

Sociedade Brasileira de Geologia
Núcleo Norte



Anexo aos Anais do
I Simpósio de Geologia da Amazônia



belém-pa-maio 1982

I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA

Belém do Pará, Brasil

25 – 31 maio 1982

COMISSÃO ORGANIZADORA:

Presidente	– Antonio Monteiro de Jesus
Secretário	– Dacyr Botelho dos Santos
Tesoureiro	– Otávio Blanco Rodrigues
Conferências	– Guilherme Galeão da Silva
Sessões Técnicas	– Arthur Luiz Bernardelli Agildo Pina Neves José Waterloo Lopes Leal
Divulgação	– José Maria Santana Santos
Excursões	– Carlos Romano Ramos
Editoração	– Moacir José Buenano Macambira Theodomiro Gama Junior
Som e Projeção	– Tomaz de Aquino Massoud Lobato

ENTIDADE ORGANIZADORA:

Sociedade Brasileira de Geologia – Núcleo Norte

Presidente	– Herbert Georges de Almeida
Vice-Presidente	– Walter Kou Hirata
1o. Secretário	– Roberto Dall' Agnol
2o. Secretário	– Milton Matta
1o. Tesoureiro	– José Moura Villas Boas
2o. Tesoureiro	– José Isaias Lisboa Machado
Diretor de Publicação	– Moacir José Buenano Macambira

I SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA

Arthur Luiz Bernardelli
1982
↘

**PROVINCIA MINERAL DE CARAJÁS – PARÁ:
DEPÓSITOS DE FERRO, MANGANÊS, COBRE,
OURO, NÍQUEL E BAUXITA.**

Arthur Luiz Bernardelli (Coordenador)

Edivaldo de Miranda Meireles

José Thadeu Teixeira

Neidemar Farias

Ricardo Saueressig

Roberto Assad

Vanderlei de Rui Beiseigel

Walter Kou Hirata

DOCEGEO

BELEM

B521 Bernardelli, Arthur Luiz, coord.
Província mineral de Carajás-Pará: depósitos de ferro, manganês, cobre, ouro, níquel e bauxita. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia - Núcleo Norte, 1982.
104 p. ilust.

"Anexos aos Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia".

Conteúdo. — Geologia regional, por Walter Kou Hirata. — Distrito ferrífero da Serra dos Carajás, por Vanderlei de Rui Beisiegel. — Jazida de manganês do Azul, por Arthur Luiz Bernardelli. — Jazida de cobre Salobo 3A, por Neidemar Figueira Farias e Ricardo Saueressig. — Depósito de ouro de Serra Pelada, por Edivaldo de Miranda Meireles e José Thadeu Teixeira. — Depósito de níquel laterítico do Vermelho, por Arthur Luiz Bernardelli. — Depósito de bauxita do Platô N5, por Roberto Assad e Vanderlei de Rui Beisiegel.

1. Recursos minerais — Pará — Serra dos Carajás. I. Título.



CDD 553.098115
CDU 553.04(23:811.5 Carajás)

APRESENTAÇÃO

Tendo em vista a excursão aos depósitos de ferro, manganês, cobre, ouro e bauxita da Serra dos Carajás, dentro da programação do I Simpósio de Geologia da Amazônia, apresentamos um conjunto de textos básicos a respeito das diversas áreas e sobre a geologia regional (Fig. 1).

Embora, por motivos logísticos, a excursão não se estenda ao depósito de níquel de Carajás, incluímos um texto sobre esse depósito a fim de tornar este trabalho o mais abrangente possível.

Devemos esclarecer que estes textos representam um resumo do conhecimento geológico alcançado nos diversos depósitos, cada um em estágio diferente do outro e, particularmente, no que concerne à geologia regional as limitações são maiores, em decorrência da própria natureza dos trabalhos da DOCEGEO.

A província Mineral de Carajás abrange ainda depósitos de cassiterita e pode-se dizer que seu potencial está longe de ser conhecido em sua totalidade.

SUMÁRIO GERAL

	P.
APRESENTAÇÃO	
LISTAS DE FIGURAS	
GEOLOGIA REGIONAL	
Walter Kou Hirata	9
DISTRITO FERRÍFERO DA SERRA DOS CARAJÁS	
Vanderlei de Rui Beisiegel, comp.	21
JAZIDA DE MANGANÉS DO AZUL	
Arthur Luiz Bernardelli	47
JAZIDA DE COBRE SALOBO 3A	
Neidemar Figueira Farias e Ricardo Saueressig	61
DEPÓSITO DE OURO DE SERRA PELADA	
Edivaldo de Miranda Meireles e José Thadeu Teixeira	75
DEPÓSITO DE NÍQUEL LATERÍTICO DO VERMELHO	
Arthur Luiz Bernardelli	87
DEPÓSITO DE BAUXITA DO PLATÔ N5	
Roberto Assad e Vanderlei de Rui Beisiegel	97

LISTA DE FIGURAS

	P.
1. Mapa de Situação	7
2. Coluna Estratigráfica	17
3. Geologia Regional – Legenda	18
4. Mapa Geológico Regional	19
5. Localização das Clareiras Indicativas de Minério de Ferro	26
6. Esboço Geológico da Jazida N4	30
7. Simplified Geologic Map – N4E	31
8. Geologic Cross Sections – N4E	33
9. Geologic Cross Sections – N4E	34
10. Geologic Plan – N4E at the 610 m Level	35
11. Geologic Plan – N4E at the 520 m Level	36
12. Mina – Arranjo Geral	42
13. Fluxograma do Beneficiamento	43
14. Área de Beneficiamento de Minério – Arranjo Geral	44
15. Jazida de Manganês do Azul – Mapa Geológico	54
16. Legenda do Mapa Geológico	55
17. Jazida de Manganês do Azul – Seção Vertical 800 E	56
18. Legenda da Seção Vertical	57
19. Jazida de Cobre Salobo 3A – Mapa Geológico	66
20. Legenda do Mapa Geológico	67
21. Jazida de Cobre Salobo 3A – Seção Vertical 00	69
22. Jazida de Cobre Salobo 3A – Seção Vertical 1000 SE	70
23. Legenda das Seções Verticais	71
24. Depósito de Ouro de Serra Pelada – Mapa Geológico	80
25. Legenda do Mapa Geológico	81
26. Depósito de Ouro de Serra Pelada – Seção Vertical	82
27. Legenda da Seção Vertical	83
28. Depósito de Níquel do Vermelho – Mapa Geológico	93
29. Depósito de Bauxita de N5 – Situação dos Corpos A e B	102
30. Depósito de Bauxita de N5 – Perfil Esquemático	104

GEOLOGIA REGIONAL

**Walter Kou Hirata
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	13
ABSTRACT	13
ESTRATIGRAFIA	13
Complexo Xingu	13
Sequência Salobo-MM1	14
Grupo Grão Pará	14
Formação Rio Fresco	14
Granito Serra dos Carajás	15
Grupo Uatumã	15
Granito Velho Guilherme	15
Formação Gorotire	15
Super-Grupo Baixo Araguaia	15
Sedimentos da Bacia do Maranhão	15
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	15

RESUMO

É proposta uma coluna estratigráfica informal para a Província Mineral de Carajás, considerando os trabalhos da DOCEGEO acumulados desde 1974, somados aos dados do Projeto RADAMBRASIL, Cia Meridional de Mineração, Cia Vale do Rio Doce, CODIM, entre outros.

O Complexo Xingu, a unidade mais basal da Plataforma Amazônica, é considerado como de idade arqueana e incorpora sequências tipo *greenstone belts* como ocorre em Andorinhas, além de complexos básico-ultrabásicos de facies granulítica (área Pium).

O Proterozóico inferior é representado pela Sequência SALOBO-MM1, Grupo Grão Pará, Formação Rio Fresco e Granito Serra dos Carajás, enquanto que o Proterozóico Médio foi iniciado por extenso vulcanismo continental do Grupo Uatumã com intrusão do Granito Velho Guilherme, seguido da deposição da Formação Gorotire.

No final do Proterozóico Médio houve a deposição do Super-Grupo Baixo Araguaia (Grupos Estrondo e Tocantins), como uma faixa marginal da Plataforma Amazônica.

Finalmente, no Paleozóico, tivemos o desenvolvimento da sedimentação da Bacia do Maranhão (Sinéclise).

ABSTRACT

An informal stratigraphic column is proposed for Carajás Mineral Province, considering DOCEGEO'S works accumulated since 1974, in addition to RADAMBRASIL Project, Cia Meridional de Mineração, Cia Vale do Rio Doce, CODIM data, etc.

Xingu complex, a more basal unit from Amazonic Platform, is considered as from age and incorporates greenstone belts Sequence as occurs at Andorinhas, besides basic-ultrabasic complexes of granulitic facies (Pium área).

Lower Proterozoic is represented by Salobo MM1 suite, Grão-Pará Group, Rio Fresco Formation and Serra dos Carajás Granite while Medium Proterozoic started through extensive continental volcanism of the Uatumã Group with Velho Guilherme Granite intrusion, followed by Gorotire Formation deposition.

At the end of Medium Proterozoic there was Baixo Araguaia Super Group deposition (Estrondo and Tocantins Groups), as an edge band from Amazonic Platform.

Finally, in Paleozoic, there was Maranhão Basin sedimentation development (syncline).

ESTRATIGRAFIA

No contexto regional considera-se como Província Mineral dos Carajás a área limitada a leste pelos rios Araguaia-Tocantins, e oeste pelo rio Xingu, a norte pela Serra do Bacajá, a sul pela Serra de Gradaús e que corresponde à porção mais oriental da Plataforma Amazônica de SUCZCZYNSKI (1969) e FERREIRA (1969).

Os trabalhos da DOCEGEO acumulados desde 1974, somados aos trabalhos anteriores do Projeto RADAMBRASIL, Cia Meridional de Mineração/CVRD, CODIM, entre outros, permitem propor, ainda que informalmente, a coluna estratigráfica mostrada na Fig. 2 a seguir. Mapa Geológico Figs. 3 e 4.

Complexo Xingu

O Complexo Xingu compreende rochas polimetamórficas representadas genericamente por gnaisses, anfíbolitos, migmatitos, granitos, cataclasitos, milonitos. Via de Regra, essas rochas afloram ao longo de rios, ou em áreas de topografia arrasada, formando grandes extensões na região considerada. Neste relatório, é explicitado que esses terrenos metamórficos de alto grau incorporam também sequências do tipo *greenstone belts* (Andorinhas), além de complexos básico-ultrabásicos estratificados de facies granulítica (área Pium), de acordo com os trabalhos de WINDLEY & BRIDGWATER (1970).

Rochas de alto grau – gnaisses, migmatitos – foram assinaladas em diversos pontos: no Vale do rio Itacaiúnas da foz do rio Pium até a foz do rio Vermelho, no Igarapé Azul, no vale do Igarapé Cinzento, Igarapé Tapirapé, entre outros, (MEYER et alli – 1981). Os tipos petrográficos são gnaisses (ácidos, admetlíticos ou granodioríticos), migmatitos, granitos, principalmente.

Rochas de baixo grau (xistos verdes), interpretadas como *greenstone-belts*, ocorrendo como *infolds* nos terrenos gnáissico-migmatíticos, foram verificadas em Andorinhas, Gradaús, Igarapé Sapucaia (Água Fria), Rio Novo (Serenó). Na área de Andorinhas, a unidade mais basal – Sequência Babaçu – é composta por extensos derrames de tufos, ultramáficas (talco-xistos) e sedimentos químicos (*chert*, formação ferrífera). Existe uma unidade mais superior – Sequência Lagoa Seca – com rochas félsicas (metarriodacitos), meta-basaltos, rochas ultramáficas (talco-clorita-xistos), sedimentos clásticos: siltitos, grauvacas e arenitos.

Rochas graníticas intrusivas, possivelmente de diferentes períodos, ocorrem na parte sul e oeste da estrutura Andorinhas: nas proximidades do Rio Maria foram assinalados afloramentos de trondhjemitos, a SW da estrutura existem afloramentos de granodioritos e a sul ocorre o maciço Jamon (hornblenda-biotita-granito) que deve ser a fase mais recente. Caracteristicamente, existem inúmeras ocorrências de ouro ao longo de toda a estrutura Andorinhas, sendo as principais na área Babaçu e área Lagoa Seca (CORDEIRO & SAUERGESIG – 1980).

Na área do Igarapé Sapucaia, mais exatamente na estrada estadual Xinguara-S. Félix do Xingu, nas proximidades do Igarapé Pium ocorrem meta-peridotitos (talco-tremolita-clorita-xisto) com textura *spinifex*.

Na área de Gradaús a sequência basal da estrutura é semelhante àquela de Andorinhas.

Na área do Rio Novo (Serenó), exatamente na estrada que liga Serra Pelada ao km 16, foram observadas diversas repetições de sequências compostas de anfibólio-clorita-xisto, com zonas subordinadas de rochas félsicas, formação ferrífera bandeada e meta-chert. Além disso, diversas exposições ultramáficas (peridotitos) foram verificadas em abundância relativamente maior do que em Andorinhas.

Rochas de facies granulítica foram encontradas na área Pium e são interpretadas como componentes de um Complexo básico-ultra-básico estratiforme, com rochas anortosíticas, encravado em gnaisses granodioríticos. Foram assinalados tipos petrográficos como ultrabásicas (talco, tremolita, actinolita), piroxenitos, hiperstênio-noritos, gabros anortosíticos (70% plagioclásio), meta-gabros, hiperitos, piroxênio-anfibólio-quartzo-biotita-plagioclásio-xisto, ortopiroxênio-hornblenda-andesina-granulito e formação ferrífera. Existem ocorrências de cobre nos granulitos e rochas gabróicas.

Sequência Salobo-MM1

Nesta unidade foram agrupadas as sequências de rochas definidas nas áreas SAL-3A e MM1, e outras áreas a elas correlacionadas, como Buritirama, Serra do Igarapé Cinzento e Igarapé Salobo, área Cigano, Jaca, Cururu, etc. Como característica, essas áreas são topograficamente mais elevadas, formam serras lineares (WNW) e as rochas apresentam fácies metamórfica de alto grau (anfíbolito), características essas que contrastam daquelas exibidas pelas faixas *greenstone-belts* já citadas, além das diferenças petrográficas evidentes.

Na área SAL-3A existe um pacote de xistos ricos em ferro, um *ironstones* no sentido de JAMES (1954) portador de mineralização de cobre, como ouro e molibdênio subordinados. Esse pacote de xistos está encaixado em gnaisses e quartzitos. Os *ironstone* são formados por granada, grunerita, magnetita, biotita, quartzo, faialita, hiperstênio, plagioclásio, hornblenda, hastingsita, pirosmalita, apatita, stilpnomelano, grenalita e clorita, em proporções variáveis. O minério, estratiforme, constitui-se de bornita e calcosina, com calcopirita subordinada além de ouro e molibdenita. Intercalados no pacote mineralizado ocorrem xistos e anfibólio (hornblenda, tremolita-actinolita, cummingtonita), biotita, plagioclásio, quartzo, que são interpretados como possíveis metasaltos.

A sequência de SAL-3A é reconhecida a leste, oeste e norte da Serra SAL-3A, como nas áreas 4A, 2A, 4B, SAL-7, etc, porém a mineralização é menos desenvolvida.

Na área MM1 a sequência de rochas inclui gnaisses, formação ferrífera bandeada, xistos (plagioclásio, anfibólio, biotita, quartzo, granada), rochas a cordierita-antofilita e anfíbolitos. Diversas zonas de xistos são interpretadas como possíveis metabasaltos; às vezes rochas de aspecto fragmentado de granulação média a grossa, com abundantes fragmentos angulosos de *chert* e granada, são interpretadas como possíveis piroclásticas; mais raramente ocorrem rochas sedimentares químicas, finamente laminadas, com bandas alternadas de composição *chert*-anfíbolio ou ricas em sulfetos. A mineralização é estratiforme, com níveis maciços, finos, de pirita-calcopirita (F. 24, 513-523 m) de pirrotita-esfalerita-calcopirita (F. 25, 155-165 m) e associada às rochas sedimentares químicas, bem laminadas. Mineralização tipo *stringer*, preenchimento de fraturas e disseminações de calcopirita, pirrotita e pirita ocorrem em metabasaltos. Calcopirita associada a magnetita foi verificada em quartzo-anfíbolito no furo 24.

Grupo Grão Pará

O Grupo Grão Pará, conforme CVRD/MERIDIONAL (1972) compreende três unidades litológicas, sendo que apenas a do meio foi formalmente designada com o nome de Formação Carajás. A unidade superior, assim como a mais inferior, são vulcânicas basálticas representando diversos derrames com possíveis contribuições piroclásticas.

As rochas basálticas são consideradas como parte de um evento vulcânico toleítico submarino, evidenciado pela presença de hialoclastitos; via de regra mostram-se muito alterados por processos de epidotização, cloritização, carbonatização e silicificação. Dois tipos petrográficos são evidenciados: o primeiro inclui rochas grosseiras, em parte faneríticas, às vezes porfiríticas, e o segundo inclui rochas de granulação muito fina, sem fenocristais, claramente extrusivas, com cavidades miarolíticas e textura intergranular. Mineralogicamente são compostas por plagioclásio e piroxênios, largamente cloritizados.

A Formação Carajás é constituída essencialmente por itabiritos, que são rochas laminadas de granulação fina, constituídas de bandas de quartzo e bandas ricas em hematita e magnetita, com magnetita subordinada.

O Grupo Grão Pará é verificado na Serra Norte (clareira N1 a N9), Serra Sul (S-1 a S-45), Serra Leste (SL-1 a SL-3) e serra de São Félix (SF-1 a SF-3).

Formação Rio Fresco

A Formação Rio Fresco compreende uma espessa sequência de sedimentos predominantemente clásticos, grossos a finos, incluindo também sedimentos químicos-calcários, dolomitos, *chert*, formação ferrífera bandeada, além de manifestações vulcânicas básicas-basaltos e diabásios da área Bahia, porém em proporções subordinadas.

Esta formação ocorre tipicamente no sinclínório de Carajás, particularmente na área do depósito de manganês do Azul. Outras exposições desta formação são verificadas como na área do prospecto de cobre Bahia, na Serra Pelada,

na estrutura de Andorinhas, e no sinclínio de Gradaús. De maneira geral, trata-se de uma sequência transgressiva com clásticos grosseiros na base e clásticos mais finos, até sedimentos químicos no topo. Em Gradaús a sequência é predominantemente fina (ardósias e folhelhos carbonosos). Esta unidade está dobrada e apresenta metamorfismo incipiente (Serra Pelada).

As mineralizações conhecidas até o momento parecem estar todas relacionadas à sequência de clásticos mais finos e sedimentos químicos. Na área Azul existem dois níveis manganíferos intercalados a siltitos (marrom, cinza, carbonoso), sendo que o nível superior é uma marga manganífera (33-54 m espessura) constituída por estratos químicos e rodocrosita e estratos clásticos quartzo-argilosos, gradativos, enquanto que o nível superior é um calcário rico em rodocrosita associada a material carbonoso, quartzo, argilo-minerais e alguma pirita, conforme BERNARDELLI et BEI-SIEGEL (1978). Na área Bahia, ocorrências de cobre são associadas a grauvacas e pelitos carbonosos. Na Serra Pelada existe outro associado a siltitos. Em Andorinhas existem ocorrências de chumbo-prata em *gossan* associado a *chert* e folhelhos carbonosos.

Granito Serra dos Carajás

Sob essa denominação são compreendidos diversos maciços, grosseiramente circulares, de dimensões variadas (25-65 km diâmetro) e composição variando de granítica a granodiorítica, geralmente com biotita associada.

Na estrada que liga Serra Norte a Serra Sul existem exposições que mostram que esses corpos são intrusivos na Formação Rio Fresco.

Grupo Uatumã

São consideradas as rochas vulcânicas não metamorfisadas e não dobradas que ocorrem tipicamente na "ferradura" do rio Xingu e na região do rio Iriri. Trata-se de uma sequência diferenciada com basaltos, andesitos, riocacitos, além de larga incidência de rochas piroclásticas (Ferradura do rio Xingu). Na área do Iriri o vulcanismo é predominantemente félsico com riocacitos e piroclásticos.

Foi denominada Formação Sobreiro a unidade de caráter intermediário, tipicamente exposta no Rio Fresco (IDESP, 1972). A Formação Iriri (SUDAM, 1972) é predominantemente félsica com riocacitos, piroclásticos, ignimbritos, granófiros, etc.

Granito Velho Guilherme

São aqui compreendidos diversos corpos, frequentemente pequenos (4-10 km de diâmetro), circulares, com características sub-vulcânicas, composição variando de granítica a granodiorítica, geralmente a biotita. Via de regra são portadores de cassiterita, em zonas greisenizadas, com topázio, fluorita (Velho Guilherme, Antonio Vicente, Mocambo).

Formação Gorotire

A Formação Gorotire (BARBOSA et alli, 1966) compreende arenitos feldspáticos, siltitos, conglomerados, argilitos, e ocorre tipicamente na Serra do Gorotire.

Super-Grupo Baixo Araguaia

Neste relatório é considerada a denominação Super-Grupo Baixo Araguaia resumindo os grupos Tocantins e Estrondo (Araxá), no sentido que é dado por HASUI et alli, (1980), em substituição à Faixa Orogênica Araguaia-Tocantins do Projeto RADAMBRASIL.

O Grupo Estrondo é composto por rochas metamórficas em fácies anfíbolito, como xistos, gnaisses, migmatitos, quartzitos, xistos magnesianos. O Grupo Tocantins apresenta litologias em fácies metamórficas xistos verdes, como filitos, quartzitos, calcários.

Rochas ultrabásicas intrusivas são frequentes e geralmente associadas a rochas do Grupo Tocantins (S. Quatipuru, S. Tapa).

Sedimentos da Bacia do Maranhão

São consideradas as rochas paleozóicas constituídas genericamente por sedimentos clásticos principalmente, calcário e evaporitos, além de manifestações vulcânicas básicas de natureza toleítica.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- ALMEIDA, F.F.M. de — 1978 — A Evolução dos Cratons Amazônico e do São Francisco comparada com a de seus homólogos do Hemisfério Norte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife. *Anais ... Recife*, Sociedade Brasileira de Geologia. v.6, p. 2293-407.

- BARBOSA, O. *et alii* — 1966 — **Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaia"**. Rio de Janeiro, IBGE. 94 p. (Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Monografia, 19).
- BERNARDELLI, A.L. & BEISIEGEL, V.R. — 1978 — Geologia econômica da jazida de manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, **Anais...** Recife, Sociedade Brasileira de Geologia v.4, p. 1431-44.
- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL — 1974 — **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE/COMPANHIA MERIDIONAL DE MINERAÇÃO — 1972 — Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém. **Resumo das comunicações. Simpósios**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 78-80 (Boletim n. 2).
- CORDANI, U.G. — 1980 — **Comentários a respeito das datações efetuadas para a região da Serra dos Carajás**. São Paulo. 3p. (Relatório interno da DOCEGEO).
- CORDANI, U.G. — 1980 — Fundamentos de interpretação geocronológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, Camboriú, SC. **Interpretação de dados geocronológicos**. Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia. (Boletim n. 6) p. 1-22.
- CORDEIRO, A.A.C. & SAUERESSIG, R. — 1980 — **Serra das Andorinhas: geologia e principais ocorrências de ouro**. Belém, DOCEGEO. (Trabalho apresentado durante o Congresso Brasileiro de Geologia, 31., Camboriú, SC).
- FERREIRA, E.O. — 1969 — Considerações sobre o mapa tectônico do Brasil e sobre a tectônica da plataforma brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador. **Resumo das conferências e comunicações**. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 73-5.
- GOMES, C.B. *et alii* — 1975 — Radiometric ages from the Serra dos Carajás Area, Northern Brazil. **Geol. Soc. of Amer. B.**, 86(7): 939-42.
- HASUI, Y. *et alii* — 1980 — Idades Rb-Sr e K-Ar do Centro-Norte do Brasil e seu significado geológico-geotectônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31., Camboriú, SC. **Anais...** Camboriú, Sociedade Brasileira de Geologia. v.5, p. 2659-76.
- HUTCHINSON, R.W. — 1979 — **Report on Docegeo Copper Projects IMM1, Salobo and Regional Geological Relationships, Pará, Brazil**. 17p. (Relatório interno da DOCEGEO).
- IDESP — 1972 — Projeto Rio Fresco. Contribuição à geologia do Pré-Cambriano da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26., Belém. **Resumo das comunicações. Simpósio**. Belém, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 73-5 (Boletim n. 2).
- JAMES, H.L. — 1954 — Sedimentary facies on iron formation, **Econ. Geol.**, 49: 235-93
- KADEKARU, K. — 1981 — Geofísico da DOCEGEO. **Comentários sobre os levantamentos aeromagnéticos da DOCEGEO e PGBC**. (Comunicação verbal).
- MEYER, D.J.K. — 1980 — **Exploração geológica-geoquímica-geofísica da área Xingu-Araguaia. Projeto Aquiri — AOC-9**. Belém. 2v. (Relatório interno da DOCEGEO).
- NEVES, B.B.B. de *et alii* — 1980 — Evolução geocronológica do Pré-Cambriano do Estado da Bahia. In: INDA, H.A.V., **org. Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia; textos básicos**. Salvador, Coordenação da Produção Mineral. v.3, p. 1-101.
- SUDAM. Departamento de Recursos Naturais. Divisão de Recursos Minerais. **Pesquisa mineral no Tapajós/Jamanxim: relatório preliminar**. Belém, 1972. 172p.
- SUSZCZYNSKI, E.F. — 1969 — Certas considerações sobre a tectônica da plataforma Amazônica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador. **Resumo das conferências e comunicações**. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 75-6.
- WINDLEY, B.F. — 1977 — **The Evolving continents**. New York, John Wiley & Sons. 385 p.
- WINDLEY, B.F. & BRIDGWATER, D. — 1970 — The Evolution of Archaean Low — and High-Grade Terrains. In: SYMPOSIUM ON ARCHEAN ROCKS, Perth. **Symposium...** Ed. By J.E. Glover. Canberra, Geological Society of Australia. (Australia Geological Society Special publication, 3) p. 33-46.

DISTRITO FERRÍFERO DA SERRA DOS CARAJÁS.

**Compilado por
Vanderlei de Rui Beisiegel
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	25
ABSTRACT	25
INTRODUÇÃO	25
Localização e vias de acesso	25
Histórico	26
TRABALHOS REALIZADOS	27
Fase principal da pesquisa – 1970/1972	27
Pesquisa complementar – jazida N4 – 1972/1979	27
RESERVAS	27
JAZIDA N4–E	29
Estratigrafia e Litologia	29
Estrutura	32
Gênese dos minerais de ferro	32
Classificação genética dos minérios	37
Caracterização granulométrica dos minérios	38
Caracterização química dos minérios	40
Cálculo das reservas	40
MINA	40
Método de lavra	40
Beneficiamento	42
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	45

RESUMO

O Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás localiza-se no norte do Brasil, no Estado do Pará. Sua descoberta foi em agosto de 1967, durante uma exploração regional de manganês por um grupo da CMM.

A região é uma floresta densa, exceto as clareiras onde ocorre o minério de ferro uns 350 m acima do nível regional principal. As serras do Distrito de Carajás têm direção aproximadamente leste/oeste e são denominadas: Serra Norte, Serra Sul, Serra Leste e Serra de São Félix.

A formação ferrífera de Carajás é um jaspilito. Sob intemperismo acompanhado por lixiviação da sílica, ocorreu significativo enriquecimento supergênico, resultando na formação de vários depósitos grandes e de alto teor de hematita. O minério azul hematita-martita e o minério marrom hematita-martita-goethita são típicos do Distrito de Carajás.

A prospecção e pesquisa em Carajás exigiram grandes esforços. Começaram em 1967 logo após a descoberta de minério de ferro, envolvendo programas de mapeamento geológico, levantamento geofísico, sondagem, escavação de galerias e testes de laboratório que duraram até 1980.

Desde o começo da pesquisa, dispensou-se atenção especial aos depósitos de minério N4-E localizados na parte central de Serra Norte. Devido ao acesso mais fácil por ferrovia, à qualidade do minério e ao tamanho da reserva, a N4-E foi escolhida como o local para início da mineração em Carajás.

Os estudos de desenvolvimento da mina N-4 totalizaram 1.251 milhões de tons métricas de minério lavrável com 66,13% Fe, 1,00% SiO₂ e 0,04% P de média. 97% é reserva medida. Três tipos de minério básico, hematita dura, mole e pulverulenta, classificados de acordo com a distribuição das frações granulométricas, constituíram as reservas de minério. A hematita mole, compreendida predominantemente entre 3/8" e 60 mesh, representa 84% das reservas totais. A hematita dura e a pulverulenta somam 9% e 7%, respectivamente.

ABSTRACT

Carajás Iron Ore District is in northern Brazil in the State of Pará. Discovery took place in August 1967 during regional prospecting for manganese, by a CMM team. The region is heavily forested, except for the iron-ore-bearing mesa type clearings, some 350 m above regional main level. The higher lands of the Carajás District comprise roughly east-west stretching ranges namely: Serra Norte, Serra Sul, Serra Leste and Serra São Félix.

Carajás iron formation is a jaspilite rock. Upon deep weathering accompanied by silica leaching, significant iron supergene enrichment took place, the result being the formation of several, large, high grade hematite deposits. Hematite-martite blue ore and hematite-martite-goethite brown ore are typical of the Carajás District.

Prospecting and exploration in Carajás involved a major effort. Started in 1967, right after discovery of iron ore, phase-programs involving geologic mapping, geophysical surveying, core drilling, adit excavation and laboratory tests, lasted until 1980.

Since the early days of exploration particular attention was paid to the N4-E ore deposits, located in the central part of the north range — Serra Norte. Owing to easier railroad accessibility, ore quality and reserve size, N4-E was selected as the site for mining start up in Carajás.

Mine development studies for N4-E computed a total 1,251 million metric tons of mineable ore averaging 66,13% Fe, 1,00% SiO₂ and 0,04% P. 97% is measured reserve. Three basic ore types: hard, friable and soft hematite, classified according to size fraction distribution, build up ore reserves. Friable hematite, comprised predominantly between 3/8 inch and 60 mesh, represents 84% of total reserves. Hard and soft hematite account for 9% and 7%, respectively.

