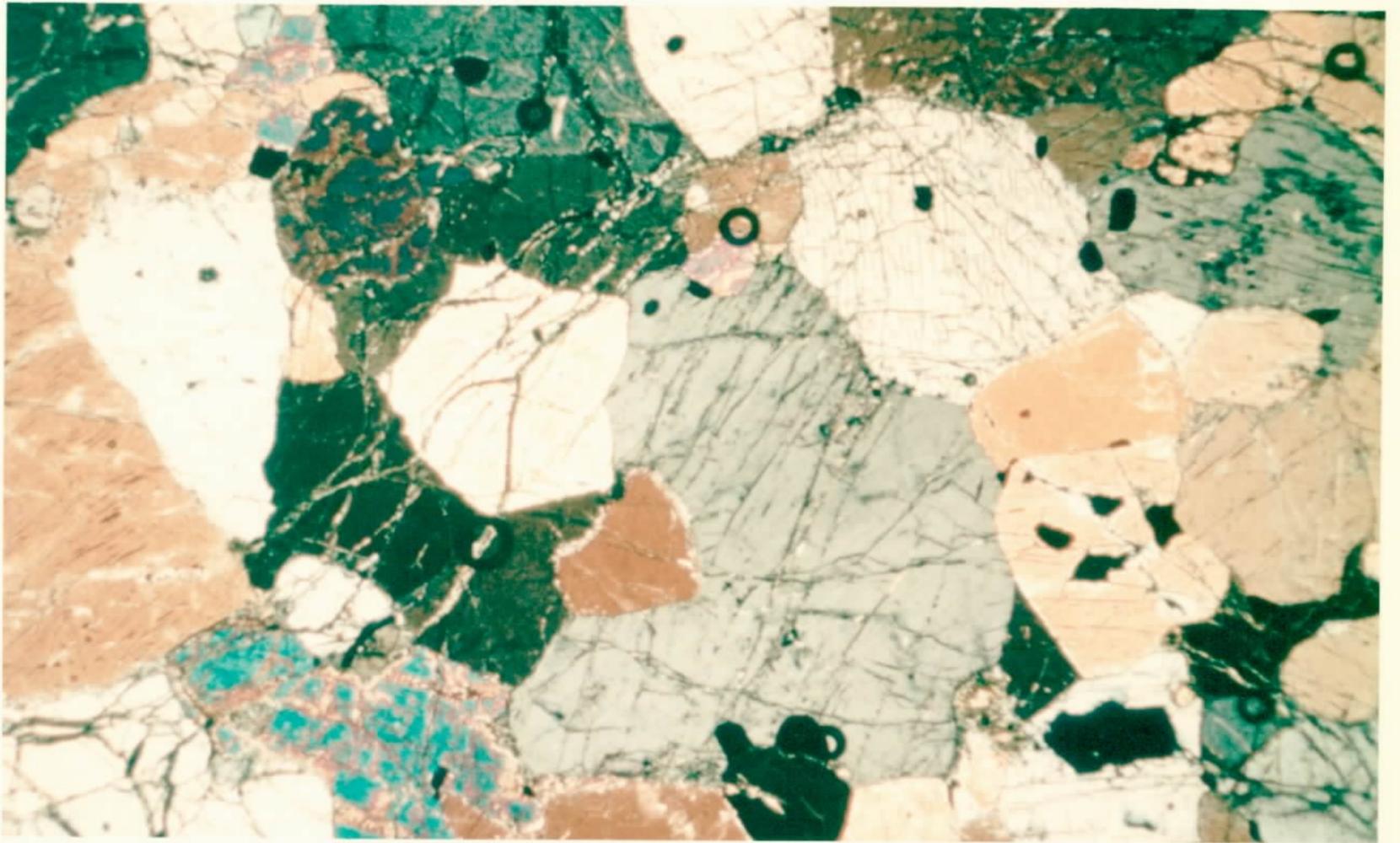
