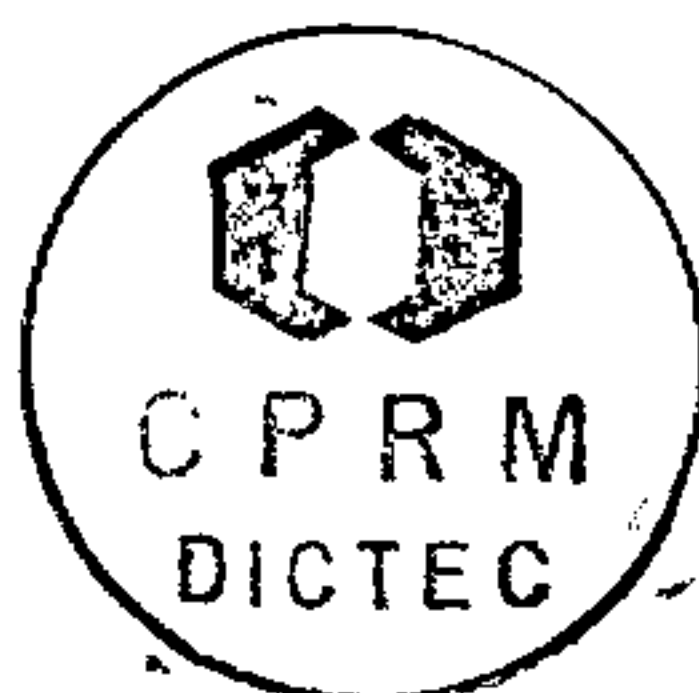


ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE  
BENEFICIAMENTO E EXTRAÇÃO METALÚRGICA  
PARA O MINÉRIO DO MORRO DOS SEIS LAGOS

(PROJETO UAUPÉS)

rel  
3352



# CETEM

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
CONVÊNIO DNPM/CPRM

ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE BENEFICIAMENTO E EXTRAÇÃO  
METALÚRGICA PARA O MINÉRIO DO MORRO DOS SEIS LAGOS

(PROJETO UAUPE'S)

PT	32/ 86
----	--------

PROPOSTA DE TRABALHO ELABORADA  
PARA A SUPAMI-CPRM.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
CETEM

ESTUDO DE ALTERNATIVAS DE BENEFICIAMENTO E EXTRAÇÃO  
METALÚRGICA PARA O MINÉRIO DO MORRO DOS SEIS LAGOS  
(PROJETO UAUPÉS)

Carlos Cesar Peiter  
Eng<sup>o</sup> Metalúrgico  
CREA 9253/79

Rio de Janeiro  
Setembro/1986

## I. INTRODUÇÃO

Respondendo ao memo 307/SUPAMI/86, o CETEM - Centro de Tecnologia Mineral, encaminha o presente plano de trabalho contendo informações e sugestões para o estudo de extração metalúrgica do minério do depósito do Morro dos Seis Lagos - Projeto Uaupés.

Através do relatório técnico RT-05/84 do CETEM para a SUREG-MA, pode-se verificar alguns dados importantes do ponto de vista tecnológico:

- Em primeiro lugar, a caracterização mineralógica demonstra que a amostra aqui analisada, pode ser considerada como um minério de ferro devido ao alto teor de óxido de ferro contido (86,5%).

- O mineral portador de nióbio e titânio foi classificado como ilmeno-rutilo niobífero ou brookita niobífera.

- O cério foi localizado no mineral florencita.

- Os ensaios tecnológicos demonstraram a inviabilidade de concentração dos elementos de valor por meios físicos (separação magnética, flotação, separação eletrostática, concentração em faixas granulométricas).

- Por sua vez, os ensaios de ataque químico tradicionais, também não demonstraram a eficiência desejada.

Portanto, deve-se salientar que existem dificuldades tecnológicas importantes a serem vencidas.

O tratamento aconselhável a casos excepcionais como este, deve se pautar num estudo total das possibilidades de extração, ou seja, a simples obtenção de uma escória ri

ca em nióbio e titânio abre uma boa perspectiva tecnológica, mas não pode ser considerada individualmente como a solução do assunto.

A escória deverá sofrer outros tratamentos que procurarão eliminar seletivamente as impurezas ou retirar seletivamente os elementos de valor. Por sua vez, as reações para os sistemas em questão, serão muito enérgicas, de forma que é de se esperar a necessidade de outro processo posterior para separação dos valores entre si.