INTRODUÇÃO

O denominado Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás compreende um grande número de jazidas agrupadas em 4 conjuntos — Serra Norte, Serra Sul, Serra Leste e São Félix, sendo os dois primeiros destacadamente os mais importantes e constituindo os flancos do chamado Sinclínorio de Carajás (fig. 5).

No presente trabalho será dada ênfase especial à jazida N4 onde será iniciada a lavra de minério de ferro atualmente em fase de implantação.

Localização e vias de acesso

As jazidas de minério de ferro da Serra dos Carajás estão situadas nos municípios de Marabá e São Félix do Xingu, Estado do Pará.

O principal agrupamento de jazidas, compreendido nas Serras Norte, Sul e Leste, está situado numa área delimitada pelas seguintes coordenadas geográficas (fig. 5).

Paralelos 5°50'S e 6°35'S
Meridianos 49°30'W e 50°45'W

A clareira N4-E da Serra dos Carajás dista, em linha reta, 130 km da cidade de Marabá e 550 km da cidade de Belém.

As áreas de ocorrência de minérios de ferro do Distrito Ferrífero de Carajás, durante a principal fase da pesquisa, eram atingidas somente por via aérea, tendo em vista a inexistência de estradas ou de rios navegáveis.

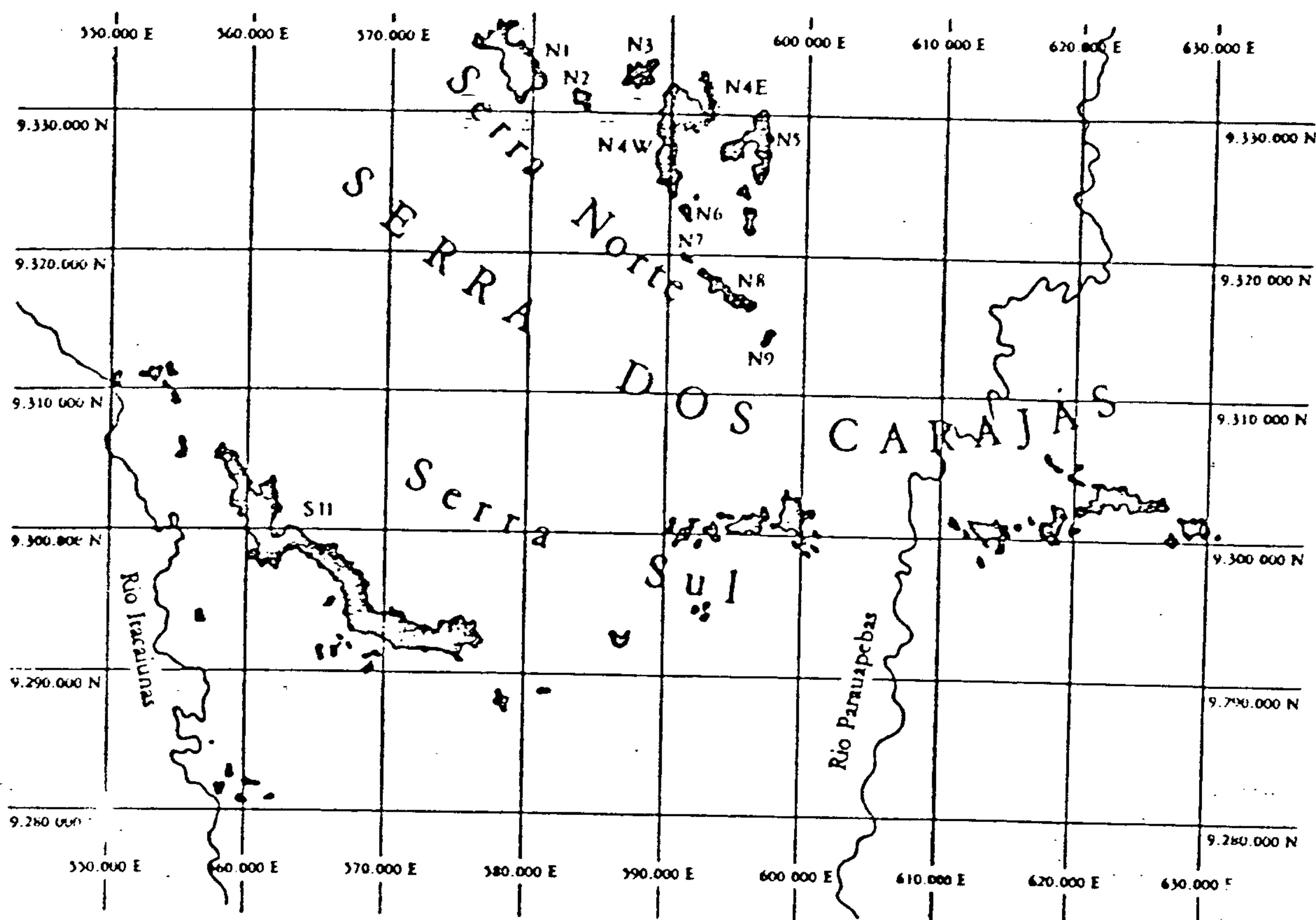


fig. 5 — Localização das clareiras indicativas de minério de ferro.
Location of main iron ore clearings.

Atualmente, após a construção da estrada entre a jazida da N4 e a rodovia PA-150, a Serra dos Carajás encontra-se ligada à rede rodoviária nacional. Marabá pode ser atingida após um percurso aproximado de 210 km em estrada cascalhada. Partindo-se de Marabá, após 229 km é atingido o entroncamento com a rodovia BR-010, Belém-Brasília, que dista, neste ponto, 455 km de Belém.

Num futuro próximo, o Distrito Ferrífero de Carajás também será alcançado através da Estrada de Ferro Carajás-Ponta da Madeira (890 km), que interligará a jazida da N4-E ao porto de Itaqui, em São Luiz do Maranhão. Em dezembro de 1981 entrou em operação um aeroporto permitindo utilização de aeronaves de grande porte.

Histórico

Apesar das clareiras terem sido inicialmente identificadas durante o trabalho de interpretação fotogeológica para o Projeto Araguaia (1966), a ocorrência de minério de ferro somente foi descoberta em agosto de 1967, pelos geólogos da Companhia Meridional de Mineração que estavam executando um programa sistemático de prospecção regional. Após os reconhecimentos iniciais, foram delineadas por interpretações fotogeológicas adicionais as áreas em que se esperava encontrar as ocorrências ferríferas. Posteriormente, um levantamento aeromagnetométrico da área forneceu dados complementares confirmativos. Em 1969, em decorrência de um acordo entre a Companhia Vale do Rio Doce, foram requeridas, por essas duas companhias e suas subsidiárias, 18 áreas de pesquisa que abrangem 160.000 hectares.

Em princípio de 1970, foi iniciado um intenso programa de pesquisa, encerrado em princípios de 1972. Como o programa de prospecção provou a existência de grandes reservas de hematita de alto teor, iniciou-se o desenvolvimento de estudos de viabilidade para definição dos problemas e custos associados com a produção de minério de ferro em grande escala. Tais estudos conduziram à escolha de jazida N4 — braço este, para início de lavra e os trabalhos de pesquisa posteriores foram concentrados nesse local.

Em 1977 a CVRD adquiriu as ações pertencentes a United States Steel ficando como única responsável pela condução do projeto.

O início efetivo das obras do Projeto Carajás deu-se em junho de 1978 com a partida da construção de um trecho de 82 km da estrada de ferro a partir de São Luiz.

As obras encontram-se atualmente em desenvolvimento acelerado visando permitir o início de exportação de minério de ferro em 1985.

TRABALHOS REALIZADOS

Fase principal da pesquisa – 1970/1972

Os principais itens dos trabalhos realizados são em resumo:

- Levantamento aeromagnético inicial numa área de 34.000 km² (reconhecimento) a 18.800 km² (semi-detalhe) abrangendo cerca de 9.600 km de linhas.
- Levantamento geodésico da área global do distrito ferrífero com base em três pontos astronômicos determinados pelo projeto RADAM (São Félix, Serra Norte e Serra Sul).
- 277 furos de sondagem totalizando 37.122 m perfurados com recuperação média cerca de 80%. Foram usadas até 15 sondas. O furo mais profundo atingiu 404 m sendo interrompido ainda em minério.
- 13 galerias de pesquisa, num total de 3.392 m sendo a maior com 562 m.
- 87.400 análises químicas.
- 1.022 km de mapeamento geológico detalhado de linhas abertas nas clareiras.
- 567 km de mapeamento geológico regional.

Além desses deve-se citar quase 400 km de levantamento geofísicos e investigações de laboratório – estudos microscópicos de lâminas delgadas e seções polidas, interpretação fotogeológica, análises espectrográficas, ensaios de peneiramento e diversos outros.

Para a execução de todo esse esquema utilizou-se uma numerosa equipe chegando, nos meses de maior atividade, a quase 800 empregados, distribuídos por diversos acampamentos.

Pesquisa complementar – Jazida N4 – 1972/1979

Com a escolha do braço este da jazida N4 para início da lavra, foram, durante o período 1972 a 1979, executados trabalhos de detalhamento desse corpo, abrangendo como itens principais:

- 123 furos de sondagem totalizando cerca de 10.176 m perfurados.
- 4 galerias de pesquisa, num total de cerca de 602 m.
- Uma chaminé ("raise") com 108 m ligando a galeria N4G1 à superfície e acompanhando o furo N4F62.
- Montagem de uma planta piloto para execução de testes diversos (peneiramento, britagem e outros) e preparação de amostras representativas do minério a ser produzido.

RESERVAS

Os cálculos de reservas, conforme constam no Relatório de Pesquisa de 1972, foram efetuados com base nas informações provenientes dos trabalhos de superfície, de sondagem e das galerias.

Nas áreas em que não foram feitos trabalhos de subsuperfície, os cálculos se basearam apenas nos elementos fornecidos pelo mapeamento geológico.

Nas áreas em que foram efetuadas sondagem, o método utilizado para o cálculo de reservas foi o das áreas de influência das seções verticais obtidas a partir dos mapeamentos de superfície e dos perfis dos furos de sonda. Neste caso, as áreas de minério foram determinadas em cada uma das seções e os volumes foram obtidos considerando-se metade dos espaçamentos entre as seções consecutivas. Para a conversão dos volumes em toneladas, os valores foram multiplicados pelos fatores densidade iguais a 3,0 e 2,6 ton/m³, respectivamente para minérios e rochas encaixantes.

Os quadros 1 e 2 mostram os valores por classes de reservas, tipos de minérios e por jazidas.

Como limite de cálculo considerou-se nas seções verticais, um plano inclinado de 45° com o plano horizontal, obedecendo-se sempre uma relação, em peso, minério: rejeito, não inferior a 1.

Considerou-se como reserva medida toda aquela compreendida por malha quadrada de 200 metros de lado (a área de influência de cada furo é um quadrado de 200 mx 200 m).

Considerou-se como reserva indicada toda aquela compreendida por malha quadrada de 400 m de lado. Também como indicado foi considerado o minério cuja existência se admite até 100 m além do limite para reserva medida, tanto ao longo dos perfis, como lateralmente.

QUADRO 1

RESERVAS POR TIPOS DE MINÉRIO

(EM MILHOES DE TONELADAS)

CLASSE DE RESERVAS	MINÉRIO DE ALTO TEOR > 64,0% DE Fe		MINÉRIO DE MÉDIO TEOR DE 55,0 A 63,9% DE Fe		TOTAL RESERVA > 55,0 % DE Fe	
	TONELAGEM	TEOR	TONELAGEM	TEOR	TONELAGEM	TEOR
MEDIDA	1.694	67,1	187	60,6	1.881	66,5
INDICADA	2.556	66,7	530	60,9	3.086	65,7
INFERIDA	11.500	66,7	1.417	60,9	12.917	66,1
TOTAL	15.750	66,7	2.134	60,9	17.884	66,1

QUADRO 2

RESERVAS POR JAZIDAS

(EM MILHÕES DE TONELADAS)

JAZIDA	ALTO TEOR		MÉDIO TEOR		TOTAL
	TONELAGEM	TEOR Fe %	TONELAGEM	TEOR Fe %	TONELAGEM
N1	794	66,8	59	61,1	854
N2	101	66,4	9	61,0	111
N3	243	66,1	55	60,1	297
N4	2.622	66,6	557	61,1	3.178
N5	1.371	67,1	208	60,1	1.579
N8	124	66,4	28	62,1	152
S11	9.475	66,8	860	61,1	10.335
SL1	201	67,6	76	60,6	277
SL2	120	66,9	17	62,6	137
SF1	175	66,5	194	59,5	369
PEQUENAS JAZIDAS	524	66,8	71	60,8	595
TOTAL	15.750	66,7	2.134	60,9	17.884

Foi considerada como reserva inferida aquela que corresponde a minério apenas observado em superfícies, ou atravessado por furos de sonda isolados ou com espaçamento superior a 400 m. Considerou-se também como inferido o minério distribuído tanto nas seções verticais como lateralmente, além dos limites da reserva indicada.

Quanto aos teores de corte adotou-se os seguintes critérios:

- material com teor de 64% Fe, ou mais, foi considerado minério de alto teor;
- material com teor menor de 55% Fe, ou mais, porém com menos de 64%, foi considerado minério de médio teor;
- material com teor menor que 55% foi considerado rejeito.

A JAZIDA N4-E

Como já citado, a partir de 1972, os trabalhos adicionais de pesquisa de minério de ferro em Carajás, foram concentrados na jazida N4, braço este, por ter sido a mesma selecionada para início de lavra em função, principalmente, de dois fatores básicos:

- a) melhor posicionamento geográfico em relação ao escoamento do minério para o litoral.
- b) maior concentração de minério de boa qualidade por unidade de área.

A jazida da N4-E, assim como todas as outras dos Distritos ferrífero da Serra dos Carajás, é parte integrante de uma formação ferrífera de caráter regional – Formação Carajás – intercalada numa sequência de rochas vulcânicas básicas (fig. 6 e 7).

A formação ferrífera, de origem sedimentar, foi significativamente deformada através da ação dos diversos eventos tectônicos da história geológica regional. Processos relativamente recentes de intemperização foram responsáveis pela gênese dos principais tipos de minérios existentes.

Estratigrafia e Litologia

Formação Carajás

O protominério da jazida da N4-E, designado genericamente como itabirito, foi, na realidade, definido como um jaspilito (COELHO, 1980) que produziu corpos de minério de ferro hematítico de alto teor, pela ação de processos de enriquecimento supergênico.

O protominério consiste numa formação ferrífera de fácies oxidados, pouco metamorfisada. É composto por faixas alternadas de sílica (quartzo ou calcedônia) e faixas ricas em ferro (magnetita ou silicatos de ferro).

Na jazida da N4-E, nenhum ponto permitiu a observação da espessura original da formação ferrífera jaspilítica. Ela registra, entretanto, quando transformada em minério hematítico, uma espessura da ordem de 200 metros.

O enriquecimento supergênico contribuiu muito para obliterar as características geológicas originais. Os contatos de base da formação ferrífera, mostram, geralmente, uma passagem brusca para a Sequência Paleovulcânica Inferior. Os contatos de topo, parecem comportar-se de modo semelhante. Algumas descrições petrográficas de amostras argilosas da base da formação ferrífera mostraram, entretanto, evidências de uma provável origem tufácea, fazendo crer que os níveis estratigráficos argilosos, intercalados nela, representam finas lentes de tufos básicos alterados, indicando que a atividade vulcânica não cessou totalmente como o início da sedimentação da formação ferrífera.

Assim contaminações aluminosas, nas proximidades da base da formação ferrífera, estariam relacionadas provavelmente a uma contribuição vulcano-sedimentar.

As contaminações manganíferas ocorrentes também na base da formação ferrífera e associadas a feições secundárias, como fraturas ou interstícios granulares em materiais de aspecto brechóide, devem estar primariamente relacionadas às lentes de tufos básicos intercalados ou à própria Sequência Paleovulcânica Inferior. Uma atividade hidrotermal de baixa temperatura, descrita nos estudos petrográficos, deve ter sido responsável pela migração epigênica do manganês através das venulações observadas nas rochas máficas.

Sequência Paleovulcânica Inferior

A Sequência Paleovulcânica Inferior constitui-se de rochas máficas basálticas, maciças, com textura indicando uma natureza extrusiva. Os minerais primários, pela ação de uma atividade hidrotermal de baixa temperatura, encontram-se alterados em clorita.

Na jazida da N4-E, a Sequência Paleovulcânica Inferior apresenta, a menos de perturbações tectônicas, uma es-

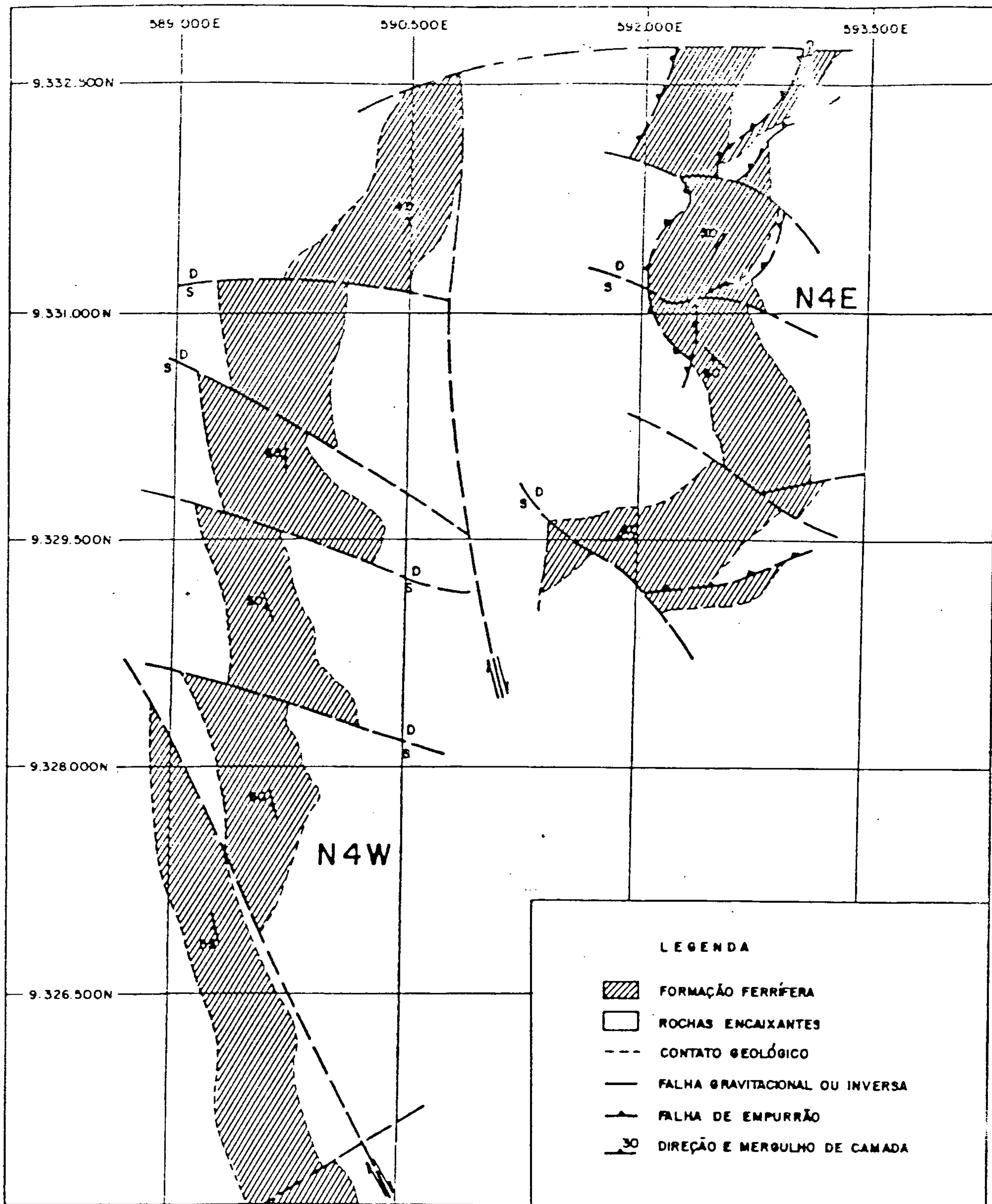
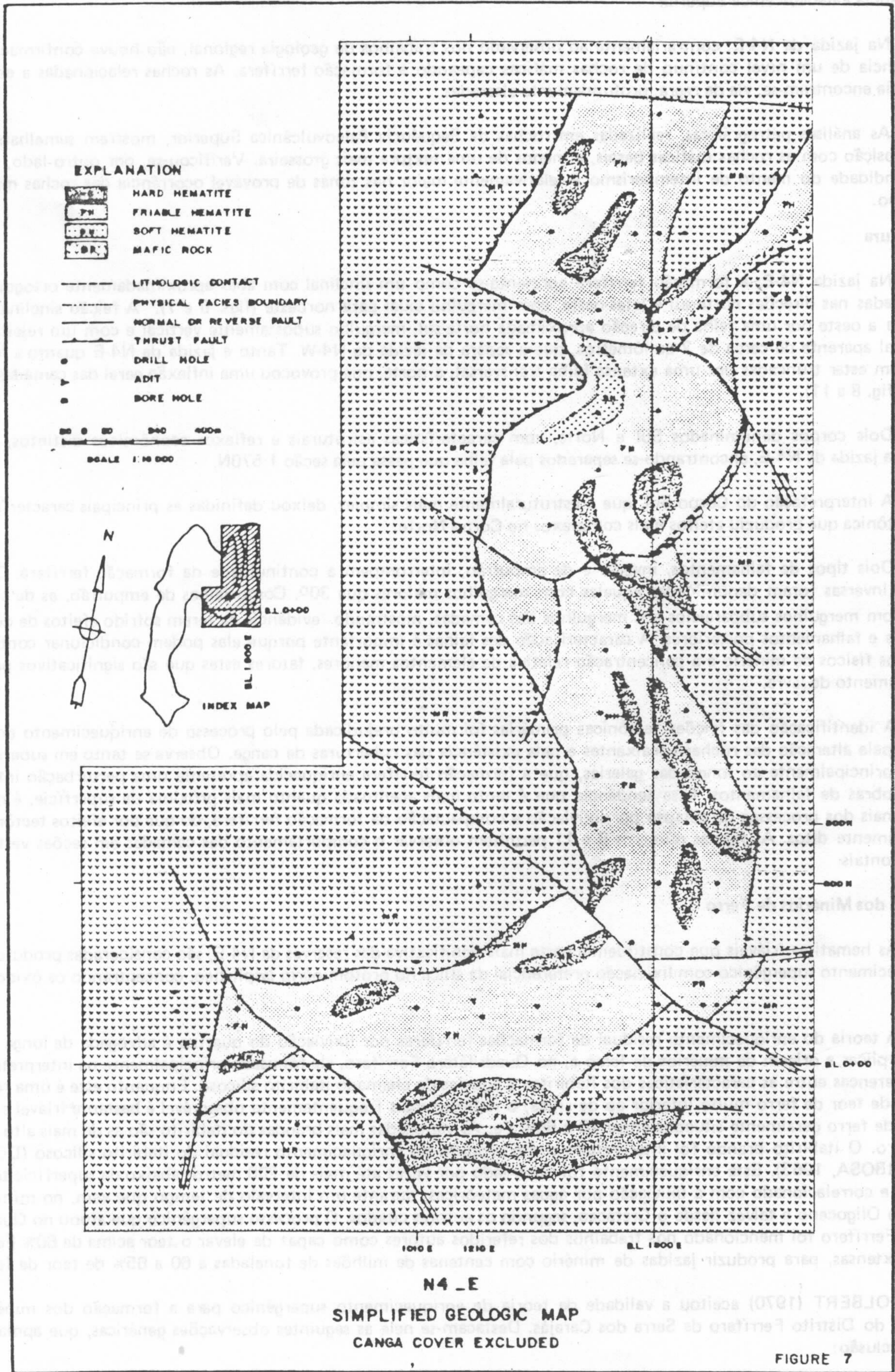


FIGURA 6

PROJETO CARAJÁS
 ESBOÇO GEOLÓGICO DA JAZIDA DA N4





pressão superior a 150 metros. A natureza do contato inferior dessa sequência de rochas é praticamente desconhecida na área da jazida.

Sequência Paleovulcânica Superior

Na jazida da N4-E, contrariamente ao observado nos trabalhos de geologia regional, não houve confirmação da existência de um nível contínuo de rochas máficas capeando a formação ferrífera. As rochas relacionadas a esta sequência encontram-se, via de regra, profundamente alteradas.

As análises petrográficas, realizadas em rochas da Sequência Paleovulcânica Superior, mostram semelhança de composição com as rochas máficas basais, a menos de uma textura mais grosseira. Verificou-se, por outro lado, que a profundidade do manto de intemperismo é relativamente maior nas zonas de provável ocorrência das rochas máficas de topo.

Estrutura

Na jazida N4-E, a formação ferrífera apresenta-se como um sinclinal com abas aproximadamente ortogonais e orientadas nas direções norte-sul e leste-oeste, com mergulho axial para noroeste (figs. 6 e 7). A feição sinclinal é limitada a oeste por uma falha de direção aproximada norte-sul, mergulho supostamente vertical e com um rejeito horizontal aparente de cerca de 2 quilômetros, que a separa da jazida da N4-W. Tanto a jazida da N4-E quanto a N4-W, parecem estar truncadas por uma extensa falha transversal, a norte, que provocou uma inflexão geral das camadas para leste (fig. 8 a 11).

Dois corpos denominados Sul e Norte, com características estruturais e reflexos econômicos distintos, compõem a jazida da N4-E, encontrando-se separados pela falha que passa pela seção 1.570N.

A interpretação do Corpo Sul, que é estruturalmente mais simples, deixou definidas as principais características da tectônica que produziu efeitos mais complexos no Corpo Norte.

Dois tipos de falhamentos, inverso e de empurrão, interrompem a continuidade da formação ferrífera. Como falhas inversas foram denominadas aquelas com mergulhos maiores que 30° . Como falhas de empurrão, as de superfície com mergulhos subparalelos aos mergulhos das camadas, mostrando evidência de terem sofrido efeitos de dobramentos e falhamentos posteriores. A caracterização das falhas é importante porque elas podem condicionar controles de tipos físicos de minério e a concentração relativa de elementos menores, fatores estes que são significativos para o planejamento de lavra.

A identificação das feições tectônicas primárias foi muito prejudicada pelo processo de enriquecimento do minério, pela alteração das rochas encaixantes e pela existência das coberturas de canga. Observa-se tanto em superfície, como principalmente ao longo das galerias, que a formação ferrífera enriquecida apresenta uma perturbação intensa com dobras de falhamentos. Essa tendência que é tanto mais acentuada quanto mais próxima da superfície, é resultante mais dos processos de colapso por lixiviação e compactação da formação ferrífera, do que por efeitos tectônicos propriamente ditos. As figuras números 8 e 11 permitem observar o comportamento das camadas em seções verticais e horizontais.

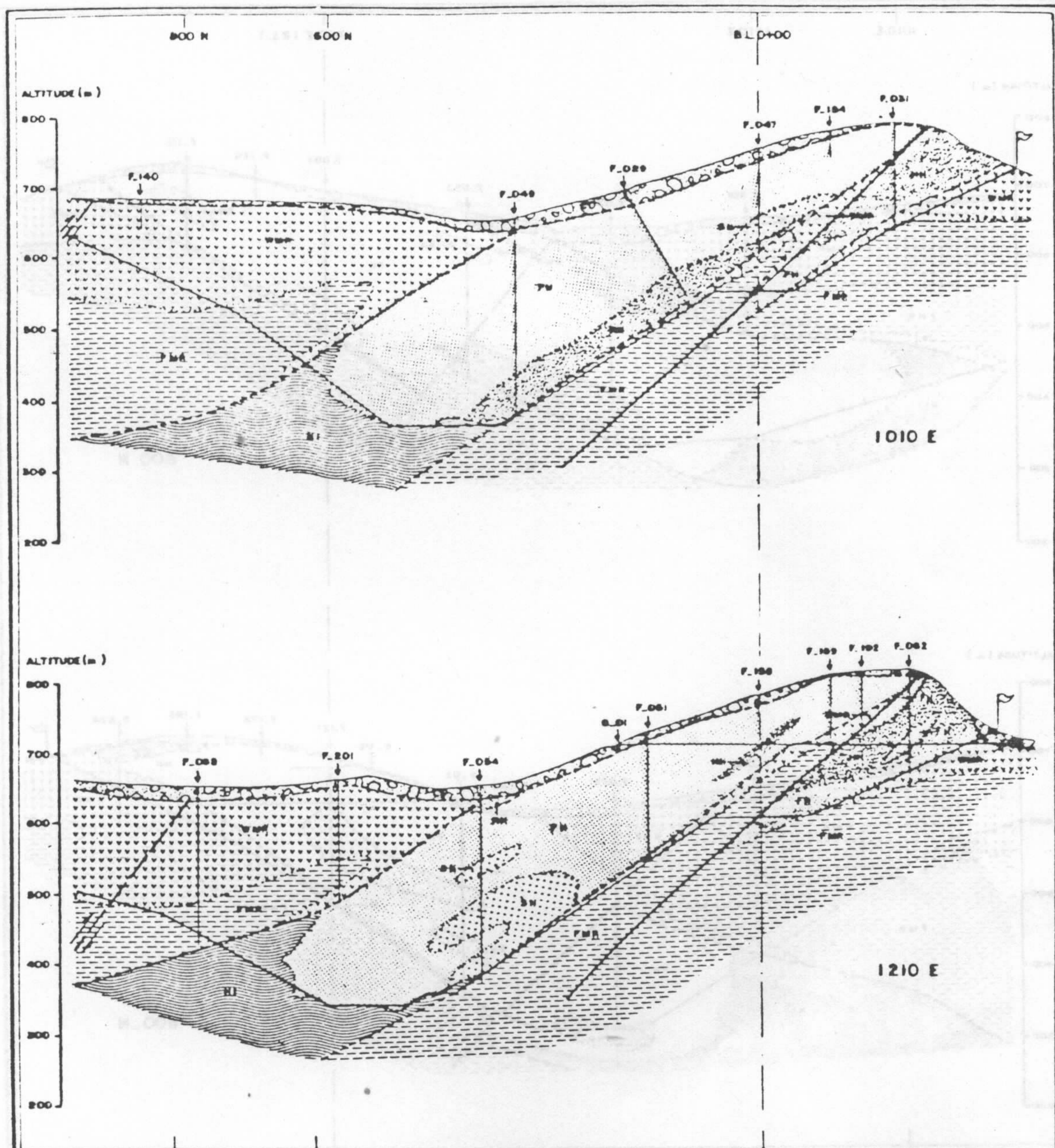
Gênese dos Minérios de Ferro

As hematitas friáveis que constituem a parte mais significativa das reservas da N4-E, são consideradas produtos de enriquecimento supergênico com lixiviação preferencial da sílica no protominério jaspilítico, concentrando os óxidos de ferro.

