



COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS

PROJETO MORRO DO ENGENHO

RELATÓRIO ÚNICO DE PESQUISA DE NÍQUEL
REALIZADA NOS MUNICÍPIOS DE
MONTES CLAROS DE GOIÁS E JUSSARA
ESTADO DE GOIÁS


VOLUME I

TEXTO E APÊNDICE

**DIRETORIA DE OPERAÇÕES
AGÊNCIA GOIÂNIA**

1975

PHL
008088
2006

 CPRM	F. 96	SUREMI SEDOTE
ARQUIVO TÉCNICO		
Relatório n.º	249-5	
N.º de Volumes:	16	v.: 1
.....		

PROJETO MORRO DO ENGENHO

RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA

ÍNDICE DOS VOLUMES

VOLUME	I	-	TEXTO E APÊNDICE
VOLUME	II	-	TABELAS DE CUBAGEM
VOLUME	III	-	RELATÓRIO DOS ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO
VOLUME	IV	-	MAPAS
VOLUME	V	-	SEÇÕES GEOLÓGICAS
VOLUME	VI	-	TABELAS DE ANÁLISE
VOLUME	VII	-	BOLETINS DE ANÁLISE
VOLUME	VIII	-	BOLETINS DE DESCRIÇÃO DE POÇOS
VOLS.	IX a XVI	-	BOLETINS DE SONDAÇÃO

A P R E S E N T A Ç Ã O

Dando cumprimento ao que estabelece o ítem VIII do Artº. 25 do Regulamento do Código de Mineração, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM - vem submeter à consideração do Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM - o Relatório Global de Pesquisa de Níquel, relativo às nove áreas outorgadas à CPRM na região do Morro do Engenho, no Estado de Goiás.

Este Relatório compreende os resultados parciais constantes do relatório das áreas 1 a 6, encaminhado ao DNPM em setembro de 1972 e os dados das áreas 7 a 9, considerando que, após a entrega do primeiro relatório citado, continuaram os trabalhos de pesquisa no local, e novos dados foram obtidos e conseqüentemente algumas modificações foram introduzidas naqueles apresentados para as áreas mineralizadas 4, 5 e 6.

Os trabalhos de campo estiveram a cargo dos geólogos Nelson Chaban (Chefe do Projeto), Juarez Fontana dos Santos e Armando Teruo Takahashi, e do engenheiro de minas José Andrade de Oliveira. A orientação do Projeto foi realizada pelos geólogos Carlos Oiti Berbert, Chefe da Divisão de Recursos Minerais, Jorge Alberto Triguís e Antônio Gomes de Araújo (Assistentes da DRM), sendo Agente o geólogo Luiz Antônio Gravatá Galvão.

A supervisão esteve a cargo da Diretoria de Operações, inicialmente através do engenheiro de minas e civil Francisco Moacyr de Vasconcelos, posteriormente, do engenheiro de minas e civil João Batista de Vasconcelos Dias.

RESUMO

A área do Projeto Morro do Engenho situa-se nos municípios de Montes Claros de Goiás e Jussara, no sudoeste do Estado de Goiás. Encaixada no planalto central, a região é tipificada pelo clima Aw de Köppen, com uma rede hidrográfica pertencendo à Bacia Amazônica, pela vegetação do tipo cerrado, sua pecuária primitiva e lavoura de subsistência.

Regionalmente, sobrepostos ao Complexo Basal, ocorrem xistos, mármore, quartzitos, intrusões graníticas e ultrabásicas do Grupo Araxá, sedimentos do Grupo Paraná e intrusivas alcalinas do Grupo Iporá.

A jazida é do tipo laterítico, associada a rochas ultrabásicas.

Foram cubadas reservas de minério de níquel da ordem de 11.956.517 t para reserva medida, 6.056.097 t para reserva indicada e 263.525 t para a reserva inferida, perfazendo um total de 18.276.139 t com teor médio de 1,325% de Ni e relação de mineração 1,491 m³/t.

Se fosse considerado um "cut-off" de 0,80% de Ni, utilizado em muitas partes do mundo, as reservas seriam de 26.767.753 t para reserva medida, 10.658.134 t para reserva indicada e 1.200.150 t para reserva inferida, perfazendo um total de 38.626.037 t com teor médio de 1,103% de Ni e relação de mineração 0,848 m³/t.

Segundo as conclusões do Centro Técnico Aeroespacial, a extração de níquel pelo processo de lixiviação amoniacal é a mais viável. A obtenção de liga Fe - Ni poderia ser considerada; porém, tendo-se em vista o baixo teor de níquel contido no minério, torna-se algo onerosa.

Para uma usina com capacidade de produção de 10.000 t/ano de níquel terão de ser extraídas 950.000 t/ano de minério, sendo a lavra rentável conforme demonstrada no capítulo exequibilidade econômica de lavra.

S U M Á R I O

	Pág.
APRESENTAÇÃO.....	I
RESUMO.....	II
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Histórico.....	1
1.2 Reconhecimento da Área.....	1
1.3 Situação Legal.....	2
2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS.....	4
2.1 Localização e Vias de Acesso.....	4
2.2 Geomorfologia.....	5
2.3 Clima.....	5
2.4 Hidrografia.....	6
2.5 Vegetação.....	6
2.6 Infra-Estrutura Sócio-Econômica.....	7
3. GEOLOGIA REGIONAL.....	8
4. GEOLOGIA LOCAL.....	9
4.1 Aspectos Gerais.....	9
4.2 Rochas Encaixantes - Formação Furnas.....	9
4.3 Maciço Ultramáfico/Alcalino.....	11
4.3.1 Núcleo - Rochas Duníticas.....	11
4.3.2 Zona Peridotito - Piroxenítica.....	12
4.3.3 Zona Gábrico - Alcalina.....	13
4.3.4 Zona Sienito-Nefelínica.....	14
4.3.5 Rochas Filoneanas.....	15
4.4 Rochas de Cobertura.....	16

	Pág.	
4.4.1	Caapeamento Silicificado.....	16
4.4.2	Lateritos.....	17
4.4.3	Aluviões.....	17
4.5	Origem da Mineralização.....	18
4.5.1	Comentários Acerca da Concentração de Níquel em Depósitos Lateríticos.....	18
4.5.2	Mineralização na Área do Projeto Morro do Engenho.....	19
4.5.3	Hipóteses Sobre a Concentração de Níquel na Área do Morro do Engenho.....	21
5.	TRABALHOS DE PROSPECÇÃO.....	24
5.1	Prospecção Geoquímica.....	24
6.	TRABALHOS DE PESQUISA.....	25
6.1	Trabalhos de Topografia.....	25
6.2	Poços de Exploração.....	26
6.2.1	Poços sem Escoramento.....	26
6.2.2	Poços com Escoramento.....	27
6.3	Cachimbos.....	28
6.4	Sondagens.....	29
6.5	Amostragem.....	30
7.	CÁLCULO DE RESERVAS.....	31
7.1	Introdução.....	31
7.2	Cálculo da Densidade.....	32
7.2.1	Densidade do Minério "In Situ".....	32
7.2.2	Umidade.....	33
7.2.3	Densidade do Minério Seco.....	34
7.3	Técnica de Análises.....	36
7.3.1	Introdução.....	36
7.3.2	Análises Químicas por Raios X.....	36

7.3.2.1	Método Semiquantitativo	37
7.3.2.2	Método Quantitativo	38
7.3.3	Análises Estatísticas	40
7.4	Método de Cubagem	47
7.4.1	Considerações Gerais	47
7.4.2	Reserva Medida	55
7.4.3	Reserva Indicada	56
7.4.4	Reserva Inferida	56
7.4.5	Tabulação das Reservas	57
8.	ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO	63
8.1	Introdução	63
8.2	Fusão a Ferro-níquel	63
8.3	Redução	63
8.4	Lixiviação com Ácido Sulfúrico	64
8.5	Lixiviação com Amônia	65
8.6	Lixiviação com Cloro	65
8.7	Segregação	65
8.8	Conclusões	66
9.	EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA	67
9.1	Introdução	67
9.2	Descrição das Operações de Lavra	67
9.3	Dimensionamento do Equipamento	68
9.4	Investimento Inicial	69
9.5	Custos Anuais	70
9.6	Estimativa da Receita Total da Lavra	71
9.7	Rentabilidade	71

10. CONCLUSÕES 72

11. BIBLIOGRAFIA 73

ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Mapa de Localização
- Figura 2 - Tipos de Clima
- Figura 3 - Redes de Drenagem e Bacias Fluviais
- Figura 4 - Formações Vegetais
- Figura 5 - Coluna Estratigráfica
- Figura 6 - Mapa Geológico Regional
- Figura 7 - Perfís Esquemáticos da Zona Mineralizada
- Figura 8 - Perfil do Quadro de Guia e Quadro de Proteção
- Figura 9 - Seção Transversal do Quadro de Guia
- Figura 10 - Esquema dos Limites das Reservas

APÊNDICE

Documentação Fotográfica

ANEXOS

- ANEXO I - Mapa Topográfico
- ANEXO II - Mapa Geológico de Superfície
- ANEXO III - Mapa Geológico de Subsuperfície
- Anexo IV - Mapa de Isópacas de Cobertura e da Área Mineralizada com Teores 0,80% Ni
- ANEXO V - Mapa de Curvas de Isoteores de Geoquímica
- ANEXO VI - Mapa de Cubagem - Cut-Off 0,80% Ni
- ANEXO VII - Mapa de Cubagem - Cut-Off 1,10% Ni
- ANEXO VIII - Seções Geológicas
- ANEXO IX - Relatório do CTA
- ANEXO X - Relação Geral dos Trabalhos de Pesquisa
- ANEXO XI - Tabelas de Análises de Poços
- ANEXO XII - Tabelas de Análises de Testemunhos de Sondagem
- ANEXO XIII - Boletins de Análises
- ANEXO XIV - Boletins de Descrição de Poço
- ANEXO XV - Boletins de Descrição de Furo de Sondagem
- ANEXO XVI - Tabelas de Cubagem

- INTRODUÇÃO

1.1 - 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.

1.2 - Reconhecimento da Área

O reconhecimento aéreo e terrestre foi feito ainda no primeiro semestre do ano de 1970 pelos chefes da recém-criada CPRM e pelos geólogos Berbert, Cuadros e 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.

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.

1.3 - Situação Legal

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 pedidos de pesquisa englobam nove áreas contíguas de 1.000 hectares cada. As áreas 3 e 9 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.

No quadro abaixo, estão relacionadas as áreas com 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>	<u>AVERBAÇÃO</u>
1	633	23.09.70	804.752	Nióbio	Não averbada
2	634	23.09.70	804.753	Nióbio	Não averbada
3	632	23.09.70	804.751	Nióbio	Níquel
4	637	23.09.70	804.868	Fosfato	Níquel
5	635	23.09.70	804.866	Fosfato	Níquel
6	636	23.09.70	804.867	Fosfato	Níquel
7	586	12.07.71	804.880	Titânio	Níquel
	1186	09.09.71			
	56	22.02.73			
8	537	12.07.71	804.881	Titânio	Níquel
	57	22.02.73			
9	588	12.07.71	804.882	Titânio	Não averbada
	58	22.02.73			

Os resultados das análises das amostras de geoquímica indicaram baixos valores para os minerais pedidos, mas valores apreciáveis para níquel. 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.

2 - ASPECTOS GEOGRÁFICOS

2.1 - 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 patrol, até o acampamento do Projeto (382km). (Fig. 1).

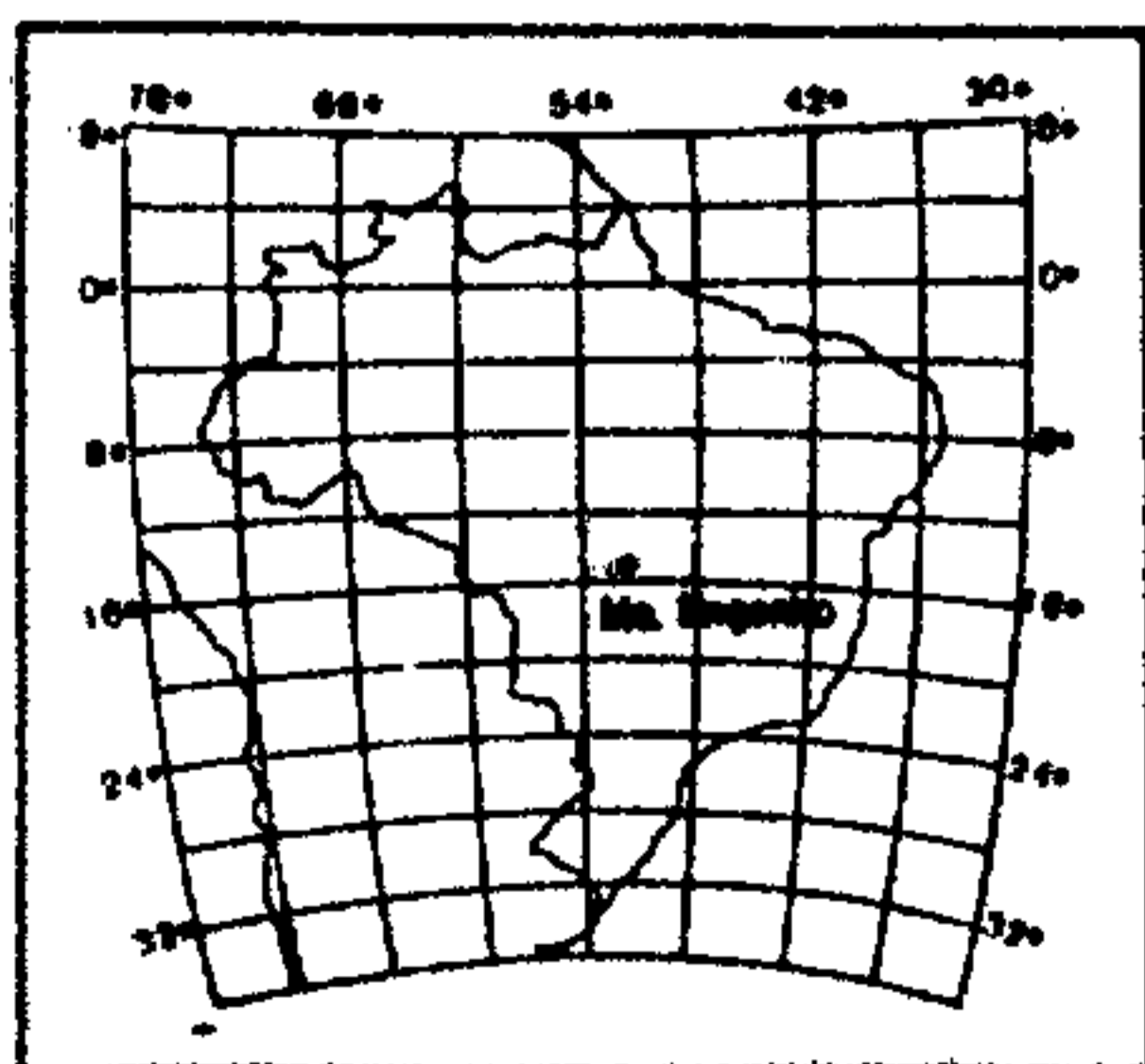
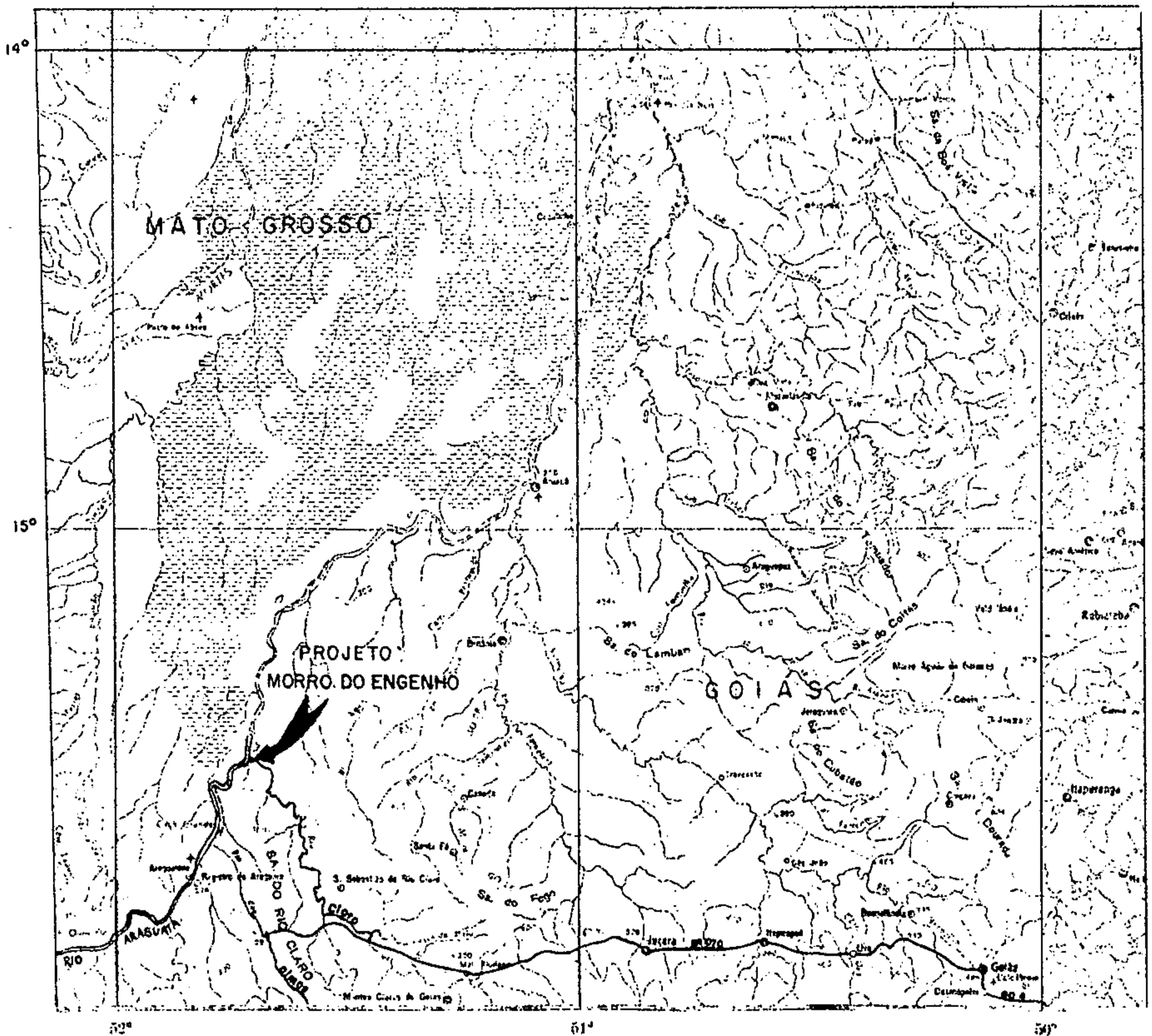
Na área do Projeto foram abertos 17km de estradas com o auxílio de um trator de esteiras Caterpillar D-5. Essas vias de circulação foram posteriormente patroladas.