Dentro desta perspectiva, a proposta visualizada pelo CETEM é relatada a seguir:

## 2. METODOLOGIA PROPOSTA

- a) Promover ensaios de redução do minério de Uaupés procurando a obtenção de ferro-gusa e escória rica em nióbio e titânio. Não se pode prever ainda o comportamento das terras-raras.
- b) Analisar a qualidade do gusa obtido, provavelmente com o apoio da Cia. Siderúrgica Nacional, com a qual existe convênio de cooperação técnica.
- c) Verificar o comportamento da escória (se for comprovado o efeito concentrador) sob ataque de gás cloro em ambiente redutor (técnica de cloração). O Departamento de Metalurgia da PUC-RJ, conta com este tipo de aparelhagem e já foi contactado.
- d) Verificar o comportamento da escória sob ataque ácido energético (provavelmente ácido fluorídrico).

e) Verificar os métodos de separação dos metais dissolvidos pelo ataque ácido e sua adequação ao sistema múltiplo ob .tido.

Os ensaios preliminares procurarão mostrar a viabilidade das técnicas descritas e permitirão, em caso de sucesso, definir o fluxograma básico do processo.

Qualquer avaliação técnico-econômica mais detalhada, depende de ensaios de otimização que seriam realizados após a etapa preliminar, caso esta mostre a viabilidade de sejada.

## 3. CRONOGRAMA

ATIVIDADES	MESES					
	01	02	03	04	05	06
1. Preparação de Amostras e Caracterização Química e Mineralógica	////	////				
2. Ensaio de Fusão Redutora		////	////			
3. Análise dos Produtos Gusa e Escória			////			
4. Testes de Cloração				////	////	
5. Testes de Ataque Ácido				////	////	
6. Estudo de Métodos de Separação dos Metais Dissolvidos					////	
7. Elaboração de Relatório Técnico						////

## 4. PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA

## 4.1. Pessoal

(salário + encargos)

- 01 Eng <sup>o</sup> Metalúrgico, nível 70, 3 meses	Cz\$ 41.854,00
- 01 Eng <sup>o</sup> Químico, nível 75, 6 meses	.... Cz\$ 79.437,00
- 01 Téc. Químico, nível 50, 6 meses	.... Cz\$ 40.968,00
- 01 Aux. Laboratório, 5 meses	..... Cz\$ 20.000,00
- 01 Petrógrafo, nível 70, 2 meses	..... Cz\$ 27.903,00
- 01 Téc. Análises Químicas/Miner., nível 50, 1 mês	..... Cz\$ 6.828,00
Subtotal I	..... Cz\$216.990,00

## 4.2. Análise Química

- Valor estimado	..... Cz\$100.000,00
------------------	----------------------

## 4.3. Contratação de Serviços

- Através do Convênio CETEM/CPRM/CSN	
Valor estimado	..... Cz\$ 65.000,00
- Através do Convênio CETEM/PUC-RJ	
Valor estimado	..... Cz\$ 65.000,00
- Análises químicas por métodos não disponíveis no CETEM e LAMIN	
Valor estimado	..... Cz\$ 45.000,00
Subtotal II	..... Cz\$275.000,00

OBS.: Estes valores só poderão ser melhor especificados com o andamento e de acordo com a necessidade dos estudos.



4.4. Material de Consumo	
- Inclui reagentes analíticos, confecção de pequenos dispositivos para laboratório, equipamento de segurança dentre outros;	
Valor estimado .....	Cz\$ 42.000,00
4.5. Outras Despesas	
4.5.1. Viagens RIO-VOLTA REDONDA (CSN)	
- passagens .....	Cz\$ 8.000,00
- 15 diárias (Engº nível 70) ....	Cz\$ 9.936,00
4.5.2. Manutenção	
Valor estimado .....	Cz\$ 8.000,00
4.5.3. Apoio Administrativo	
(10% dos itens de 4.1 a 4.5.2.)	<u>Cz\$ 55.993,00</u>
5. Total .....	Cz\$ 615.919,00
(Seiscentos e quinze mil, novecentos e dezenove cruzados)	

## 5. OBSERVAÇÕES SOBRE A PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA

- O valor total estimado, Cz\$ 615.919,00, deverá ser atingido do caso o estudo passe por todas as etapas propostas pelo CETEM.
- Sendo o presente estudo uma avaliação preliminar, os processos propostos podem não apresentar os resultados exigidos. Caso isto ocorra, o estudo poderá ser interrompido e efetuada nova avaliação de técnicas aplicáveis às matérias-primas. Nesta situação, a reavaliação poderá desativar temporariamente os laboratórios e a equipe técnica seria reduzida pelo tempo necessário ao reestudo.