A teoria do enriquecimento residual de formações ferríferas por lixiviação do quartzo é advogada de longa data para explicar a origem de minérios de ferro e, no Quadrilátero Ferrífero, ela foi usada principalmente na interpretação das diferenças entre as características dos itabiritos e aquelas do chamado itabirito silicoso. Enquanto este é uma rocha dura e de teor de ferro muito inferior ao de sílica, o itabirito mais frequentemente observável é bastante friável e tem teores de ferro geralmente situados entre 40 e 60% Fe. As variedades mais brandas do itabirito são as de mais alto teor em ferro. O itabirito brando foi interpretado como produto do enriquecimento residual do itabirito silicoso (DORR & BARBOSA, 1963). Este enriquecimento foi observado por vezes até mais de 200 metros abaixo da superfície topográfica e correlacionado com a lixiviação por águas meteóricas, durante um intervalo de tempo que vem, no mínimo, desde o Oligoceno e talvez desde o Cretáceo, segundo os autores citados. O processo supergênico que atuou no Quadrilátero Ferrífero foi mencionado nos trabalhos dos referidos autores como capaz de elevar o teor acima de 60% Fe em áreas extensas, para produzir jazidas de minério com centenas de milhões de toneladas a 60 a 65% de teor de ferro.

TOLBERT (1970) aceitou a validade da teoria de enriquecimento supergênico para a formação dos minérios friáveis do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. Destacam-se nele as seguintes observações genéricas, que apoiam a sua conclusão:

Solubilização Diferencial das Bandas Quartzosas no Protominério



N4-E
GEOLOGIC CROSS SECTIONS

EXPLANATION

-  CANGA ORE
-  HARD HEMATITE
-  FRIABLE HEMATITE
-  SOFT HEMATITE
-  HARD ITABIRITE
-  FRIABLE ITABIRITE
-  WEATHERED MAFIC ROCK
-  FRESH MAFIC ROCK
-  CONTACT
-  PHYSICAL FACIES BOUNDARY
-  NORMAL OR REVERSE FAULT
-  THRUST FAULT
-  F_020 DRILL HOLE
-  S_02 ADIT
-  PIT LIMIT

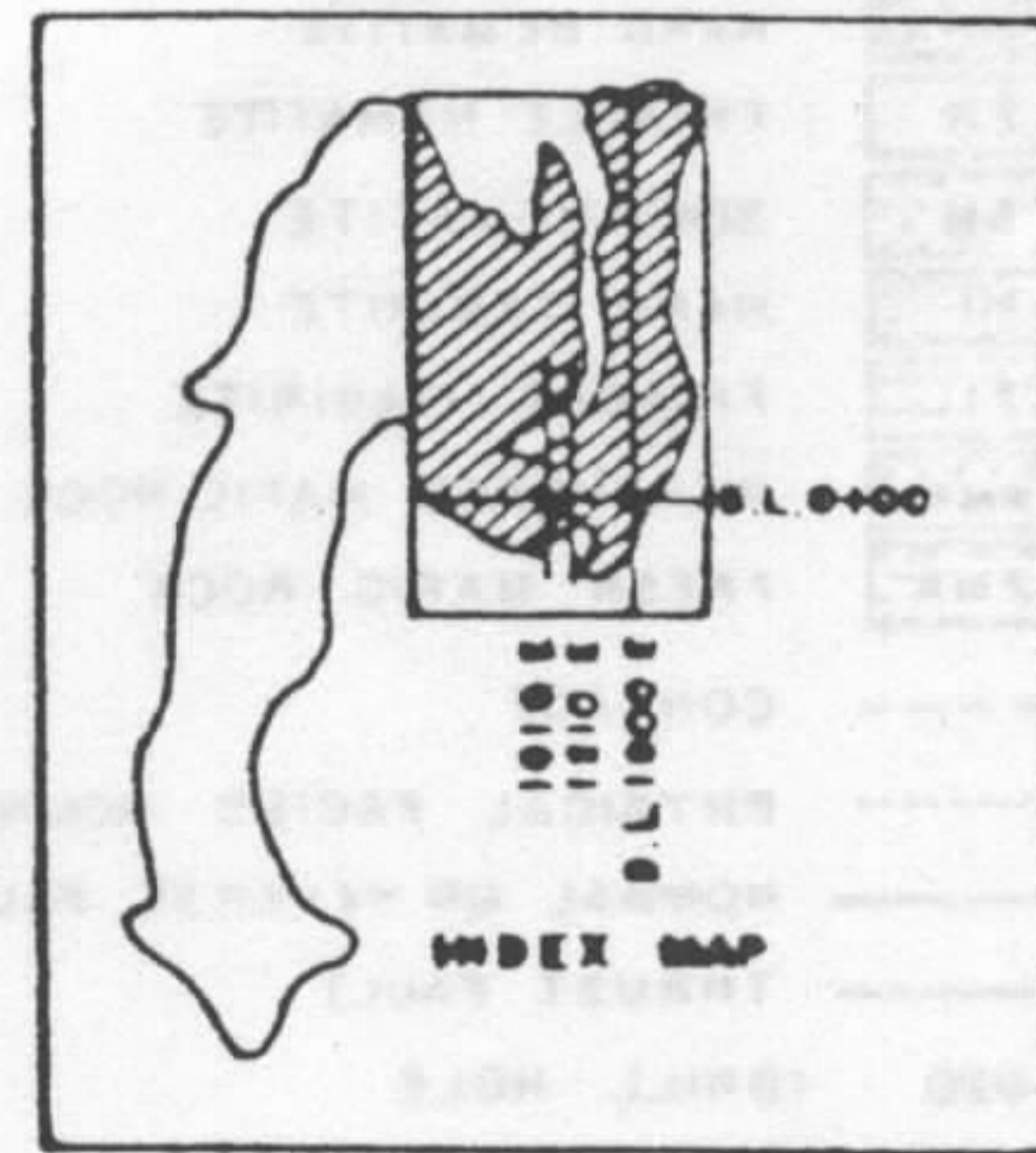
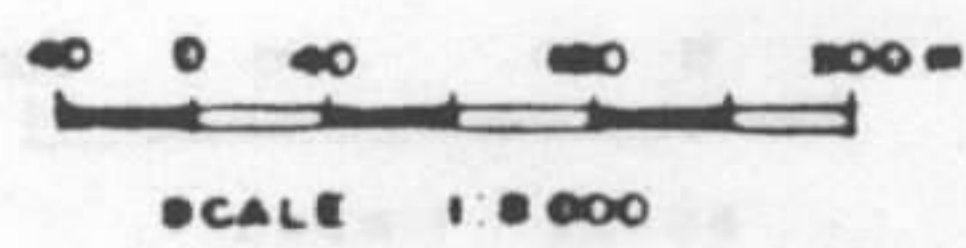
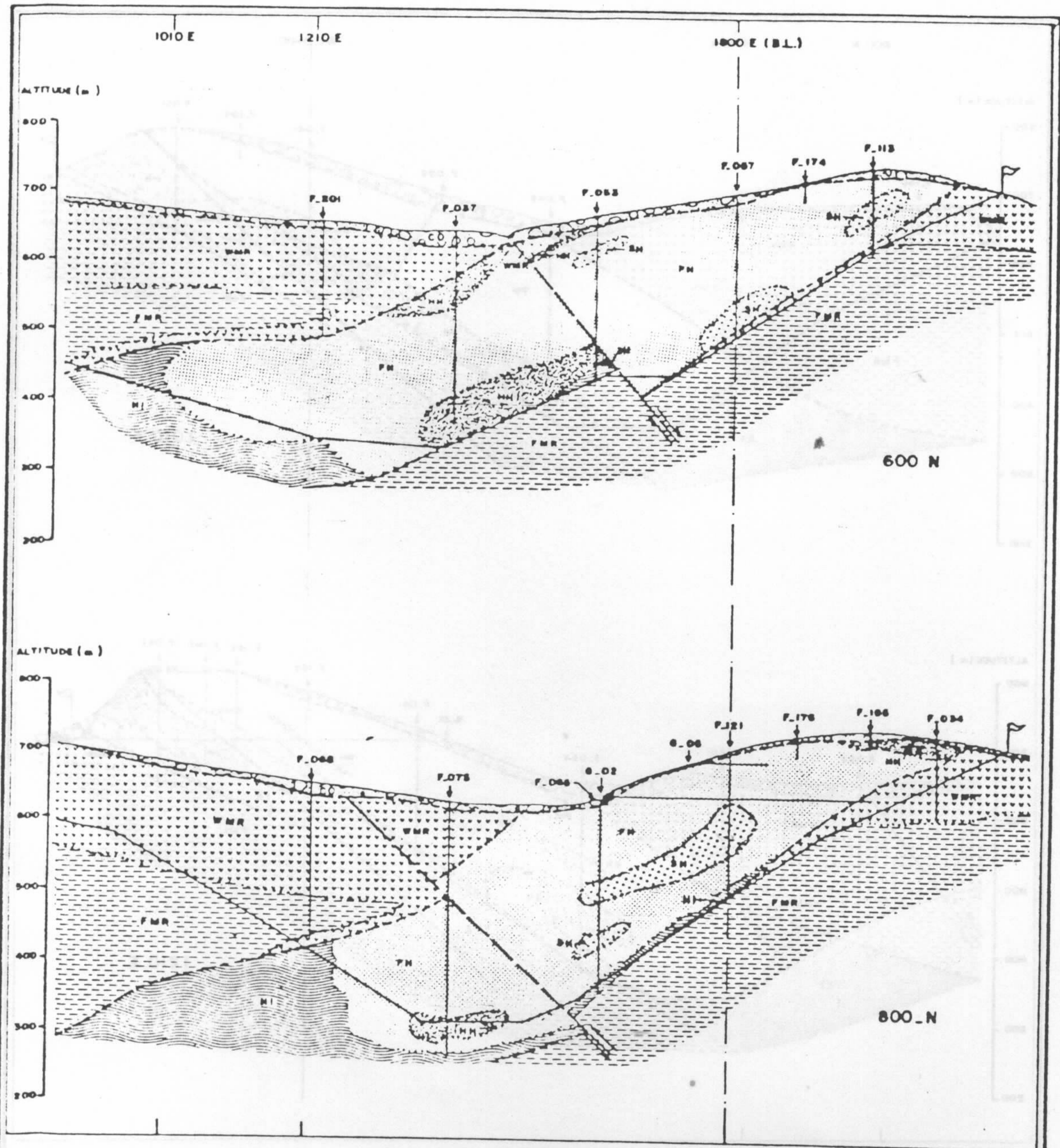
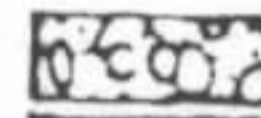
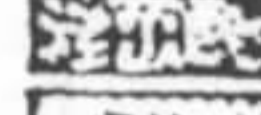

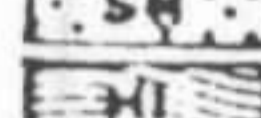


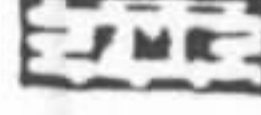

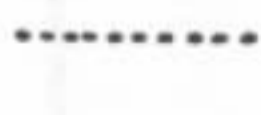


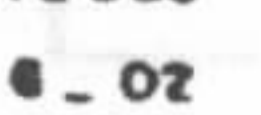





FIGURE 8



N4_E
GEOLOGIC CROSS SECTIONS

EXPLANATION

-  CANGA ORE
-  HARD HEMATITE
-  FRIABLE HEMATITE
-  SOFT HEMATITE
-  HARD ITABIRITE
-  FRIABLE ITABIRITE
-  WEATHERED MAFIC ROCK
-  FRESH MAFIC ROCK
-  CONTACT
-  PHYSICAL FACIES BOUNDARY
-  NORMAL OR REVERSE FAULT
-  THRUST FAULT
-  F.020 DRILL HOLE
-  G.02 ADIT
-  PIT LIMIT

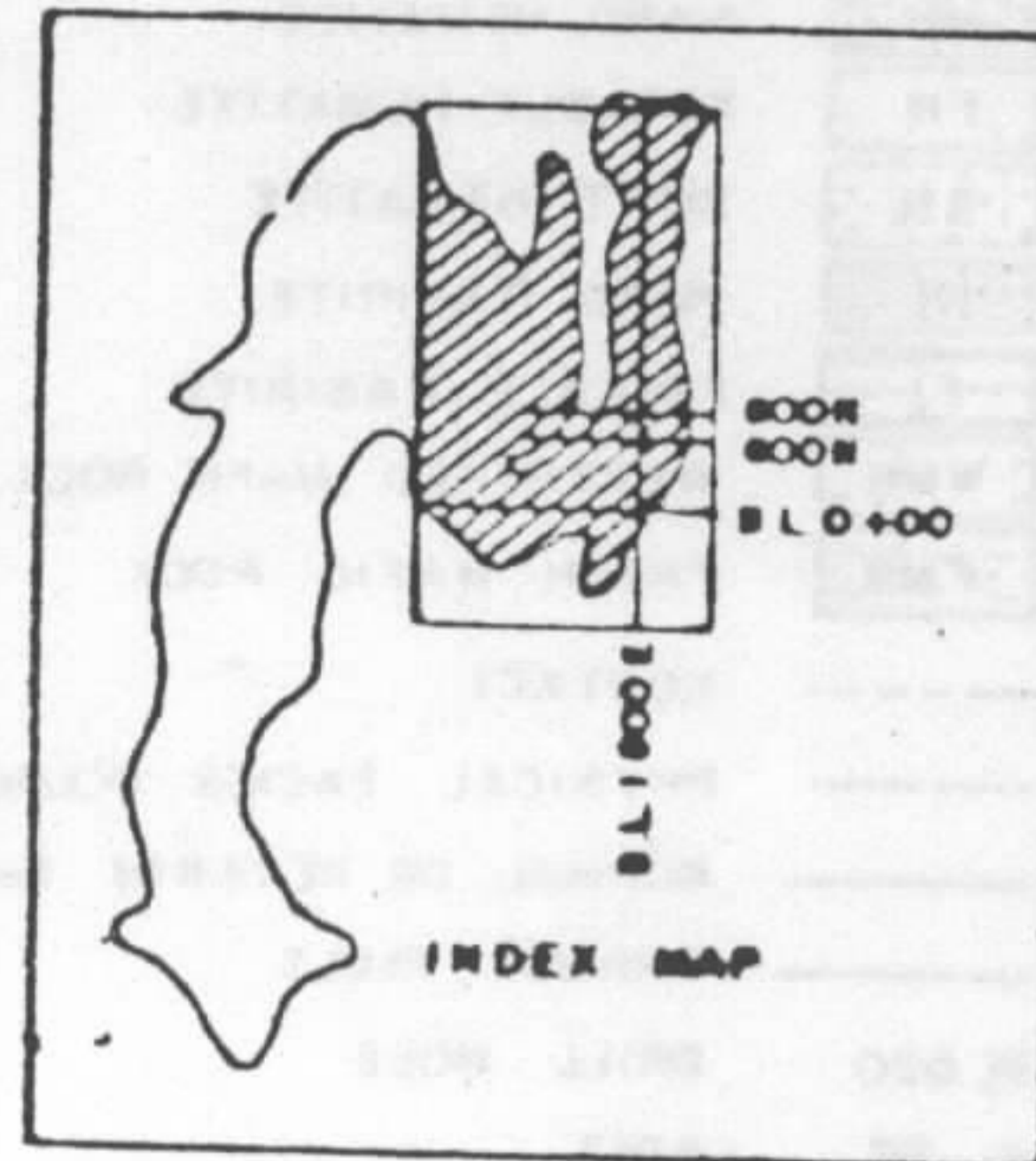
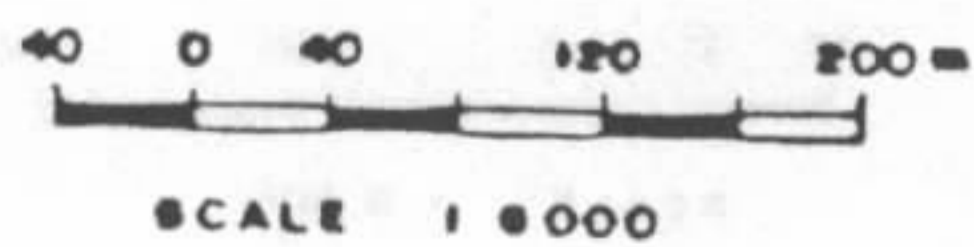
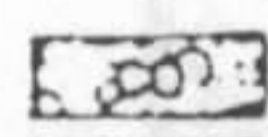
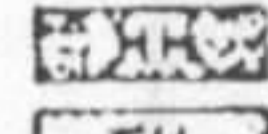
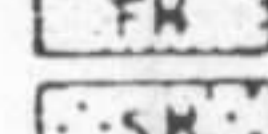

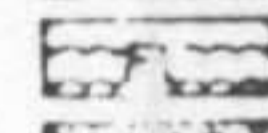


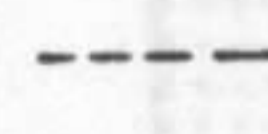
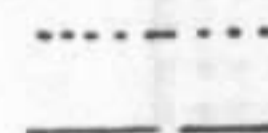
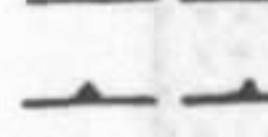


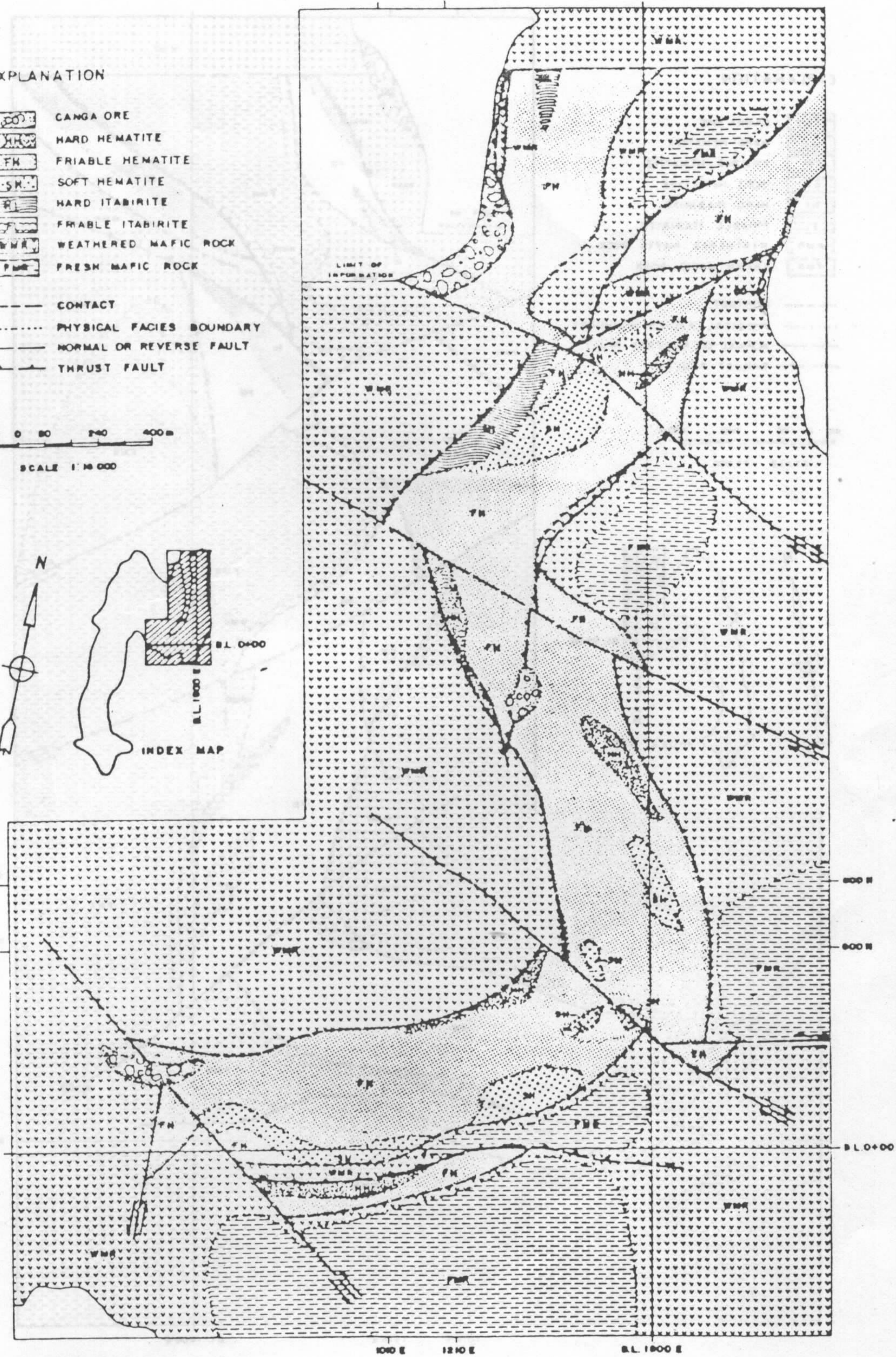
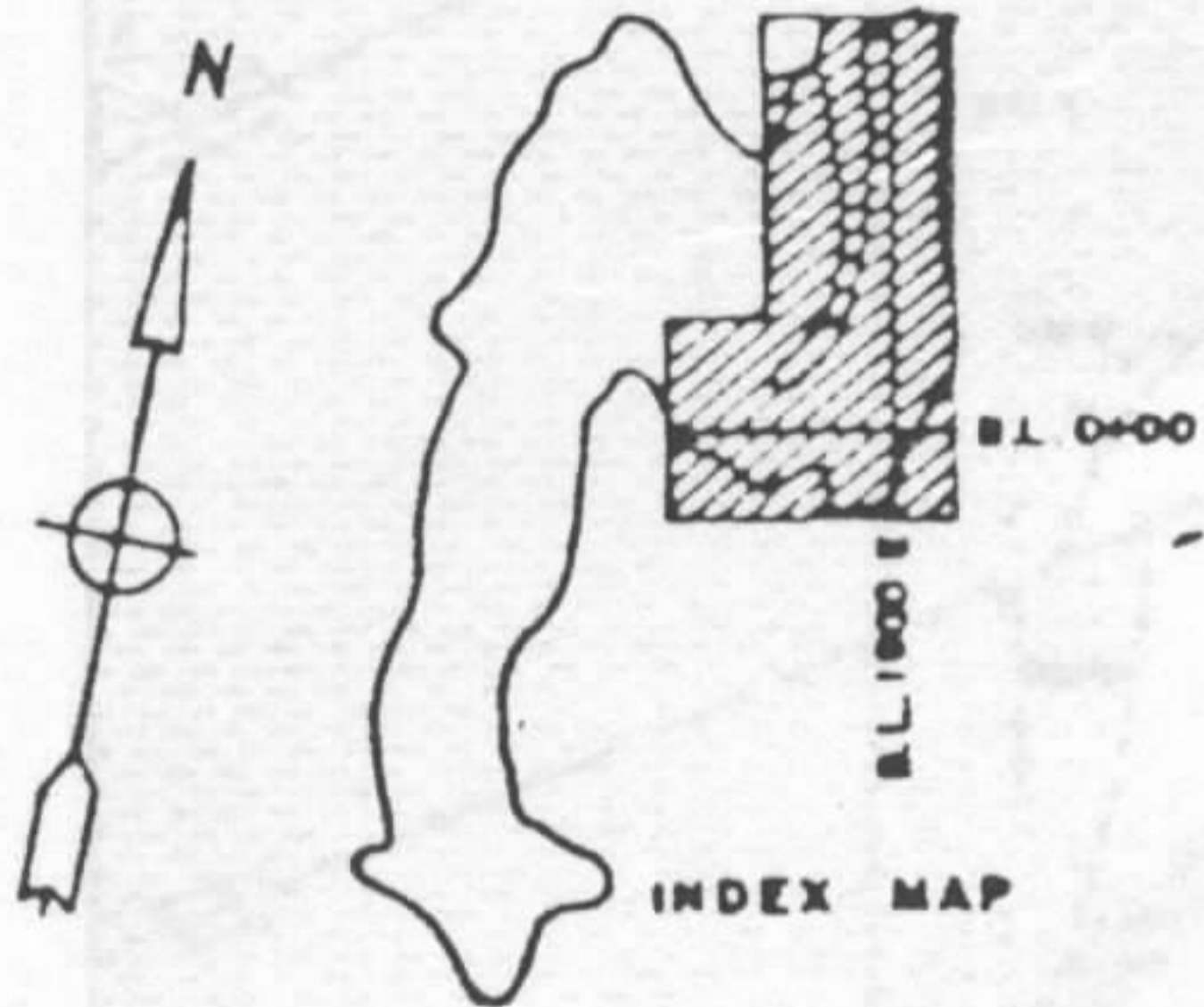


FIGURE 9

EXPLANATION

-  CANGA ORE
-  HARD HEMATITE
-  FRIABLE HEMATITE
-  SOFT HEMATITE
-  HARD ITABIRITE
-  FRIABLE ITABIRITE
-  WEATHERED MAFIC ROCK
-  FRESH MAFIC ROCK
-  CONTACT
-  PHYSICAL FACIES BOUNDARY
-  NORMAL OR REVERSE FAULT
-  THRUST FAULT

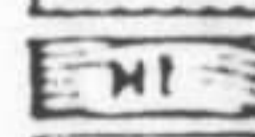
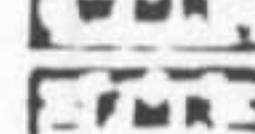
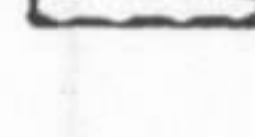