Foi aberta uma pista de pouso com 1.100m de comprimento e 50m de largura, que permite o pouso de aviões bimotores 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 Governo Federal.




Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
Diretoria de Operações
Agência Goiás

PROJETO MORRO DO ENGENHO
PESQUISA DE NÍQUEL EM GOIÁS
MAPA DE LOCALIZAÇÃO

ESCALA
 0 10 20 30 40 50 Km

Figura	Fonte
1	CPRM - Departamento de Geologia

2.2 - 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 ultrapassam a cota de 160m acima do nível-base regional dita do 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.

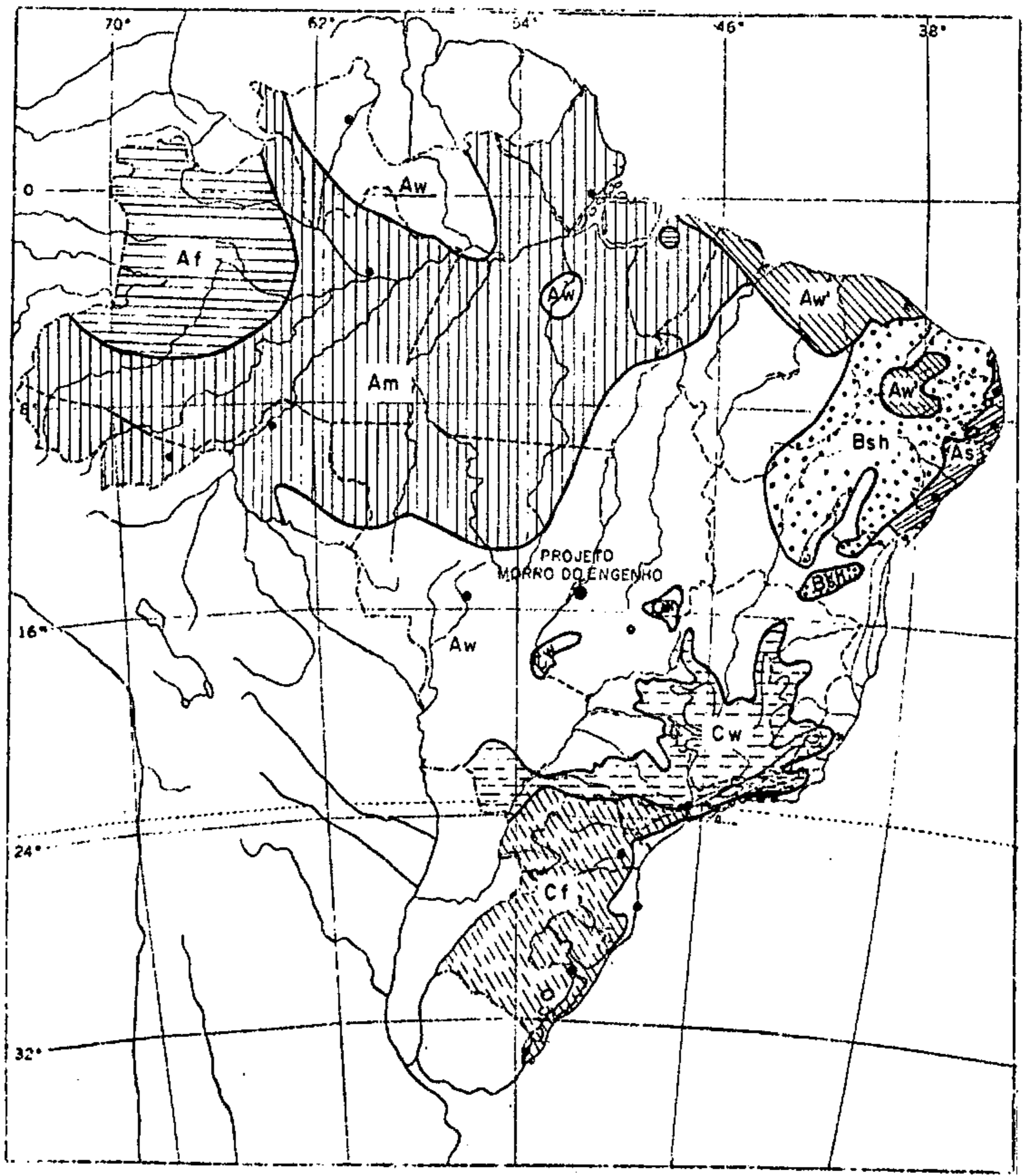
Regionalmente, a topografia sofre uma leve inclinação no sentido do rio Araguaia.

O peneplano enquadra-se dentro do que KING (1956) classifica como superfície "Velhas", de idade Terciário superior.

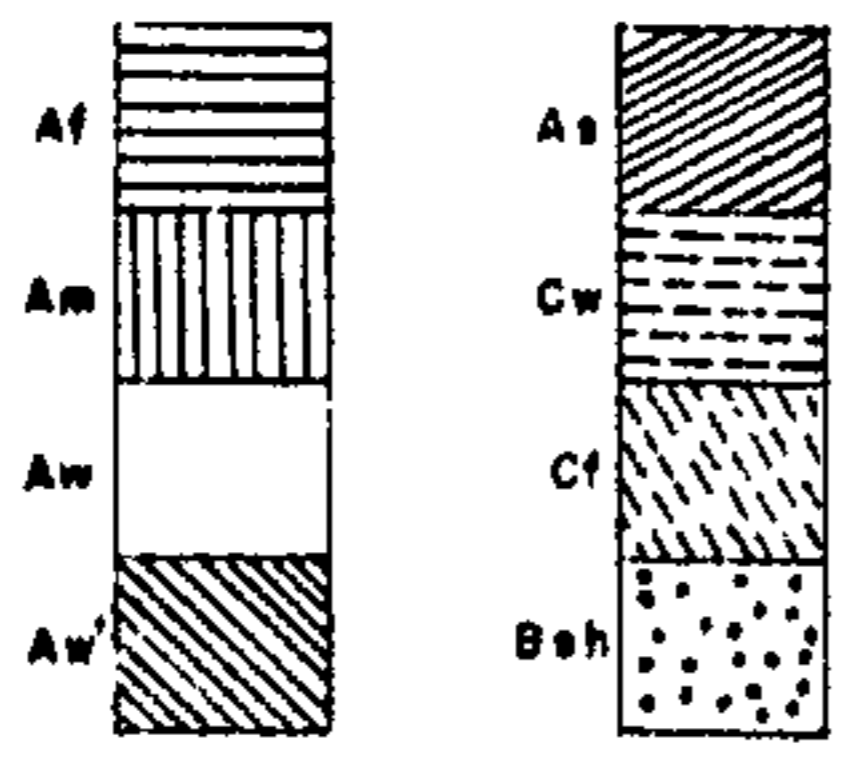
O Ciclo Velhas aplainou a região, deixando como testemunhos da etapa inicial do ciclo as "Serras" de "Água Branca", "Lambari" e "Morro do Engenho". No caso do Morro do Engenho, a cobertura de blocos silicificados e de calcedônia agiu como elemento sustentador da topografia.

2.3 - 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 seca (verão) que vai de abril a outubro e corresponde ao outono e inverno. (Fig. 2)



CONVENÇÕES




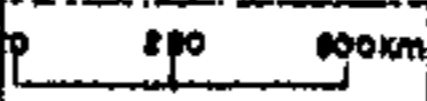

 Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais - CPRM
 Diretorio de Operações
 Agência Goiânia
PROJETO MORRO DO ENGENHO
TIPOS DE CLIMA
 (segundo Köppen)

Figura	Escala	Fonte
2		Atlas Nacional do Brasil-1966

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".

2.4 - Hidrografia

O sistema hidrográfico da região, pertencente à Bacia Amazônica, é comandado pelo rio Araguaia, e secundariamente, pelo rio Claro (Fig. 3).

Estes cursos d'água e principalmente o Araguaia, mostram 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".

2.5 - Vegetação

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

Em primeiro lugar e ocupando a maior área, têm-se os "carrados" 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. (Fig. 4)



BACIAS SECUNDÁRIAS

- I Bacias do Amapá
- II Bacias do Nordeste
- III Bacias de Leste
- IV Bacias de Sudeste



Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais - CPRM

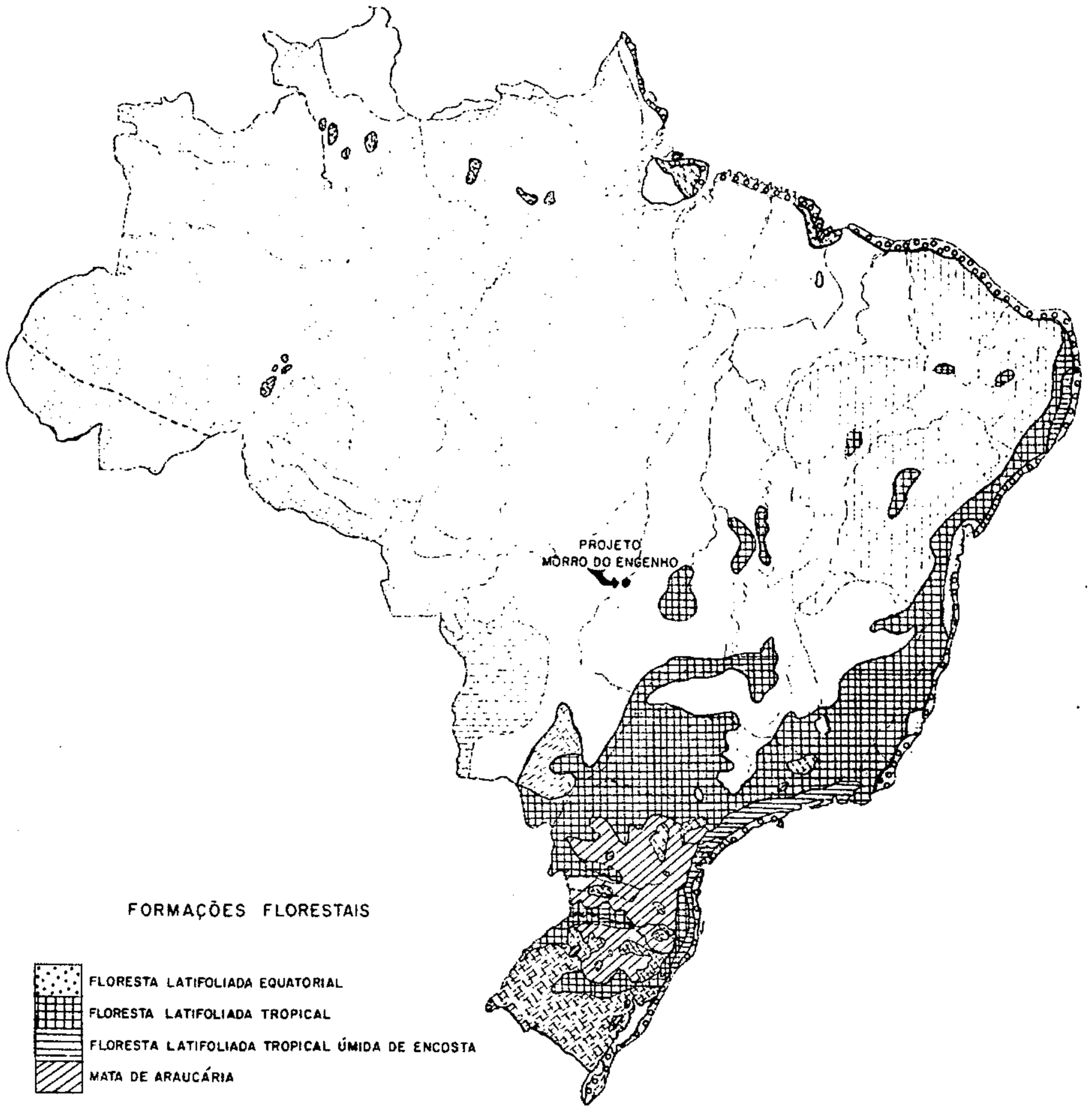
Diretoria de Operações

Agência Goiana




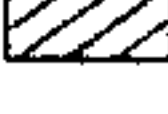
PROJETO MORRO DO ENGENHO

RÊDE DE DRENAGEM E BACIAS FLUVIAIS

Figura	Escala	Fonte
3	1 : 25 000 000	Brasil, a Terra eo Homem - Vol. I



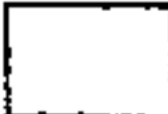

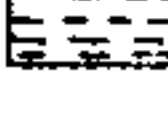
FORMAÇÕES FLORESTAIS

-  FLORESTA LATIFOLIADA EQUATORIAL
-  FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL
-  FLORESTA LATIFOLIADA TROPICAL ÚMIDA DE ENCOSTA
-  MATA DE ARAUCÁRIA

FORMAÇÕES CAMPESTRES


-  CAMPOS

FORMAÇÕES COMPLEXAS

-  CERRADO
-  CAATINGA
-  COMPLEXO DO PANTANAL

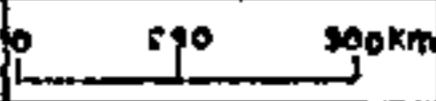
FORMAÇÕES LITORÂNEAS

-  VEGETAÇÃO DO LITORAL

 Companhia de Pesquisa de Recursos de Minerais - CPRM
 Diretoria de Operações
 Agência Goiânia

PROJETO MORRO DO ENGENHO

FORMAÇÕES VEGETAIS

Figura	Escala	Fonte
4		Brasil, a Terra e o Homem - Vol. I

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 sienito.

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

2.6 - Infra-Estrutura Sócio-Econômica

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 área 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.

3 - GEOLOGIA REGIONAL

As unidades estratigráficas presentes na região foram de finidas pela primeira vez por BARBOSA et alii (1969) no Projeto Brasília (in Relatório Projeto Jussara), quando foi estabelecida a Coluna Estratigráfica (Fig. 5).

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 silticos de cores variegadas, que podem gradar a siltitos arenosos de cores amareladas.

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

Sobre a Serra de Água Branca e Morro do Engenho 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 de inundação dos rios Claro e Araguaia. (Fig. 6).

ERA	PERÍODOS	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS		LITOLOGIA
CENOZÓICO	QUATERNÁRIO			Aluviões
	QUATERNÁRIO/ TERCIÁRIO	COBERTURA DETRITO-LATERÍTICA E/OU COBERTURA ARENO-ARGILO- LATERÍTICA		Areias, silte e argila de origem flu- vial e coluvial e lateritos.
		SILEXITO DA SERRA ÁGUA BRANCA		Calcedônia
MESOZÓICO	CRETÁCEO	GRUPO IPORÁ	Intrusivas Alcalinas	Dunitos, peridotitos, missouritos , gabros alcalinos, sienogabros, sien- itos, derivados filonianos (lamprófi- ros, basanitóides, micro-granitos) , corpos pegmatóides e diabásio.
PALEOZÓICO	DEVONIANO	GRUPO PARANÁ	Formação Furnas	Arenitos médios e grosseiros, conglo- merados, lentes de folhelhos e silti- tos. Estratificação cruzada tipo pla- nar. Ambiente marinho raso.
PRÉ-CAMBRIANO		GRUPO ARAXÁ	Unidade B	Sericita xistos com lentes de cal- coxistos, mármores dolomíticos, quartzitos hematíticos, xisto grafitoso
			Unidade A	Micaxistos a duas micas to rapakivi e granada; intercala- intrusões ul- ções de quartzitos trabásicas/bási- micáceos e anfibo cas, serpentinitos litos cloriti- peridotito, dunitos, zados. gabros etc.
		COMPLEXO BASAL		Biotita gnaisses, hornblenda-biotita- gnaisses, migmatitos, "granitos", len- tes de leptinitos, metagabros, anfibo litos, piroxenitos, talco anfibolitos e quartzitos.



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

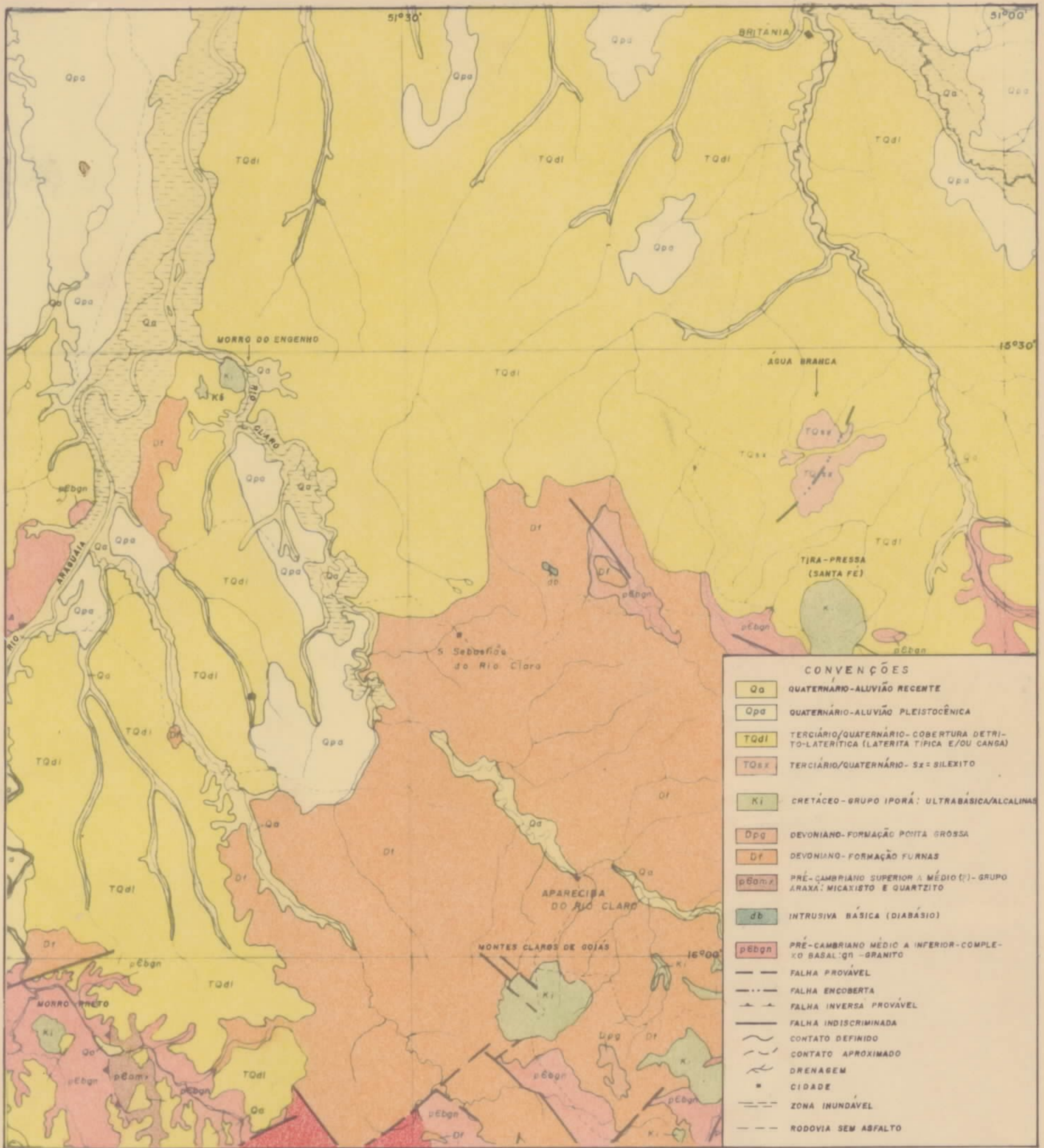
Diretoria de Operações

Agência Goiânia

PROJETO MORRO DO ENGENHO

C O L U N A E S T R A T I G R Á F I C A

Figura	Fonte
5	Relatório do Projeto Jussara - DNPM - 1972



CONVENÇÕES

Qa	QUATERNÁRIO-ALUVIÃO RECENTE
Qpa	QUATERNÁRIO-ALUVIÃO PLEISTOCÊNICA
TQdl	TERCIÁRIO/QUATERNÁRIO-COBERTURA DETRITO-LATERÍTICA (LATERITA TÍPICA E/OU CANGA)
TQsx	TERCIÁRIO/QUATERNÁRIO- sx = SILEXITO
Ki	CRETÁCEO-GRUPO IPORÁ: ULTRABÁSICA/ALCALINAS
Dpg	DEVONIANO-FORMAÇÃO POITA GROSSA
Df	DEVONIANO-FORMAÇÃO FURNAS
pEbnx	PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR A MÉDIO (?)-GRUPO ARAXÁ: MICAXISTO E QUARTZITO
db	INTRUSIVA BÁSICA (DIABÁSIO)
pEbgn	PRÉ-CAMBRIANO MÉDIO A INFERIOR-COMPLEXO BASAL'GN-GRANITO
---	FALHA PROVÁVEL
---	FALHA ENCOBERTA
---	FALHA INVERSA PROVÁVEL
---	FALHA INDISCRIMINADA
---	CONTATO DEFINIDO
---	CONTATO APROXIMADO
---	DRENAGEM
*	CIDADE
---	ZONA INUNDAVEL
---	RODOVIA SEM ASFALTO



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais — CPRM

Diretoria de Operações

Agência Goiânia

PROJETO MORRO DO ENGENHO

MAPA GEOLÓGICO REGIONAL

Figura	Escala	Fonte
6	1:500 000	PROJETO GOIÂNIA II

4 - GEOLOGIA LOCAL

4.1 - 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 (Anexo I). 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.