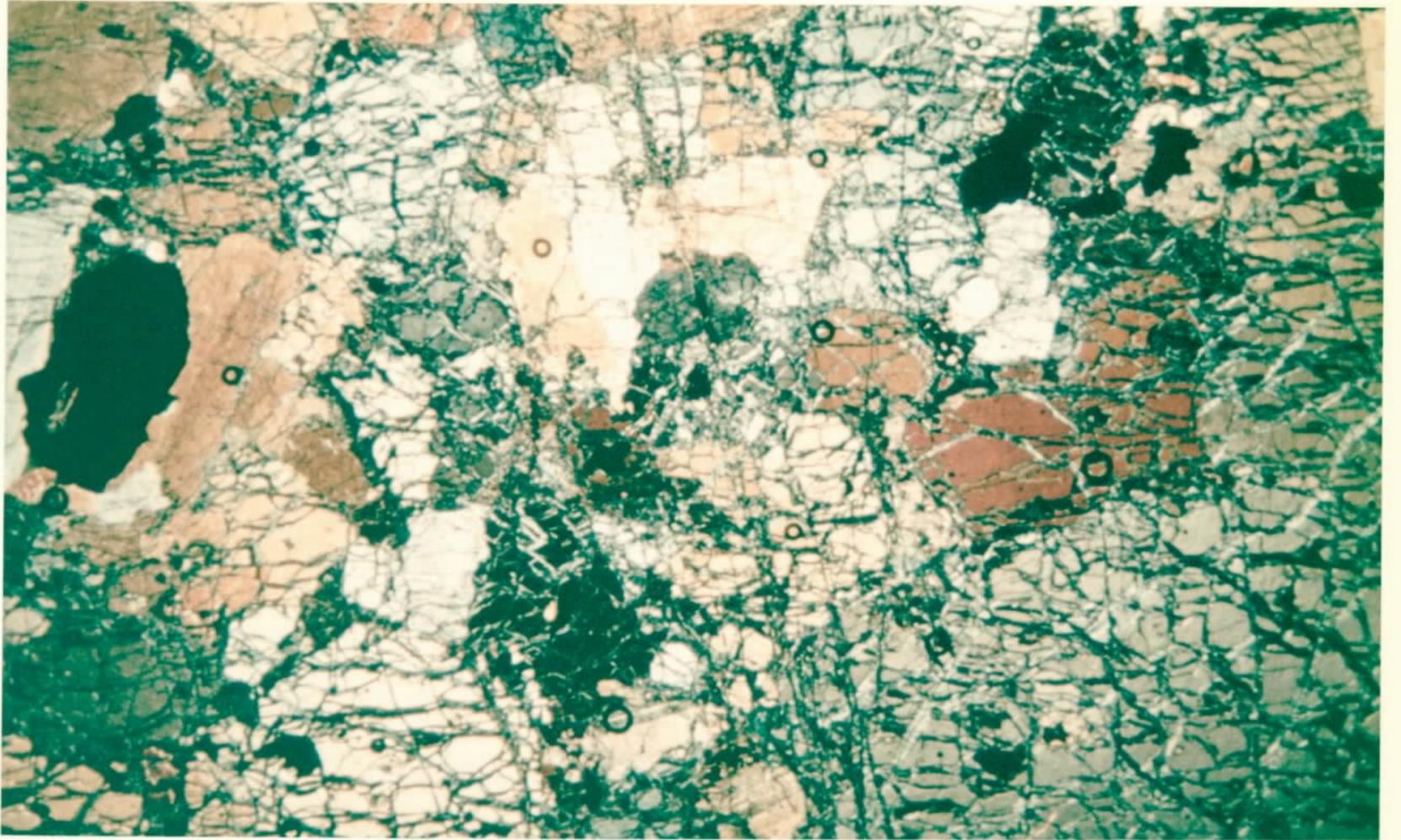