0 0 80 160 400m
SCALE 1:10 000

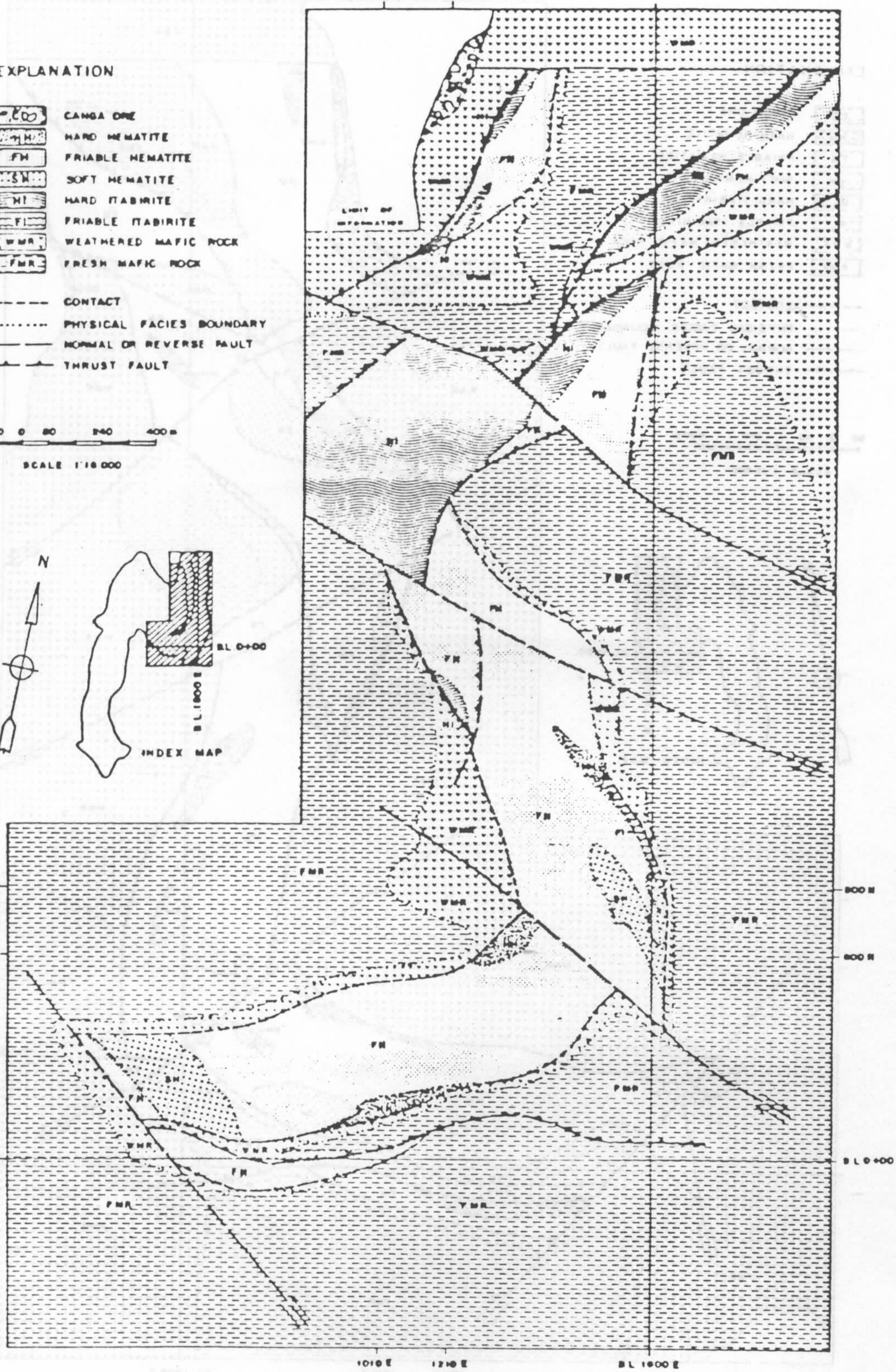
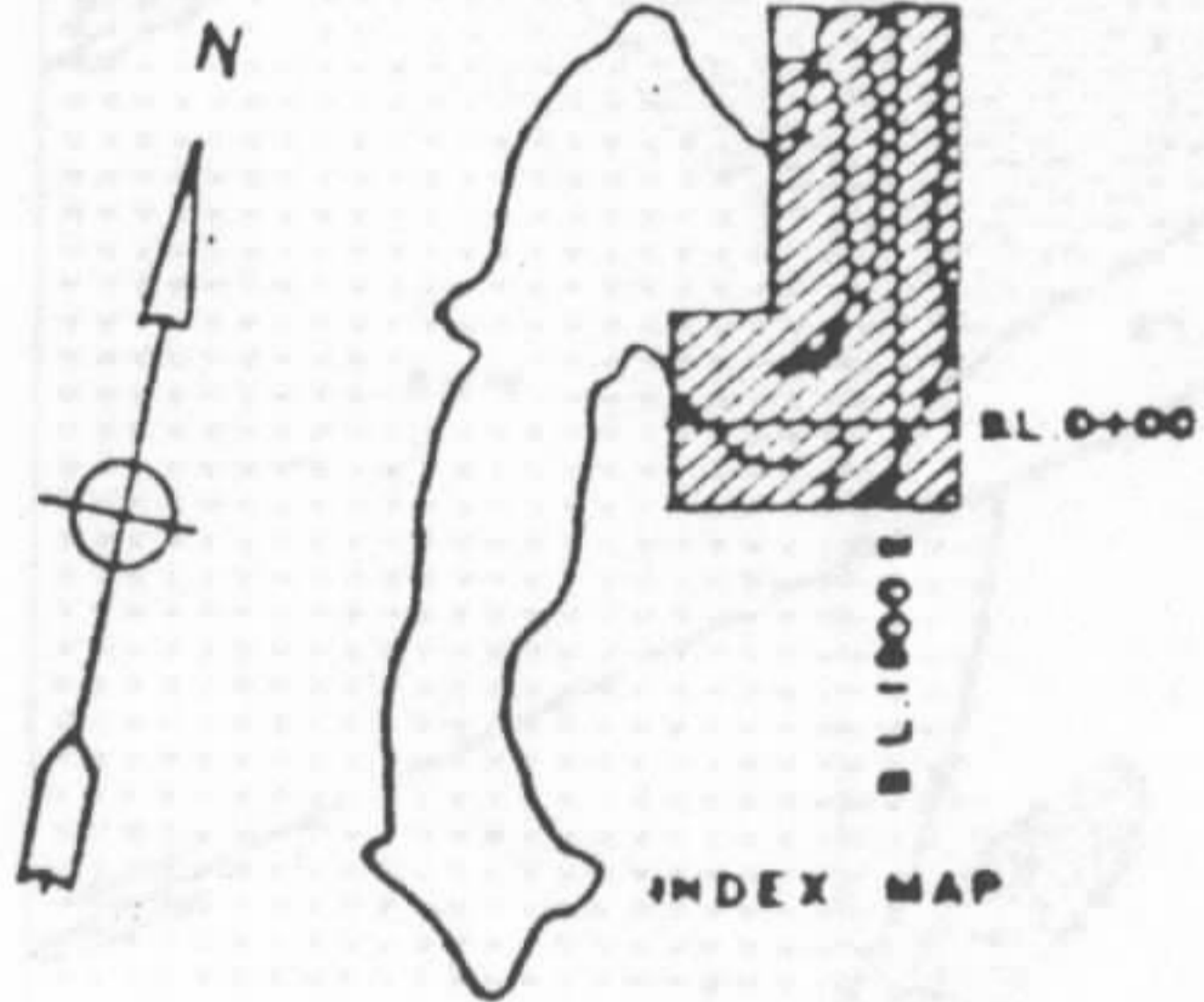
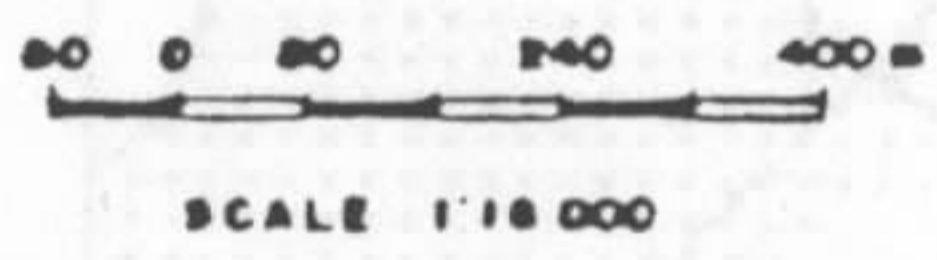


N4 - E
GEOLOGIC PLAN
AT THE 610 m LEVEL

FIGURE 10

EXPLANATION

-  CANGA ONE
-  HARD HEMATITE
-  FRIABLE HEMATITE
-  SOFT HEMATITE
-  HARD ILMENITE
-  FRIABLE ILMENITE
-  WEATHERED MAFIC ROCK
-  FRESH MAFIC ROCK
-  CONTACT
-  PHYSICAL FACIES BOUNDARY
-  NORMAL OR REVERSE FAULT
-  THRUST FAULT



N4-E
GEOLOGIC PLAN
AT THE 520 m LEVEL

FIGURE 11

Muitos testemunhos de sondagem no protominério mostram zonas de porosidade acentuada, as quais estão sempre localizadas nas bandas quartzosas.

Brandura e Porosidade dos Minérios. Conservação do Bandejamento

O minério é brando e conserva um bandejamento análogo ao do protominério com bandas brilhantes e foscas alternadas, sendo estas nitidamente porosas. Em seu conjunto, o minério tem densidade bem inferior à da hematita dura. A porosidade corresponde à lixiviação do quartzo original do protominério.

Morfologia da área de ocorrência

Os minérios friáveis só ocorrem sob a paleo-superfície que forma os topos concordantes da Serra dos Carajás. Nos vales profundos que a entalham algumas vezes expõe-se o jaspilito fresco. A paleo-superfície tem feições cársticas, que só podem ser explicadas por dissolução e colapso.

Controle altimétrico

É verificada a virtual inexistência de protominério ao nível da referida paleo-superfície. A sua ocorrência é restrita a maiores profundidades.

Estruturas subordinadas de abatimento e colapso.

Observações de micro-estruturas são mais seguras nas galerias, onde se vêem dobras incompletas de orientação errática, mudança de orientação em ângulo violento separando dois blocos adjacentes e até alguma brecha de colapso.

Efeitos de hidratação.

Via de regra, a lixiviação não foi acompanhada por uma redeposição importante de ferro além da zona mais superficial, mas as zonas de porosidade mais acentuada apresentam uma coloração castanho-avermelhada que provavelmente indica a propagação dos efeitos de hidratação até às maiores profundidades alcançadas pelo minério.

Intensidade de lixiviação

Por lixiviação, o protominério com 36 a 45% de ferro é transformado em minério com 64 a 68%. A ganga original, constituída essencialmente por sílica (cerca de 35 a 50% de peso da rocha) é removida em mais de 90% e muitas vezes não deixando senão traços.

Classificação Genética dos Minérios

Hematitas Friáveis

A menos de limitações de teor, as hematitas friáveis correspondem ao "intermediate grade ore" de DORR (1965). Minérios friáveis transicionais para couraças superficiais de canga de minério correspondem ao "crustal ore" descrito na Venezuela por RUCKMICK (1963).

A descrição dos testemunhos de sondagem em minérios friáveis, mostra existir uma importante divisão entre hematitas placóides ou tabulares e hematitas terrosas. Essa divisão foi relacionada petrograficamente às proporções relativas dos minerais hematita criptocristalina bandeadada, hematita imbricada e hematita martítica octaédrica, como constituintes principais dos minerais friáveis (TOWNEND, 1980).

O minério friável classificado como hematita placóide ou tabular é constituído predominantemente pela hematita criptocristalina e pela hematita imbricada.

O minério friável classificado como hematita terrosa é constituído predominantemente pela hematita martítica octaédrica.

Hematita Dura

A hematita compacta do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás é idêntica àquela que forma os principais corpos de minério de ferro de alto teor no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. Das várias hipóteses genéricas sugeridas para a constituição destes corpos de minério, a única que se mostrou capaz de explicar em termos de ambiência geológica todos os detalhes observados, foi a que postula uma origem hipogênica, metassomática, para esta hematita.

A teoria metassomática é exposta em grande detalhe na monografia Profissional 341-C do USGS sobre os Distritos de Itabira (DORR & BARBOSA, 1963). Admite-se que a substituição metassomática do quartzo por hematita foi controlada por estruturas favoráveis do itabirito e transformou-o em hematita compacta, à época da orogênese principal e do metamorfismo regional que afetaram as rochas da Série Minas, portadoras dos minérios de ferro.

A mesma gênese pode ser invocada, por analogia, para a hematita dura do Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. O controle estrutural é manifesto na distribuição das principais lentes de hematita compacta, ocorrendo onde a deformação parece ter sido mais intensa. O caráter hipogênico e metassomático é claramente indicado nos pequenos corpos discordantes de hematita dura encontrados dentro das hematitas friáveis. A origem hipogênica é dedutível da sua associação com intrusivas.

Hematita Dura Superficial

Eventualmente, na transição de contato da canga para minérios friáveis subjacentes, ocorre um capeamento de hematitas duras, pouco espesso, formado por um processo de cimentação superficial dos minérios friáveis por hidróxidos de ferro. Essa variedade de hematita dura é bastante distinta das metassomáticas das quais se distinguem por uma significativa geração de frações abaixo de 3/8'. Por outro lado, a sua origem superficial a coloca, relativamente a teores de P, em extremo oposto às hematitas duras metassomáticas, onde esses teores são mínimos.

Canga

A formação de canga é uma variedade do processo de laterização, e, mais especificamente, de encouraçamento superficial. Onde escasseiam os fragmentos de material detrítico a canga torna-se indistinguível das couraças limoníticas formadas sobre terrenos de qualquer natureza e, quando a alumina se torna abundante, ela passa a uma laterita normal e até a bauxita.

A canga é normalmente condicionada a antigas superfícies de aplainamento, em virtude da lentidão de sua formação. No Quadrilátero Ferrífero, a idade da superfície mais importante de distribuição de canga é Cretácea ou o Terciária (DORR & BARBOSA, 1963). É possível mostrar também que ela deve ser Cretácea na Serra dos Carajás.

Basicamente, a antiga idéia de Lacroix sobre a formação de couraças limoníticas na Ilha de Madagascar amplia um conceito de Harder e Chamberlin e tem sido usada para interpretar a gênese da canga (HARDER & CHAMBERLIN, 1915; DORR, GUILD & BARBOSA, 1952; DORR & BARBOSA, 1963). Nos climas apropriados, a água subterrânea dissolve quantidades apreciáveis de óxido de ferro. A dissolução ocorre nos meses chuvosos, quando a circulação é essencialmente descendente. Nos meses secos, a água subterrânea ascende através da franja capilar e vai se evaporando em contato com o ar, ao mesmo tempo em que deposita o ferro sob a forma de hidróxido. A evaporação na superfície do terreno pode dar origem a canga química de Harder e Chamberlin, mas normalmente há incorporação de material eluvial, isto é, fragmentos de minério de ferro e do protominério de cuja cimentação pela limonita resulta a chamada canga de minério.

Caracterização Granulométrica dos Minérios

O minério de ferro constituído pela jazida da N4-E é representado por vários tipos com características granulométricas definidas. No início da pesquisa foi adotada, uma classificação efetuada visualmente, de acordo com o grau de friabilidade de cada material (minério brando, semi-brando, semi-duro e duro).

A classificação visualmente estabelecida foi, entretanto, problemática durante as fases do detalhamento da pesquisa por depender de uma avaliação subjetiva, muito variável, para os tipos transicionais nos minérios friáveis. Esta classificação foi então substituída por outra, estabelecida em bases granulométricas, objetivamente definidas, sendo função do percentual das frações granulométricas maior que 3/8'', da fração retida entre 3/8'' e 60 mesh e da fração menor que 60 mesh. Essas malhas foram definidas em função dos principais produtos a serem comercializados.

Foram definidos, desta forma, três tipos de minério: Hematita Dura (HD), Hematita Mole (HM) e Hematita pulverulenta (HP).

Os itabiritos, embora não considerados minérios, foram classificados segundo os mesmos critérios granulométricos adotados para as hematitas. Foram definidos: Itabirito Duro (ID), Itabirito Mole (IM) e Itabirito Pulverulento (IP).

A canga, em parte considerada minério, não foi classificada segundo os critérios granulométricos. Distinguiram-se dois tipos:

- Canga Química (CQ) — predominantemente limonítica e que será rejeitada quando das atividades de mineração.
- Canga de Minério (CM) — constituída por mais de 10% de fragmentos de hematita dura.

É apresentada a seguir uma descrição sumarizada de cada um dos tipos de minérios:

Hematita Dura

Foi considerado Hematita Dura, todo o minério com aptidão de gerar predominantemente frações acima de 3/8''.

A Hematita Dura, em sua variedade compacta, apresenta cor cinza azulada e brilho de aço polido. É constituída por specularita, eventualmente contendo outros óxidos ferríferos, sem quartzo e/ou outros minerais visíveis, formando

um agregado cristalino. Este minério é geralmente afanítico, com boa clivagem e resistência ao choque. Pode ter um bandejamento perceptível, mas as bandas só diferem quanto à textura. Apresenta xistosidade mais ou menos acentuada, dependendo da granulometria e da orientação das palhetas de especularita.

Transicionalmente entre a Hematita Dura compacta e a Hematita Mole observam-se hematitas finamente bandeadas, que tendem a se partir em placas. O bandejamento é definido por leitos finos de material relativamente coerente e compacto e intercalações mais friáveis e porosas. O bandejamento mineralógico, que produz contraste mecânico, dá ao minério um aspecto listrado característico, onde as listras cinzento-azuladas ou negras alternam-se com listras acastanhadas ou avermelhadas. As primeiras são constituídas por palhetas microscópicas de especularita e cristais menores de martita com inclusões de magnetita, ou de um mineral da série martita-maghemita, enquanto nas últimas esses minerais são inclusos em goethita fibrosa e limonita terrosa amarela.

Esse tipo de minério transicional ocorre em situação subsuperficial, logo abaixo de uma crosta de canga e, em profundidade, geralmente cede lugar a outros tipos de minério, com contatos gradacionais, tanto em relação à canga quanto em relação aos minérios mais friáveis situados em profundidade. Deve-se observar que esse tipo de minério placóide transicional é, geneticamente, distinto das hematitas duras compactas.

Hematita Mole

Considerou-se Hematita Mole, todo minério que, predominantemente, é capaz de gerar frações granulométricas intermediárias, entre 3/8" e 60 mesh.

A Hematita Mole não aflora, mas é um dos materiais mais extensamente representados nos furos de sonda e nas galerias. É um minério cinzento a negro, de estrutura bandeada, constituído por bandas de poucos milímetros de espessura. As bandas mais brilhantes e compactas alternam-se regularmente com outras que são foscas e porosas — as primeiras mais coesas que as últimas, de modo que o minério tende a quebrar-se em pequenas placas gerando pó fino durante o manuseio.

Os leitos mais coesos e brilhantes são essencialmente constituídos por hematita em palhetas de 10 a 100 microns de espessura.

Os leitos foscos e friáveis são constituídos por cristais octaédricos de martita, tendo em média 100 microns de diâmetro. Estes leitos contêm massas irregulares de magnetita residual, goethita inclusa na martita e cimentando-a, e palhetas de hematita intercaladas entre a matriz e a goethita. A goethita é menos ou mais porosa. Os tons avermelhados que passam a castanho nas bandas mais porosas, indicam a presença deste mineral. Localmente encontram-se impurezas arenosas ou argilosas visíveis.

Quando as placas escasseiam e a granulometria do material desagregado é essencialmente inferior a 0,1 mm, este minério passa, gradualmente, ao tipo seguinte.

Hematita Pulverulenta

Como Hematita Pulverulenta foi considerado o minério que é capaz de gerar fração granulométrica predominante, abaixo de 60 mesh.

O minério é constituído por material cinzento-escuro a negro. Pode apresentar uma estrutura bandeada idêntica a do minério mole, que se desintegra totalmente durante o seu manuseio, ou ser inteiramente sem estrutura. Também neste tipo, os óxidos de ferro são minerais quase exclusivos, embora possam ser vistas impurezas locais, em grau mais elevado que no tipo anterior. O modo de distribuição da hematita pulverulenta é idêntico ao da hematita mole, e a passagem gradual de um a outro tipo é frequente.

Caracterização Química dos Minérios

Os processos de enriquecimento produziram na jazida N4-E hematitas com teores da ordem de 66% de Fe, a partir de um protominério com teores regionais que oscilam de 39% a 48% de Fe. Os diversos tipos físicos de minério apresentam variação de seus teores médios específicos em função de suas características próprias. Para os casos extremos, Hematita Dura e Canga de Minério, os teores são da ordem de 68% e 64%, respectivamente.

Regionalmente o percentual de Fe ferroso é máximo no protominério, onde ocorre sempre com valores maiores que 5%. Este percentual indicativo da proporção de magnetita em relação à hematita, é decrescente com o processo de enriquecimento. Na N4-E, é da ordem de 1,1% nos minérios friáveis caindo para 0,5% na hematita dura metassomática e 0,6% na canga de minério.

Independente dos processos de enriquecimento, os teores de ferro podem variar também em função de características geológicas originais do protominério, condicionantes de concentração de elementos menores.

Elementos Menores

Foram considerados elementos menores o Mn, P, Al e Si, quando da caracterização química sistemática dos di-

versos tipos de minério. O Al e o Si foram determinados como seus respectivos óxidos Al_2O_3 e SiO_2 .

Três tipos de controle foram verificados na distribuição e concentração dos elementos menores:

– Controle relacionado a processos de enriquecimento

O elemento cujo controle está mais claramente vinculado aos processos de enriquecimento do protominério é o Si. Nos minérios friáveis da N4-E, o teor médio de SiO_2 é da ordem de 0,9% enquanto que nos protominérios os teores regionais variam de 44% a 16% de SiO_2 . Nas hematitas duras metassomáticas o enriquecimento foi ainda maior, atingindo o teor médio de 0,45% de SiO_2 na cunha do Corpo Sul da N4-E.

Uma investigação sobre a natureza da ocorrência de fósforo no minério de ferro foi realizada a três níveis de detalhe, nas cangas e em minérios duros transicionais de superfície. Neles o P ocorre em concentrações anômalas da ordem de 0,2%, cerca de dez vezes a concentração média nos minérios mais profundos. Não foi observada a existência de nenhum mineral fosfatado. Estudos a micro-sonda indicaram que o fósforo detectado nas análises químicas ocorre disseminado, uniforme e exclusivamente no seu cimento goethítico.

O fósforo no minério se originou preferencialmente de resíduos superficiais, sendo transportado juntamente com os hidróxidos de ferro para formar o cimento goethítico enriquecido em fósforo a níveis acima do teor-limite da jazida.

Foi observado que o minério superficial, com teores elevados de fósforo, passa bruscamente a minério com teores baixos.

– Controle relacionado à estratigrafia

Com base em indicações que sugeriam uma correlação entre teores anômalos de alumina e contribuições ígneas, verificou-se a existência de um nível argiloso com continuidade estratigráfica, a cerca de 30 m da base da formação ferrífera em grande parte das seções E em N4-E. Assumiu-se então que a maior contaminação aluminosa nas proximidades da base da formação ferrífera estaria, em parte, relacionada a contribuição vulcano-sedimentar.

Os teores de Al_2O_3 sugerem uma frequência maior de contaminações argilosas nos minérios de topo e de base. O minério intermediário mostra uma tendência para média menor.

Os teores de Mn acompanham de modo bastante semelhante os de Al_2O_3 aos quais provavelmente se correlacionam.

– Controle relacionado à tectônica

A análise dos parâmetros estatísticos obtidos no conjunto das análises químicas realizadas em testemunhos de sondagem do Corpo Sul da N-4-E, indica que as falhas inversas podem condicionar a reconcentração da Mn, no minério de ferro.

Cálculo das Reservas

As reservas foram calculadas em duas categorias, geológica e lavrável, utilizando-se, em ambos os casos, o mesmo procedimento de cálculo. Para as reservas lavráveis foram utilizados ângulos de talude de 25° para rochas máficas decompostas e 45° para rochas máficas frescas e itabiritos duros. Os valores encontrados foram de 1,365 e 1,251 bilhões de toneladas para as reservas geológica e lavrável, sendo, respectivamente, 94 e 97% dos totais, representados por reservas medidas.

Os totais calculados são apresentados nos quadros 3 e 4 segundo os três tipos físicos de minério a três níveis de confiabilidade de estimativa.

Os parâmetros de qualidade, calculados no conjunto de intervalos amostrados para análises químicas, definiram para ambos os tipos de reservas, um teor médio de 66,13% de Fe. No cálculo da qualidade química, cujos resultados são apresentados no quadro 5, cada valor processado sofreu uma dupla ponderação, pela metragem e pela tonelagem de reserva do tipo de hematita do intervalo amostrado.

MINA

Método de Lavra

Na jazida N4-E será utilizado o método de lavra a céu aberto, em bancadas de 15 m de altura. O sistema de perfuração será convencional, utilizando-se perfuratrizes elétricas de 9 7/8". O desmonte será por explosivo nos minérios mais duros e escavação nos minérios moles e pulverulentos, enquanto o carregamento utilizará escavadeiras elétricas 16Yd³. O transporte do minério será feito com caminhões de 154 t. A operação de carregamento será apoiada por pás carregadeiras de 11 Yd³ que operarão principalmente nos depósitos próximos ao britador primário (fig. 12).

QUADRO 3

RESERVA GEOLÓGICA DA JAZIDA DA N4-E

(TONELADAS x 10⁶)

CLASSE DE RESERVA	MINÉRIO				% POR CLASSE DE RESERVA
	HEMATITA DURA	HEMATITA MOLE	HEMATITA PULVERULENTA	TOTAL	
MEDIDA	124,2	1.061,3	94,9	1.280,4	94
INDICADA	0,4	57,5	2,5	60,4	4
INFERIDA	-	24,3	-	24,3	2
TOTAL	124,6	1.143,1	97,4	1.365,1	100
% POR TIPO DE MINÉRIO	9	84	7	100	-

QUADRO 4

RESERVA LAVRÁVEL DA JAZIDA DA N4-E

(TONELADAS x 10⁶)

CLASSE DE RESERVA	MINÉRIO				% POR CLASSE DE RESERVA
	HEMATITA DURA	HEMATITA MOLE	HEMATITA PULVERULENTA	TOTAL	
MEDIDA	113,9	1.011,8	91,8	1.217,5	97,3
INDICADA	0,3	19,2	0,2	19,7	1,6
INFERIDA	-	14,1	-	14,1	1,1
TOTAL	114,2	1.045,1	92,0	1.251,3	100,0
% POR TIPO DE MINÉRIO	9,1	83,5	7,4	100,0	-

QUADRO 5

PARAMETROS DE QUALIDADE QUÍMICA NO MINÉRIO DE FERRO

ELEMENTOS	MÉDIA	MEDIANA	N	VALOR MÁXIMO	VALOR MÍNIMO
Fe	66,13	67,40	4.022	69,50	17,30
P	0,038	0,020	4.021	0,58	0,00
SiO ₂	1,00	0,60	3.246	31,80	0,10
Al ₂ O ₃	1,05	0,70	3.243	27,70	0,10
PF	1,88	1,30	4.010	22,90	0,10
Fe ₂ O ₃	94,00	95,70	4.019	99,40	24,60
FeO	0,74	0,50	3.519	10,30	0,00
Mn	0,45	0,13	4.001	25,14	0,01

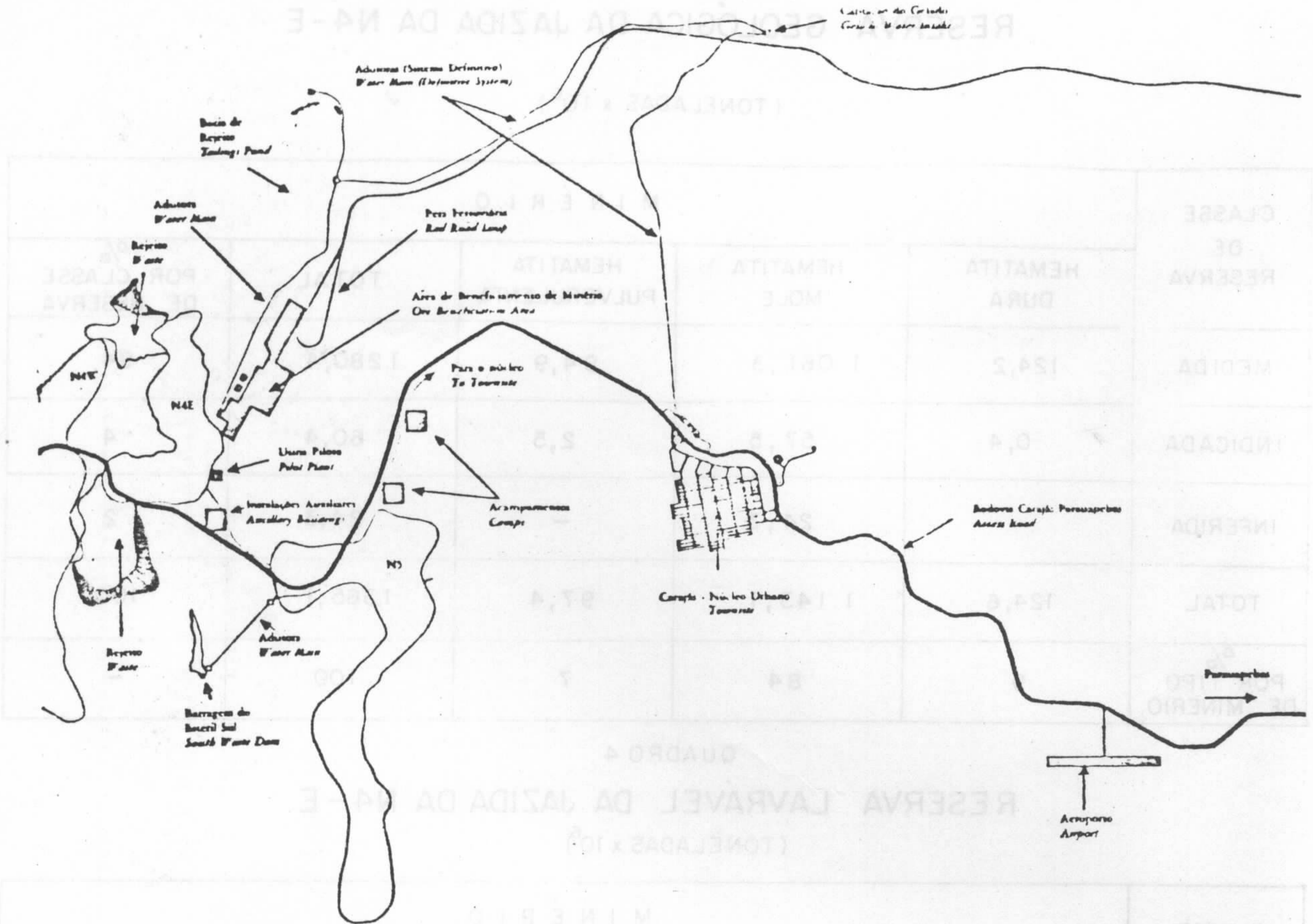


fig. 12 - Mina - Arranjo Geral
Mine - General Lay-out

A lavra está programada para 303 dias/ano, com 3 turnos de 8 horas, totalizando 7.272 horas programadas/ano.

Para o planejamento da lavra foi utilizado um programa de computador, que lançou mão das informações disponíveis sobre as propriedades químicas e físicas do minério, sendo os valores dessas propriedades associados a blocos de 50 m x 50 m x 15 m, módulos em que foi subdividida toda a jazida.

As operações de lavra contarão com instalações de apoio, como o centro de manutenção (com oficinas, escritório, vestiário, refeitório, depósitos de inflamáveis), paióis de explosivos e postos de abastecimento de combustível.

Beneficiamento

As instalações para beneficiamento foram concebidas de forma modulada, permitindo, portanto, expansões por simples acréscimo de módulos. Em pontos específicos (pátio de estocagem de produtos, britador primário, tubulação, máquinas de pátio e sistema de transportadores de correia), onde a expansão implicaria em uma "duplicação" das instalações, foi dada sobrecapacidade suficiente para acomodar produções até ao nível de 50 milhões de toneladas anuais, que corresponde ao horizonte máximo de produção considerado para o corpo de minério N4-F

Devido ao seu alto teor "in natura", o minério de Carajás não requer concentração ou tratamento outro que não a simples redução do minério -a granulometria especificada para "sinter-feed" e "natural pellet", com sucessivas operações de cominuição, peneiramento e recuperação de sólidos — esta última decorrente da existência de etapas de peneiramento com adição de água.

Inicialmente, o minério proveniente da mina, com granulometria máxima de 44" será transportado por meio de caminhões até à britagem primária, onde, após classificação prévia a 5", terá o "oversize" reduzido em um britador giratório, operando com um "open side setting" de 6" (figs. 13 e 14).

O produto da britagem primária, com granulometria de 0" a 9" será enviado para o prédio de britagem secundária.