4.2 - Rochas Encaixantes - Formação Furnas

A Formação Furnas, de origem sedimentar, constituinte 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 ultramáfico/alcalino a oeste e, nas áreas 5, 6 e 7, limitando o mesmo a norte e sul (Anexos II e III).

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 avermelhada, essencialmente quartzosos, com pouca matriz argilosa, grãos angulares a sub-angulares, com esfericidade regular, e folhelhos variegados onde predominam as cores amarela, marrom e vermelha, 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 nele 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.

4.3 - Maciço Ultramáfico/Alcalino

O corpo ultramáfico/alcalino, localizado na área de pesquisa, foi correlacionado às intrusões do Grupo Iporá, de idade cretácica.

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 Sienito-Nefelínica.

4.3.1 - Núcleo - Rochas Duníticas

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

4.3.2 - Zona Peridotito-Piroxenítica

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

Esta faixa foi denominada Zona Peridotito-Piroxenítica e ocorre circulando o núcleo dunítico 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 serpentinizada, 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 em cores castanho-escura 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 esencialmente por augita, com olivina e plagioclásio subordinados.

4.3.3 - Zona Gábrico-Alcalina

Na parte sul do maciço é possível a identificação de uma zona constituída principalmente de rochas gábrico-alcálicas 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 (Anexo III).

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 geminados segundo a lei da albita. Secundariamente ocorre zeolita.

Uma composição modal estimada, típica deste grupo de rochas, é bem representada pela amostra do furo de sonda MC-40-60 (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 piroxenitos. 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-20-60, 40-N-12) mostra plagioclásio geminado segundo a lei da albita e com extinção ondulante. A textura mais notável é em bastita. A augita apresenta comumente geminação 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.

4.3.4 - Zona Sienito-Nefelínica

A Zona Sienito-Nefelínica situa-se na parte NE, E e SE do maciço propriamente dito, mas somente a NE ocorrem afloramentos de rocha fresca, os quais se apresentam como pequenas elevações arredondadas formadas por inúmeros blocos de rocha 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 xenólitos de máficos. É notável o aparecimento de grandes cristais (de até 1,5cm de comprimento) de feldspatóides geminados 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 titano-augita 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 Agência Goiânia) que, verbalmente, informou ser a sua idade de 92,5 milhões de anos (média de 27 determinações).

4.3.5 - 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 dunítico 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 associados à flogopita. Há muita possibilidade de tratar-se de veios de carbonatito.

4.4 - Rochas de Cobertura

4.4.1 - Caapeamento Silicificado

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

Os blocos propriamente ditos exibem uma coloração castanho-escura, 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 diâmetro.

4.4.2 - Lateritos

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

As lateritas exibem uma coloração vermelha intensa 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 sílexito e dunito silicificado. O colúvio é observável no sopé da encosta e em poços a uma distância de até 400 m do mesmo.

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

A canga tem coloração vermelha intensa e engloba frequentemente fragmentos de sílexito, 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 resume-se em gramíneas e cactáceas. Sua ocorrência é mais acentuada na Zona Peridotito-Piroxenítica.

4.4.3 - Aluviões

As aluviões dos rios Araguaia e Claro são compostas 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 amarela 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 Jus sara, 1972).

4.5 - Origem da Mineralização

4.5.1 - Comentários Acerca da Concentração de Níquel em Depósitos Lateríticos

A formação de lateritos a partir de corpos ultramáficos exige condições especiais que foram sintetizadas pelo Dr. R. De Vlet ter 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. Quando 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 submicroscópicas. Quando

esta solução rica em minerais descende, 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 dos lateritos residuais mostram variações de concentração de níquel que refletem a variação do conteúdo primário na rocha fonte, e que o conteúdo de níquel nos lateritos é mais elevado que na maioria dos serpentinitos dos quais são originados.

O laterito transportado naturalmente não apresenta esta relação com a rocha subjacente.

4.5.2 - Mineralização na Área do Projeto Morro do Engenho

O minério niquelífero que ocorre na área do Projeto é definido como do tipo silicatado, estando o níquel concentrado em

minerais como a serpentina, clorita e espinélios substituindo diadocicamente o Mg^{++} , como atestam os estudos de micro-sonda efetuados pelo CTA (Anexo IX). A substituição do Mg^{++} é facilitada pela similaridade de raios iônicos (Ni^{++} : $69 A^{\circ}$; Mg^{++} : $66 A^{\circ}$). 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 (Fig. 7).

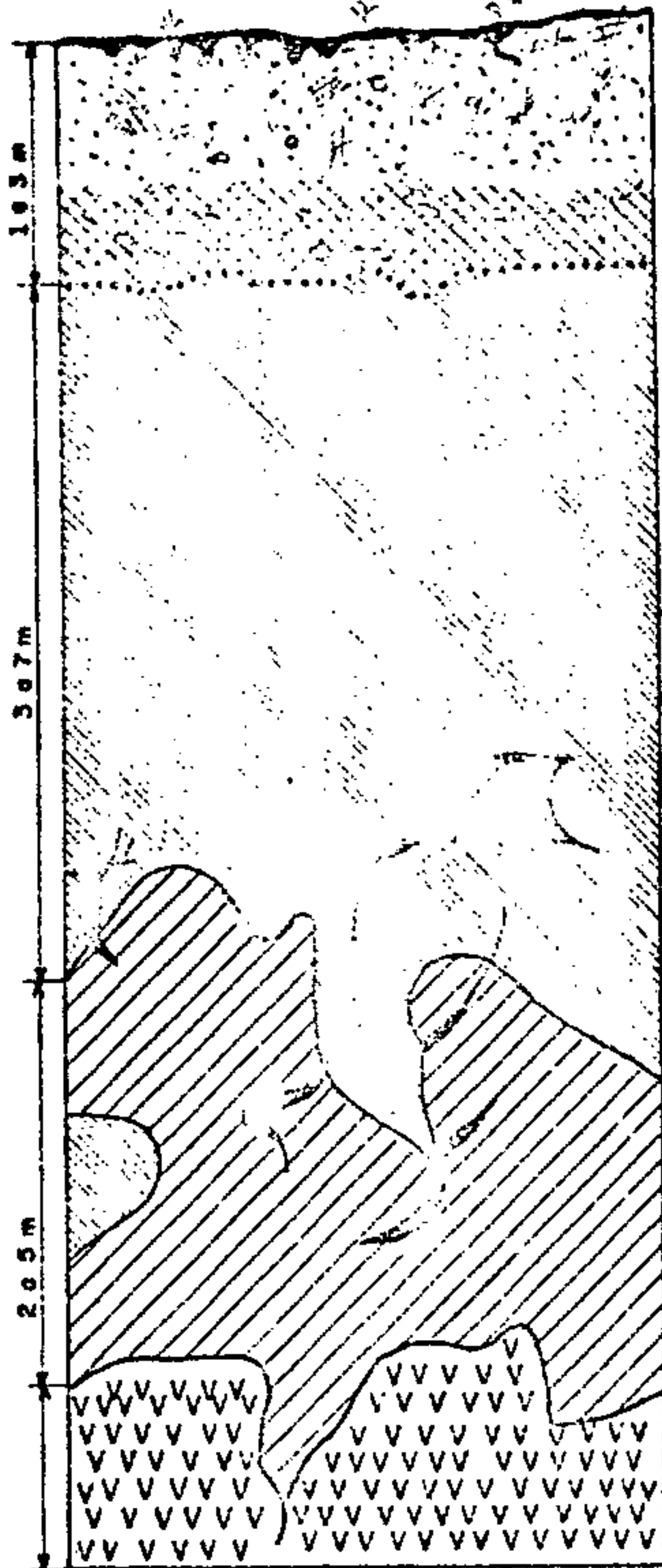
No perfil do solo da rocha dunitica nota-se a existência de um nível composto de material argiloso de cores esverdeada e amarelada, contendo material "garnierítico" preenchendo fraturas, que proporciona, em geral, o topo da camada mineralizada. Sotoposta a esta camada ocorre a rocha dunitica muito alterada, 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 restringe-se ao intervalo de argilas amarelo-esverdeadas ou de alteração de rochas em que são observados veios de material "garnierítico" ao longo das fraturas.

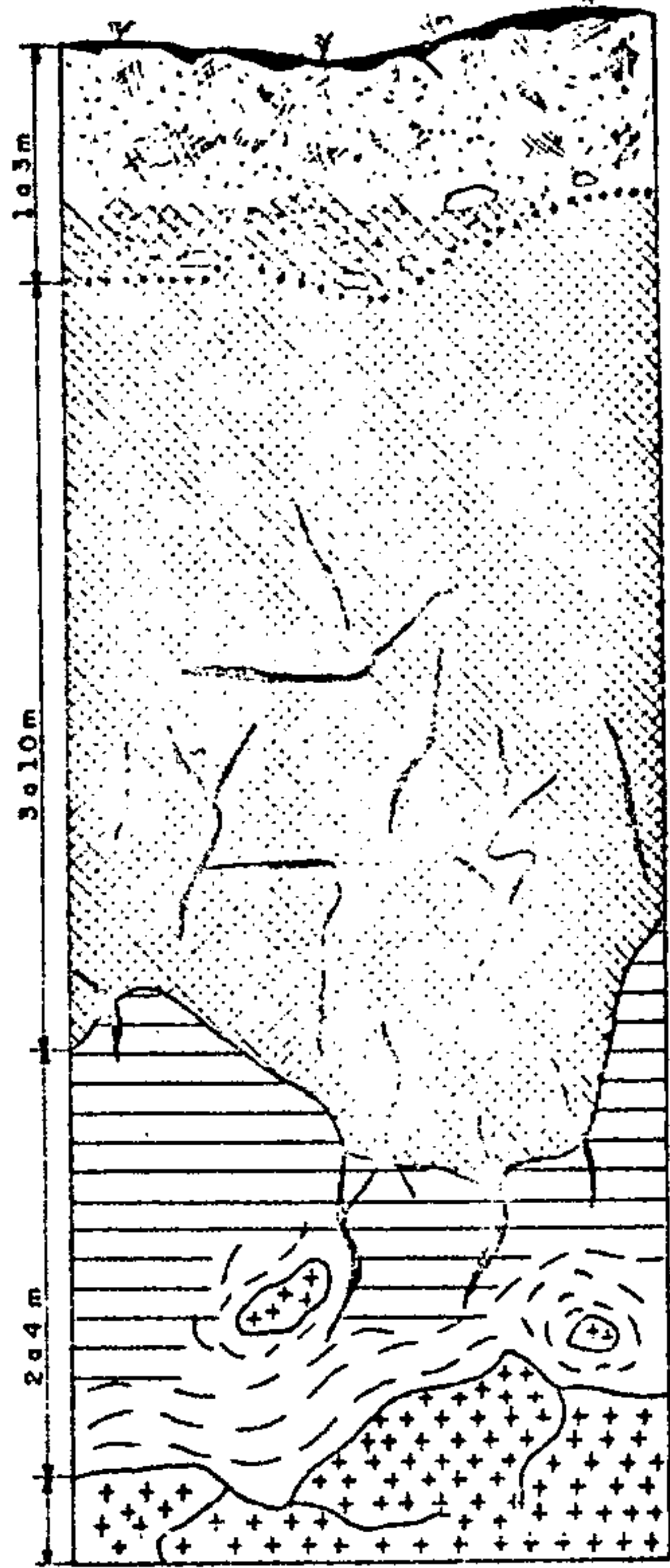
Observe-se que, em geral, os teores nas camadas argilosas com veios de "garnierita" possuem valores mais baixos (entre 0,80 e 1,60%) e irregulares.

O intervalo mineralizado ocupa, nas áreas 4,5,6 e 7 uma superfície de $3,094 \text{ km}^2$.



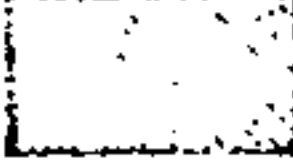
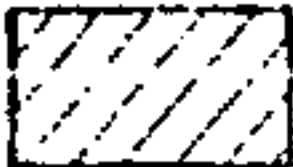
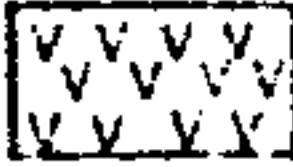
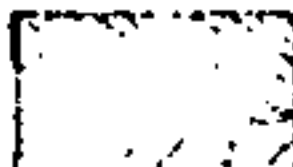
A tabela a seguir, evidencia os constituintes químicos, em % quantitativa, do minério do Morro do Engenho.



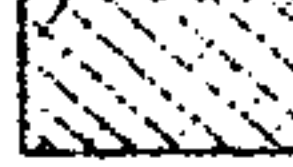
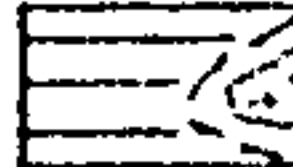
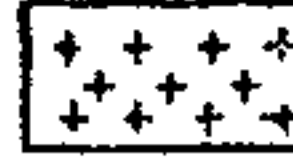
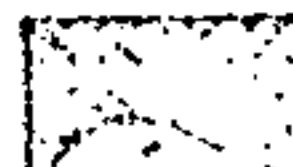


PERFIL ESQUEMATICO-DUNITO



PERFIL ESQUEMÁTICO-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



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Diretoria de Operações

Agência Goiânia

PROJETO MORRO DO ENGENHO

PERFIS ESQUEMÁTICOS DA ZONA MINERALIZADA

GRUPOS	% DOS ELEMENTOS								
	Ni	Fe	Mg	SiO2	Ca	Cr	Co	Cu	Al
G1	1,06	24,0	7,52	29,9	0,02	1,22	0,035	0,01	2,56
G3	1,40	29,0	5,49	27,7	0,003	1,70	0,044	0,01	2,70
G4	1,46	34,9	6,66	18,1	0,002	2,09	0,060	0,01	2,40
G5	1,34	20,7	12,32	32,1	0,007	1,26	0,034	0,01	2,41
G6	0,89	20,4	9,96	38,8	0,045	0,97	0,035	0,01	1,11
G7	0,91	21,5	8,77	33,5	0,055	0,89	0,035	0,01	3,48
G9	1,02	16,8	17,24	32,4	0,009	0,66	0,025	0,01	0,36
G11	1,00	35,2	2,21	17,0	-	1,42	0,051	-	4,82

4.5.3 - 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 alternância anual de um ciclo chuvoso e um ciclo de seca (ver item 2.3). Sendo o núcleo ultramáfico relacionado à idade cretácica, 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 isó

pacas do capeamento de laterito 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 IV).

Evidenciou-se primeiramente que, em áreas onde a cobertura de laterito sofria um espessamento apreciável (parte SW, S e SE do maciço), atingindo em alguns casos até 16 m 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 laterito eram áreas mediterrâneas entre as elevações do dunito e as 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 lateritos alóctones é basicamente idêntico ao processo de concentração de minério niquelífero em áreas lateritizadas, pode-se supor que, conhecendo-se os fatores que condicionaram a formação do laterito, ter-se-ia identificado as causas e origens da minerali

zação.

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.

5 - TRABALHOS DE PROSPECÇÃO

5.1 - 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 cobertura de solo da área, eliminando-se os 10 cm superficiais e amostrando-se até uma profundidade mais ou menos constante de 60 cm, com trado manual.

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), ficando o outro arquivado em estantes na própria área de pesquisa, para controle e eventuais confirmações de resultados analíticos.

Foi coletado um total de 145 amostras de solo que foram analisadas para Ni, Nb, Ti e P_2O_5 . Parte das amostras foram analisadas para Fe_2O_3 , MgO e SrO_2 e algumas para Co e Cr.

As amostras de geoquímica receberam a notação JMC-2102-NC-G, seguida do código de identificação do ponto na malha, onde: JMC - coletor (JOSÉ MONTEIRO DE CASTRO), 2102 - nº de código do projeto, NC - chefe do projeto (NELSON CHABAN) e G - geoquímica.

A partir dos resultados de análises geoquímicas, foi traçado um mapa de isóteores (Anexo V). Da comparação do mapa de isóteores com o mapa da área mineralizada (Anexo VII), resulta a comprovação da funcionalidade do método para o selecionamento de área para detalhe.

- TRABALHOS DE PESQUISA

6.1 - 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 400 m (Anexo VII).

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 ou 50m.

Como todos os trabalhos de pesquisa foram desenvolvidos ao longo das picadas, a localização dos pontos da malha de serviço foram a ela relacionados da seguinte maneira: na picada E-W (considerada mestra) foram notados os pontos 4EW, 6 EW, 8 EW, 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 à 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 de 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 em 1:20.000 e com controle de campo por telurômetro (Anexo I). Para tanto, a área foi novamente fotografada com auxílio de aeronave da CPRM.

6.2 - Poços de Exploração

No início dos trabalhos de pesquisa foram locados poços nas áreas selecionadas através da prospecção geoquímica, em malha regular de 400 x 400 m. Com o desenvolvimento dos trabalhos esta malha foi reduzida para 200 x 200 m.