MICROFOTO Nº 3

Peridotito com início de serpentinização. LP X 4.

MICROFOTO Nº 4

Piroxenito. LP X 10.



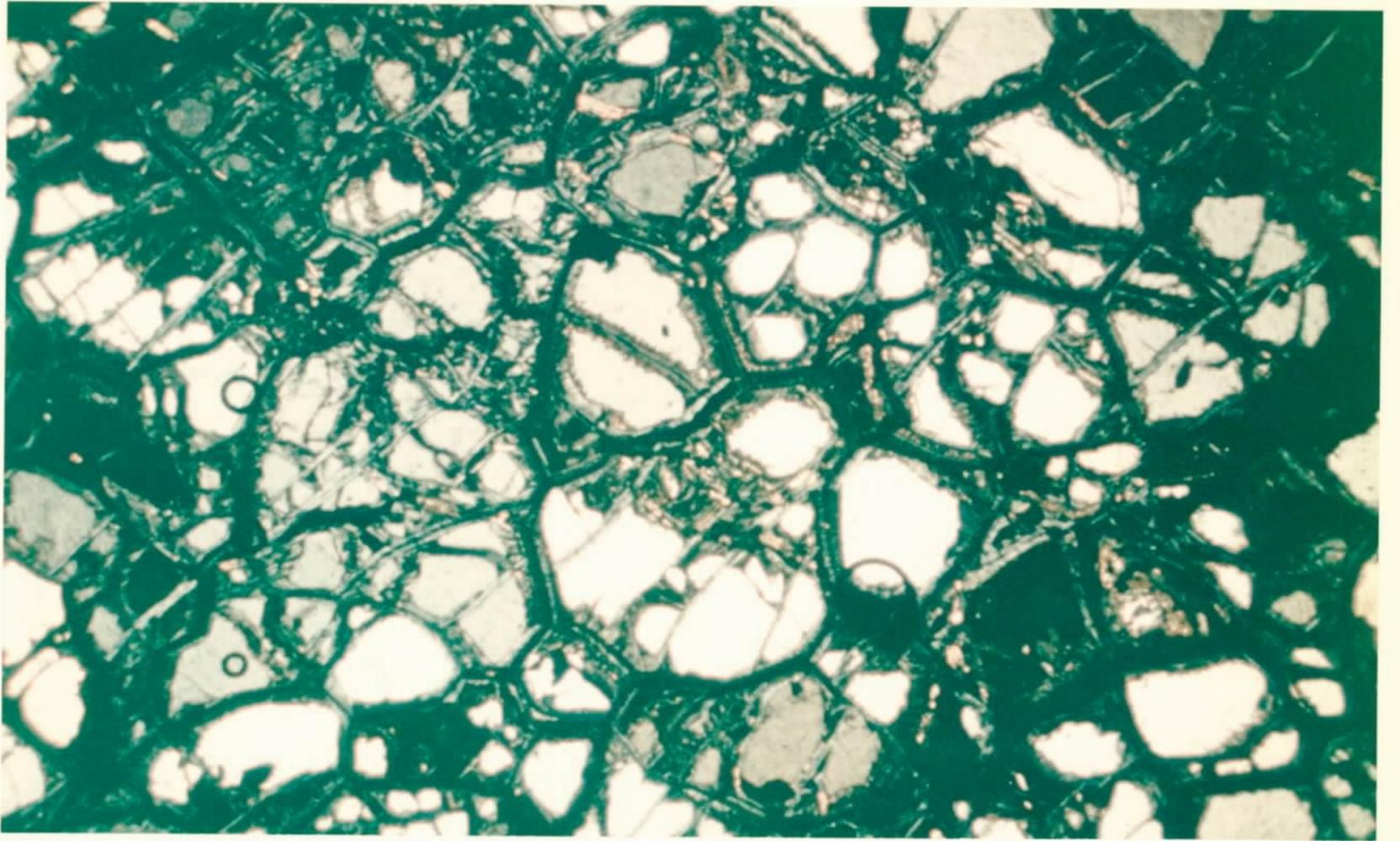


MICROFOTO Nº 5

Dunito, parcialmente serpentizado. LP X 10.

MICROFOTO Nº 6

Peridotito serpentizado recortado por veios de car
bonato. LP X 10.





MICROFOTO Nº 7

Sienito nefelínico, observando-se cristais de geaneti
ta euédricos. LP X 10.

MICROFOTO Nº 8

Microgabro alcalino. LP X 10.