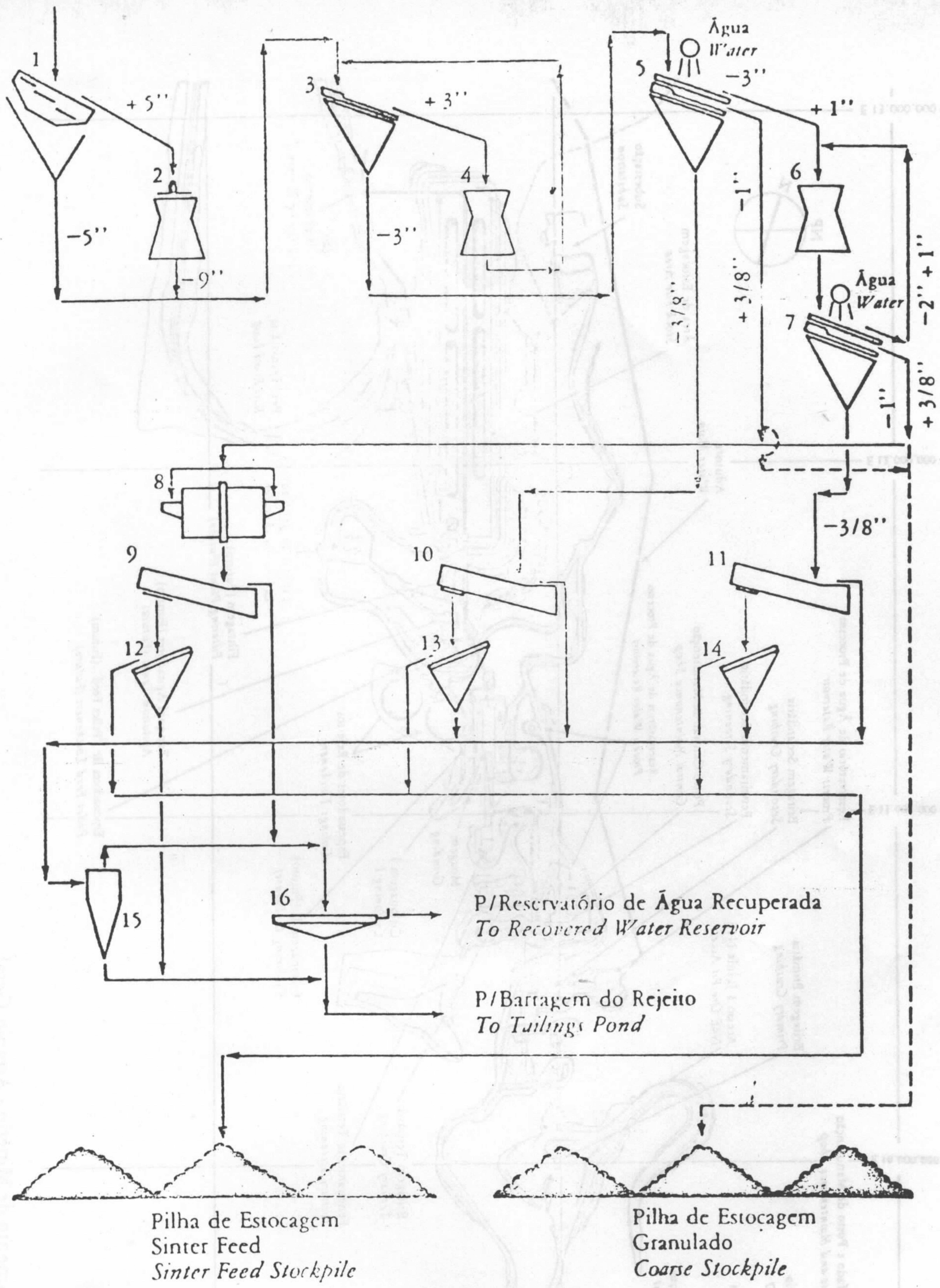


fig.13 - Fluxograma do beneficiamento.
Iron ore beneficiation flow sheet.

- 1 - Grelha Vibratória - *Vibrating Grizzly*
- 2 - Britador Giratório - *Gyratory Crusher*
- 3 - Peneira Vibratória - *Vibrating Screen*
- 4 - Britador de Cone - *Cone Crusher*
- 5 - Peneira Vibratória - *Vibrating Screen*
- 6 - Britador de Cone - *Cone Crusher*
- 7 - Peneira Vibratória - *Vibrating Screen*
- 8 - Moinho de Barras - *Rod Mill*

- 9 - Classificador Espiral - *Spiral Classifier*
- 10 - Classificador Espiral - *Spiral Classifier*
- 11 - Classificador Espiral - *Spiral Classifier*
- 12 - Peneira Desaguadora - *Dewatering Screen*
- 13 - Peneira Desaguadora - *Dewatering Screen*
- 14 - Peneira Desaguadora - *Dewatering Screen*
- 15 - Ciclone - *Cyclone*
- 16 - Espessador de Rejeito - *Tailings Thickener*

→ Água e Rejeito
Water and Tailings

→ Minério
Ore

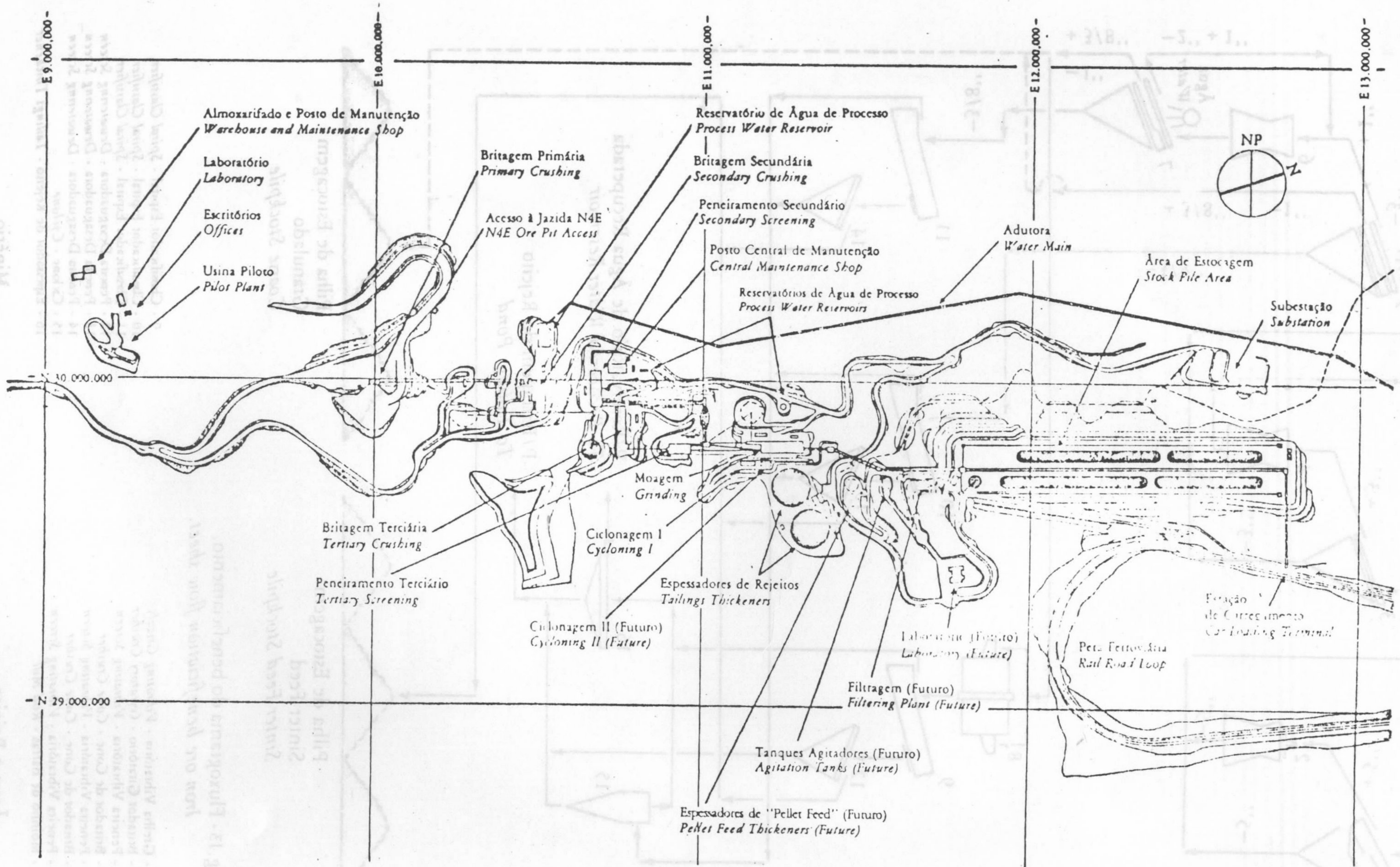


fig. 14- Área de Beneficiamento de Minério - Arranjo Geral
 Ore Beneficiation Area - General Lay-out.

dária, onde alimentará peneiras vibratórias de 1 "deck", com abertura de 3". O "oversize" das peneiras alimentará britadores de cone que operarão em circuito fechado com as mesmas.

No estágio seguinte, peneiramento secundário, o minério proveniente da britagem secundária será peneirado com água em peneiras vibratórias de 2 "decks", com aberturas de 1" e 3/8". O "oversize" do primeiro "deck" (3" a 1") será enviado a um estágio de britagem terciária. O "oversize" do segundo "deck" (1" a 3/8") poderá ser enviado ou para o quarto estágio de cominuição, constituído por moinhos de barras de descarga periférica central operando em circuito aberto e a úmido ou como produto ("natural pellet") para o pátio de estocagem.

O produto de britagem terciária será enviado a um estágio de peneiramento com adição de água, peneiramento terciário, constituído por peneiras vibratórias de 2 "decks" com abertura de 1" e 3/8". O "oversize" do primeiro "deck" (2" a 1") retornará à britagem terciária, fechando o circuito. O "oversize" do segundo "deck" (1" a 3/8") poderá ser enviado, como produto ("natural pellet") para o pátio de estocagem ou para o estágio de moagem.

O "undersize" dos peneiramentos secundário e terciário, bem como a descarga dos moinhos, alimentarão um sistema de recuperação de sólidos constituído por classificadores de espiral e peneiras desaguadoras, estas últimas objetivando o desaguamento do "sinter feed" obtido.

Para recuperação de água são considerados espessadores de rejeito e, para proteção dos mesmos, um estágio de ciclonação. Futuramente, o "underflow" dos ciclones alimentará os espessadores de "pellet feed", cuja descarga irá ao estágio de filtragem. O "pellet feed" poderá ser enviado ao pátio de estocagem ou ser incorporado ao "sinter feed", em função das tendências de mercado.

O "overflow" do estágio de classificação associado à moagem alimentará diretamente os espessadores de rejeito. Futuramente, quando do aproveitamento do "pellet feed", este "overflow" alimentará um estágio de ciclonação, sendo o "underflow" destes ciclones enviado aos espessadores de "pellet feed" e, à sua sequência ao estágio de filtragem.

Os produtos gerados nas instalações de beneficiamento serão enviados para um pátio de estocagem com capacidade de 1.600.000 t. Duas empilhadeiras com capacidade de 8.800 t/h cada permitirão a estocagem do "sinter feed" e do "natural pellet".

Para recuperação do minério estocado e posterior carregamento em vagões, serão utilizadas 2 recuperadoras de roda de caçambas com capacidade de 8.000 t/h cada.

Considerou-se a flexibilidade de se enviar, caso seja necessário, os produtos diretamente ao carregamento de vagões, sem necessidade de empilhamento prévio.

O sistema de carregamento de vagões consistirá de dois silos, cada um com capacidade para 1.600 t.

Os silos serão situados diretamente sobre duas vias férreas, desta forma permitindo o carregamento simultâneo de duas composições ferroviárias com o mesmo produto, ou com produtos diferentes.

Para controlar o fluxo do minério e a qualidade no Beneficiamento e estocagem, desde a britagem até o carregamento, serão instaladas balanças com precisão da ordem de 1% nos principais transportadores de correia, além de duas estações automáticas de amostragem antes do pátio e com previsão, em projeto, para instalação futura, de outras duas no sistema de carregamento de vagões.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMAZÔNIA MINERAÇÃO – 1981 – Jazida da N4–E, geologia e reservas. Distrito Ferrífero da Serra dos Carajás. / Rio de Janeiro/ 4v.
- BARBOSA, O. *et alli* – 1966 – *Geologia estratigráfica, estrutural e econômica da área do "Projeto Araguaia"*. Rio de Janeiro, IBGE. 94 p. (Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Monografia, 19).
- COELHO, L.H. *et alli* – 1980 – *Estudos petrográficos*. (Relatório interno da CVRD).
- COMPANHIA VALE DO RIO DOCE – 1981 – *Projeto Ferro Carajás*. Rio de Janeiro. 134 p.
- DORR, J.V.N. & BARBOSA, A.L.M. – 1963 – *Geology and ore deposits of the Itabira District, Minas Gerais, Brazil*. Washington, U.S. Governmental Printing Office. (U.S. Geological Survey. Professional paper, 341–C).
- DORR II, J.V.N. – 1965 – Nature and origin of high grade hematite ores of Minas Gerais – Brazil – *Econ. Geol.*, 60(1): 1–46, Jan./Fev.
- DORR II, J.V.N. *et alli* – 1952 – The iron ore deposits of Brasil: origin of the Brazilian iron ores. In: *International Geological Congress; 19., Algiers. Symposium sur les gisements de fer du monde. v.1, p. 286–98.*

- HARDER, E.C. & CHAMBERLIN, R.T. — 1915 — The geology of central Minas Gerais, Brazil *Jour. Geol.* 23(4): 341–78, May/Jun. 1915; 23 (5): 385–424, Jul/Ago.
- RUCKMICK, J.C. — 1963 — The iron-ores of Cerro Bolivar, Venezuela. *Econ. Geol.*, 58(2): 218–36, Mar./Abr.
- TOLBERT, G.E. *et alli* — 1970 — Geology and iron-ore deposits of the Serra dos Carajás, Pará, Brazil. In: Int. Symp. on the geology and genesis of pre-Cambrian iron/manganese formations and ore deposits, Kiev.
- TOWNEND, R. *et alli* — 1980 — **Estudos petrográficos.** (Relatório interno da CVRD).

JAZIDA DE MANGANÉS DO AZUL

**Arthur Luiz Bernardelli
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	51
ABSTRACT	51
INTRODUÇÃO	51
TRABALHOS DE PESQUISA	52
GEOLOGIA DA ÁREA MINERALIZADA	52
Depósitos superficiais	53
Depósitos subsuperficiais	53
Protominérios	58
ASPECTOS GENÉTICOS	58
RESERVAS DE MINÉRIO	58
Minério detrítico	58
Minério pelítico	58
Minério granulado	59
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	59

RESUMO

A jazida de manganês do Azul está localizada a 10 km ao sul da jazida de minério de ferro N1 na Serra dos Carajás. Ela foi descoberta no final de 1971 e os trabalhos de pesquisa foram concluídos no início de 1977.

Os principais trabalhos de pesquisa foram: 158 poços, sendo escavados 2.530 m; 40 furos de sondagem com um total de 3.605 m; 5 trincheiras; 100 km de linhas de levantamentos geológicos e topográficos; cerca de 8.000 análises químicas, diversos ensaios de beneficiamento e outros.

O depósito se distribue em uma área alongada de direção E-W, com cerca de 5x1 km. Está relacionado com a sequência sedimentar pelítica (membro Azul) considerada como a porção superior da Formação Rio Fresco. Os materiais manganíferos são distinguidos em 3 tipos principais:

– depósitos superficiais (minério detrítico) formado por pisolitos manganíferos, canga manganífera, blocos e plaquetas manganíferas.

– depósitos subsuperficiais (minério pelítico e granulado) correspondem às unidades manganíferas intemperizadas e enriquecidas.

– protominérios – unidades manganíferas carbonáticas não alteradas.

O objetivo básico da pesquisa foi o estudo detalhado do minério detrítico por meio de poços.

As amostras de canal de todos os poços e trincheiras foram tratadas em uma planta piloto de peneiramento e lavagem nas frações de 1", 1/2", 1/4" e 1/8" sendo as frações analisadas para Mn. Os testemunhos de sondagem foram analisados para Mn a cada metro.

Foram selecionados poços representativos de cada linha e trechos de furos de sondagem para análises completas.

Os cálculos de reserva indicam os seguintes valores:

– Minério detrítico: 21.500.000 tons de concentrado (> 100#) com 45,5% Mn.

– Minério pelítico: 16.600.000 tons de concentrado (> 325#) com 39,0% Mn.

– Minério granulado: 11.500.000 tons de minério bruto com 46,4% Mn.

ABSTRAT

The manganese deposit of Azul is located at 10 km south of the iron ore deposit of N1 at Serra dos Carajás. It was discovered at the end of 1971 and the investigations were concluded at the beginning of 1977.

The main work on the search covered: 158 shafts, being excavated 2.530 m; 40 drill holes with 3.605 m; 5 trenches; 100 km of lines for geological and topographical survey; about 8.000 chemical analyses, varied beneficiation tests and others.

The deposit covered an elongated area striking E-W, with about 5 x 1 km. It is related to pelitic sediments sequence (Azul Member) considered to be of the upper portion of Rio Fresco formation. The manganiferous materials are of 3 major types as following:

– Superficial deposits (detrictical ore) formed by manganiferous pisolites, manganiferous canga, block and manganiferous plaquettes.

– Subsuperficial deposits (pelitic and grained ore) corresponding to enriched and weathering manganiferous units.

– Protores – manganiferous carbonates units not altered.

The basic objective of the search was the detrictical ore investigation of the set of shafts.

The channel sample from all shafts and trenches were considered as pilot plant for panning and leaching, in the section of 1", 1/2", 1/4" and 1/8" being the fraction analysed for Mn. The drilling core were analysed for Mn at each meter.

It were selected representative shafts at each line and section of drill hole, for completed analyses.

The ore calculation indicated the following values:

– Detrictical ore: 21.500.000 tons of concentrate (> 100#) with 45,5% Mn.

– Pelitical ore: 16.600.000 tons of concentrate (> 325#) with 39,0% Mn.

– Grained ore: 11.500.000 tons of gross ore with 46,4% Mn.

INTRODUÇÃO

A jazida de manganês do Azul está localizada a 10 km ao sul da jazida de minério de ferro na Serra dos Carajás. Foi descoberta em setembro de 1971 durante um trabalho de reconhecimento geológico regional, parte do programa de pesquisa do minério de ferro da Serra dos Carajás.

A área da jazida constitui uma bacia deprimida com altitude média de 550 m, com relevo plano ondulado e diferenças de nível locais da ordem de 50 m. A área é drenada pelos igarapés Azul e Águas Claras, afluentes do rio Itacaiúnas pela margem direita.

TRABALHOS DE PESQUISA

Os trabalhos de pesquisa na área mineralizada constaram, principalmente na abertura de poços de pesquisa, com a finalidade de avaliar as reservas de minério detrítico e obtenção de amostras volumétricas representativas para ensaios de beneficiamento. Assim foram abertos 158 poços, num total de 2.530 m escavados.

Com o objetivo de obter dados geológicos em profundidade, e caracterizar os tipos de minérios subjacentes à zona detrítica e sua relação com as rochas associadas, foram executados 40 furos de sondagem, num total de 3.600 m perfurados.

Foi ainda efetuado o mapeamento geológico da área, abertas 5 trincheiras, executados levantamentos topográficos, análises químicas das amostras de poços, furos e trincheiras, ensaios granulométricos de todas amostras de canal coletadas nos poços, e inúmeros ensaios de beneficiamento do minério em laboratórios especializados.

GEOLOGIA DA ÁREA MINERALIZADA

As rochas da região acham-se profundamente intemperizadas, sendo raros seus afloramentos. No mapa geológico podem-se notar somente formações superficiais resultantes dos processos exógenos de intemperismo, dessilicatização, laterização, encouraçamento e enriquecimento supérgeno (vide mapa geológico, figs. 15 e 16).

Nas partes topograficamente mais elevadas ocorre uma faixa contínua de 4.300 m, com 50 a 300 m de largura de Blocos Manganésíferos, ocorrendo ainda isoladamente em outros locais.

Ladeando a faixa de blocos existem faixas de Pisolitos Manganésíferos com larguras variáveis de 300 a 500 m na parte nordeste, podendo estar ausentes ou formar faixas estreitas no restante da área.

Associados aos pisolitos, frequentemente são encontrados materiais manganésíferos lamelares denominados Plaquetas.

Localmente ocorrem fragmentos de blocos e de plaquetas cimentadas por óxido de Fe e Mn, constituindo o que chamamos de Brecha Laterítica Manganésífera.

Nas partes mais periféricas são encontrados solos argilosos, ou argilo-arenosos de cores avermelhadas. Na parte nordeste e sudeste da área existem solos lateríticos concrecionais mais ou menos ferruginosos com a ocorrência local de verdadeiras cangas.

As rochas da área mineralizada, incluindo as formações manganésíferas primárias, são rochas finas argilosas e em parte siltico-argilosas. Fazem parte do pacote pelítico da parte superior da Formação Rio Fresco, denominada Membro Azul.

A estrutura é interpretada como um anticlinório assimétrico de eixo EW, com caimento suave para E, com flanco apresentando mergulhos médios e fortes na aba sul e suaves na aba norte. Este anticlinório é formado por dobramentos menores os quais podem apresentar feições estruturais locais. Alguns falhamentos NS e EW foram constatados.

A coluna estratigráfica do Membro Azul pode ser resumida na seguinte sequência de baixo para cima (vide secção vertical figs. 17 e 18):

Temos na base Siltitos e Argilitos de cor cinza clara a preta, com espessura em torno de 65 m e menos de 14% de Mn.

Depois temos a Unidade Manganésífera inferior com 18 a 40 m de espessura e teor de Mn entre 21 e 26%.

Acima desta unidade temos em torno de 50 m de um Siltito Carbonoso cinza escuro a preto, com menos de 4% de Mn.

Depois temos Siltitos cinza claro a escuro e violeta, com espessura entre 17 a 44 m e menos de 5% de Mn.

Acima destes siltitos ocorre a Unidade Manganésífera Superior com espessura entre 33 e 54 m e teor de Mn em torno de 15%.

No topo temos siltitos de cor marrom a vermelho, com espessura superior a 70 m e em torno de 6% de Mn.

Entre os materiais manganésíferos serão distinguidos três tipos principais:

— Os Depósitos Superficiais constituídos pelos pisolitos, brecha manganésífera, blocos e plaquetas manganésíferas, que são materiais estruturados na superfície.

— Os Depósitos Subsuperficiais que são essencialmente as unidades manganésíferas intemperizadas e enriquecidas, guardando sua estruturação original.

– E os Protominérios que são as unidades manganésíferas inalteradas.

Depósitos Superficiais

Os Pisolitos são encontrados na superfície, em dispersões locais e em acumulações nos flancos das peleo-elevações. Podem atingir mais de 20 m de espessura. Têm dimensões entre 1 e 11 mm, em média 4 mm.

Estão dispersos em uma matriz argilosa que representa 10 a 35% da massa.

Apresentam um núcleo manganésífero constituído essencialmente de criptomelana, birnessita e litioforita e as partes externas contêm gibbsita, caolinita e goethita.

Os pisolitos representam mineralizações do material argiloso superficial por soluções manganésíferas ascendentes, acima do lençol freático.

Após lavagem apresentam entre 14-18% Mn e não foram incluídos como reserva.

A Brecha Laterítica Manganésífera ocorre como crostas superficiais e como extensos corpos tabulares subsuperficiais. Representam antigos depósitos eluvio-coluviais constituídos por fragmentos angulares de blocos que foram cimentados por soluções manganésíferas e ferruginosas.

Os fragmentos são constituídos de litioforita e criptomelana e o cimento constituído de óxidos amorfos de Mn, goethita e gibbsita.

O teor de Mn das brechas varia entre 24 e 46%.

Os Blocos e Plaquetas Manganésíferas são os materiais mais ricos da jazida e estão comumente associados, intercalados ou alternados.

Os blocos são fragmentos irregulares, duros, densos, de dimensões médias de 50 cm variando até excepcionalmente 2 m.

As plaquetas são fragmentos placóides ou lamelares de 0,5-2 cm de espessura e 3 a 5 cm nas outras dimensões. São duras, densas e conservam relictos de estratificação. Os níveis de plaquetas contêm matriz argilosa que representam entre 10 e 35% em peso.

Tanto os blocos como as plaquetas estão caoticamente distribuídos próximo a superfície e a medida que se aproximam do *bedrock* elas passam a orientar-se segundo estratificação deste último.

Os horizontes de blocos representam antigos níveis de precipitação de soluções manganésíferas provenientes da dissolução de rodocrosita dos protominérios subjacentes e as plaquetas representam a mineralização dos estratos porosos dos protominérios descarbonizados num estágio posterior de rebaixamento do lençol freático.

Os blocos são constituídos essencialmente de criptomelana e as plaquetas principalmente de litioforita e criptomelana.

Os níveis de blocos possuem espessuras entre 3–5 m, excepcionalmente 7,5 m, onde 90% do material possui granulação superior a 1/8" e apresenta teores entre 48 e 54% Mn.

Os níveis de plaquetas possuem espessuras de 2 a 5 m, excepcionalmente 11 m, e o material retido na peneira de 1/8" representa 65 a 80% da amostra original, apresentando teores entre 40 e 50% de Mn.

Depósitos Subsuperficiais

Entre os materiais manganésíferos de subsuperfície têm importância:

Os Pelitos Manganésíferos que constituem um pacote de rochas alteradas, que conservam sua estratificação rítmica original, com alternância de leitos síliticos com leitos manganésíferos. São friáveis e apresentam teores de 20 a 30% de Mn e espessura entre 20 e 60 m.

Os pelitos manganésíferos são originados da alteração e enriquecimento da unidade manganésífera superior.

E o Material Manganésífero Granulado que ocorre nas partes basais dos pelitos manganésíferos e principalmente em toda extensão, em subsuperfície, da aba norte do anticlinal falhado, na parte leste da jazida, com uniformidade de teores acima de 40%.

JAZIDA DE MANGANÊS DO AZUL - MAPA GEOLÓGICO

AZUL MANGANESE DEPOSIT - GEOLOGICAL MAP

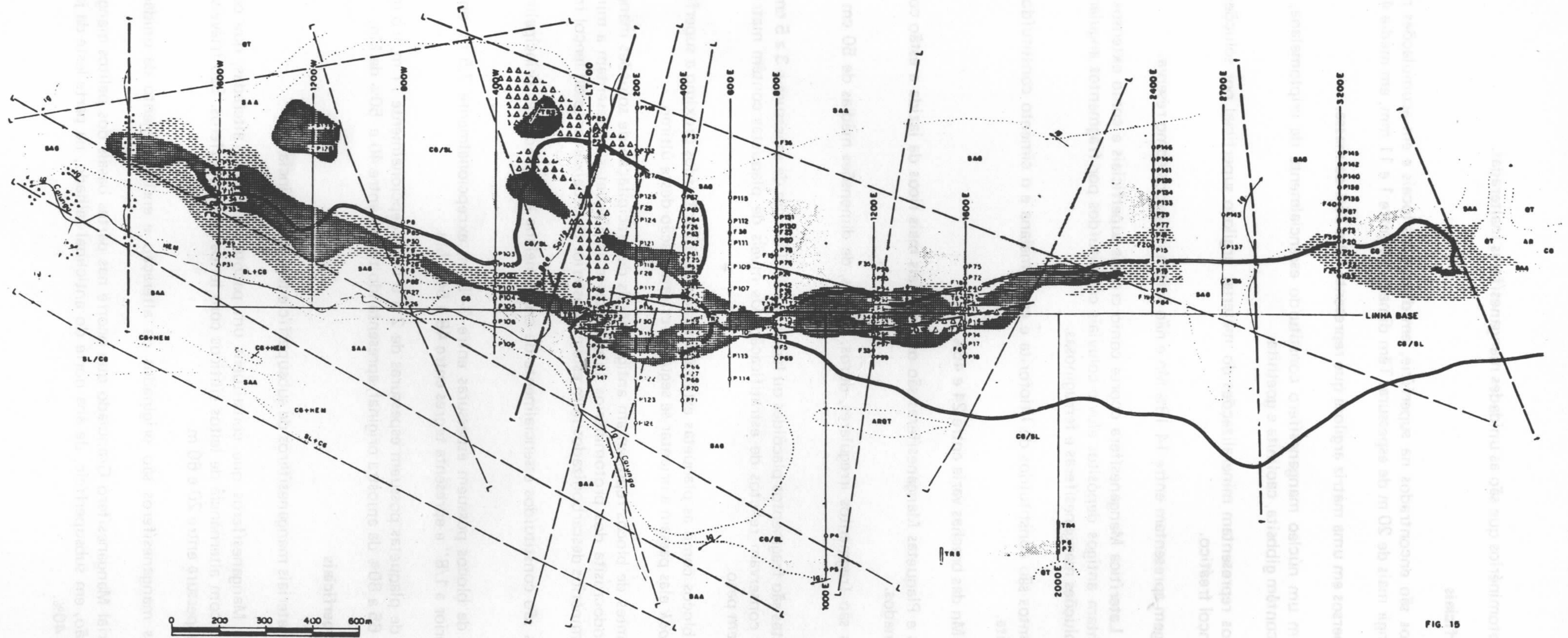






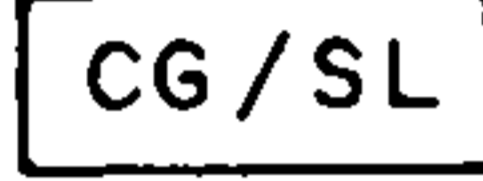



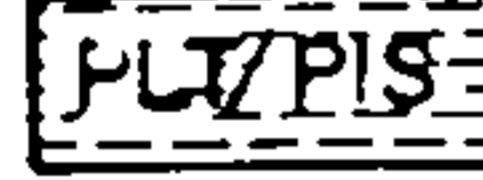


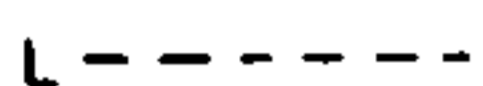




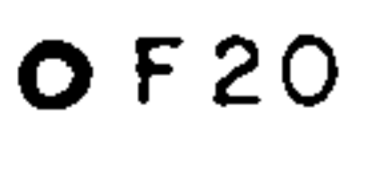
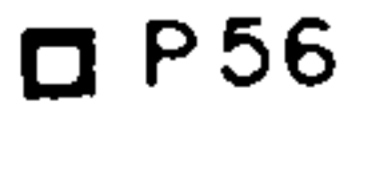



FIG. 15

JAZIDA DE MANGANÊS DO AZUL – MAPA GEOLÓGICO

LEGENDA

	SOLO ARGILOSO
	SOLO ARGILO - ARENOSO
	ARENITO
	QUARTZITOS
	ARENITO QUARTZÍTICO
	CANGA
	CANGA (LATERITA FERRUGINOSA) EM SOLOS LATERÍTICOS
	BLOCOS DE HEMATITA
	BRECHA LATERÍTICA MANGANESÍFERA
	PISOLITOS MANGANESÍFEROS EM SOLOS ARGILOSOS
	PLAQUETAS MANGANESÍFERAS COM PISOLITOS
	BLOCOS MANGANESÍFEROS

	CONTATO GEOLÓGICO
	LINEAMENTO FOTOGEOLÓGICO
	FALHA
	EIXO DE SINCLINAL
	EIXO DE ANTICLINAL
	TRINCHEIRA
	FURO DE SONDAGEM
	POÇO
	IGARAPE