Nas áreas de pesquisa constantes deste relatório foram escavados 256 poços, totalizando 2.726,05 metros lineares.

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 silexito), a produção diária atingia limites mínimos de até 20cm.

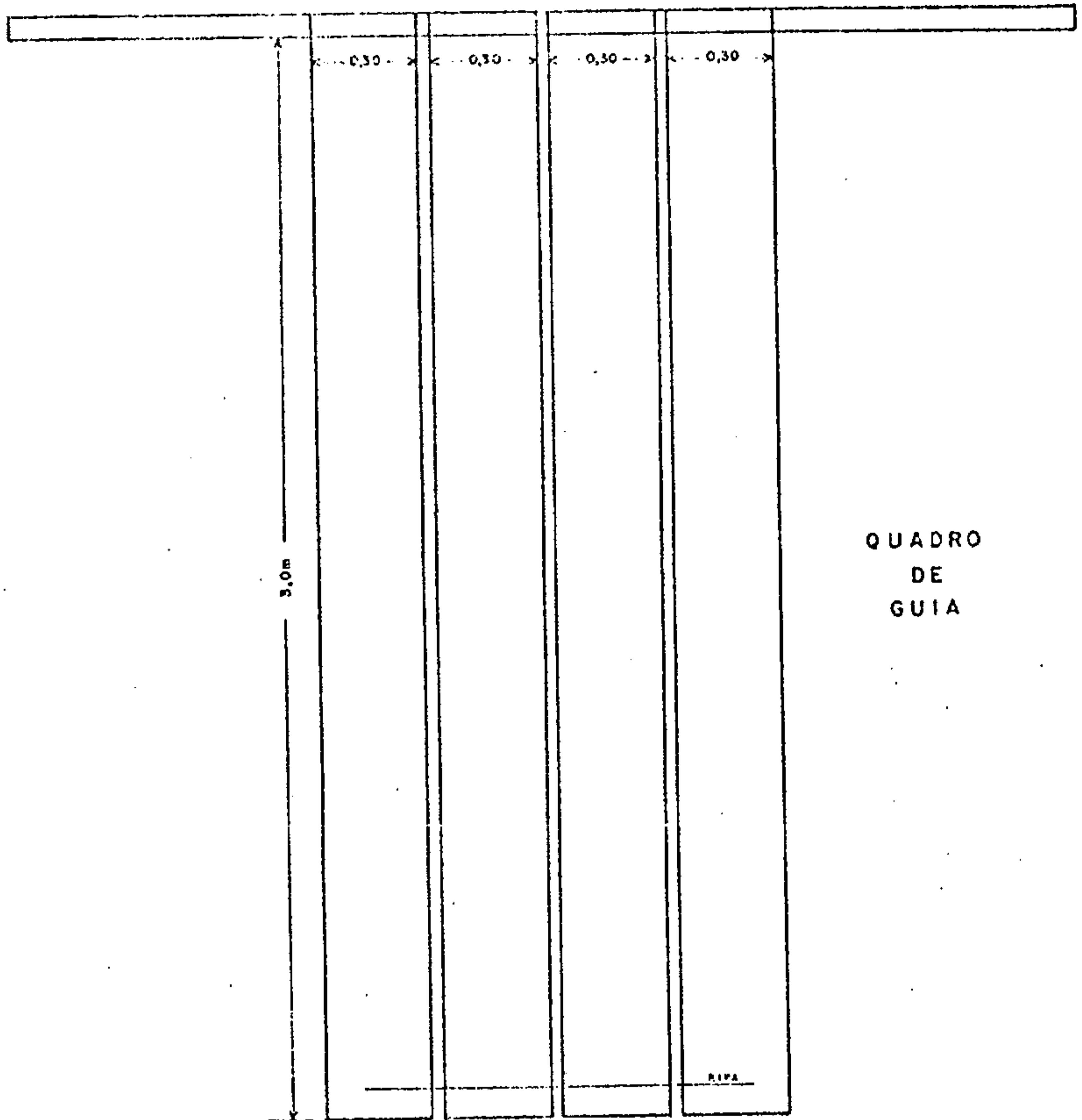
A paralização da escavação dos poços era ditada por evidências geológicas desfavoráveis, desmoronamento das paredes ou surgimento do nível freático.

A profundidade máxima atingida por este método, na área, foi de 26 m

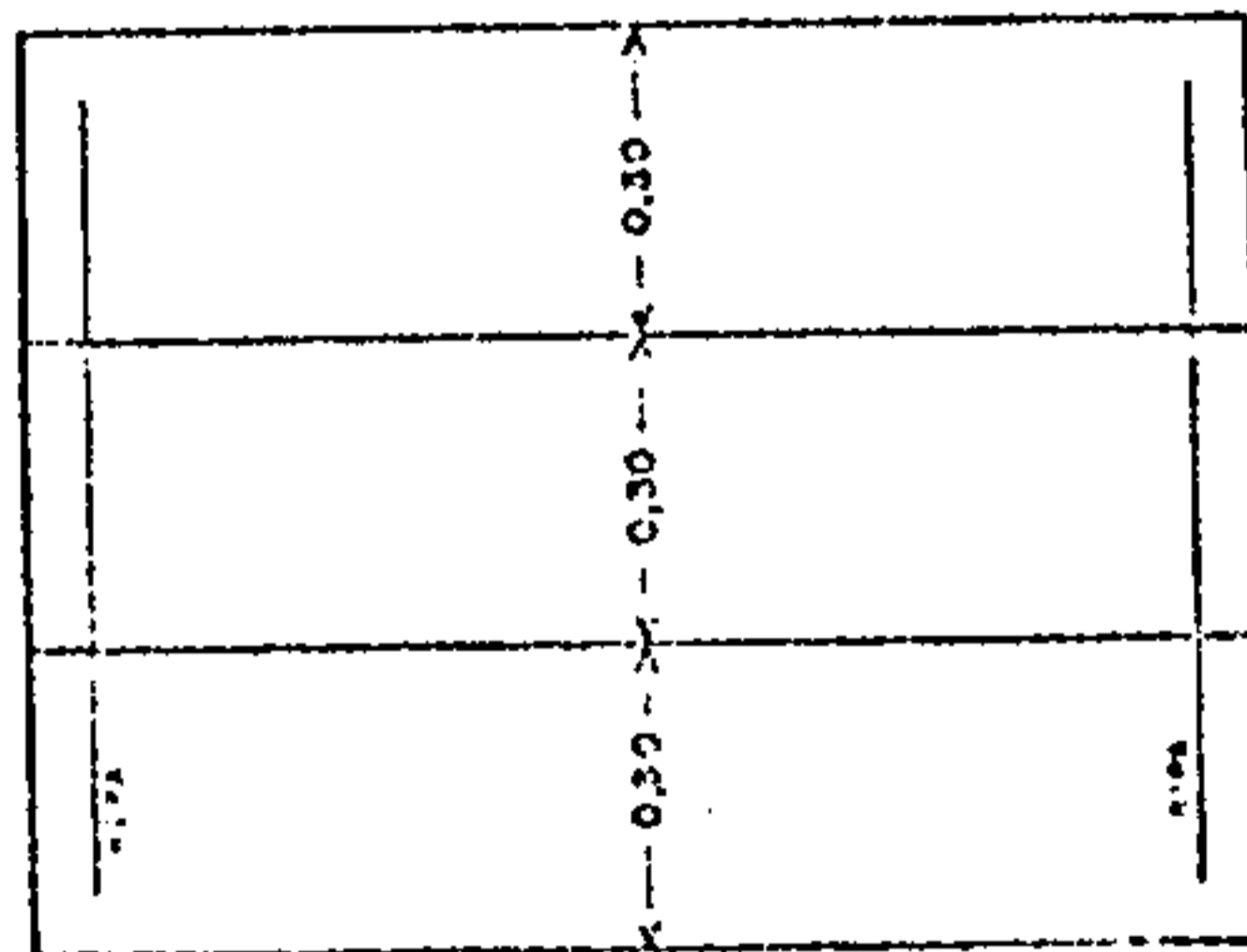
6.2.2 - Poços com Escoramento

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 1,30 m. Na superfície era afixado um quadro de guia (Figuras 8 e 9). Pela parte interna deste quadro de guia eram baixados quadros de proteção à medida que avançava a escavação.



QUADRO
DE
GUIA

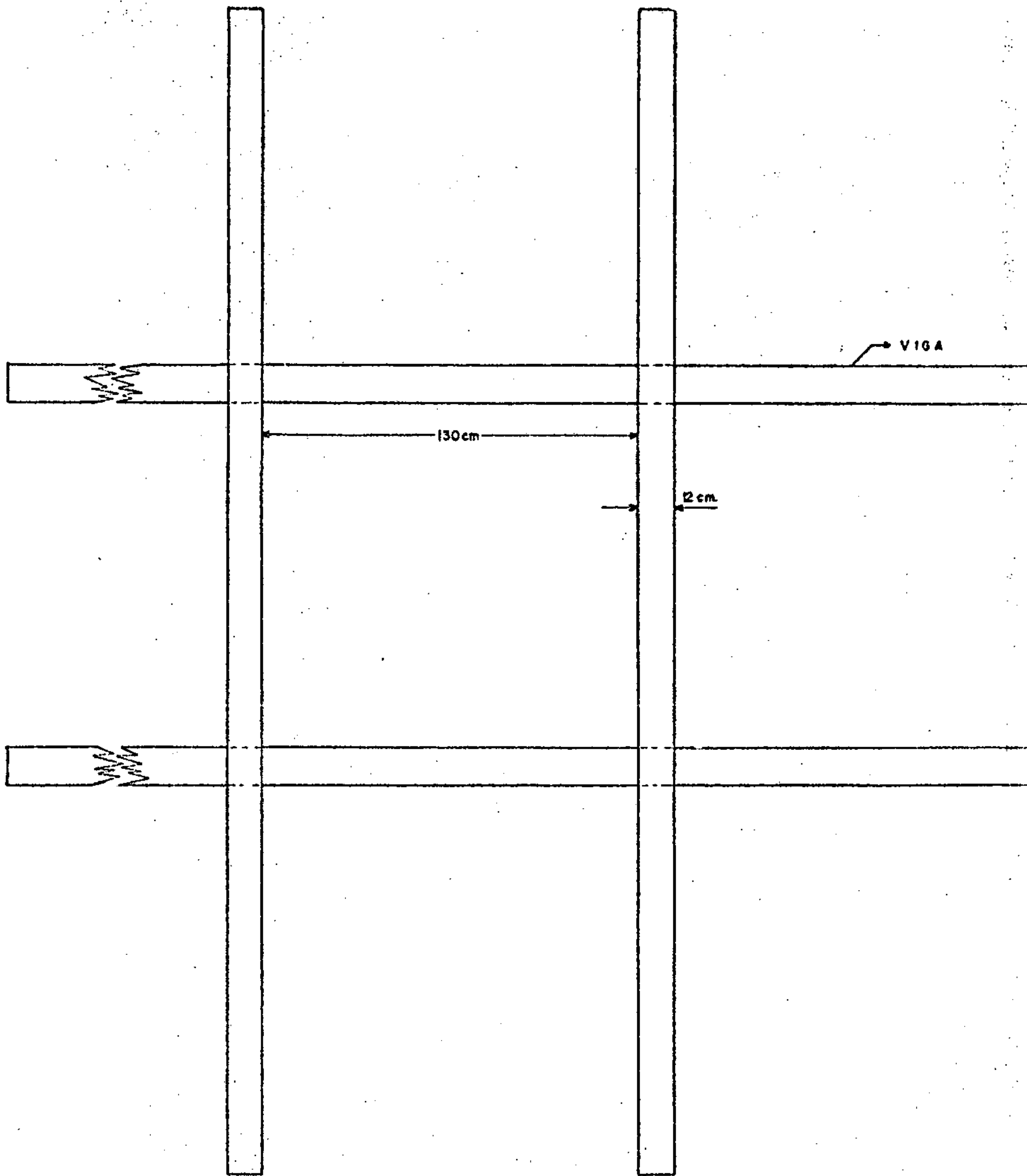


QUADRO
DE
PROTEÇÃO



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
 Diretoria de Operações
 Agência Goiânia
 PROJETO MORRO DO ENGENHO
 ESCORAMENTO DE POÇOS
 PERFIL DO QUADRO DE GUIA E QUADRO DE PROTEÇÃO

Figura	Escala	
8	1:20	0 20 40 60 80 100cm



Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM

Diretoria de Operações

Agência Goiânia

PROJETO MORRO DO ENGENHO

ESCORAMENTO DE POÇOS

SEÇÃO TRANSVERSAL DO QUADRO DE GUIA

Figura	Escala	
9	1:20	

Em alguns casos foi necessária 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 15 m 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.

6.3 - 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 atingiram até 8 m 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 pelo cachimbos e os mesmos não tinham condições de serem ampliados devido ao grande perigo de desmoronamento.

No total foram locados 5 cachimbos, perfazendo +180 metros cúbicos de material removido (Anexo VII).

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 200 m (Anexo VII).

A sondagem na área do Projeto foi pelo método rotativo.

Nas áreas constantes deste relatório, foram executados 162 furos de sonda totalizando 5.565,03 metros lineares (Anexo X).

A identificação dos furos de sonda segue as normas da Companhia. Por exemplo: no furo MC-92-GO, a sigla MC identifica o município Montes Claros de Goiás, onde é localizado 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. No entanto, a maior parte do trabalho foi realizado por uma sonda Sondeq hidráulica, modelo SS-1, e duas Long-Year, hidráulicas, modelo 24.

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

O sistema de circulação de água foi realizado por bombas de água Sondeq modelo SB₁ ou Sondap modelo BBS-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 laterito atingiu a média de 90%. Quando em rocha fraturada a recuperação caía para 60% em média.

6.5 - 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 expedito.

O volume final era separado em duas frações de aproximadamente 0,5dm³, 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.

CÁLCULO DE RESERVAS

7.1 - Introdução

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

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:

- Análise do material dos poços
- Análise de testemunhos de sondagem. Em alguns casos, quando os poços eram mineralizados, foram utilizados os resultados de sondagem a partir da profundidade final dos poços.
- Análises do material de cachimbos. Neste caso 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 Mineraias da CPRM (LAMIN), pelo método de espectrografia de Raio-X, semiquantitativo e, em parte, quantitativo, realizadas com o auxílio de um aparelho de fabricação Phillips, modelo PW-1540, usando radiação de tungstênio, contador de cintilação, cristal de flóreto de lítio e discriminação de energia. Parte das amostras tiveram seus teores quantitativos obtidos estatisticamente conforme o item 7.3.3 .

Para fins de cálculo foi utilizado o valor $1,27 \text{ g/cm}^3$ para a densidade do material mineralizado, média dos valores obtidos por análises efetuadas no campo, descontando-se a umida

de média de 26,78% obtida em laboratório.

Dois foram os "cut-off" considerados: 0,80% Ni e 1,10% Ni, separadamente.

A tabulação das reservas foi feita para cada área de pesquisa individualmente.

7.2 - Cálculo da Densidade

A densidade $1,33\text{g/cm}^3$, utilizada no Relatório das áreas 1 a 6, representa em realidade, a densidade do minério úmido após empolamento. Com o aumento de volume, para a mesma massa, o valor da densidade cai sensivelmente abaixo daquele obtido para a densidade "in situ",

A densidade $1,2\text{g/cm}^3$, utilizada no Relatório do Centro Técnico Aeroespacial (Anexo IX), refere-se à densidade média mundial de lateritos niquelíferos, após empolamento. Tal densidade permite o cálculo de cargas de circulação nos fluxogramas de tratamento com boa margem de segurança.

7.2.1 - Densidade do Minério "In Situ"

A verificação "in situ" da densidade do minério niquelífero do Morro do Engenho, foi sugerida e realizada pelo Dr. Gil do Sá, Chefe do LAMIN, tendo sido utilizada uma balança com capacidade de 300 kg e um tambor de 200 l de capacidade.

Foram escolhidos dois poços que possibilitassem resultados práticos no menor tempo possível, pois a remoção de vários metros de estéril demandaria um tempo maior e poderia exigir cuidados especiais, tais como escoramento, etc.

As dimensões dos poços foram de 2 x 1 m, perfurando-se 1 m de minério, de modo que, para cada metro perfurado teve-se 2 m³ de minério removido, o qual foi pesado, calculando-se então a densidade, que corresponde ao peso do minério por unidade de volume.

O primeiro poço escolhido foi o da malha 26-N-12, com minério aflorante. Os blocos de calcedônia vão desaparecendo com o aprofundamento do poço, sendo substituídos por blocos de rocha silicificada. O segundo poço escolhido foi o da malha 24-N-4, com 2 m de capeamento estéril.

Para o primeiro poço, a densidade calculada foi 1,71g/cm³ e para o segundo, o resultado encontrado foi de 1,75g/cm³. O valor médio da densidade para os 2 poços será então:

$$D = \frac{1,71 + 1,75}{2} = 1,73 \text{ g/cm}^3$$

Este valor, tal como foi calculado, admite um erro, mas é bastante próximo do valor real e os fatores gravados de erro são:

- uso de uma balança sem grande precisão;
- variação da tara do tambor para cada operação de pesagem;
- volume removido (de minério) para cada poço, que varia em torno de 2m³ (erro devido ao fato de ser desmonte manual).

7.2.2 - Umidade

O cálculo da umidade foi realizado nos laboratórios do LAMIN. Para tanto, foram coletadas 27 amostras que foram homogêneas.

geneizadas e quarteadas. Em seguida foram pesadas, e posteriormente secadas na estufa à temperatura de 130-140°C e novamente pesadas.

Desta forma, obteve-se: (Tabela I)

- peso de amostra úmida
- peso de amostra seca
- peso da água
- % umidade

A umidade média ($U_{m\acute{e}dia}$) foi obtida ponderando-se a umidade de cada amostra (U_i) pelo peso da amostra úmida (P_u).

Assim, tem-se: $U_{m\acute{e}dia} = \frac{\sum (U_i \times P_u)}{\sum P_u}$, o que fornece o valor médio de 26,78% para a umidade do minério do Morro do Engenho.

7.2.3 - Densidade do Minério Seco

A densidade do minério seco (D_{seca}), a ser utilizada no cálculo de reservas, foi calculada pela fórmula:

$D_{seca} = D_{úmida} - (D_{úmida} \times U_{m\acute{e}dia})$, que forneceu:

$$D_{seca} = 1,27 \text{ g/cm}^3$$

TABELA I
CÁLCULO DE UMIDADE

AMOSTRA	PESO DE MINÉRIO	PESO DE MINÉRIO	PESO DE	UMIDADE
	ÚMIDO (g) P_u	SECO (g) P_s	ÁGUA (g) P_a	% U_i
20 N8	915,00	613,50	301,50	32,95
34 N6	1.096,50	719,80	376,70	34,35
34 N4	1.301,50	1.014,70	286,80	22,04
26 N10	1.390,00	1.014,50	375,50	27,01
16 N2	757,70	517,50	240,20	31,70
30 N8	900,00	571,00	329,00	36,55
32 N4	1.311,00	951,50	359,50	27,42
30 N22	795,00	539,80	255,20	32,10
16 N4	1.100,00	799,10	300,90	27,35
26 N4	976,90	688,30	288,60	29,54
30 N24	1.530,00	1.134,00	396,00	25,88
24 N6	1.118,30	760,10	358,20	32,03
34 N22	1.613,40	1.284,20	329,20	20,40
30 N6	960,00	731,00	229,00	23,85
24 N10	995,50	718,50	277,00	27,82
24 N4	1.068,50	752,70	315,80	29,55
30 N4	1.004,20	708,20	296,00	29,48
26 N14	1.640,00	1.374,50	265,50	16,19
26 N12	1.217,00	947,50	269,50	22,14
16 EW	1.352,70	1.174,30	178,40	13,19
20 N4	1.469,50	1.067,50	402,00	27,36
26 N16	1.227,00	848,20	378,80	30,87
24 N2	797,00	554,60	242,00	30,41
26 N6	1.732,50	1.318,00	414,50	23,92
36 N16	1.528,00	1.060,00	468,00	30,63
36 N18	674,00	450,70	223,30	33,13
18 EW	1.260,00	922,00	343,00	27,11

7.3 - Técnica de Análises

7.3.1 - Introdução

Todas as determinações de teores em níquel utilizadas no estudo da jazida de níquel do Morro do Engenho foram obtidas segundo o método quantitativo, sendo que em 485 determinações empregou-se diretamente a espectrometria dos raios X, enquanto que as restantes foram interpretadas a partir da reta de correspondência estatística entre análises semiquantitativas e análises quantitativas.

Tal procedimento foi motivado, principalmente, por medida de economia, pois a realização de novas análises quantitativas das amostras, além de perda de tempo, ocasionaria um substancial ônus nos trabalhos, haja visto o custo das análises quantitativas que são, aproximadamente, cerca de 100% mais onerosas que as análises semiquantitativas.

Deve ser acrescido que a necessidade de se solucionar de maneira rápida e eficiente o problema da homogeneização dos resultados das análises químicas, propiciou a oportunidade de se poder empregar a geoestatística, técnica moderna e com ampla aplicação atualmente na condução e exame de problemas de geologia aplicada em geral e pesquisa de jazidas de níquel laterítico em particular.

A construção de uma curva onde a cada valor de uma análise semiquantitativa fosse possível corresponder um valor para uma análise quantitativa, com um erro mínimo conhecido, foi a solução considerada a mais adequada ao problema.

7.3.2 - Análises Químicas por Raios X

A maior parte das análises de níquel foram efetuadas por

espectrometria de Raios - X, na Seção de Raios - X do LAMIN, segundo dois métodos: semiquantitativo e quantitativo, em função das duas fases envolvidas no Projeto.

Em ambos os métodos foi medida a raia K/alfa do Ni, utilizando o espectrômetro Philips PW 1540, com a fonte PW 1410 e o painel eletrônico PW 1360, contando com analisador de impulsos para discriminação de energia. Foi utilizado tubo de tungstênio, contador de cintilação e cristal de fluoreto de lítio.

7.3.2.1 - Método Semiquantitativo

As análises semiquantitativas foram efetuadas diretamente com amostras pulverizadas a menos 200 meshes, sem qualquer preparação especial, aplicando-se apenas uma correção matemática, estabelecida experimentalmente, em função do teor de ferro, este também determinado semiquantitativamente por fluorescência de Raios-X. A correção era necessária, uma vez que o material em análise abrangia desde rocha alterada até lateritos com 70% Fe_2O_3 . Desta forma, passou-se a considerar que as amostras eram constituídas somente por sílica, ferro e níquel, desprezando-se o efeito dos outros elementos, ou por estarem presentes em baixa concentração, ou por serem elementos leves de baixo coeficiente de absorção.

Assim, foram preparados padrões de ferro, adicionando-se óxido de ferro à sílica, com os quais foram construídas três retas de calibração (intensidade da raia Fe/K/beta contra concentração nos intervalos de 1 - 15%, 15 - 30% e 30 - 70% Fe_2O_3). Uma outra série de padrões, contendo um teor constante de níquel em sílica e com teores variáveis de ferro (1 a 70% Fe_2O_3), permitiu medir os coeficientes de absorção do níquel pelo ferro e construir uma reta dos respectivos fatores de correção da intensidade da raia K/alfa do níquel em função do teor de Fe_2O_3 .

Uma terceira série de padrões de níquel, obtidos pela adição de óxido de níquel à sílica foi utilizada para a construção de 3 retas de calibração, abrangendo os intervalos de 0.01 - 0.10%, 0.10 - 1.00% e 1.0 - 3.0% Ni.

Na preparação de todos os padrões foram utilizados óxidos pró-análise e areia de quartzo lavada e calcinada Riedel.

Tanto para o ferro, como para o níquel, foram feitas duas leituras da intensidade de 10 segundos cada, seja para raia analítica, seja para o "background".

7.3.2.2 - Método Quantitativo

As amostras de teor superior a 0,50% Ni, selecionadas na primeira fase, foram submetidas à análise quantitativa. Esta segunda etapa implicou numa preparação especial das amostras, envolvendo: diluição na razão de 1:10 em areia de quartzo, para minimizar o efeito de matriz, homogeneização em moinho de placa oscilante e prensagem. Foi ainda aplicada a correção para o ferro.

Como padrões para preparação da curva de calibração foram selecionadas 26 amostras de diferentes áreas, as quais foram submetidas à análise quantitativa por espectrografia de emissão no laboratório da GEOSOL - Geologia e Sondagem, de Belo Horizonte. A exatidão desses resultados foi verificada por comparação com os valores obtidos, para metade das amostras, por absorção atômica, no laboratório da Field Services Section (Mc Intyre) do U.S. Geological Survey, havendo uma boa concordância entre os dois laboratórios. Com esses valores obteve-se então uma reta de regressão, e as con

concentrações de Ni foram novamente calculadas segundo esta reta, conforme a tabela anexa.

Nesta tabela pode-se observar que 80% das amostras têm um erro igual ou menor que 5% e todas erro inferior a 10%, considerando-se os resultados da emissão como valores reais da concentração.

AMOSTRA	EMISSÃO (1) (% Ni)	RAIOS-X (2) (% Ni)	E%
1	1.02	0.99	2,9
2	0.98	1.01	3,1
3	1.66	1.72	4,2
4	1.24	1.22	1,6
5	1.00	1.03	3,0
6	1.25	1.16	7,2
7	1.36	1.36	0,0
8	1.11	1.14	2,7
9	1.59	1.46	8,2
10	1.74	1.72	1,2
11	1.39	1.45	4,3
12	1.52	1.66	8,5
13	0.68	0.63	7,3
14	0.88	0.88	0,0
15	1.20	1.25	4,2
16	2.3	2.28	0,9
17	1.92	1.91	0,5
18	1.81	1.77	2,2
19	1.47	1.49	1,4
20	0.86	0.84	2,3
21	0.80	0.76	5,0
22	1.72	1.64	4,6
23	1.56	1.67	7,0
24	1.49	1.41	5,4
25	1.36	1.36	0,0
26	1.30	1.36	4,6

(1) - Laboratório da GEOSOL

(2) - Raios X - LAMIN

7.3.3 - Análises Estatísticas

Para a caracterização da curva de correspondência de análises semiquantitativas/quantitativas pode-se empregar a teoria estatística a duas variáveis, desde que seja realizada uma amostragem aleatória (sem escolha) de um determinado número de resultados onde estariam consignados, para cada amostra, o valor da análise quantitativa e o correspondente valor da análise semiquantitativa.

Se forem colocados no eixo das abcissas, de um sistema cartesiano ortogonal, os valores semiquantitativos e no eixo das ordenadas os valores quantitativos, para cada uma das amostras, obteremos uma "nuvem de pontos" que pode se ajustar segundo uma reta, segundo o formato grosseiro de uma elipse ou não ter formato que possa ser bem caracterizado.

No primeiro caso existirá uma funcionalidade perfeita entre as análises, isto é, a cada valor semiquantitativo corresponderá um único valor quantitativo e vice-versa; no segundo caso existirá uma correlação entre as análises, isto é, a cada valor semiquantitativo corresponderá uma "população" de valores quantitativos; no terceiro caso os valores das análises são independentes uns dos outros.

Para escolher o tipo de curva a adotar é necessário conhecer a qual lei de distribuição estatística se pode ajustar os resultados das análises quantitativas, semiquantitativas e relação das análises semiquantitativas/quantitativas. Caracterizada essa lei é possível então aplicar todos os raciocínios inerentes à mesma.

Para a construção da reta de correspondência entre as análises semiquantitativas e as análises quantitativas do problema em foco, foram consideradas 557 amostras, escolhidas ao acaso, e os re

sultados tabelados.

Inicialmente foram feitos os cálculos para a determinação das medianas, variâncias e desvios-padrões dos teores quantitativos, semiquantitativos e relação semiquantitativa/quantitativa, de acordo com o procedimento das Tabelas I, II e III anexas.

Utilizando-se o papel gausslogarítmico foram construídas as Retas de Henri conforme disposto no Gráfico I, onde pode-se observar que os teores quantitativos e semiquantitativos se ajustam perfeitamente bem, segundo a lei lognormal e as variâncias respectivas são praticamente iguais (retas paralelas). A reta de Henri da relação semiquantitativa/quantitativa mostra uma variância muito pequena (reta quase paralela ao eixo das ordenadas), denotando uma certa constância na relação das análises.

Uma vez constatado que os teores se ajustam segundo a lei lognormal, os resultados foram plotados num papel dilog conforme mostrado no Gráfico 2, podendo-se observar que a "nuvem de pontos" obtida parece tender para o formato grosseiro de uma elipse achatada.

Para a construção da Reta de Correspondência foram empregadas as fórmulas da teoria estatística mostradas no Gráfico 2.

Do estudo geoestatístico procedido nas 557 análises da jazida de níquel do Morro do Engenho foram tiradas as seguintes conclusões de interesse imediato para as pesquisas:

1.- Existe uma fortíssima correlação estatística entre as análises quantitativas e semiquantitativas, pois o coeficiente de correlação r é elevado ($r = 0,95$). Esse fato já pôde ser vislumbrado na análise das Retas de Henri e na "nuvem de pontos" do Gráfico 2.

INDÍCIO: MORRO DO ENGENHO
 AMOSTRAGEM: ANÁLISES QUANTITATIVAS DE NÍQUEL

INTERVALO DAS CLASSES	Nº OBS. POR CLASSE	%	f ACUM.	n	x	lgx	nlgx	nlgx ²
1,0					1,0	0		
1,26					1,26	0,1		
1,58					1,58	0,2		
1,99					1,99	0,3		
2,51					2,51	0,4		
3,16					3,16	0,5		
3,98	21	100	558	21	3,98	0,6	12,6	7,56
5,01	85	96,23	537	85	5,01	0,7	59,5	41,65
6,31	114	81,00	452	114	6,31	0,8	91,2	72,96
7,94	121	60,57	338	121	7,94	0,9	108,9	98,01
10	129	38,88	217	129	10	1	129,0	129,00
12,6	53	15,77	88	53	12,6	1,1	58,3	64,13
15,8	25	6,27	35	25	15,8	1,2	30,0	36,00
19,9	5	1,79	10	5	19,9	1,3		8,45
25,1	3	0,89	5	3	25,1	1,4	4,2	5,88
31,6	2	0,35	2	2	31,6	1,5	3,0	4,50
39,8					39,8	1,6		
50,1					50,1	1,7		
63,1					63,1	1,8		
79,4					79,4	1,9		
100					100	2		
126					126	2,1		
199					199	2,2		
251					251	2,3		
				558			503,20	468,14

TABELA I

INDÍCIO: MORRO DO ENGENHO
 AMOSTRAGEM: ANÁLISES SEMIQUANTITATIVAS DE NÍQUEL

INTERVALO DAS CLASSES	Nº OBS. POR CLASSE	%	f ACUM.	n	x	lgx	nlgx	nlgx ²
1,0					1,0	0		
1,26					1,26	0,1		
1,58					1,58	0,2		
1,99					1,99	0,3		
2,51					2,51	0,4		
3,16					3,16	0,5		
3,98	4	100	557	4	3,98	0,6	2,4	1,44
5,01	42	99,28	553	42	5,01	0,7	29,4	20,58
6,31	98	91,74	511	98	6,31	0,8	78,4	62,72
7,94	129	74,14	413	129	7,94	0,9	116,1	104,49
10	91	50,98	284	91	10	1	91,0	91,00
12,6	97	34,64	193	97	12,6	1,1	106,7	117,37
15,8	55	17,23	96	55	15,8	1,2	66,0	79,20
19,9	32	7,36	41	32	19,9	1,3	41,6	54,08
25,1	4	1,61	9	4	25,1	1,4	5,6	7,84
31,6	5	0,89	5	5	31,6	1,5	7,5	11,25
39,8					39,8	1,6		
50,1					50,1	1,7		
63,1					63,1	1,8		
79,4					79,4	1,9		
100					100	2		
126					126	2,1		
199					199	2,2		
251					251	2,3		
				557			544,7	549,97

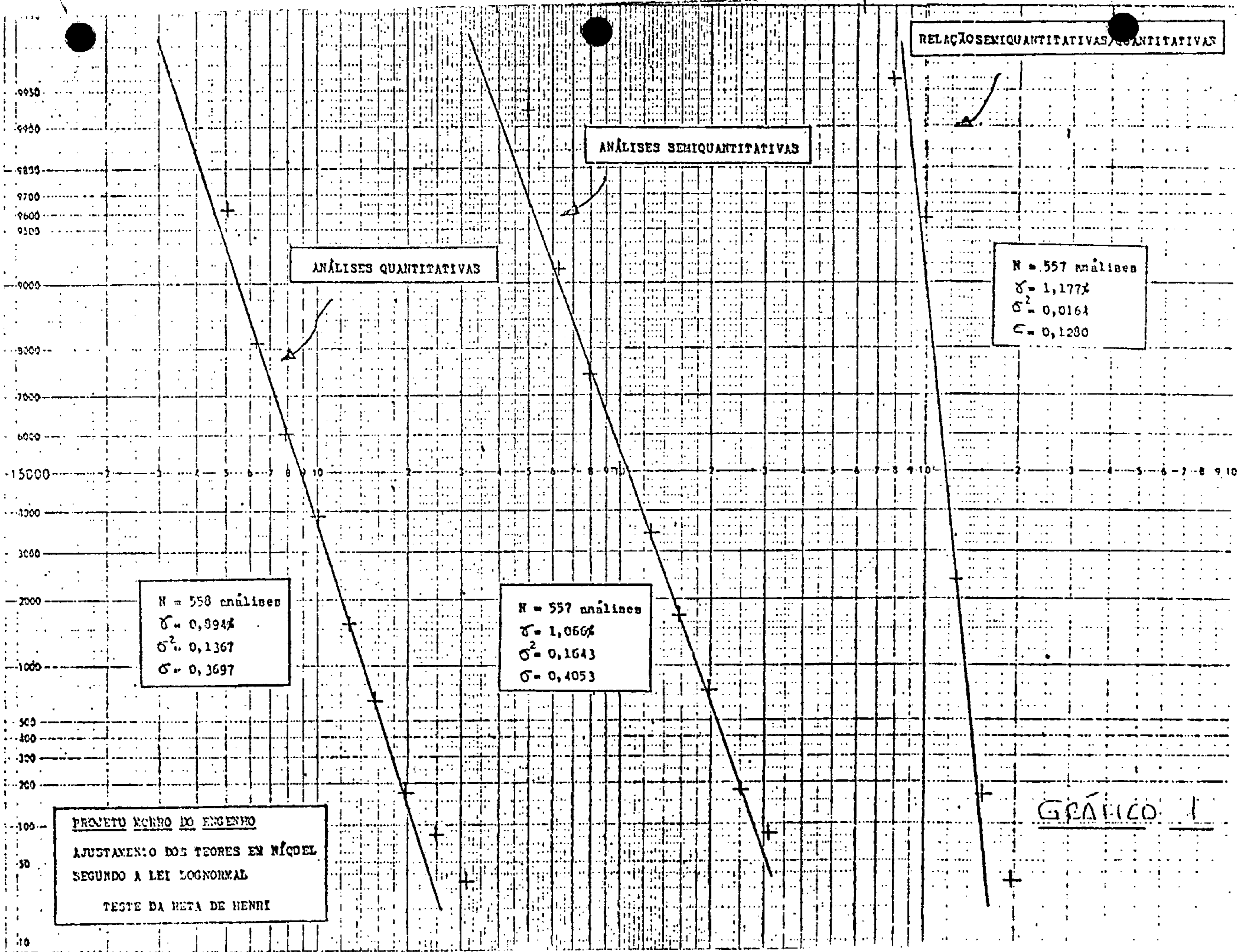
TABELA II

INDÍCIO: MORRO DO ENGENHO

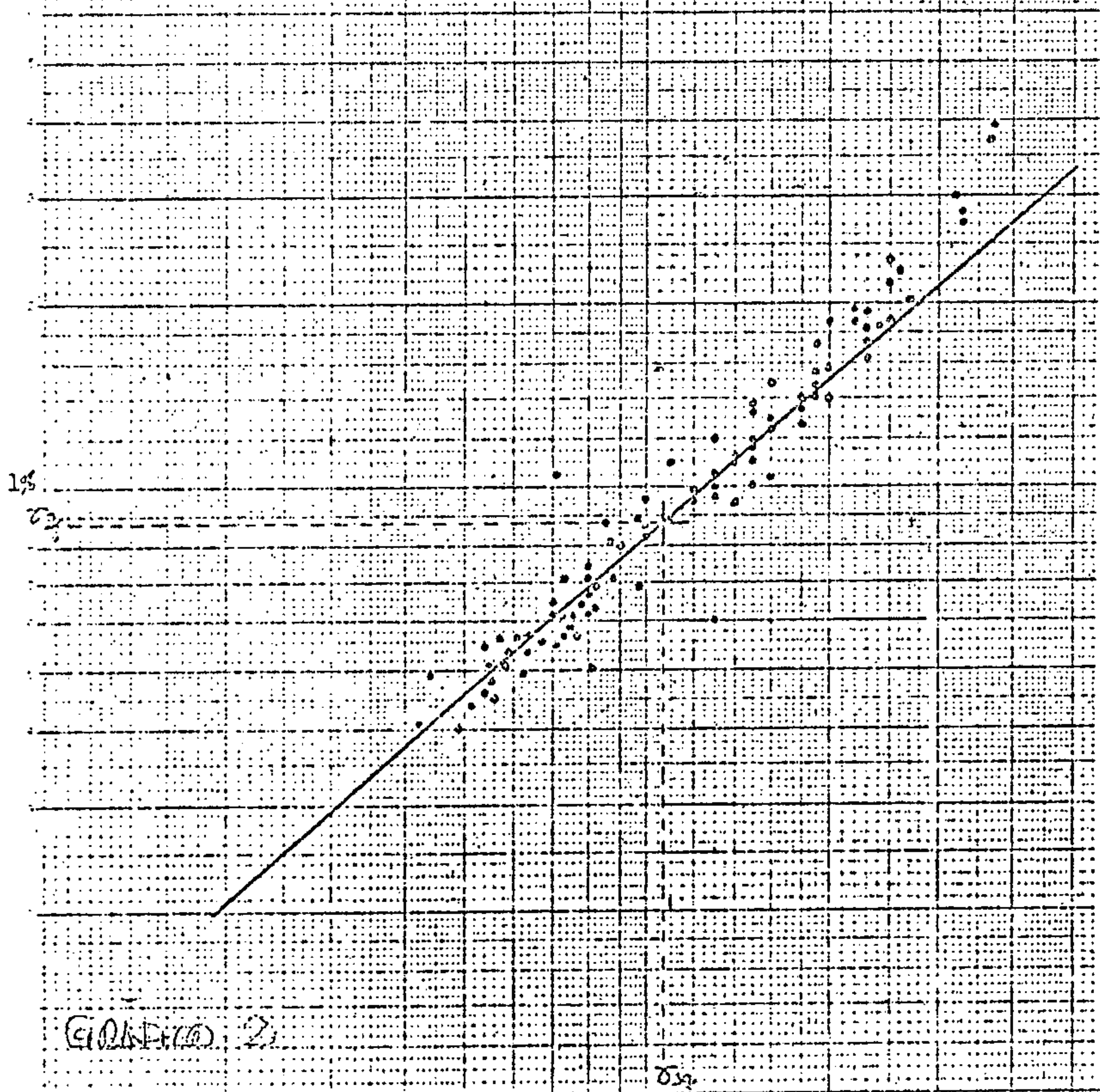
AMOSTRAGEM: RELAÇÃO ANÁLISES SEMIQUANTITATIVAS/QUANTITATIVAS

INTERVALO DAS CLASSES	Nº OBS. POR CLASSE	%	f ACUM.	n	x	lgx	nlgx	nlgx ²
1,0					1,0	0		
1,26					1,26	0,1		
1,58					1,58	0,2		
1,99					1,99	0,3		
2,51					2,51	0,4		
3,16					3,16	0,5		
3,98					3,98	0,6		
5,01					5,01	0,7		
6,31	2	100	557	2	6,31	0,8	1,6	1,28
7,94	22	99,64	555	22	7,94	0,9	19,8	17,82
10	402	95,69	533	402	10	1	402,0	402,00
12,6	122	23,51	131	122	12,6	1,1	134,2	147,62
15,8	7	1,61	9	7	15,8	1,2	8,4	10,08
19,9	2	0,35	2	2	19,9	1,3	2,6	3,38
25,1					25,1	1,4		
31,6					31,6	1,5		
39,8					39,8	1,6		
50,1					50,1	1,7		
63,1					63,1	1,8		
79,4					79,4	1,9		
100					100	2		
126					126	2,1		
199					199	2,2		
251					251	2,3		
				557			568,6	582,18