JAZIDA DE MANGANÊS DO AZUL - SEÇÃO VERTICAL 800 E
AZUL MANGANESE DEPOSIT - VERTICAL SECTION 800E

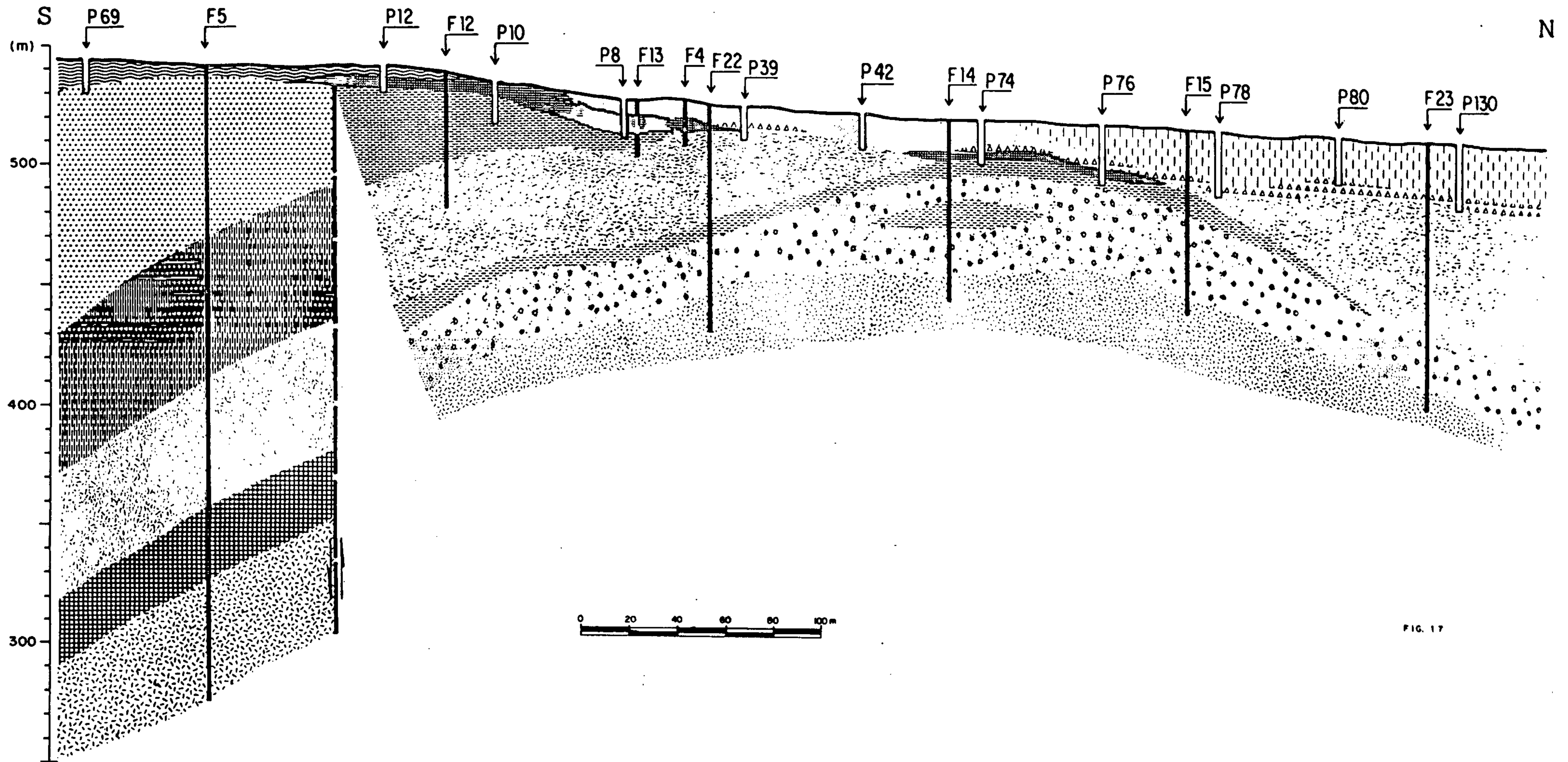


FIG. 17

JAZIDA DE MANGANÊS AZUL - SEÇÃO VERTICAL

LEGENDA

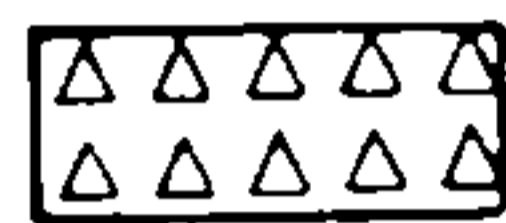
MATERIAIS SUPERFICIAL E DETRÍTICO



CANGA



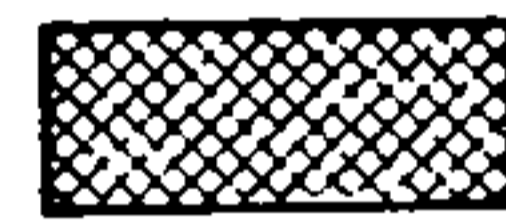
SOLO ARGILOSO



BRECHA LATERÍTICA MANGANÍFERA



PISOLITOS MANGANÍFEROS E SOLO ARGILOSO



PLAQUETAS E BLOCOS MANGANÍFEROS

MINÉRIOS SUPERFICIAS

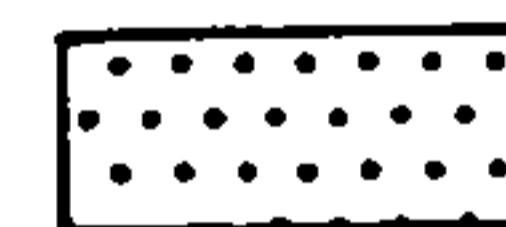


MINÉRIO PELÍTICO



MINÉRIO GRANULADO

PRÉ-CAMBRIANO



SILTITO COM IMPREGNAÇÕES E INTERCALAÇÕES MANGANÍFERAS



UNIDADE MANGANESÍFERA SUPERIOR



SILTITO, INTERCALAÇÕES CARBONOSAS NA BASE



UNIDADE MANGANESÍFERA



SILTITO E ARGILITO

É constituído de grânulos manganésíferos angulosos pretos, duros e de dimensões milimétricas, contidos numa matriz pulverulenta também manganésífera.

Os materiais manganésíferos granulados são o resultado da alteração e enriquecimento da unidade manganésífera inferior que é muito mais rica em rodocrosita do que a unidade superior.

Protominérios

A Unidade Manganésífera Superior pode ser definida como uma marga manganésífera rítmica, apresentando alternância em escala milimétrica de estratos essencialmente químicos, carbonáticos com estratos essencialmente clásticos, sílico-aluminosos.

Os estratos carbonáticos são constituídos principalmente por rodocrosita microcristalina, intimamente associada a material carbonoso, contendo ainda argilo-minerais e algum quartzo fino detrítico.

Os estratos clásticos são constituídos de quartzo e argilominerais.

Macroscopicamente é uma rocha bandeada, bem estratificada, placóide, com cores cinza claro a escuro e violeta. Espessuras variam entre 33 e 54 m e teores em torno de 15% de Mn.

A Unidade Manganésífera Inferior é uma rocha carbonática manganésífera que pode apresentar-se maciça em escala de lâmina ou apresentar estratificação milimétrica de constituição carbonática.

A rodocrosita está onipotente, em geral microcristalina e associada intimamente a material carbonoso. Pirita ocorre disseminada, em estratos e como cristais idiomórficos. Argilo-minerais podem estar ausentes nas amostras maciças ou podem formar estratos microscópicos, alternando-se com estratos milimétricos carbonáticos.

Macroscopicamente apresenta-se com coloração cinza escura a preta, bem estratificada, placóide, com espessura entre 18 e 40 m e teores de Mn entre 21 a 26%.

ASPECTOS GENÉTICOS

Os sedimentos do Membro Azul foram depositados em bacia lagunar subsidente e rasa, em ambiente epicontinental, confinada à região axial do sinclínório Carajás.

Acredita-se que a formação ferrífera dos Carajás, assim como as rochas vulcânicas máficas associadas que formam os flancos desse sinclínório, representavam zonas de relevo positivo durante a deposição da bacia do Azul e constituíram fonte de manganês. A formação ferrífera contém 0,38% Mn, as rochas máficas 0,56% Mn e os minerais detríticos provenientes de sua alteração e erosão são compatíveis com os encontrados no sedimento original.

RESERVAS DE MINÉRIO

Minério Detrítico

As reservas totais de minério detrítico bruto são da ordem de 26,1 milhões de toneladas com cerca de 40% de Mn e 14,5% de Al_2O_3 . Objetivando reduzir o teor de Al_2O_3 e produzir minério em faixas granulométricas que atendam as exigências da metalurgia, serão obtidos na usina de beneficiamento, através de cominuição e classificação com lavagem, produtos com as seguintes características:

PRODUTO	GRANULOMETRIA	REC (%)	TEOR (%Mn)
Granulado	+ 1/4''-2''	54,0	46,0
Sinter Feed	- 1/4''+100 #	28,6	44,6

As relações químicas entre os elementos ou substâncias presentes nos produtos são as seguintes:

PRODUTO	Mn:Fe	SiO ₂ :Mn	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ *	Na ₂ O+K ₂ O	CaO+MgO
Granulado	12,8	0,05	11,7%	1,41%	0,8%
Sinter Feed	8,9	0,08	13,4%	1,09%	1,4%

* A alumina varia em torno de 9 a 10%

Minério Pelítico

As reservas estimadas são de 27,6 milhões de minério bruto com teor médio de 28,5% Mn. Ensaios preliminares de beneficiamento, por concentração granulométrica com corte a 0,044mm, indicaram uma recuperação de 60% em peso, obtendo-se um concentrado com 39% de Mn.

O minério pelítico dada a sua granulometria deverá sofrer tratamento adicional de pelotização ou aglomeração para sua utilização na metalurgia.

Minério Granulado

O minério granulado apresenta *in natura* além de alto teor em Mn uma relação Mn/Fe em torno de 12. Suas reservas estimadas totais são de 11,5 milhões de toneladas com teor médio de 46,6% Mn.

Este minério foi testado para sua utilização na indústria de pilhas e baterias secas, tendo apresentado resultados excelentes. Para sua utilização em metalurgia deverá ser pelotizado, o que fará seu teor atingir valores excepcionais em Mn.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMAZÔNIA MINERAÇÃO – 1977 – Projeto Azul – minério de manganês; relatório final de pesquisa. /Belém/ 5v.
- ANDERSON, W.L. *et alii* – 1974 – Ocorrências de manganês na Bacia do Rio Itacaiunas, Centro-Leste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v.6, p. 149-64.
- BERNARDELLI, A.L. *et alii* – 1978 – Aspectos genéticos do minério de Manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia.
- BERNARDELLI, A.L. *et alii* – 1978 – Geologia econômica da jazida de Manganês do Azul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife Anais... Recife, Sociedade Brasileira de Geologia. v.4 p. 1431–44.
- BERNARDELLI, A.L. *et alii* – 1973 – Geologia e recursos minerais da Serra dos Carajás. Rev. Bras. Geoci., 3(4) : 215–42, dez.

JAZIDA DE COBRE SALOBO 3A

**Neidemar Figueira Farias
Ricardo Saueressig
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	65
ABSTRACT	65
INTRODUÇÃO	65
GEOLOGIA DA JAZIDA	65
Quartzitos	68
Gnaise superior	68
Formação ferrífera bandeada	68
Xistos	68
Gnaisses inferior	68
MINERALIZAÇÃO	68
MINÉRIO ALTERADO	72
RESERVAS	72
BIBLIOGRAFIA	72

RESUMO

A jazida de cobre do Salobo 3A pertence a um agrupamento de anomalias de cobre com mais de 70 km de comprimento situadas a norte do flanco setentrional do sinclínio de Carajás.

A mineralização de cobre (bornita-calcocita, com calcopirita subordinada) é encontrada, preferencialmente, em metassedimentos ricos em ferro (formação ferrífera de facies óxido-silicato) com quantidades variáveis de grunerita-cumingtonita, almandina, fayalita, magnetita, biotita, quartzo, plagioclásio, etc. com vulcânicas básicas subordinadas. O depósito apresenta configuração estratiforme e está encaixado em xistos, gnaisses tonalíticos e quartzitos sericíticos.

Um vasto programa de sondagem a diamante que atingiu cerca de 28.000 m, em novembro de 1981, permitiu a cubagem de 1.137 milhões de toneladas com teor médio de 0,85% de cobre. Há quantidades menores de ouro, prata e molibdenita associados aos níveis de minério de cobre.

ABSTRACT

Salobo 3A copper deposit is a part of an aligned copper anomalies assemblage of more than 70 km length, north of the northern flank of the Carajás synclinorium.

Copper mineralization (bornite-chalcocite-minor chalcopyrite) is preferentially found in iron rich metasediments (iron formation silicate-oxide facies) with variable amounts of grunerite-cumingtonite, almandine, fayalite, magnetite, biotite, quartz, plagioclase, etc. with subordinate basic volcanics. The deposit shows stratiform configuration and is enclosed by schists, tonalitic gneisses and sericitic quartzites.

An extensive diamond drilling program that reached some 28.000 m in November, 1981, permitted measuring of 1,137 million tons averaging 0,85% copper. Associated with the copper ores are minor amounts of gold, silver and molybdenite.

INTRODUÇÃO

A jazida de cobre do Salobo 3A é parte de um conjunto de depósitos cupríferos, ocorrências de sulfetos de cobre e anomalias geoquímicas, em uma suite de rochas metassedimentares — metavulcânicas, que constitui uma faixa com mais de 70 km de extensão e direção N70°W, localizada a norte do flanco setentrional do sinclínio de Carajás.

A descoberta dessa jazida ocorreu em 1977, como consequência de um programa de prospecção geoquímica de sedimentos de corrente, desenvolvido para checar anomalias aeromagnéticas alinhadas paralelamente ao vale do Igarapé Salobo e que revelou altas anomalias para cobre (até 2700 ppm).

Levantamentos geoquímicos de solos posteriores acusaram altos valores para cobre (até 3800 ppm) e trabalhos geofísicos terrestres concomitantes (magnetometria e polarização induzida) revelaram a existência de anomalias "tabulares" de grande extensão lateral.

Finalmente, em abril de 1978, o primeiro furo de sondagem comprovou a existência de sulfetos de cobre, associados a xistos com magnetita, apresentando um teor médio de 0,41% Cu, num total de 140 m perfurados.

A partir daí foram feitos mais oito furos exploratórios, comprovando-se o caráter estratiforme do depósito, desenvolvendo-se então um programa de sondagem para delimitação do corpo de minério e medição de reservas, atingindo-se, em novembro de 1981, cerca de 28.000 m perfurados. Esse trabalho permitiu a cubagem de 1.137 x 10⁶ t de minério com 0,85% de cobre, permanecendo ainda desconhecidos os limites lateral e vertical da jazida.

As rochas hospedeiras e o conjunto de rochas encaixantes foram denominados Sequência Salobo.

GEOLOGIA DA JAZIDA

A sequência Salobo é constituída por um pacote de rochas metassedimentares com metavulcânicas básicas subordinadas possivelmente do proterozóico inferior (vide Mapa Geológico, figs. 19 e 20 e Seções Verticais, figs. 21 a 23).

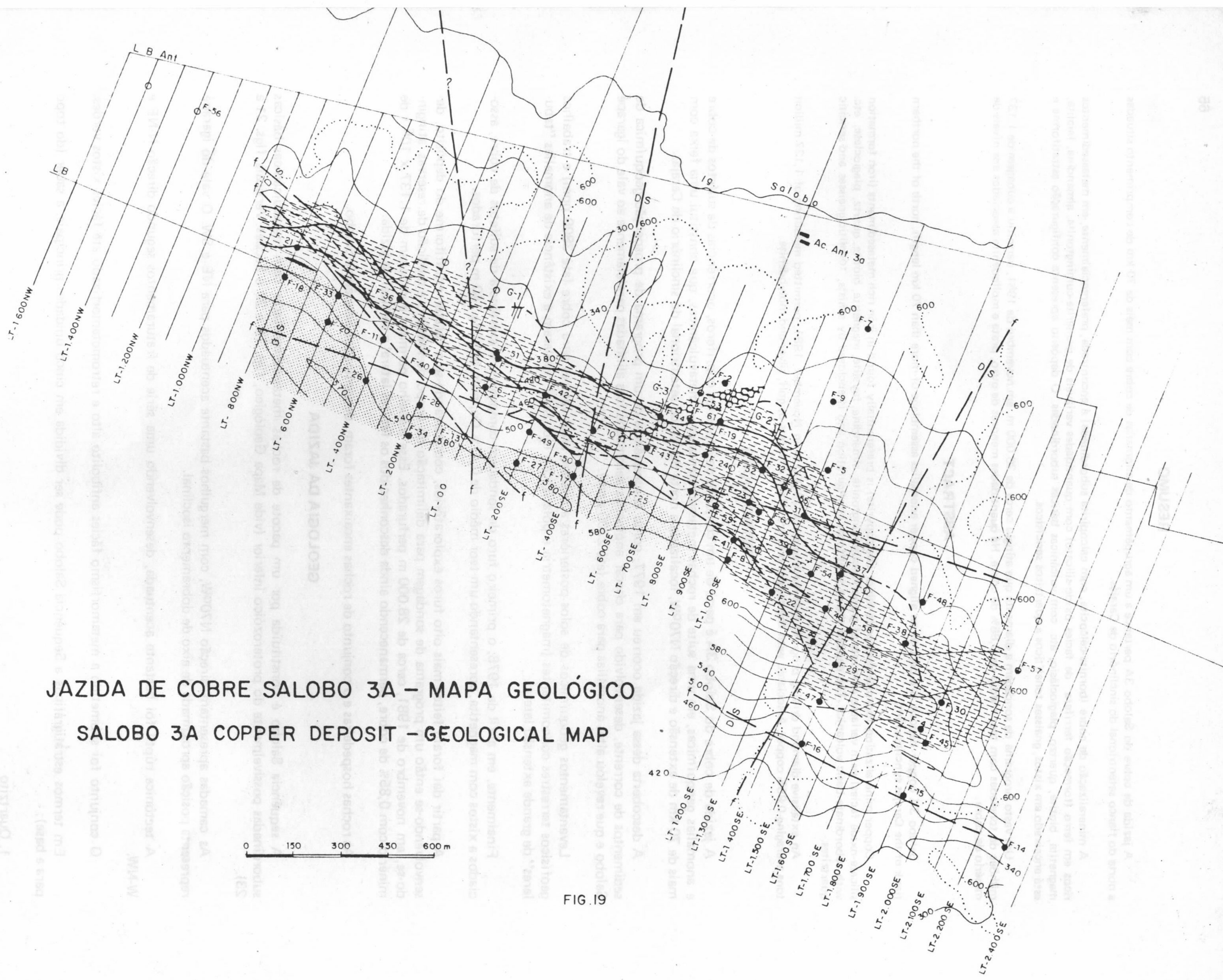
As camadas apresentam direção N70°W, com mergulhos bastante acentuados para NE e SW. O vale do Igarapé representa posição aproximada de eixo de dobramento isoclinal.

A tectônica rúptil foi bastante acentuada, desenvolvendo uma série de fraturamentos segundo direção N-NE e W-NW.

O conjunto foi submetido a metamorfismo fácies anfíbolito alto e retrometamorfizado até fácies xistos verdes.

Em termos estratigráficos a Sequência Salobo pode ser dividida em cinco unidades principais, a saber (do topo para a base):

1. Quartzito
2. Gnaiss Superior
3. Formação Ferrífera Bandeada
4. Xisto
5. Gnaiss Inferior


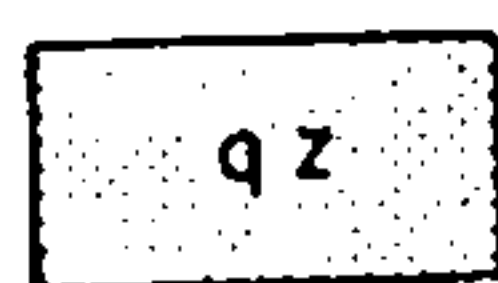
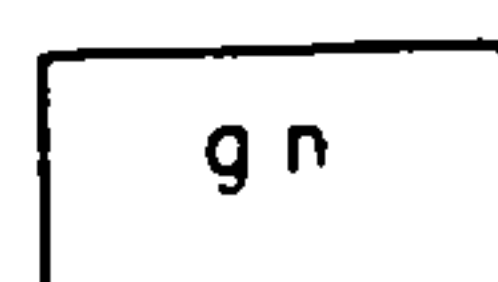
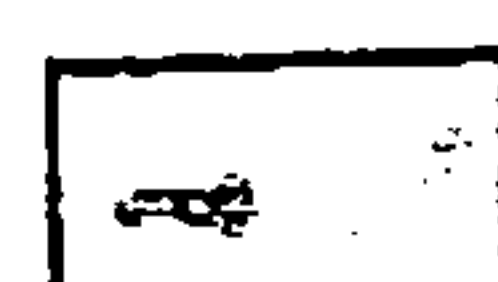
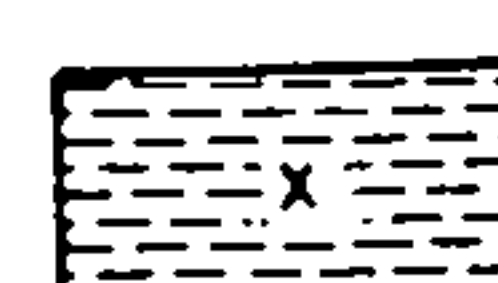
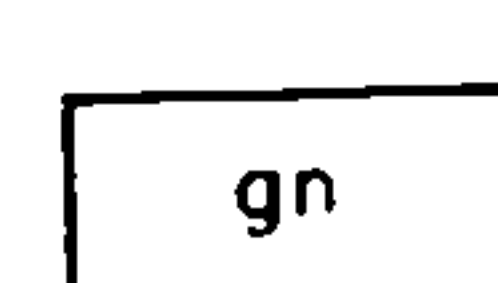


JAZIDA DE COBRE SALOBO 3A – MAPA GEOLÓGICO
 SALOBO 3A COPPER DEPOSIT – GEOLOGICAL MAP

FIG. 19

JAZIDA DE COBRE SALOBO 3A - MAPA GEOLÓGICO


LEGENDA

- 
ROCHAS INTRUSIVAS BÁSICAS (diabásios microgabros)
- 
QUARTZITOS A SERICITA
- 
GNAISSE SUPERIOR (gnaisse tonalítico com intercalações de xisto e quartzito)
- 
FORMAÇÃO FERRÍFERA
- 
XISTO A ANFIBÓLIO-MAGNETITA, XISTO A GRANADA-ANFIBÓLIO-MAGNETITA, XISTO C/ PROPORCOES VARIÁVEIS DE GRANADA-QUARTZO-PLAGIOCLÁSIO-MAGNETITA-OLIVINA-TURMALINA ETC.. (intercalações de metavulcânicas máficas e intermediárias)
- 
GNAISSE INFERIOR (gnaisse tonalítico c/ intercalações de xisto, metabásico e quartzito)

LT-600 SE PICADAS TRANSVERSAIS

 ACAMPAMENTO

 ENTRADA DE GALERIA

 DRENAGEM

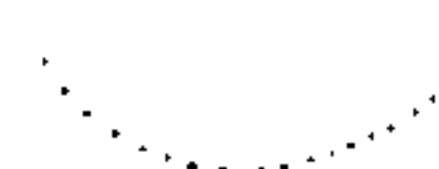
 CURVAS DE NÍVEIS (de 40m em 40m)

LB LINHA BASE

 FALHAS INDICANDO MOVIMENTO RELATIVO DOS BLOCOS

 FALHAS PROVÁVEIS

 CONTATO GEOLÓGICO INFERIDO

 ANOMALIA GEOQUÍMICA DE 600 ppm DE Cu

 LIMITE DO MINÉRIO ALTERADO

 LIMITE DA ANOMALIA MAGNÉTICA

A sequência é cortada por corpos intrusivos vulcânicos de composição básica (diabásio e micragabros) e intrusivas hipoabissais de composição ácida (microgranitos).

Quartzitos

É a unidade que sustenta a topografia, formando um platô de 100 m de largura máxima e extensão de cerca de 2 km. Sua espessura média varia de 100 a 150 m.

São rochas de coloração cinza esbranquiçada, granulação fina a média, textura granoblástica, compostas principalmente por quartzo (80-90%) com contatos denteados fortemente tensionados. O acessório mais frequente é sericita/muscovita, podendo ocorrer ainda plagioclásio, k-feldspato, hornblenda, clorita, turmalina, granada, zircão, etc.

O contato com o Gnaise Superior é concordante e transicional.

Gnaise Superior

Esta unidade constitui uma zona de transição entre quartzito e os xistos, com espessura média de 100 a 200 m. Ocorrem gnaisses tonalíticos, xistos e quartzitos com espessuras aparentes centimétricas a decamétricas.

Os gnaisses tonalíticos são rochas de coloração cinzenta, granulação fina a média, com texturas granoblásticas, granolepidoblásticas e ocasionalmente granonematoblásticas. Plagioclásio na variedade albita é geralmente o mineral mais abundante (40–60%), seguido por quartzo (20–40%) e clorita (15–20%) proveniente da alteração de minerais ferromagnesianos. Podem ocorrer ainda hornblenda, biotita, turmalina, alanita, zircão, opacos, etc.

Os xistos e quartzitos intercalados são semelhantes aos das unidades xistos e quartzito.

Eventualmente podem ocorrer sulfetos de cobre nesta unidade, principalmente em níveis mais máficos de gnaisses tonalíticos.

Os contatos com o pacote de xistos sotopostos são concordantes e transicionais.

Formação Ferrífera Bandeada

São formações ferríferas fácies óxido, descontínuas, com espessuras máximas inferiores a 30 m e extensão lateral máxima possivelmente ao redor de 300 m.

Mineralogicamente são constituídas por quartzo microcristalino e magnetita, distribuídas em bandas milimétricas.

Normalmente ocorrem no interfácies gnaise superior-xistos, podendo no entanto ocorrer estratigraficamente acima.

Xistos

É a unidade que contém as rochas portadoras da maior parte da mineralização cuprífera do Salobo. A espessura desta unidade varia de 200 a 500 m.

Ocorre aí uma grande variedade de tipos litológicos, baseada na variação da abundância relativa dos minerais presentes.

Os minerais mais frequentes são: anfibólio (grunerita-cummingtonita, hornblenda, actinolita, hastingsita), almandina, biotita, quartzo, plagioclásio, fayalita, clorita, schorlita. Dentre os opacos o mais frequente é a magnetita, seguida por sulfetos de cobre. De modo bastante subordinado ocorrem ainda zircão, apatita, alanita, hematita, ilmenita, etc.

A maior parte das rochas que pertencem a esta unidade apresenta origem sedimentar. Ocorrem intercalações de rochas vulcânicas de composição básica.

O contato com o Gnaise Inferior é concordante e transicional.

Gnaise Inferior

É assim denominada a unidade que constitui a lapa dos xistos. Compreende gnaisses tonalíticos semelhantes aos do Gnaise Superior, anfibólito e xistos subordinados. Eventualmente apresenta-se mineralizado, com calcopirita em fraturas e disseminada. Não conhece a espessura desta unidade.

MINERALIZAÇÃO

A mineralização sulfetada da jazida do Salobo 3A é representada por bornita e calcocita (80–85%) e calcopirita.

JAZIDA DE COBRE SALOBO 3A-SEÇÃO VERTICAL

LEGENDA




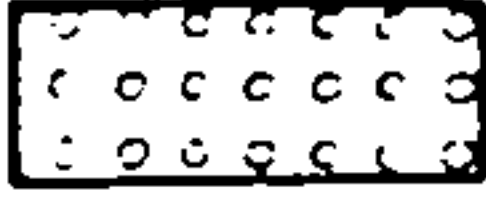


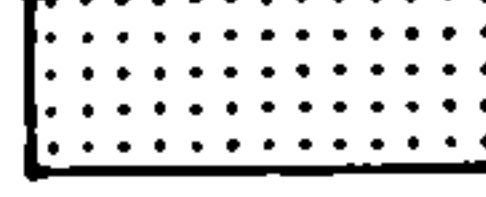


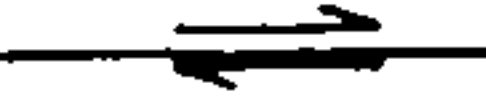

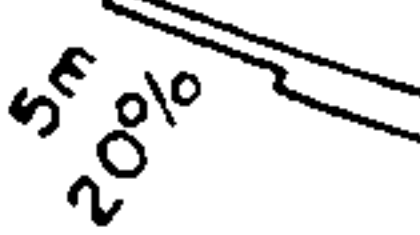
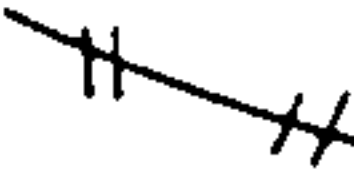
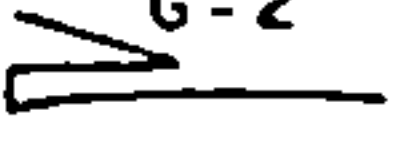


	MINÉRIO ALTERADO
	QUARTZITO
	GNAISSE SUPERIOR GNAISSE INFERIOR
	GNAISSE MINERALIZADO
	XISTO ESTÉRIL
	XISTO MINERALIZADO < 0,8 %
	XISTO MINERALIZADO > 0,8 %
	CONTATO GEOLÓGICO INFERIDO
	LIMITE DE ZONA INTEMPERIZADA
	FALHA OBSERVADA
	LIMITE DOS INTERVALOS DE TEORES
	INTERVALOS MINERALIZADOS
	MERGULHO DE FOLIAÇÕES
	GALERIA
	ANOMALIA GEOQUÍMICA DE 600 ppm
	ANOMALIA MAGNÉTICA

FIG. 23

Os sulfetos de cobre apresentam-se via de regra associados a xistos com magnetita, com/sem anfibólio, com/sem granada, com/sem olivina, com/sem biotita. As relações de contato com as rochas hospedeiras indicam singênese: ocorrem disseminados, eventualmente constituindo níveis milimétricos-centimétricos paralelos às estruturas planares originais. Raramente ocorrem níveis maciços com espessuras centimétricas.