TABELA III



ANÁLISES QUANTITATIVAS



CÁLCULO DA RETA

1. Coef. Correlação: $r = \frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{xy}^2}{2 \sigma_x \sigma_y} =$

$\frac{0,2846}{0,2996} = 0,9499$

2. Coef. Angular: $p = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot r = \frac{0,3511}{0,4053} = 0,866$

3. Deslocamento: $d = 0,434 \sigma_y^2 (1-r^2) \cdot 100/2 = 0,0593 \cdot 4,885 = 0,2896 \text{ mm}$ (A reta de regressão coincide, praticamente, com a de correspondência)

4. Precisão da Reta

4.1 - Para um valor

$\sigma_w^2 = \sigma_y^2 (1 - r^2) = 0,0133$

$\sigma_w = \pm 0,1157$

Nível 68% $\sigma_w = \pm 11,57\%$

Nível 95% $2 \sigma_w = \pm 23,14\%$

4.2 - Para a média

$\sigma_w^2 = \frac{\sigma_y^2 (1-r^2) + 1/2 \sigma_{xy}^2 (1-r^4)}{N} =$

$0,27 \cdot 10^{-4}$

$\sigma_w = \pm 0,0052$

Nível 68% $\sigma_w = \pm 0,52\%$

Nível 95% $2 \sigma_w = \pm 1\%$

(Erro sobre a média de um grande número de valores interpretados a partir da reta)

GRÁFICO 2

2 - Tendo em vista o baixíssimo valor calculado para d ($d = 0,2895$ mm), a reta de regressão coincide, praticamente com a reta de correspondência. A título de esclarecimento lembramos que a reta de regressão é o lugar geométrico das medias de y para cada valor de x ; a reta de correspondência é o lugar geométrico das médias de y para cada valor de x .

3 - O erro sobre a média de um grande número de análises quantitativas interpretadas a partir da reta de correspondência é de apenas $\pm 1\%$ ao nível de 95% de probabilidade e $\pm 0,52\%$ ao nível de 68% de probabilidade. O erro para um valor é de $\pm 23,14\%$ ao nível de 95% de probabilidade e $\pm 11,5\%$ ao nível de 68% de probabilidade.

Em virtude das constatações resultantes do estudo realizado conforme descrito acima foi considerado plenamente justificável a não realização de análises pelo método quantitativo, empregando diretamente a espectrometria dos Raios X.

7.4 - Método de Cubagem

7.4.1 - Considerações Gerais

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 mais elevada, com desníveis máximos de 120 m, que define os dois morros que constituem o Morro do Engenho propriamente dito.

Quando da preparação do Relatório das áreas 1 a 6, os trabalhos de pesquisa nas porções elevadas da área não tinham preenchido a malha regular de 200m estabelecida, dadas as dificuldades

proporcionadas, sobretudo, pela espessa cobertura de blocos silicificados aí existentes, ocasionando, assim, um menor número de informações.

Optou-se, então, pela apresentação da cubagem por dois métodos diferentes: método dos blocos geológicos, para a área plana, com trabalhos de pesquisa em malha completa, e método das isópacas, para as zonas elevadas.

Após a entrega do citado Relatório, no entanto, os trabalhos de pesquisa continuaram nas áreas 4 a 6, em paralelo com os das áreas 7 a 9, e cobriram todas as locações previamente estabelecidas na malha de 200/200 m. Destarte, com um número de informações regulares para toda a zona potencialmente mineralizada, foi possível estabelecer-se um método único de cubagem para toda a jazida, tendo-se optado pelo Método dos Blocos.

Para tanto, foram considerados os seguintes parâmetros (ver tabelas de cálculos de reserva).

- a - Blocos
- b - Trabalhos de Pesquisa
- c - Profundidade Total dos Trabalhos de Pesquisa
- d - Espessura de Capeamento Estéril
- e - Espessura Mineralizada
- f - Teor Médio da Mineralização
- g - Área de Influência
- h - Volume do Capeamento Estéril
- i - Volume da Zona Mineralizada
- j - Tonelagem de Minério
- k - Tonelagem de Níquel Contido
- l - Relação de Mineração
- m - "Cut-off"

a - Blocos

Considerando-se a regularidade da malha utilizada com espaçamentos básicos de 200 m e pequenas variações para 100 a 50 m em alguns locais, determinou-se os blocos de cubagem pelas distâncias médias entre os trabalhos de pesquisa. Assim, por exemplo, um poço ou sondagem cercada por outros poços ou sondagem localizados a 200 m do primeiro ao longo das coordenadas EW e NS, seria o centro de um bloco com área de 200 x 200 m. Se a distância entre o poço ou furo de sonda central e um poço ou furo vizinho fosse de 100 m, mantendo-se constante (200 m) as outras distâncias, a área do bloco seria de 150 x 200 m. O mesmo raciocínio deve ser aplicado para aqueles trabalhos distanciados de 50 m entre si, cujos blocos, respectivamente, teriam uma área de 50 x 50 m. E assim sucessivamente. Quando não existem trabalhos de pesquisa nas vizinhanças de um bloco mineralizado, o limite externo do bloco foi determinado pelo raio de influência de 100 m.

b - Trabalhos de Pesquisa

Três foram os tipos de trabalhos de pesquisa realizados nos blocos de uma maneira geral: poços, trincheiras e furos de sonda. Considerando que os poços por um motivo ou outro (nível frático, desmoronamento, cobertura de calcedônia, etc.) às vezes não atingiram a zona mineralizada ou possivelmente mineralizada, tornou-se necessária, nesse caso, a realização de furos de sonda na mesma locação dos poços. Tais furos foram efetuados a uma distância de no máximo 5 m em relação ao poço, quando não foi possível completá-lo no próprio poço, através de escoramento do mesmo, ou através da construção de uma plataforma na boca do poço, capaz de suportar o maquinário de sondagem.

Da mesma maneira, em alguns dos cachimbos, para se verificar a continuidade de mineralização, foram abertos poços dentro daque les.

Destarte, os trabalhos correspondentes a cada bloco incluem uma das seguintes modalidades: poço, furo de sonda, cachimbo, poço e furo de sonda, cachimbo e poço, cachimbo e furo de sonda.

c - Profundidade Total dos Trabalhos de Pesquisa

Nesse item foram consideradas as profundidades totais dos po ços e furos de sonda correspondentes aos blocos respectivos. No ca so dos cachimbos, realizados nas encostas, foi considerada como profundidade total a altura da parede maior.

Nas tabelas de cálculos de reserva são consideradas, separa damente, as profundidades para cada trabalho.

d - Espessura do Capoteamento Estéril (E_c)

Para cada bloco, a espessura de estéril foi aquela corresponden dente à zona com teores abaixo do "cut-off" considerado, imediatamente superior à zona com teores acima do "cut-off" atravessada pelo trabalho de pesquisa respectivo.

Levando-se em conta que a diferenciação visual, no caso de minério laterítico de níquel, entre material mineralizado e material abaixo do "cut-off" é praticamente impossível, foi, em certos casos, necessário o abandono de um nível com teores acima do "cut-off" em meio a níveis com teores abaixo do "cut-off", a favor de zonas mais espessas, embora mais profundas, com teores favoráveis.

É o caso do poço 20-N-4 (Área 7), que, para o "cut-off" de 0,80% Ni teria um teor de 0,80% Ni entre 8-9 m, não considerado, em favor do nível 14-25 m, com teor médio de 0,96% Ni.

Por outro lado, pelo mesmo motivo do parágrafo anterior, torna-se praticamente impossível, em termos de mineração, separar níveis com teores abaixo do "cut-off" de níveis com teores favoráveis, quando aqueles estão em meio a estes. Esse caso, muito frequente, pode ser exemplificado, para o "cut-off" de 0,80% Ni, com os poços 20-N-3 (0,75% Ni entre 15-16 m; 0,64% Ni entre 17-18 m), 21-N-1 (0,52% Ni entre 3-4 m; 0,60% Ni entre 8-9 m), 22-N-4 (0,61% entre 18-19 m); 26-N-2 (0,79% Ni entre 14-15 m); 28-N-8 (0,52% Ni entre 3-4 m; 0,78% Ni entre 4-5 m); 40-N-10 (0,74% Ni entre 12-13 m) etc.; furos de sonda MC-05-GO (0,73% Ni entre 12-14 m); MC-40-GO (0,59% Ni entre 26-27 m); MC-68-GO (0,78 Ni entre 7-8 m); MC-71-GO (0,59% Ni entre 7-8 m) etc. O mesmo raciocínio deve ser utilizado para o caso em que foi utilizado o "cut-off" de 1,10% Ni.

Levando-se em conta que a amostragem em poços, pela sua própria natureza, é muito mais segura e significativa, foi considerada como espessura de capeamento estéril aquele intervalo superior do poço ou cachimbo com teores abaixo do "cut-off", mesmo quando, havendo na locação também um furo de sonda, o intervalo superior desse último apresentou mineralização acima do "cut-off". Um exemplo esclarecedor desse aspecto é dado pelo bloco 12 EW (Área 7, Reserva Medida), onde a espessura de estéril foi considerada de 0-6 m (correspondente ao poço 12-EW), embora o furo de sonda, locado no mesmo ponto, indicasse mineralização a partir de 4 m.

Para cada área e para toda a jazida, a espessura média de capeamento ($E_{c \text{ média}}$) foi calculada ponderando-se a espessura de capeamento

mento de cada bloco (E_c) por sua respectiva área de influência (A_i).
 Deste modo, temos: $E_{c \text{ média}} = \frac{\sum(A_i \times E_c)}{\sum A_i}$

e - Espessura Mineralizada (E_m)

Para cada bloco, utilizando-se o mesmo raciocínio anterior, com referência à maior representatividade da amostragem por poços e cachimbos, do que por testemunhos de sondagem, considerou-se como espessura mineralizada de cada bloco aquela correspondente ao poço ou cachimbo nele abrangido, até o seu final; somente a partir desse final, ou quando só haviam furos de sonda no bloco, é que foram considerados os teores dos testemunhos de sondagem. Um exemplo desse caso é o que ocorre no bloco 24-EW (área 6), onde para a reserva medida, com "cut-off" de 0,80% Ni, o poço 24-EW tem teores de 0,78% Ni e 1,00% Ni entre 9-10 m e 10-11 m, respectivamente. Apesar do furo de sonda ter mostrado teores de 1,08% Ni, 0,98% Ni e 1,38% Ni entre 8-9 m, 9-10 m e 10-11 m, respectivamente, foi considerada como espessura mineralizada do bloco 13 m a partir de 10 m de profundidade (10-11 m do poço e 11-23 m do furo de sonda). Outros exemplos são dados ainda para "cut-off" de 0,80% Ni, e reserva medida (área 6), pelos blocos 24-N-14 (poço 24-N-14 : 3-11 m; furo de sonda MC-51-GO : 11-17 m), 26-N-18 (poço 26-N-18: 4-6 m; furo de sonda MC-48-GO: 6-17 m). Para o mesmo "cut-off" e Reserva Medida da área 5, exemplos são dados pelos blocos 30-N-2 (poço 30-N-2 : 8-12 m; furo de sonda MC-57-GO: 12-25 m); 26-N-18 (poço 26-N-18: 4-6 m; furo de sonda MC-48-GO: 6-17 m) etc.

No caso em que poço e furo de sonda deram mineralização acima do "cut-off", no mesmo nível, foram sempre considerados os teores dos poços nesses níveis.

O mesmo raciocínio deve ser feito para o "cut-off" de 1,10% Ni.

Para cada área e para toda a jazida, a espessura média mineralizada ($E_{m \text{ média}}$) foi calculada ponderando-se a espessura minerali

zada de cada bloco (E_m) por sua respectiva área de influência (A_i).

Deste modo, temos:
$$E_{m \text{ média}} = \frac{\sum(A_i \times E_m)}{\sum A_i}$$

f - Teor Médio da Mineralização (t_i)

Para cada bloco e levando-se em conta as observações feitas nos itens anteriores com relação a poços e furos de sonda, os teores médios da mineralização foram calculados pelas médias aritméticas dos teores encontrados nos poços, preferencialmente, e furos de sonda, já que a amostragem foi regular, obedecendo à espessura de 1 m.

Os teores foram considerados sempre quantitativos, obtidos pela análise de Raios X ou pela análise estatística, conforme explicado no item 7.3.3.

Para cada área e para toda a jazida, a média dos teores médios ($t_{i \text{ médio}}$) foi calculada ponderando-se o teor médio de cada bloco

(t_i) por sua respectiva tonelagem de minério (T_m). Deste modo, temos:
$$t_{i \text{ médio}} = \frac{\sum(T_m \times t_i)}{\sum T_m}$$

g - Área de influência (A_i)

Para cada bloco, considerando-se que os trabalhos de pesquisa obedeceram a espaçamentos regulares de 200, 100 e 50 m, a área de influência dos blocos foi calculada utilizando-se uma escala graduada.

Para cada área e para toda a jazida, a área de influência total ($A_{i \text{ total}}$) foi calculada somando-se as áreas de influência de cada bloco

(A_i). Deste modo, temos:
$$A_{i \text{ total}} = \sum A_i$$

h - Volume do Capeamento Estéril (V_c)

Para cada bloco o volume do capeamento estéril foi calculado multiplicando-se a espessura do capeamento (E_c) pela área de influência (A_i).

Para cada área e para toda a jazida, o volume total de capeamento ($V_{c_{total}}$) foi calculado somando-se os volumes de capeamento

de cada área. Deste modo, temos: $V_{c_{total}} = \sum V_c$

i - Volume da Zona Mineralizada (V_m)

Para cada bloco o volume da zona mineralizada foi calculado multiplicando-se a área de influência (A_i) pela espessura mineralizada correspondente (E_m). Para cada área e para toda a jazida o volume total mineralizado ($V_{m_{total}}$) foi calculado somando-se os volumes mineralizados de cada área. Deste modo, temos: $V_{m_{total}} = \sum V_m$.

mes mineralizados de cada área. Deste modo, temos: $V_{m_{total}} = \sum V_m$.

j - Tonelagem de Minério (T_m)

Para cada bloco a tonelage de minério foi calculada multiplicando-se o volume da zona mineralizada (V_m) pela densidade de minério ($d = 1,27 \text{ g/cm}^3$). Para cada área e para toda a jazida a tonelage total de minério ($T_{m_{total}}$) foi calculada somando-se as toneladas de cada bloco. Assim temos: $T_{m_{total}} = \sum T_m$

gens de cada bloco. Assim temos: $T_{m_{total}} = \sum T_m$

k - Tonelagem de Níquel (T_{ni})

Para cada bloco a tonelage de níquel contido foi calculada

multiplicando-se a tonelagem de minério do bloco (T_m) pelo teor médio respectivo (t_i). Para cada área e para toda a jazida a tonelagem total de níquel contido ($T_{mi\text{total}}$) foi calculado somando-se as tonelagens de níquel de cada bloco. Deste modo, temos:

$$T_{mi\text{total}} = \sum T_{mi}$$

1 - Relação de mineração (R_{mi})

Para cada bloco a relação de mineração foi calculada dividindo-se o volume de capeamento do bloco (V_c) pela tonelagem de minério respectiva (T_m). Para cada área e para toda a jazida a relação de mineração média ($R_{mi\text{média}}$) foi calculada dividindo-se o volume total de capeamento ($V_{c\text{total}}$) pela tonelagem total de minério ($T_{m\text{total}}$). Deste modo, temos: $R_{mi\text{média}} = \frac{\sum V_c}{\sum T_m}$

m - "Cut-off"

Para efeito de melhor apreciação das reservas de minério do Morro do Engenho, os cálculos foram realizados tomando-se por base dois "cut-off": 0,80% Ni e 1,10% Ni. Tais cálculos encontram-se em tabelas separadas, para cada um constando as reservas medida, indicada e inferida, separadamente, de cada área de pesquisa, e a reserva total.

Nos cálculos da exequibilidade econômica de lavra foram considerados os resultados obtidos com o "cut-off" de 1,10% Ni.

7.4.2. - Reserva Medida

Como foi explicado anteriormente, a área dos blocos de

cupagem foi estabelecida através das meias-distâncias entre dois trabalhos de pesquisa e, no caso de não existir trabalho de pesquisa nas vizinhanças de um bloco, o limite externo foi determinado por um raio de influência de 100 metros.

Para a reserva medida, e para efeito de maior segurança, a área de influência do bloco, entre um poço ou furo estéril e outro mineralizado, foi considerada como sendo de 1/4 da distância entre ambos. No caso de não existir trabalhos de pesquisa nas vizinhanças do bloco, o limite considerado da área da reserva medida foi o trabalho de pesquisa.