Em termos de distribuição dos sulfetos de cobre nota-se um aumento da quantidade relativa de calcopirita próximo à base do pacote de xistos. Em geral, xistos olivínicos mineralizados também apresentam maiores proporções de calcopirita.

Associados preferencialmente aos níveis com sulfeto de cobre ocorrem pequenas quantidades de ouro, prata e molibdênio.

MINÉRIO ALTERADO

Convencionou-se chamar minério alterado a zona de xistos e gnaisses intemperizados portadores de cobre e cuja característica maior é não apresentarem mineralização cuprífera típica de zonas de oxidação e que justifiquem os teores de cobre encontrados.

Resultados de estudos mineralógicos até agora efetuados neste tipo de rocha indicam que o cobre está associado a micas, argilas e hidróxidos de ferro. Neste tipo de minério também ocorrem pequenas quantidades de ouro, prata e molibdênio.

RESERVAS

Os trabalhos de sondagem efetuados até junho de 1981 permitiram bloquear no Salobo 3A uma reserva de 1,13% milhões de toneladas com teor médio de 0,85%. O quadro abaixo ilustra a distribuição nas diferentes classes de minério.

TIPO	QUANTIDADE (tx10 ³)	% Cu
Sulfetado > 0,8%	469,947	1,28
Sulfetado < 0,8%	569.723	0,48
Alterado	97.430	0,77

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAMBRASIL — 1974 — **Folha SB.22 Araguaia e parte da folha SC.22 Tocantins**; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro. (Levantamento de Recursos Naturais, 4).
- CORDANI, U.G. — 1980 — Comentários a respeito das datações efetuadas para a região da Serra dos Carajás. São Paulo. 3p. (Relatório interno da DOCEGEO).
- GUIMARÃES, I.G. et alii — 1980 — **Relatório de Estudos. Projeto Cobre Carajás.** CVRD/DOCEGEO. 99p. (Relatório interno).
- IDESP — 1972 — Projeto Rio Fresco. Contribuição à geologia do Pré-Cambriano da Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 26., Belém. **Resumo das comunicações. Simpósio.** Belém, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 73-5 (Boletim n. 2).
- LINDENMAYER, Z.G. — 1981 — **Geologia do depósito do Salobo 3 ALFA.** /Rio de Janeiro/ 37p. (Relatório interno da DOCEGEO).
- MEYER, D.J.K. — 1980 — **Exploração geológica-geoquímica-geofísica da área Xingu-Araguaia. Projeto Aquiri — AOC-9** Belém. 2 v. (Relatório interno da DOCEGEO).
- MEYER, D.J.K. & FARIAS, N.F. — 1980 — **O Depósito de cobre de Salobo 3 ALFA.** Belém, DOCEGEO. (Trabalho apresentado durante o Congresso Brasileiro de Geologia, 31, Camboriú, SC).
- MIYASHIRO, A. — 1973 — **Metamorphism and metamorphic belts.** London, George Allen & Unwin. 492 p.
- RIO DOCE GEOLOGIA E MINERAÇÃO — 1981 — **Projeto Cobre-Carajás. Jazidas Salobo 3A e 4A.** Relatório de Pesquisa. Belém. 4v.
- SALAS, H.T. & AMARAL, M.A.M. — 1979 — **Relatório de estudos. Projeto Cobre Carajás.** CVRD/DOCEGEO. 6p. (Relatório interno).
- SANTOS, J.F. — 1980 — **Relatório sobre o Estudo das Seções Polidas na área Salobo 3A — Cobre Carajás.** São Paulo 6p. (Relatório da Cadeira de Microscopia de Minérios do IGUSP).

STANTON, R. & VAUGHAN, J. – 1979 – Facies of ore formation: a preliminary account of the Pegmont deposit as an example of potential relations between small "iron formatinos" and stratiform sulphide ores. *Proc. Austras. Inst. Min. Metall.*, (270): 25-38, June.

TOWNEND, R. *et alli* – 1980 – Relatório de estudos. Projeto Cobre Carajás. CVRD/DOCEGEO. 21p. (Relatório interno).

VIEIRA, M.A.M. *et alli* – 1980 – Relatório de estudos. Projeto Cobre Carajás. CVRD/DOCEGEO. 35p. (Relatório interno).

VIEIRA, M.A.M. & AMARAL, M.A.M. – 1980 – Relatório de estudos. Projeto Cobre Carajás. CVRD/DOCEGEO. 14p. (Relatório interno).

**GEOLOGIA DO DEPÓSITO DE OURO DE
SERRA PELADA**

**Euivaldo de Miranda Ivereles
José Thadeu Teixeira
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	79
ABSTRACT	79
HISTÓRICO	79
INTRODUÇÃO	79
ESTRATIGRAFIA	84
Sequência Rio Novo	84
Grupo Grão Pará	84
Formação Rio Fresco	84
Gabro	84
Coberturas lateríticas	84
Aluviões	85
MINERALIZAÇÃO	85

RESUMO

O depósito de ouro de Serra Pelada, relacionado com a Formação Rio Fresco, ao sul do Pará (Brasil) foi descoberto por garimpeiros em janeiro/80.

A mineralização principal apresenta controle litológico, tectônico e estrutural, contido na Formação Rio Fresco que ocorre acima de uma unidade vulcano-sedimentar.

A rocha hospedeira do corpo de minério consiste de uma sequência de brecha e siltito, compreendendo um conjunto de minerais que inclui quartzo, micas, k-feldspato e opacos (hematita, magnetita e ilmenita).

As zonas de minério são descontínuas e, estruturalmente, sempre controladas por zonas de cisalhamento, de dobramento e de falhamento.

ABSTRACT

The gold bearing ore deposit of Serra Pelada, related to Rio Fresco Formation on the south Pará (Brasil), was discovered by prospectors in January/80.

The main mineralization has a lithologic, tectonic and structural control, enclosed in Rio Fresco Formation that occurs above a volcano-sedimentary unit.

The ore body host rock consists of a breccia and siltstone sequence, comprising a mineral assemblage that includes quartz, micas, k-feldspar and opaques (hematite, magnetite and ilmenite).

The ore zones are discontinuous and always structurally controlled by shear folding and faulting zones.

HISTÓRICO

Os primeiros trabalhos de geologia executados na região datam de 1966 e 1967 e foram realizados pela CODIM que descobriu ocorrências de Mn na parte leste da estrutura, e estendeu o reconhecimento para oeste até o Rio Parauapebas.

Em 1972 a Companhia Meridional de Mineração, após desistência da CODIM, requereu as áreas com ocorrências de Mn e executou pesquisa, com resultados não promissoras.

Em 1979 a DOCEGEO executou levantamento geoquímico de sedimento de corrente em parte da estrutura do Sereno visando metais básicos, sem detectar anomalias importantes.

Em janeiro de 1980 garimpeiros a serviço do dono da fazenda descobriram ouro aluvionar na drenagem atualmente denominada "Grotá Rica". Assim teve início atividade garimpeira intensa que aumentou mais ainda com a descoberta de pepitas no Morro da Babilônia em março de 1980. Até o momento mais de 10 t de ouro foram produzidas pelo garimpo.

Em maio de 1980 a DOCEGEO iniciou um programa de pesquisa de detalhe visando avaliar as ocorrências de ouro, de modo a se obter os dados necessários para implantação de mineração racional.

INTRODUÇÃO

O garimpo de Serra Pelada, situado cerca de 90 km a SW da cidade de Marabá, Estado do Pará, ocupa uma área de 200x100 m, onde ocorrem as mineralizações de ouro associadas a rochas sedimentares levemente metamorfisadas da Formação Rio Fresco, numa estrutura antiformal com direção aproximadamente EW (Estrutura do Sereno).

Esse depósito está relacionado à Formação Rio Fresco, tendo como embasamento a NNE, uma sequência de rochas principalmente básicas e ultrabásicas, deformadas e com metamorfismo, em geral, do fácies xisto verde; e a sul, os itabiritos com intercalações de rochas básicas da Serra Leste (vide Mapa Geológico, figs. 24 e 25 e Secção Vertical, figs. 26 e 27).

A geologia regional é caracterizada pela presença de cinturões de rochas vulcano-sedimentares e sedimentares sobrepostas.

A sequência vulcano-sedimentar compreende rochas meta-vulcânicas, predominantemente básicas e ultrabásicas com intercalações menores de vulcânicas félsicas e por sedimentos químicos (formação ferrífera e chert). Corpos gabríticos e dioríticos cortam esta sequência.

A sequência sedimentar é constituída por clásticos grosseiros na base (arenitos conglomeráticos, conglomerados e arenitos) e uma unidade pelítica no topo (siltito cinza, siltitos vermelhos e argilitos), correlacionáveis à Formação Rio Fresco.

As características estruturais da região são complexas e marcadas pela superposição de fases deformativas, principalmente nas supracrustais. A estrutura da mina se configura num sinclinal de flancos invertidos, mergulhando para sul com caimento para W.

DEPÓSITO DE OURO DE SERRA PELADA - MAPA GEOLÓGICO
 SERRA PELADA GOLD DEPOSIT - GEOLOGICAL MAP

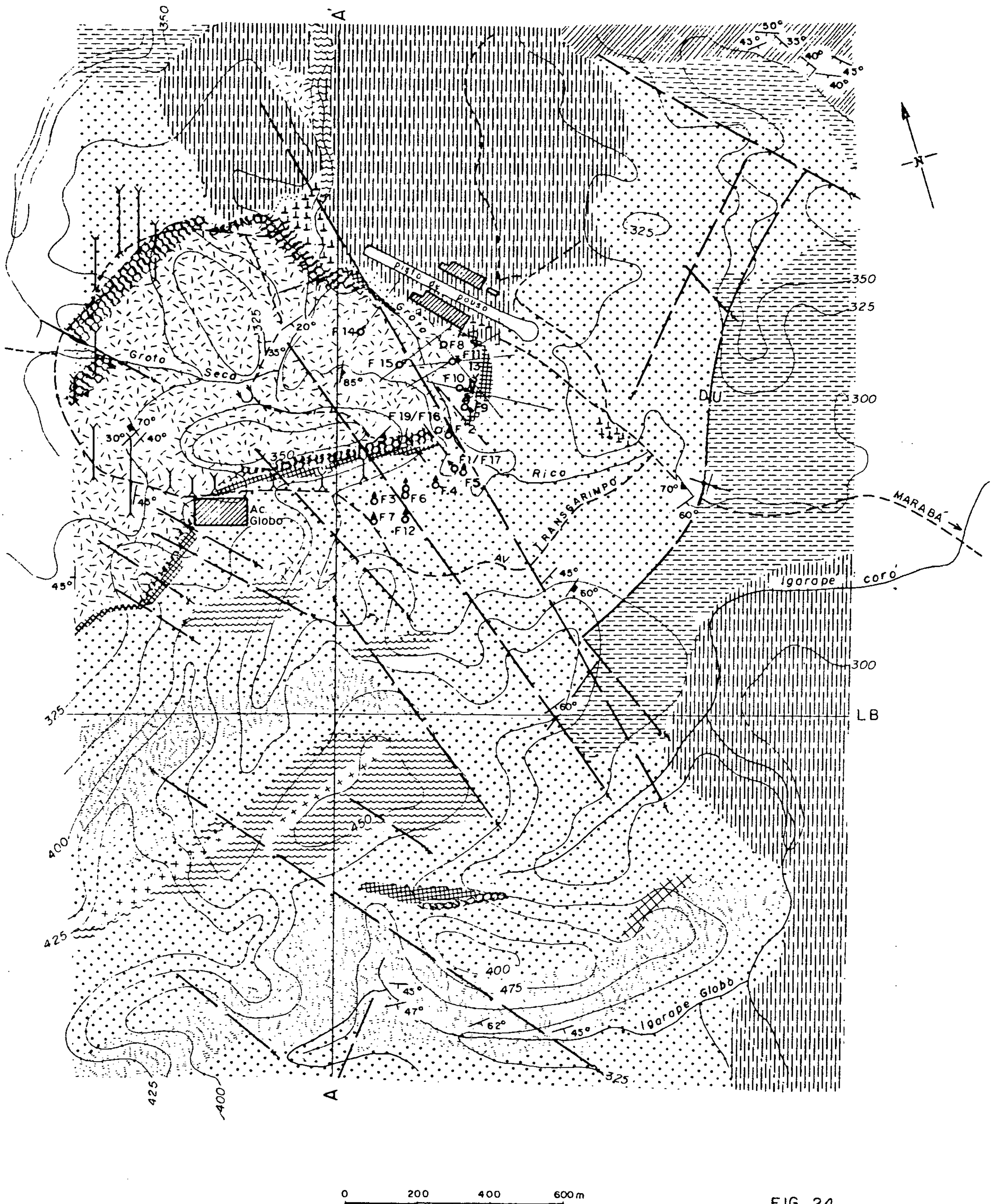


FIG. 24

DEPÓSITO DE OURO DE SERRA PELADA - MAPA GEOLÓGICO

LEGENDA



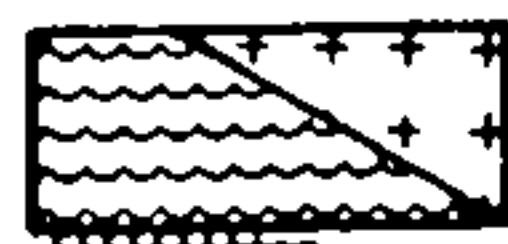
LATERITA FERRUGINOSA



SILTITO VERMELHO



SILTITO CINZA/ESTRATIFICADO FACIES CARBONÁTICO



SEQUÊNCIA DE ARENITOS CONGLOMERÁTICOS E CONGLOMERADOS



BRECHA SEDIMENTAR / GABRO



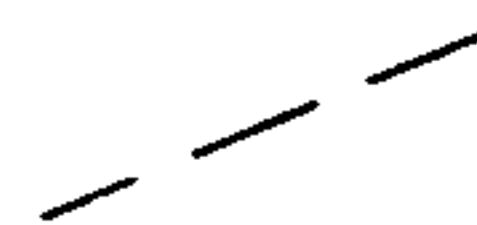
ARENITO / NÍVEIS CONGLOMERÁTICOS



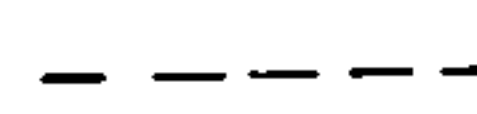
CLORITA-XISTO, TALCO-XISTO, COM NÍVEIS DE FORMAÇÃO FERRÍFERA



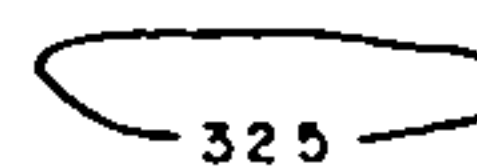
IGARAPE



FALHA



ESTRADA



CURVA DE NÍVEL



FURO DE SONDA



TRINCHEIRA

DEPÓSITO DE OURO DE SERRA PELADA - SEÇÃO VERTICAL
SERRA PELADA GOLD DEPOSIT - VERTICAL SECTION

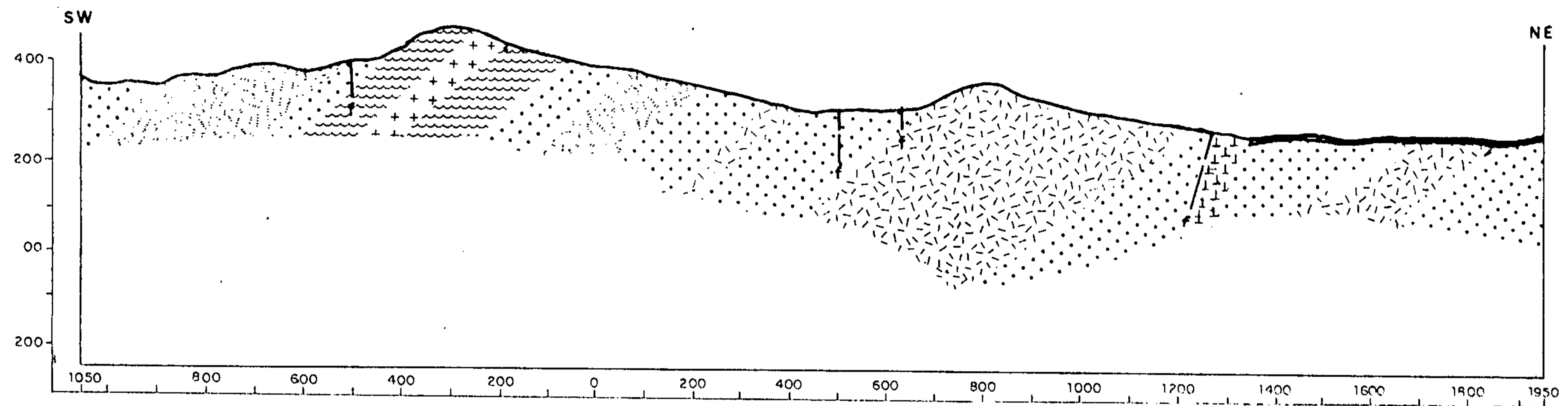

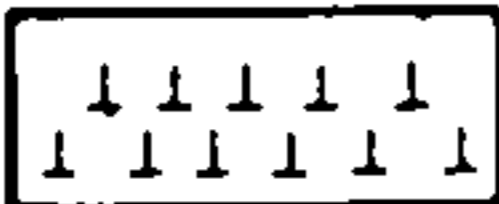



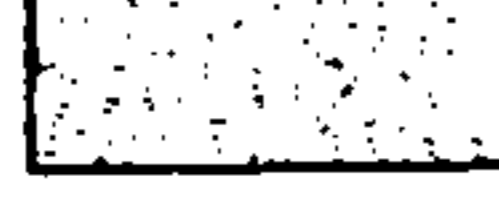
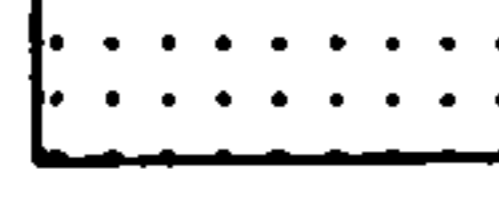




FIG. 26

DEPÓSITO DE OURO DE SERRA PELADA - SEÇÃO VERTICAL

LEGENDA

-  LATERITA
-  GABRO
-  SILTITO VERMELHO
-  BRECHA MAGNESÍFERA
-  SILTITO CINZA
-  SILTITO VERMELHO E CINZA, INTERCALADOS
-  ARENITOS FINO A MÉDIO
-  ARENITO CONGLOMERÁTICO E CONGLOMERADOS
-  FALHA

A mineralização de ouro apresenta um controle litológico, tectônico e estrutural, sendo que, a maior concentração de ouro está relacionada ao controle tectônico e estrutural, na região da charneira da dobra.

ESTRATIGRAFIA

Sequência Rio Novo

Constitui o embasamento do pacote sedimentar de Serra Pelada, havendo uma discordância nitidamente observada, do ponto de vista estrutural, litológico e metamórfico.

É constituída, em linhas gerais, por rochas metavulcânicas, predominantemente básicas e ultrabásicas, com intercalações félsicas e por sedimentos químicos (formação ferrífera bandeada e chert). Corpos de gabros e diorito cortam esta sequência.

O grau metamórfico dessas rochas é variável, predominantemente, do fácies xisto verde.

Grupo Grão Pará

Constitui-se de itabiritos com proporções variáveis de quartzo e óxidos de ferro (magnetita e hematita), com intercalações de rochas básicas. Ocorre canga química ferrífera, no topo e na encosta da Serra.

Formação Rio Fresco

A Formação Rio Fresco, na área estudada, foi dividida, informalmente, em sete unidades lito-estratigráficas, descritas a seguir da base para o topo:

Unidade 1 – sequência de arenitos conglomeráticos e conglomerados, com seixos de quartzo e itabiritos. A matriz dos conglomerados apresenta textura fina a média, sendo essencialmente quartzosa ou arcoseana subordinada.

Unidade 2 – sequência de arenito com textura fina e média, de composição variável, apresentando níveis essencialmente quartzosos, arcoseanos ferruginosos e manganésíferos.
Lentes de siltitos vermelhos e cinzas, bem como de arenitos conglomeráticos ocorrem intercalados nesta unidade, com extensão e espessuras variáveis.

Unidade 3 – constituída por siltitos vermelhos e cinza com predominância local de um ou de outro ou intercalados entre si.

Unidade 4 – sequência de arenitos com características semelhantes as da unidade 2, apresentando, no entanto, maior percentagem de níveis ferruginosos e manganésíferos.

Unidade 5 – constituída por brecha com matriz arenítica manganésífera e/ou ferruginosa com fragmentos de quartzo e arenito silicificado; os fragmentos mostram-se comumente cizalhados.

Unidade 6 – constituída por siltito cinza, cinza escuro e preto, carbonoso, manganésífero, apresentando localmente níveis de folhelhos pretos, chert e carbonato.
Mostra-se normalmente foliado, desenvolvendo tanto clivagem ardosiana (S_1) como foliação cataclástica. A estratificação (S_0) é observada localmente.

Unidade 7 – constituída essencialmente por siltito vermelho com níveis mais claros subordinados. Nesta unidade, as estruturas sedimentares primárias mostram melhor preservação. Comumente apresenta-se finamente estratificado (S_0), apresentando intercalações de níveis sílticos e argilosos. Estratificação cruzada, laminação paralela e marcas de onda são as estruturas sedimentares primárias mais frequentes e servem como critério para a determinação de topo e base das camadas. Clivagem ardosiana (S_1) aparece localmente. Em zonas de maior extensidade tectônica, é comum mostrar-se silicificado, desenvolvendo foliação cataclástica.

O contato entre as unidades 4 e 5 se apresenta quase sempre de forma gradacional.

Gabro

Ocorre cortando a sequência sedimentar, formando corpos alongados com direcionamento preferencial NW. Constituído essencialmente por plagioclásio, piroxênio, apresentando textura fanerítica, sendo mais fina próximo aos contatos.

Coberturas lateríticas

Estão amplamente distribuídas na parte setentrional da área, mostrando-se topograficamente aplainada a suavemente ondulada.

Aluviões

Os aluviões são pouco representativos, sendo os mais importantes os da Grota Rica e Igarapé Sereno, constituídos essencialmente de material arenoso.

MINERALIZAÇÃO

A partir dos dados geológicos obtidos durante o mapeamento e nos resultados analíticos (solo, trincheiras e furos de sonda), disponíveis até agora, foi possível definir alguns critérios que devem controlar a mineralização de ouro.

Estratigraficamente, as maiores concentrações de ouro encontram-se nas unidades de siltito cinza, brecha manganesífera e no interface siltito cinza/siltito vermelho; ressaltando-se que, também são encontradas mineralizações nas outras unidades, só que, de maneira errática. A presença de níveis com sulfetos (pirita) no siltito cinza indicando ambiente redutor, poderia, pela associação comum destes minerais com ouro ser um fator mineralizante; entretanto, o ouro se apresenta livre, não estando associado a sulfetos.

Os falhamentos e dobramentos aparentemente desempenharam o papel mais importante no controle da mineralização. Isto fica evidenciado na área do garimpo, onde falhamentos ENE são deslocados por outros NW, tornando a área intensamente tectonizada (falhas e dobras), onde ocorrem ricas zonas mineralizadas, especialmente nos cruzamentos de falhas e nariz de dobras.

O fator tectônico, com percolação de fluídos, deve também explicar mineralizações em unidades na sua maioria estéreis.

**DEPÓSITO DE NÍQUEL LATERÍTICO
DO VERMELHO**

**Arthur Luiz Bernardelli
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	91
ABSTRACT	91
INTRODUÇÃO	91
GEOLOGIA LOCAL	92
Complexo básico-ultrabásico	92
Perfil laterítico	92
TIPOS DE LATERITA NIQUELÍFERA	94
Minério tipo garnierítico	94
Minério tipo limonítico	94
RESERVAS	94
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	95

RESUMO

A partir da interpretação de imagens de radar e interpretação aerofotogeológica convencional foram identificadas áreas de possível ocorrência de rochas ultramáficas ao sul da Serra dos Carajás. No primeiro semestre de 1974 foi efetuada uma campanha de prospecção com coleta de amostras de solo, com apoio de helicóptero; os resultados analíticos dessas amostras revelaram elevado conteúdo em níquel.

Os trabalhos de pesquisa necessários a uma segura avaliação das reservas, e a caracterização física e química do minério, além dos estudos de viabilidade econômica encontram-se em desenvolvimento.

Os principais trabalhos já executados foram: 88 poços, sendo escavados 1.400 m; 7 furos de sondagem com um total de 360 m; 55 km de linhas de levantamentos topográficos e geológicos; levantamento magnetométrico; cerca de 12.000 análises químicas; ensaios metalúrgicos preliminares e outros.

Os corpos básico-ultrabásicos formam um alinhamento de direção NE-SW, estendendo-se desde as proximidades da Serra do Rabo (extremo oriental da Serra dos Carajás) até a estrutura Pium (sudoeste da Serra Sul) numa extensão de 50 km aproximadamente. São corpos de dimensões de 2 a 3 km e formam estruturas isoladas sobre o Complexo Xingu e ressaltam-se na topografia regional.

As rochas são constituídas de gabros, piroxenitos, dunitos e peridotitos em geral serpentizados.

Fazem parte deste conjunto alinhado, dois corpos básico-ultrabásicos, denominados V1 e V2, que constituem o depósito de níquel do vermelho.

Dois tipos de laterita níquelífera compõem o depósito:

- Minério tipo garnierítico ou Silicatado, com teores elevados de níquel, atingindo a média de 2%, baixo teor de ferro e elevado teor de magnésio. As reservas atingem 20 milhões de toneladas.
- Minério tipo Limonítico ou Oxidado, com teores de níquel mais baixos, média em torno de 1,1%, teores elevados de ferro e baixos de magnésio. As reservas estão em torno de 20 milhões de toneladas.

O minério garnierítico apresenta características físico-químicas favoráveis a sua utilização na produção de ferro-níquel.

ABSTRACT

From the interpretation of radar pictures and from conventional aerophotogeological interpretation, the areas of possible occurrence of ultramafic rocks were identified to the south of Serra dos Carajás. In the first semester of 1974, a prospecting campaign with sample collection of soil was made with the help of a helicopter. The analytic results of these samples revealed high nickel content.

The exploration works necessary to a reliable reserve evaluation and the physical and chemical characterization of the ore, beside the economical viability studies, are in great progress.

The main works already executed are: 88 pits, 1.400 m excavated; 7 drill holes totaling 360 m; 55 km of lines of topographical and geological surveys; magnetometric surveys; about 12.000 chemical analyses; preliminary metallurgical tests, and others.

The basic-ultrabasic bodies form a NE-SW striking alignment, extending from the vicinities of Serra do Rabo (extreme east of Serra dos Carajás) to the Pium structure (southwest of Serra Sul) approximately 50 km extension. They are 2 to 3 km bodies forming isolated structures on the Xingu complex and they stand out in the regional topography.

The rocks are constituted of gabbros, pyroxenites, dunites and peridotites generally serpentized.

Two basic-ultrabasic bodies are part of these aligned assemblage, denominated V1 and V2 which constitute the Vermelho nickel deposit.

Two types of nickeliferous laterite form the deposit:

- Garnieritic or silicated ore with high nickel contents reaching an 2% average, low iron content and high magnesium content. The reserves reach 20 millions ton.
- Limonitic or oxidized ore, with lower nickel contents, about 1,1% average, high iron contents and low magnesium contents. The reserves are around 20 millions ton.

The garnieritic ore shows physical-chemical characteristics favorable to its use in the iron-nickel production.

INTRODUÇÃO

O depósito de níquel está localizado ao sul das jazidas de minério de ferro da Serra Sul, mais precisamente a 18 km ao sul da jazida S38 e a 20 km oeste da Serra do Rabo.

O acesso se faz por helicóptero à clareira N1, distante 68 km à NE, ou por rodovia até a localidade de Sapucaia na PA-150 distante de 80 km aproximadamente.

Os aspectos geomorfológicos mais importantes da região são:

- Superfície geral aplainada (Superfície Velhas) cobertas por mata virgem;
- Serras alongadas e íngremes, cobertas por matas densas e com cotas intermediárias;

— Planaltos ou mesas (Superfície Sul-Americana) com vegetação rara e protegidos por capas de canga, desenvolvidas sobre formação ferrífera (Serra dos Carajás).

A estrutura do Vermelho, local das ocorrências de níquel recaí no segundo grupo, onde destacam-se duas elevações alongadas e íngremes (áreas V1 e V2) em situação dominante sobre a planície circunjacente, arrasada e aplainada. Os topos das estruturas, que se sustentam devido a presença de um capeamento silicoso ou laterítico, possuem altitudes em torno de 500 m e desníveis com a planície adjacente da ordem de 250 a 300 m.

Provavelmente estas estruturas representam estágios intermediários do processo erosivo, em que a superfície Sul-Americana já foi dissecada, porém ainda não formou a Superfície Velhas, devido a resistência maior das litologias presentes.

GEOLOGIA LOCAL

Complexo básico-ultrabásico

Os corpos básico-ultrabásicos são constituídos das seguintes rochas: gabros e meta-gabros, gabros noríticos, piroxenitos; serpentinitos e silexitos originados de periotitos e dunitos. Ocorrem como encaixantes rochas do embasamento cristalino (Complexo Xingu). Vide fig. 28.

Zona Ultrabásica:

As rochas ultrabásicas serpentinizadas ocorrem em cerca de 40% da área de ocorrência da zona ultrabásica, sendo o restante da área recoberta por um capeamento silicoso e uma cobertura laterítica formando platôs. Apresenta feição topográfica acentuada, com cotas em torno de 450 a 500 m, ocupando a parte central dos corpos V1 e V2.

Serpentinitos:

Como resultado da atuação da erosão é observado um capeamento coluvial em quase toda extensão da área, tornando-se escassos os afloramentos de serpentinito.

As rochas apresentam-se com elevado grau de alteração, resultando em espessas seções lateríticas em grande parte da área. O serpentinito apresenta uma textura típica de arranjo em malha entrecruzada (mesh) constituída essencialmente de serpentina (antigorita). Os acessórios comuns são goethita, magnetita, quartzo-calcedônia, talco-clorita, crisotila e bastita. Em muitos casos apresenta acentuado grau de silificação proporcionado por uma fina trama de vênulos silicosos.