7.4.3 - Reserva Indicada

Como reserva indicada foi considerada aquela correspondente à área contida entre o limite da área de reserva medida (1/4 da distância entre um poço ou furo de sonda mineralizado e um estéril) e a metade da distância entre um trabalho de pesquisa positivo e um negativo, ou seja o limite do bloco total.

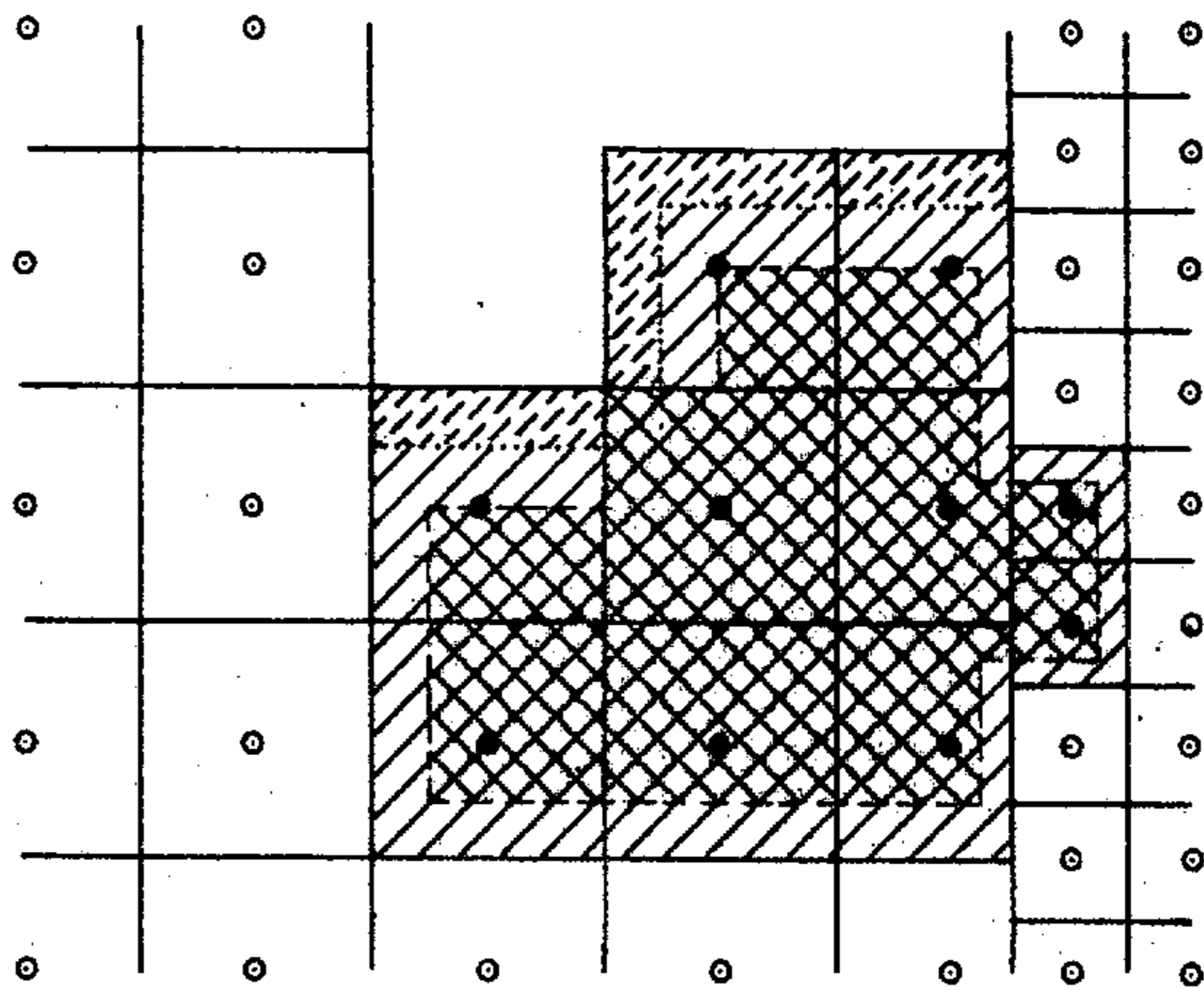
No caso de não existir trabalho de pesquisa nas vizinhanças do bloco, o limite externo da reserva indicada foi considerada como sendo aquela contida entre os limites da reserva medida e a meia distância entre a reserva medida e o limite do bloco.

7.4.4 - Reserva Inferida





A reserva inferida somente foi considerada, devido ao cerramento da malha de pesquisa, nos blocos onde não houve trabalhos de pesquisa nas vizinhanças de bloco mineralizado.

A área da reserva inferida considerada foi aquela contida entre os limites da reserva indicada e o limite do bloco.

A Figura 8 fornece uma idéia geral do exposto neste item e nos anteriores.



- Poço e/ou Furo Estéril
- Poço e/ou Furo Mineralizado

-  Limite do Bloco
-  Limite da reserva Medida
-  Limite da reserva Indicada
-  Limite da reserva Inferida




Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM
DIRETORIA OPERAÇÕES
 Agência Goiânia
PROJETO MORRO ENGENHO
ESQUEMA DOS LIMITES DAS RESERVAS

FIG.	ESCALA
10	

7.4.5 - TABULAÇÃO DAS RESERVAS

Os resultados obtidos nos cálculos das reservas medida, indicada e inferida e da reserva total estão expressos nas tabelas transcritas a seguir:

TABELA 1

RESUMO GERAL DAS RESERVAS

Cut-Off 1,10% Ni

RESERVA	TEOR MÉDIO (% Ni)	TONELAGEM (t)	NÍQUEL CONTIDO (t)
MEDIDA	1,341	11.956.517	160.360,431
INDICADA	1,298	6.056.097	78.590,839
INFERIDA	1,238	263.525	3.261.360
TOTAL	1,325	18.276.139	242.212,630

TABELA 2
RESUMO DAS RESERVAS POR ÁREAS
CUT-OFF - 1,10%

ÁREA	RESERVA	TEOR MÉDIO (% Ni)	TONELAGEM DE MINÉRIO (t)	NÍQUEL CONTIDO (t)
1	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
2	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
3	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
4	Medida	1,847	45.085	832,676
	Indicada	1,478	167.005	2.468,690
	Inferida	1,254	127.000	1.592,580
	SUB-TOTAL	1,443	339.090	4.893,946
5	Medida	1,331	2.294.097	30.522,468
	Indicada	1,315	2.404.016	31.610,446
	Inferida	1,260	50.800	640,080
	SUB-TOTAL	1,322	4.748.913	62.772,994
6	Medida	1,341	3.786.571	50.781,208
	Indicada	1,316	1.941.102	25.539,748
	Inferida	1,120	9.525	106,680
	SUB-TOTAL	1,332	5.737.198	76.427,636
7	Medida	1,342	5.830.764	78.224,079
	Indicada	1,229	1.543.974	18.971,955
	Inferida	1,210	76.200	922,020
	SUB-TOTAL	1,317	7.450.938	98.118,054
8	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
9	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
TOTAL		1,325	18.276.139	242.212,630

TABELA 3

RELAÇÃO DE MINERAÇÃO

CUT-OFF 1,10% Ni

ÁREA	RESERVA	VOLUME DE CAPEAMENTO (m ³)	TONELAGEM DE MINÉRIO (t)	RELAÇÃO DE MINERAÇÃO (m ³ /t)
1	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
2	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
3	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
4	Medida	94.000	45.085	2,085
	Indicada	374.000	167.005	2,240
	Inferida	290.000	127.000	2,284
	SUB-TOTAL	758.000	339.090	2,235
5	Medida	4.870.025	2.294.097	2,123
	Indicada	4.631.375	2.404.016	1,927
	Inferida	80.000	50.800	1,575
	SUB-TOTAL	9.581.400	4.748.913	2,018
6	Medida	6.698.850	3.786.571	1,769
	Indicada	2.687.400	1.941.102	1,385
	Inferida	35.000	9.525	3,675
	SUB-TOTAL	9.421.250	5.737.198	1,642
7	Medida	4.940.125	5.830.764	0,847
	Indicada	2.260.075	1.543.974	1,464
	Inferida	280.000	76.200	3,675
	SUB-TOTAL	7.480.200	7.450.938	1,004
8	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
9	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
T O T A L		27.240.850	18.276.139	1,491

Se fosse considerado o Cut-Off de 0,80% Ni, utilizado em muitas partes do mundo, as reservas seriam aquelas expressas nas tabelas transcritas a seguir:

T A B E L A 4

RESUMO GERAL DAS RESERVAS

Cut-Off 0,80% Ni

RESERVA	TEOR MÉDIO (% Ni)	TONELAGEM (t)	NÍQUEL CONTIDO (t)
MEDIDA	1,123	26.767.753	300.519,616
INDICADA	1,068	10.658.134	113.832,636
INFERIDA	0,978	1.200.150	11.733,975
TOTAL	1,103	38.626.037	426.086,227

TABELA 5

RESUMO DAS RESERVAS POR ÁREAS

CUT-OFF - 0,80%

ÁREA	RESERVA	TEOR MÉDIO (% Ni)	TONELAGEM DE MINÉRIO (t)	NÍQUEL CONTIDO (t)
1	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
2	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
3	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
4	Medida	1,090	93.853	1.022,998
	Indicada	1,150	439.928	5.059,058
	Inferida	1,017	342.265	3.482,086
	SUB-TOTAL	1,092	876.046	9.564,142
5	Medida	1,090	7.572.504	82.515,365
	Indicada	1,075	3.777.997	40.618,675
	Inferida	1,039	193.040	2.005,584
	SUB-TOTAL	1,084	11.543.541	125.139,624
6	Medida	1,113	8.964.139	99.748,484
	Indicada	1,064	3.440.878	36.620,188
	Inferida	0,900	334.645	3.010,345
	SUB-TOTAL	1,094	12.739.662	139.379,017
7	Medida	1,157	10.137.257	117.232,769
	Indicada	1,051	2.999.331	31.534,715
	Inferida	0,980	330.200	3.235,960
	SUB-TOTAL	1,129	13.466.788	152.003,444
8	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
9	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
TOTAL		1,103	38.626.037	426.086,227

TABELA 6
RELAÇÃO DE MINERAÇÃO
CUT-OFF 0,80% Ni

ÁREA	RESERVA	VOLUME DE CAPEAMENTO (m ³)	TONELAGEM DE MINÉRIO (t)	RELAÇÃO DE MINERAÇÃO (m ³ /t)
1	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
2	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
3	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
4	Medida	162.500	93.853	1,731
	Indicada	669.500	439.928	1,522
	Inferida	530.000	342.265	1,549
	SUB-TOTAL	1.362.000	876.046	1,555
5	Medida	9.258.825	7.572.504	1,223
	Indicada	4.284.375	3.777.997	1,134
	Inferida	186.000	193.040	0,964
	SUB-TOTAL	13.729.200	11.543.541	1,189
6	Medida	8.136.175	8.964.139	0,908
	Indicada	2.580.025	3.440.878	0,750
	Inferida	250.000	334.645	0,747
	SUB-TOTAL	10.966.200	12.739.662	0,861
7	Medida	4.628.180	10.137.257	0,457
	Indicada	1.905.700	2.999.331	0,635
	Inferida	150.000	330.200	0,454
	SUB-TOTAL	6.683.880	13.466.788	0,496
8	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
9	Medida	-	-	-
	Indicada	-	-	-
	Inferida	-	-	-
	SUB-TOTAL	-	-	-
TOTAL		32.741.280	38.626.037	0,848

3 - ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO

8.1 - Introdução

Para atender ao imperativo do Código de Mineração, a CPRM manteve um convênio com o Centro Técnico Aeroespacial do Departamento de Pesquisas e Desenvolvimento - Ministério da Aeronáutica, para o estudo de beneficiamento do minério do Morro do Engenho (Anexo III). Os processos estudados envolveram métodos piro e hidro-metalúrgicos, cujos resultados são a seguir apresentados.

8.2 - Fusão a Ferro-níquel

Os processos piro-metalúrgicos são os que concorrem com a maior parcela do níquel produzido mundialmente. Estes processos, entretanto, são utilizados para minérios contendo teores de níquel mais altos do que os apresentados. Poderia ser desenvolvido, em escala piloto, a obtenção de Fe-Ni a partir do minério do Morro do Engenho; contudo, a fase de refino que iria enriquecer o teor de níquel contido na liga final tornar-se-ia crítica para a economicidade do processo.

8.3 - Redução

Verificou-se, através de análise termo-diferencial, que a 640°C o minério perde a água combinada e a 800°C sofre uma transformação isotérmica de fase.

É provável que a liberação da água combinada altere localmente o potencial de redução (a água age como oxidante) e/ou

dificulte a difusão dos gases redutores no seio das partículas do minério. Do mesmo modo, a transformação de fase, para uma estrutura mais rígida da rede cristalina, dificulta a redução de qualquer níquel ainda não reduzido. Do ponto de vista termodinâmico observa-se que as proporções das misturas, praticamente, não devem afetar os resultados de redução do óxido de níquel, uma vez que, nas temperaturas utilizadas, os valores da constante de equilíbrio k_p , obtidos em função de ΔG , são bastante negativos.

Pelo fato de ter sido usado um forno estacionário, o contato entre o minério e os gases redutores foi precário, não permitindo o melhor rendimento. Na fase piloto, usando um forno rotativo, possivelmente não haveria estes problemas, e o rendimento deverá ser mais conveniente para as lixiviações posteriores. Experiências efetuadas com misturas $CO/CO_2 \sim 1,7$ apresentaram um rendimento de aproximadamente 60%. Porém, com mistura proporcionada de H_2/CO , que será produzida em escala piloto por queima direta de óleo combustível, ter-se-ão, provavelmente, resultados de melhor rendimento.

Através dos resultados obtidos por misturas H_2/H_2O , a temperatura de redução deverá ser fixada em torno de $750^\circ C$ e o tempo de 90 minutos, de acordo com a tendência apresentada nos gráficos e resguardando-se logicamente as adequações dos parâmetros, que deverão ser efetuadas para a fase piloto.

8.4 - Lixiviação com ácido sulfúrico

A lixiviação com H_2SO_4 não pareceu viável, pois, houve uma alta percentagem de solubilização do magnésio, o que compli

ca bastante a economicidade do processo.

8.5 - Lixiviação com Amônia

Processo de lixiviação amoniacal não apresenta maiores dificuldades do ponto de vista "extração de níquel", pois o mesmo é praticamente todo lixiviado. A única restrição é a necessidade de recuperação de amônia, que em escala industrial não é de fácil solução.

8.6 - Lixiviação com Cloro

Este processo parece bastante promissor, desde que não haja um consumo exagerado de cloro. Tal consumo não pode ser verificado em escala de laboratório, mas em escala maior, poderá ser melhor constatado.

8.7 - Segregação

O processo de segregação para minérios com alto teor de ferro apresenta inconvenientes, pois o ferro acompanha o níquel, tanto na segregação, isto é, o ferro é reduzido juntamente com o níquel, quanto na separação magnética, onde no concentrado obtido há uma alta percentagem de ferro.

Para que haja melhor rendimento do processo, três linhas básicas deveriam ser seguidas:

1. Possibilidade de separar o ferro, por separação magnética, do minério, isto é, tentar reduzir o teor de ferro
2. Estudar uma maior seletividade de níquel em relação ao

ferro na segregação.

3. Estudar a viabilidade de concentrar o níquel segregado por outro processo de beneficiamento, por exemplo, flotação, onde haja maiores possibilidades de separação níquel-ferro.

8.8 - Conclusões

Analisando as experiências efetuadas, julga-se a extração de níquel pelo processo de lixiviação amoniacal a mais viável e digna de ser considerada. A obtenção de liga Fe-Ni poderia ser considerada, porém, tendo em vista o baixo teor de níquel contido no minério, tornar-se-ia algo onerosa.

9 - EXEQUIBILIDADE ECONÔMICA DE LAVRA

9.1 - Introdução

O estudo de mercado realizado, a reserva cubada, a escala de produção compatível com a moderna tecnologia, além de outros fatores, permitiram estabelecer uma usina com capacidade de produção de 10.000 t/ano de níquel como a mais conveniente.

Sendo o teor médio de 1,325% Ni, e admitindo-se uma recuperação do níquel contido da ordem de 80%, a quantidade de minério a ser extraída anualmente seria de:

$$\frac{10.000}{0,01325 \times 0,80} = 950.000 \text{ t/ano, aproximadamente}$$

Admitindo-se que a mineração funcione 300 dias por ano, em regime de 16 horas/dia, ter-se-ia uma extração diária de 4.324 t de minério úmido (equivalentes a 3.166 t de minério seco), correspondentes a 2.490 m³/dia "in situ". Sendo o empolamento do material solto de 30%, o volume diário de minério produzido seria de 3.240 m³.

Sendo a razão de mineração (estéril/minério) de 1,491 m³/t, seria necessária, para extrair a tonelagem anual de minério acima mencionada, a remoção de 1.416.000 m³ de estéril, equivalentes a 4.720 m³ por dia "in situ" ou, para um mesmo empolamento de 30%, 1.840.000 m³/ano e 6.140 m³/dia de material desmontado, respectivamente.

Para o regime de trabalho suposto, isto é, 16 horas por dia x 300 dias/ano, a produção horária seria a seguinte:

Minério: 203 m³/hora
 Estéril: 384 m³/hora

9.2 - Descrição das operações de lavra

O primeiro trabalho a ser desenvolvido na área seria o

desmatamento, que não oferece maiores problemas, em se tratando de vegetação quase totalmente de cerrado. Para esse fim seria utilizado um trator Caterpillar de esteiras, modelo D-8-H, que serviria também para outros serviços na mina, inclusive o "push" dos "scrapers", quando necessário.

A mineração propriamente dita seria iniciada com o decapeamento, efetuado por "moto-scrapers" de rodas Caterpillar tipo 627, trabalhando no sistema "push-pull".

Após o decapeamento, a extração do minério seria efetuada por duas escavadeiras tipo "shovel", que carregariam diretamente o material em caminhões.

O transporte até a usina seria realizado por caminhões de 15 t de capacidade. Prevê-se que a usina estará situada junto à jazida, o que significaria um transporte médio de aproximadamente 2km.

A construção e a conservação de estradas seria realizada utilizando-se alguns dos equipamentos acima mencionados. Tais equipamentos foram dimensionados com uma pequena folga de capacidade, a fim de poder atender também a estes serviços.

Prevê-se também a aquisição de 4 conjuntos moto-bombas e respectivos acessórios (ponteiras, canalizações, etc.) para fins de rebaixamento da superfície freática, quando necessário.

9.3 - Dimensionamento do equipamento

Um "scraper" Caterpillar 627, com tração nas 4 rodas e capacidade de carga coroadada de 15 m^3 , poderia fazer 5 viagens por hora entre a frente de serviço e o depósito de rejeito, suposto este a uma distância média de 700 m.

A produção horária seria de: $5 \times 15 \text{ m}^3 = 75 \text{ m}^3$

Como a necessidade de remoção do estéril é de 383 m^3 por hora, seriam necessários 6 "scrapers" que trabalhariam acoplados no sistema "push-pull". Em caso de parada de um deles o "push" poderia ser feito pelo trator D-8-H.

No caso das "shovel" e para as condições de trabalho na área, uma máquina tipo Marion 111-M ou similar, com caçamba de 3 1/2 a 8 jd³ teria, conforme dados e especificações, uma capacidade de produção da ordem de 150 m³/hora. Para uma produção de 203 m³/hora, seriam necessárias 2 máquinas que teriam folga de capacidade suficiente.

Em relação aos caminhões, supostos de 15 t de carga, vemos que, no caso, transportando cada um 11 m³/viagem, seriam realizadas 19 viagens por hora.

Admitindo-se que cada caminhão seja capaz de efetuar 3 viagens/hora, a uma distância de 2 km, seriam utilizados 7 caminhões de 15 t para atender à capacidade de produção. Prevê-se entretanto a aquisição de 11 desses veículos, ficando os demais como reserva ou realizando serviços de construção e conservação de estradas.

Serão também adquiridos 4 veículos auxiliares e 4 conjuntos moto-bombas para fins de rebaixamento da superfície freática, quando necessário.

9.4 - <u>Investimento Inicial</u>	Cr\$
- 1 trator Caterpillar tipo D-8-H de esteiras	600.000,00
- 6 "moto-scrapers" Caterpillar tipo 627, de rodas, capacidade 14/20 jd ³ (11/15 m ³).....	4.500.000,00
- 2 escavadeiras "shovel" tipo Marion 111-M..	6.000.000,00
- 11 caminhões capacidade 15t, inclusive caçamba basculante.....	1.650.000,00
- 4 veículos tipo camioneta, para serviços auxiliares,.....	160.000,00
- 4 conjuntos moto-bombas, com ponteiras, canalizações e acessórios.....	50.000,00
- Equipamentos para oficinas.....	120.000,00
- Construções civis (residências, galpões, silos, oficinas, almoxarifado, casa de força)	500.000,00

- Despesas pré-operacionais (projeto, consultoria, despesas legais, salários, viagens).	500.000,00
- Capital de giro.....	2.500.000,00
- Eventuais.....	500.000,00
	<hr/>
	17.080.000,00

9.5 - Custos anuais

Devemos inicialmente observar que, no que se refere às máquinas pesadas (trator, "scrapers", "shovel" e caminhões), os cálculos são feitos conforme o sistema de apuração de custos adotados pelos métodos técnicos, que incluem todos os custos, diretos e indiretos, isto é: mão-de-obra, combustíveis e lubrificantes, pneumáticos, serviços, peças e materiais de reposição e manutenção, depreciação e administração.

Feito este esclarecimento, teríamos:

- trator D-8-H.....	800.000,00
- "scrapers".....	6.000.000,00
- "shovels".....	2.000.000,00
- caminhões.....	1.800.000,00
- operação e manutenção de veículos auxiliares	200.000,00
- sondagens, poços e outros serviços de apoio à mineração.....	250.000,00
- depreciação imóveis, equipamentos, oficinas, veículos auxiliares e moto-bombas.....	100.000,00
- amortizações despesas pré-operacionais e despesas eventuais.....	80.000,00
- Depleção.....	4.750.000,00
- imposto único sobre minerais.....	3.562.500,00
- administração (*).....	720.000,00
	<hr/>
- T O T A L	20.262.500,00

(*) Não incluída a administração direta incidente sobre as máquinas pesadas, como acima mencionado.

9.6 - Estimativa da Receita Total da Lavra

Sendo a quantidade de minério necessária de 950.000 t/ano, como vimos em 9.1., e admitindo-se um preço unitário de Cr\$25,00/tonelada (valor de transferência), a receita total anual seria de:

$$950.000 \times 25,00 = 23.750.000,00$$

9.7 - Rentabilidade

	Cr\$
Lucro Bruto.....	3.487.500,00
Imposto de Renda.....	1.046.250,00
	<hr/>
Lucro Líquido.....	2.441.250,00

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Investimento}} = 14,29\%$$

$$\frac{\text{Lucro Líquido}}{\text{Vendas}} = 10,28\%$$

Pelo acima exposto verifica-se ser lucrativa a lavra da jazida do Morro do Engenho.

10 - CONCLUSÕES

Foram cubadas reserva da ordem de 11.956.517 t para a reserva medida, 6.056.097 t para a reserva indicada e 263.525 t para a reserva inferida, perfazendo um total de 18.276.139 t de minério com teor médio de 1,325% Ni e relação de mineração de 1,491 m³/t.

A área já tem seus problemas de infra-estrutura devidamente equacionados pelos órgãos competentes, especialmente aqueles relacionados com disponibilidade de energia e estradas.

Desta forma, é de se considerar como viável o aproveitamento econômico da jazida dentro do esquema preconizado no capítulo "Exequibilidade Econômica de Lavra".

Ao submeter, pois, à consideração do DNPM o presente Relatório, a CPRM acredita haver cumprido todas as exigências constantes do Artigo 26 do Regulamento do Código de Mineração, motivo pelo qual solicita a aprovação do mesmo, com base no disposto no Artigo 32, alínea a, do mesmo Regulamento.

JOÃO BATISTA DE VASCONCELOS DIAS
Eng^o. de Minas e Civil - CREA-384/D - 9^a Região
Responsável Técnico

11 - 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, 19 p.
3. BOLDT, Jr. J. - The Winning of Nickel - Ed. Techn. Paul Queneau. Princeton, 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. 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. LEONARDO, 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, 86p., il.
16. MAIA, J. - Curso de Lavra de Minas. Esc. Min. Ouro Preto, 2v., 1965, 238 p.
17. MELCHER, G. C. e COUTINHO, J.M.V. - Rochas Alcalinas e Carbonatito 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.

APÊNDICE

DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA



FOTO Nº 01 - Vista aérea do maciço do Morro do Engenho tendo ao fundo a elevação maior.



FOTO Nº 02

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



FOTO Nº 03 - Vista aérea do acampamento da CPRM na região do Morro do Engenho.



FOTO Nº 04 - Acampamento: em primeiro plano, casa e escritório dos técnicos. Em segundo plano, alojamento dos braçais.



FOTO Nº 05 - Campo de Pouso.



FOTO Nº 06 - Alfabetização dos braçais.



FOTO Nº 07 - Abertura de picadas com auxílio de equipamento motorizado.



FOTO Nº 08 - Prospecção geoquímica com auxílio de trado motorizado.



FOTO Nº 09 - Poço executado. Cercado por medida de proteção.



FOTO Nº 10 - Aspecto da abertura de poços sem escoramento com auxílio de um sarilho.



FOTO Nº 11 - Poço escorado. Vista de baixo para cima.



FOTO Nº 12 - Prospecção nas encostas - Cachimbo.



FOTO Nº 13 - Serviço de topografia.



FOTO Nº 14

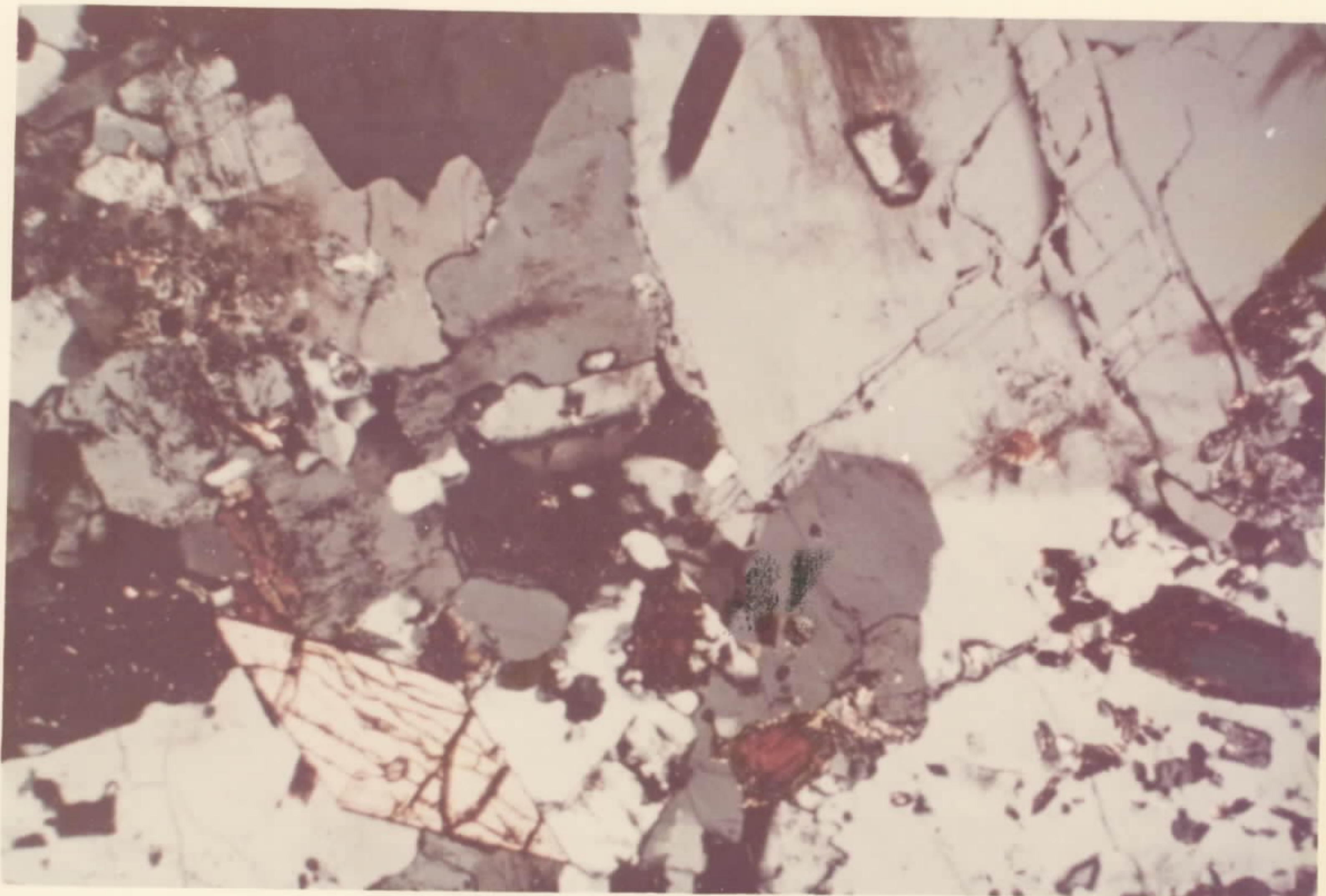
Aspecto da sonda
gem.



FOTO Nº 15 - Aspecto da sondagem.



FOTO Nº 16 - Descrição de testemunhos de sondagem.



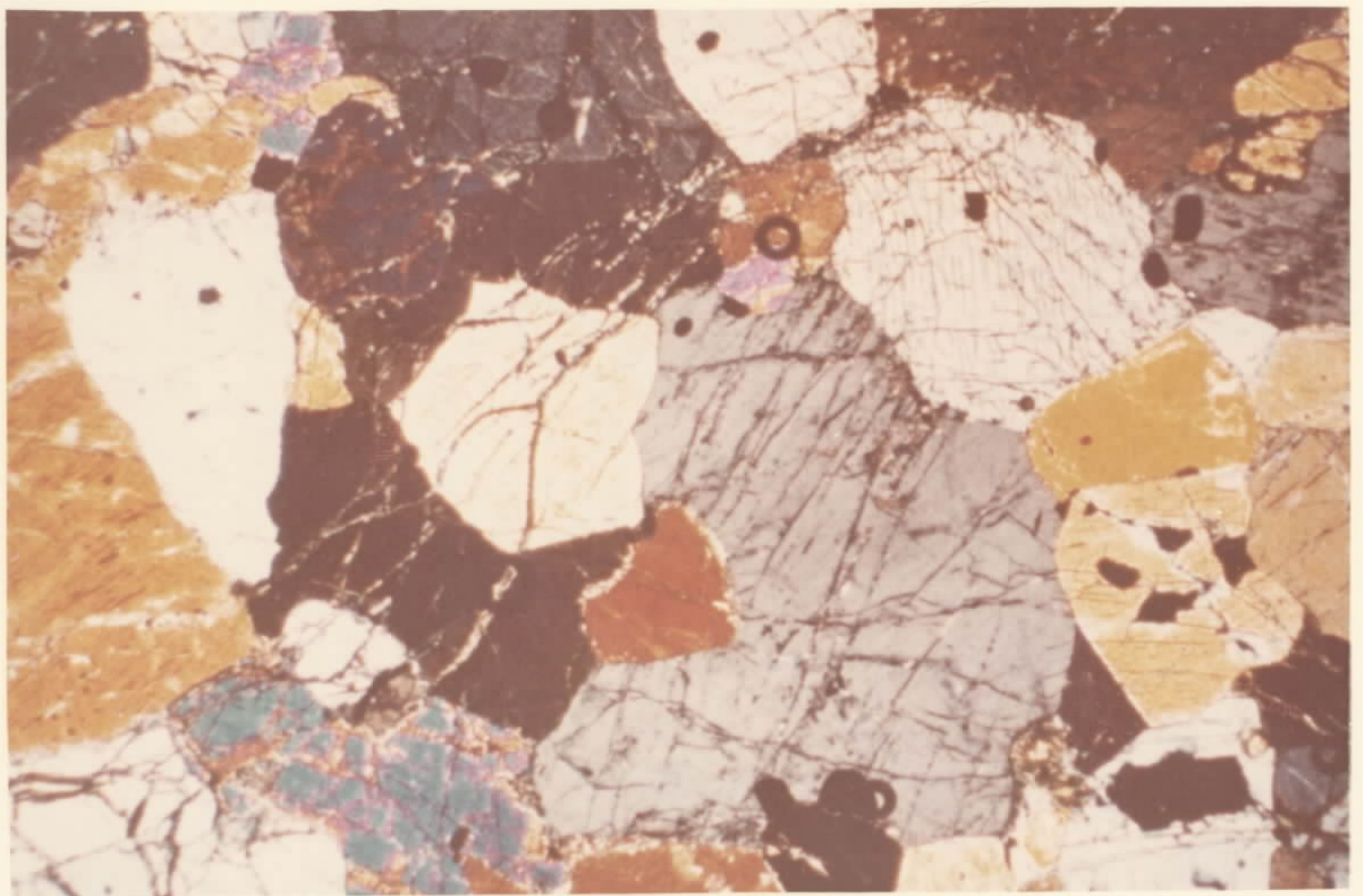
MICROFOTO Nº 01 - Sienito nefelínico, observando-se cristais de nefelina, feldspato potássico, aegerina zonada, esfeno. LP X 10.



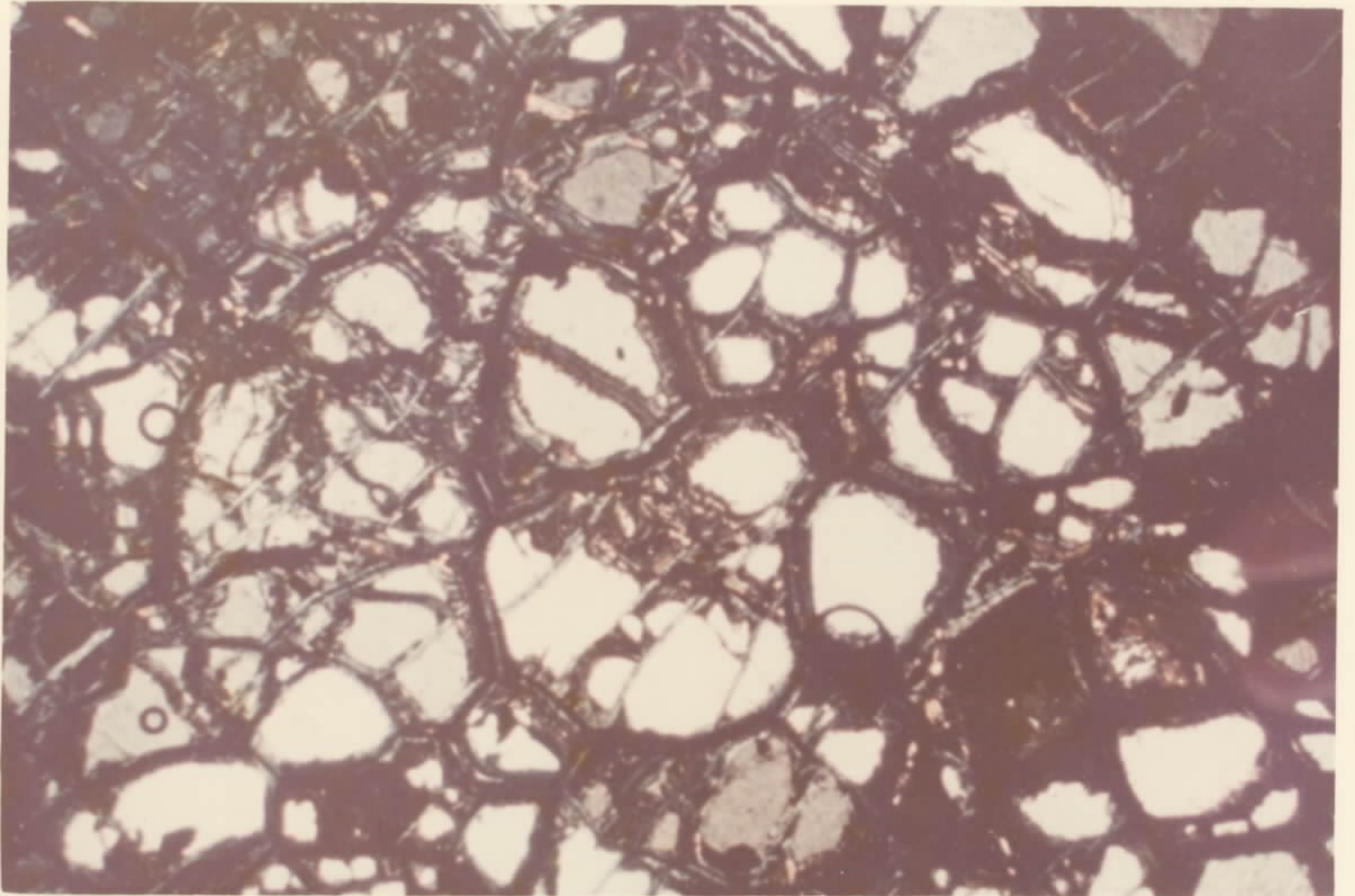
MICROFOTO Nº 02 - Serpentinito com textura típica, observando-se ainda calcedônia ao centro. LP X 4.



MICROFOTO Nº 03 - Peridotito com início de serpentinização. LP X 4.



MICROFOTO Nº 04 - Piroxenito. LP X 10.



MICROFOTO Nº 05 - Dunite, parcialmente serpentinizado.
LP X 10.



MICROFOTO Nº 06 - Peridotito serpentinizado recortado
por veios de carbonato. LP X 10.



MICROFOTO Nº 07 - Sienito nefelínico, observando-se cristais de zircónia euédricos. LP X 10.



MICROFOTO Nº 08 - Microgabro alcalino. LP X 10.