Capeamento silicoso:

Capeando as elevações existe uma cobertura de blocos de silexito imersos em matriz argilosa. Os blocos são constituídos essencialmente de quartzo-calcedônia e opacos, ocorrendo ainda serpentina subordinadamente. Como característica geral, a intensa silificação produz nas rochas uma estrutura entrelaçada tipo "box-work".

Cobertura laterítica:

Esta cobertura é derivada de processos de laterização que atuaram sobre o complexo básico-ultrabásico e a ela estão relacionadas as lateritas que formam platôs que capeiam as unidades descritas.

Zona Básica:

As rochas básicas ocorrem quase que circundando as ultrabásicas, formando superfícies semi-aplainadas com cotas da ordem de 300-350 m, compreendendo gabros e meta-gabros, gabros noríticos e piroxenitos.

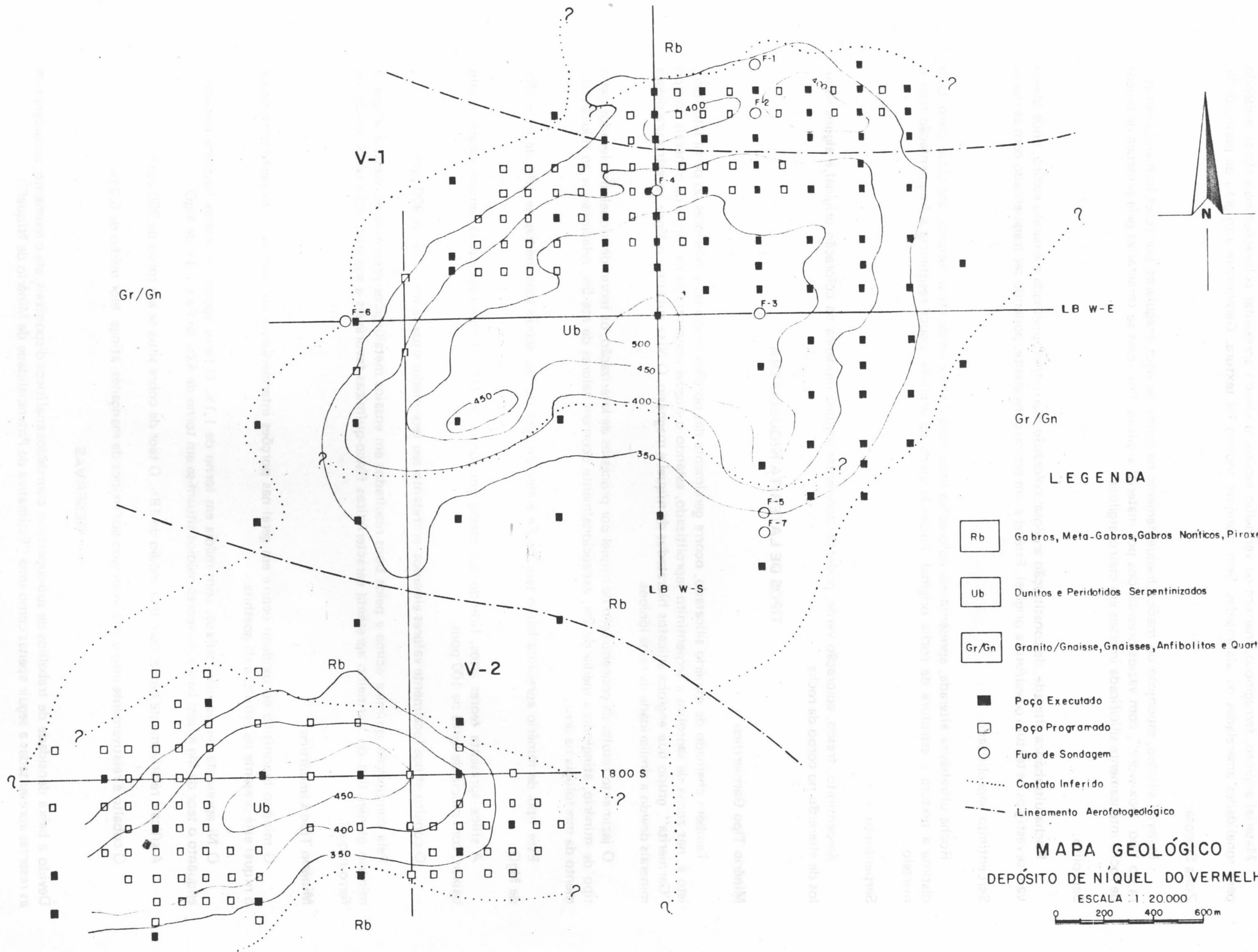
Os gabros apresentam-se constituídos de piroxênio, geralmente diopsídio, na maioria das vezes quase que completamente alterado para hornblenda, tremolita-actinolita e biotita; e plagioclásio. Os piroxenitos são rochas monominerálicas, do tipo bronzitito-hiperstenito, em geral com incipiente alteração a serpentina.

Perfil Laterítico

O perfil apresentado a seguir resultou essencialmente das observações realizadas no campo durante a execução dos trabalhos de pesquisa, e relaciona os diferentes estágios de alteração e laterização verificados no mapeamento sistemático dos poços:

Solo laterítico:

Solo argiloso, ferruginoso, marrom avermelhado, magnético, com pisolitos e concentrações ferruginosas laterizadas.



LEGENDA

- Rb Gabros, Meta-Gabros, Gabros Noríticos, Piroxenitos
- Ub Dunitos e Peridotidos Serpentinizados
- Gr/Gn Granito/Gnaiss, Gnaisses, Anfibolitos e Quartzo-dioritos
- Poço Executado
- Poço Programado
- Furo de Sondagem
- Contato Inferido
- Lineamento Aerofotogeológico

MAPA GEOLÓGICO
DEPÓSITO DE NÍQUEL DO VERMELHO

ESCALA : 1 : 20.000
0 200 400 600 m

Laterita:

Material argiloso, ferruginoso, marrom ou vermelho escuro, podendo apresentar colorações mais claras tendendo para tonalidades amareladas ou alaranjadas. Sem qualquer indício de textura. Geralmente alto grau de plasticidade.

Zona Silicosa:

Material silicoso, esponjoso ou maciço, frequentemente na forma de veios irregulares, por vezes formando estrutura do tipo "box-work", com vazios preenchidos por material argiloso. Por vezes se caracteriza pela presença de blocos de rocha intensamente silicificada imersos em matriz argilosa.

Saprolito:

Rocha ultrabásica alterada, de constituição argilosa, coloração marrom avermelhada e amarelo escuro, onde observam-se vestígios de textura ou estrutura original. Friável a um pouco consistente, podendo ser fragmentado com as mãos.

Serpentinito Saprolitizado:

Rocha ultrabásica alterada, apresentando colorações mais claras, entre verde claro, amarelo até cinza claro, bem distinta a textura e estrutura da rocha original. Podendo ainda ser argilosa, pouca resistência a fragmentação com o martelo.

Serpentinito:

Serpentinito, fresco, coloração verde, podendo apresentar alguma mudança na coloração original e alguns vênulos de alteração no corpo da rocha.

TIPOS DE LATERITA NIQUELÍFERA

Minério Tipo Garnierítico

Também chamado de minério silicatado, ocorre geralmente nas porções medianas e inferiores do perfil laterítico, isto é, nas zonas de saprolito e serpentinito saprolitizado, estando o níquel concentrado na forma de minerais do tipo "Garnierita", grupo que engloba silicatos hidratados de níquel e magnésio. O Ni⁺⁺ substitui o Mg⁺⁺ na estrutura desses minerais devido a similaridade de raios iônicos.

O jazimento resulta da concentração de níquel por processos de laterização, os teores de níquel são elevados nesse tipo de minério, atingindo a média de 2%, excepcionalmente ocorrem valores de até 5%, relacionados ao rejuvenescimento da morfologia na área.

Este tipo de minério apresenta baixo teor de Fe e elevado teor de Mg, sendo suas médias de 19% de Fe e 18% de MgO.

A sílica apresenta teores altos, ficando sua média em torno de 37%. O cobre apresenta sempre valores muito baixos, com média de cerca de 100 ppm.

O cobalto atinge localmente valores elevados, entretanto seu teor médio situa-se em torno de 900 ppm.

Pela composição química acima e pelos bons resultados em ensaios metalúrgicos preliminares, conclui-se que o minério garnierítico do Vermelho apresenta características físico-químicas favoráveis a sua utilização na produção de ferro-níquel.

Minério Tipo Limonítico

O minério limonítico ou oxidado ocorre em geral nas porções intermediárias ou superiores do perfil laterítico e o níquel está presente na estrutura da goethita.

O Ni apresenta teores mais baixos, com média em torno de 1,1%. O ferro apresenta valores bastante elevados, enquanto o teor de Mg é bem baixo, os teores médios situam-se em torno de 42% de Fe e 1,4% de MgO.

A sílica é relativamente baixa, com teor médio de 18%. O teor de cobre situa-se em torno de 200 ppm.

O cobalto é relativamente alto e está associado aos óxidos de manganês, atinge teor médio de 0,21%.

RESERVAS

Devido a baixa densidade de trabalhos de sub-superfície com dados analíticos disponíveis, até o momento, consideram-se as reservas apresentadas a seguir apenas como uma "Estimativa de Potencialidade de Minério de Níquel":

	TONELAGEM	Ni	Fe	MgO	SiO ₂	Cu	Co
TIPO DE							
MINÉRIO	(10 ³ ton)	%	%	%	%	ppm	ppm
GARNIERÍTICO	20.190,0	1,99	19,50	18,37	37,00	103	872
LIMONÍTICO	19.951,5	1,12	41,89	1,38	18,01	196	2133
TOTAL	40.141,5	1,56	30,45	9,93	27,56	149	1499

As espessuras médias de minério foram de 6,7 m para o garnierítico e de 10,1 m para o limonítico, enquanto que as espessuras de estéril atingem a média de 4,6 e 3,9 m respectivamente.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BERNARDELLI, A.L. – 1981 – Relatório preliminar de pesquisa, Projeto Níquel--Carajás. Belém, DOCEGEO.

DEPÓSITO DE BAUXITA DO PLATÔ N-5

**Roberto Assad
Vanderlei de Rui Beisiegel
DOCEGEO**

SUMÁRIO

	P.
RESUMO	101
ABSTRACT	101
INTRODUÇÃO	101
LOCALIZAÇÃO DE ACESSO	101
GEOMORFOLOGIA	101
GEOLOGIA DO PLATÔ	103
CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E QUÍMICAS DO HORIZONTE BAUXÍTICO	103
TRABALHOS EXECUTADOS	103
RESERVAS	103

RESUMO

No final de 74, a análise de algumas amostras de material argiloso superficial indicou a existência de bauxita na área denominada 'Platô N-5'; esse platô sucede à clareira N-5 para norte e prolonga-se para SSE até às proximidades do rio Parauapebas. Tem cerca de 20 km de comprimento, com largura variando de 1 a 5 km e uma área total em torno de 65 km², tendo um desnível em relação às áreas circunvizinhas de, aproximadamente, 350 m.

O depósito é do tipo superficial ('blanket'), sem cobertura estéril, representando o produto residual de um processo de alteração de rochas ricas em alumina e pobres em sílica (rochas basálticas).

Geologicamente está relacionada à superfície de aplainamento da Serra dos Carajás, de provável idade cretácea.

Furos de sondagem indicaram presença de rochas básicas (máficas) da Formação Paleovulcânica Inferior do Grupo Grão Pará.

O conjunto de poços e furos mostraram uma sequência genérica topo-base de acordo com o seguinte:

- material terroso, friável, ferruginoso, contendo, eventualmente, pequena porcentagem de pisolitos e nódulos ferruginosos;
- laterita ferruginosa dura, porosa e cavernosa, às vezes pisolítica;
- material argiloso, plástico, silicoso, sendo provavelmente produto de alteração da rocha máfica.

Para uma área total com cerca de 9 km², obteve-se uma reserva de 48 milhões de toneladas, de minério "in natura".

Levando-se em consideração a situação geográfica, excelente em função de sua distância da ferrovia a ser construída e as demais facilidades relacionadas à mineração de grande porte do Projeto Carajás, o depósito mostra aspectos favoráveis à utilização futura.

ABSTRACT

The bauxite deposit (called Clareira N-5) is related with the erosion plane surface of Serra dos Carajás. It consists of a plateau with irregular contours, bordered by steep slopes. The height above sea level is about 650 m and above the immediate surrounding areas approximately 100 m.

The area is considered as a lateritic surface of the blanket type without waste overburden, representing a residual product of the weathering of rocks rich in alumina and poor in silica (basic rocks).

Drilling indicates the presence of basic (mafic) rocks of the Inferior Paleovolcanic Formation of the Grão Pará Group. The drill holes and pits demonstrate a well defined sequence according to the following (top to bottom):

- earthy, ferruginous, friable bauxite containing a small percentage of ferruginous nodules and pisolites towards the bottom;
- ferruginous laterite, normally hard porous and cavernous; sometimes pisolitic;
- plastic reddish clay, probably an alteration product of the mafic rock.

The metallurgical grade bauxite potential of this deposit, considering only the superficial bauxitic material on top of the laterite and an area of 9 km², is of the order of 48 million tons.

INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta os resultados da pesquisa efetuada na área do platô N-5, que sucede à clareira N-5 na Serra dos Carajás, cuja análise de amostras indicou a existência de bauxita, com média de 4,5 m de espessura.

LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área em questão, denominada de platô N-5, abrange um platô que se sucede à clareira N-5 para norte e prolonga-se para SSE, até às proximidades do rio Parauapebas. Tem cerca de 20 km de comprimento, com largura variando de 1 a 5 km e uma área total de, aproximadamente, 65 km².

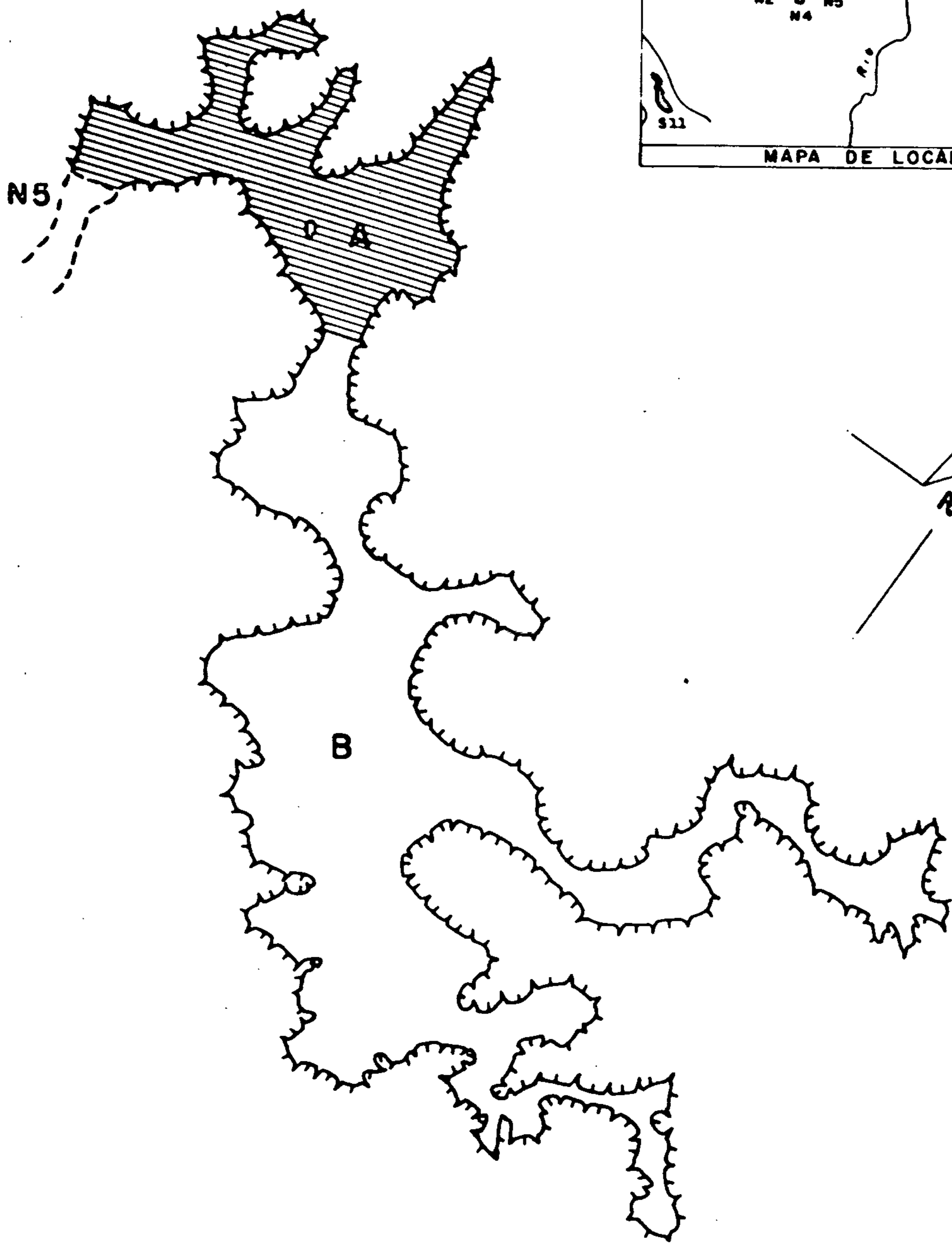
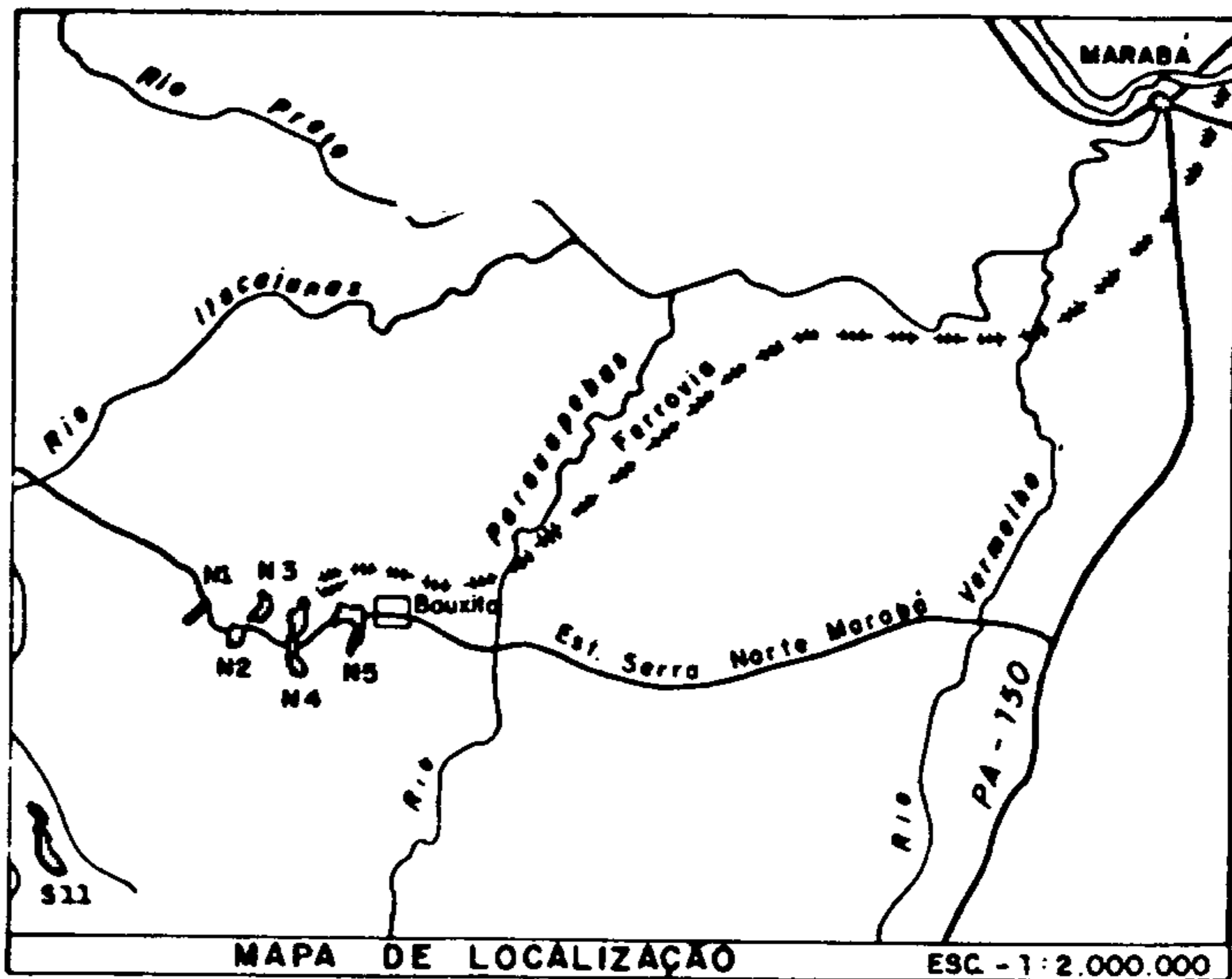
Para efeito de trabalho, a área foi dividida em duas partes, denominada de "A" e "B". A área "A", com cerca de 15 km², corresponde a que se sucede imediatamente à clareira N-5; representa o trecho de maior interesse e nele foram concentrados os trabalhos de pesquisa. Vide fig. 29.

É acessível através de estrada, a partir da jazida N-5, sendo, por meio desta, ligada às demais jazidas de Serra Norte. Uma rede secundária de estradas de serviço estabelece comunicação com os locais dos furos de sondagem e a maior parte dos poços.

A área "B" abrange o restante do platô a SSE da área "A", com cerca de 50 km².

GEOMORFOLOGIA

Apresenta-se a área em forma de um platô de contornos irregulares, delimitados por encostas íngremes, com altitude média em torno de 650 m. Este platô está relacionado à superfície de aplainamento da Serra dos Carajás, de provável idade cretácea. Na parte mineralizada, desenvolveu-se uma cobertura vegetal de floresta densa, em contraste com os campos do tipo savana, onde aflora o minério de ferro, como na clareira N-5.



DEPÓSITO DE BAUXITA DE N5

SITUAÇÃO DOS CORPOS - A e B



GEOLOGIA DO PLATÔ

Trabalhos de superfície indicaram a presença de rochas básicas (máficas) da Formação Paleovulcânica Inferior do Grupo Grão Pará. O conjunto de poços e furos mostraram uma sequência bem definida, de acordo com o seguinte (Vide fig. 30):

Espessura Média	Material
4,50 m (0,00 – 4,50)	Material friável, ferruginoso, de coloração variando de amarelo a castanho, com teor de sílica muito baixo e, normalmente, com elevado teor de alumina, contendo, eventualmente, pequena porcentagem de pisolitos e nódulos ferruginosos.
8,50 m (4,50 – 13,00)	Laterita ferruginosa, normalmente dura, porosa e cavernosa, de coloração castanho-avermelhada, com tons amarelados, às vezes pisolítica. Normalmente com teor muito baixo em sílica, sobretudo nos níveis mais altos.
(a partir de 13,00)	Material argiloso, plástico, untuoso ao tato, silicoso, de coloração castanho-avermelhada a róseo, produto provavelmente de alteração de rocha máfica.

CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS E QUÍMICAS DO HORIZONTE BAUXITIZADO

O horizonte bauxitizado representa o produto residual de um processo de alteração de rochas ricas em alumina e pobres em sílica (rochas basálticas) com remoção sobretudo da sílica, potássio, magnésio, sódio e cálcio, permanecendo o alumínio "in situ".

A bauxita é constituída, em quase sua totalidade, de tri-hidrato (necessitando, portanto, menos temperatura e pressão no processo Bayer); entretanto, quanto à alumina aproveitável, a partir de um teor médio de 44,2% de $A12O3$ total, obtem-se 35,0% de $A12O3$ aproveitável, o que é considerado mais baixo do que se poderia esperar. Isso é devido a existência de alumina presa na estrutura de minerais de ferro.

O teor de $SiO2$ reativa, 1,7, é o mais baixo da Amazônia e os teores de $Fe2O3$, 25% e $TiO2$, 4,1% são os mais altos.

TRABALHOS EXECUTADOS

– Poços de pesquisa:

Dada a natureza do depósito, os poços representam o elemento básico para a pesquisa. Foram abertos, no platô N-5, 125 poços, sendo 120 na área "A" e 5 na área "B", totalizando 750 metros lineares de escavação.

Os poços foram descritos e amostrados por canal vertical, em intervalos normalmente de 50 cm.

Na área "B", os 5 poços escavados apresentaram resultados desinteressantes com material muito silicoso (acima de 16% de $SiO2$).

– Furos de sondagem:

Executados 3 furos, com sonda Winkl, para a caracterização da sequência, num total de 151,95 metros lineares perfurados. Os testemunhos foram descritos e amostrados por intervalo de manobra.

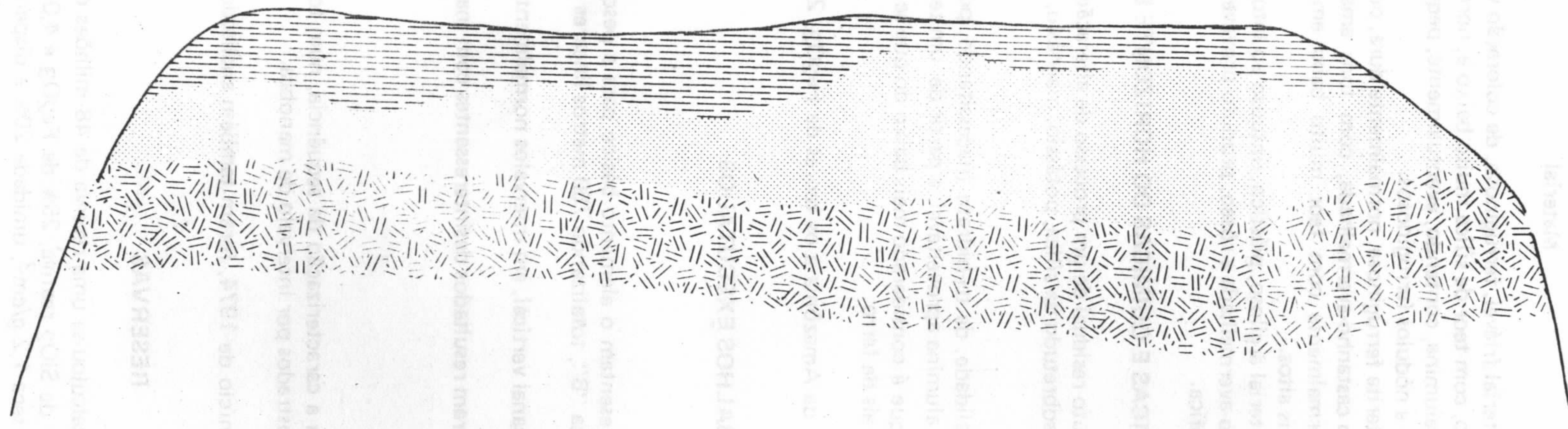
Os testemunhos de 3 furos, realizados no início de 1974, foram também analisados até profundidades de 50, 20 e 25 metros.

RESERVAS

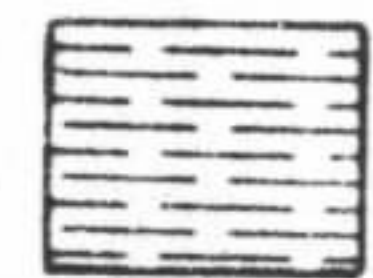
Com base nos poços escavados até então, calculou-se uma reserva de 48 milhões de toneladas de minério bruto, com teores de 35% de $A12O3$ aproveitável, 1,7% de $SiO2$ reativa, 25% de $Fe2O3$ e 4,0% de $TiO2$. O minério tem 4,5 m de espessura, sem cobertura estéril, densidade seca $1,2 \text{ g/cm}^3$, umidade 20% e dispensa qualquer tipo de beneficiamento.

DEPÓSITO DE BAUXITA DE N5

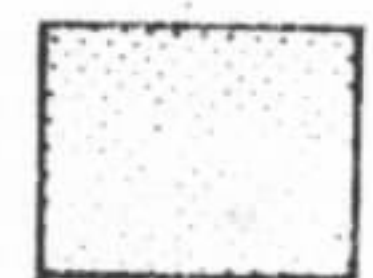
PERFIL ESQUEMÁTICO



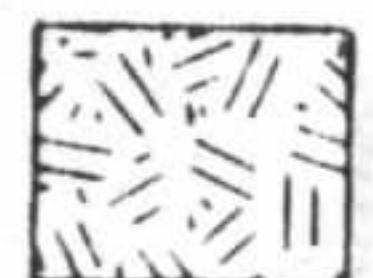
L E G E N D A



CAMADA BAUXÍTICA, TERROSA, FRIÁVEL, FERRUGINOSA, AMARELO-CASTANHO, COM TEOR EM SiO_2 MUITO BAIXO E NORMALMENTE COM ELEVADO TEOR DE Al_2O_3 , CONTENDO EVENTUALMENTE PEQUENA PORCENTAGEM DE PISOLITOS E NÓDULOS FERRUGINOSOS.



LATERITA FERRUGINOSA, NORMALMENTE DURA, POROSA, CAVERNOSA, CASTANHO-AVERMELHADA, AS VÊZES PISOLÍTICA. NORMALMENTE COM TEOR MUITO BAIXO DE SiO_2 , NOS NÍVEIS MAIS ALTOS



MATERIAL ARGILOSO, PLÁSTICO, SILICOSO, CASTANHO-AVERMELHADO (ALTERAÇÃO DE ROCHA MÁFICA)

PATROCINADORES E COLABORADORES

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Rio Doce Geologia e Mineração S/A. – DOCEGEO

Paranapanema S/A, Mineração, Indústria e Construção

Projeto RADAMBRASIL

Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM

BP Mineração Ltda.

Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA PA/AP

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM

Companhia Administradora Morro Vermelho

Cimentos do Brasil S/A – CIBRASA

Caulim da Amazônia Ltda. – CADAM

Mineração Rio do Norte S/A.

Petróleo Brasileiro S/A – PETROBRÁS.

Empresas Nucleares Brasileiras S/A – NUCLEBRÁS

Indústria e Comércio de Minérios S/A – ICOMI

Mineração Vera Cruz Ltda.

Banco da Amazônia S/A – BASA

Departamento Nacional da Produção Mineral – DNPM

Instituto do Desenvolvimento Econômico-Social do Pará – IDESP