Rio de Janeiro, 29 de setembro de 1986

Carlos Cesar Peiter  
Engº Metalúrgico



SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS MINERAIS  
DEPARTAMENTO DE PESQUISAS PRÓPRIAS  
DIVISÃO DE CONTROLE TÉCNICO

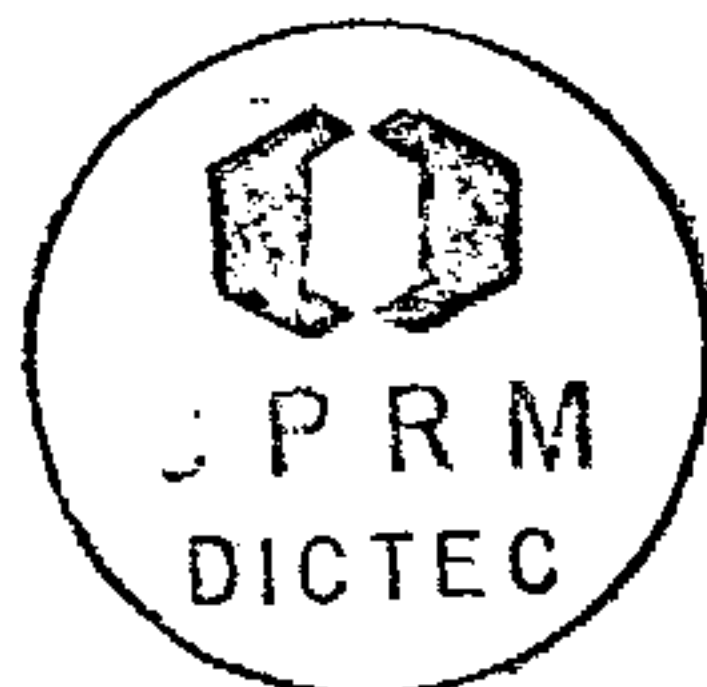
DEPEP  
DICTEC

PROJETO UAUPÉS

C.C. 2166

POSSIBILIDADES ECONÔMICAS

Anexo: Planta de Situação (1:1.000.000)



Setembro de 1976

PROJETO UAUPÉS

POSSIBILIDADES ECONÔMICAS

1. INTRODUÇÃO

As áreas (160.000 ha) foram requeridas com base em observações de campo realizadas por técnicos do Projeto RADAM, em três estruturas circulares com diâmetros de 5,0 km, 0,7 km e 0,5 km, que apresentaram intensas anomalias radiométricas com leituras da ordem de 15.000 cps e um espesso capeamento de canga ferrífera (255 metros no lago do Dragão).

Situam-se no município de São Gabriel da Cachoeira, estado do Amazonas (anexo 1). São Gabriel da Cachoeira é atingida, a partir de Manaus, por via aérea ou fluvial. O deslocamento por via aérea consome 2,20 h, em aeronave Bandeirante, pela linha comercial da Sagres Taxi Aéreo.

O morro dos Seis Lagos, a maior estrutura da área, e local onde se concentrarão todos os trabalhos de campo (36 km<sup>2</sup>) na primeira fase de pesquisas, dista 64 km de São Gabriel da Cachoeira.

Atualmente com as frentes de trabalho de construção da rodovia Perimetral Norte e seu acesso para a cidade de Cucui, o morro dos Seis Lagos é facilmente alcançável por via rodoviária, já que o entroncamento dessas estradas está situado a cerca de cinco quilômetros ao sul.

O 1º BEC (Batalhão de Engenharia de Construção, do Ministério do Exército) montou um acampamento nas margens do igarapé Iá-Mirim que contorna o bordo sul do morro.

Está prevista a construção de uma pista de pouso junto a esse entroncamento das estradas pelo 1º BEC e EIT. Caso tenha se materializado este projeto, o apoio de Manaus ao Projeto Uaupés poderá ser feito diretamente nesta pista ao invés de São Gabriel da Cachoeira, o que facilitará bastante a condução dos trabalhos de campo.

## 2. POSSIBILIDADES ECONÔMICAS

### 2.1 - Comentários Gerais

Uma pequena parte da área do Projeto Uaupés, aquela concernente ao morro dos Seis Lagos, onde foram perfurados 1.089,10 metros de sondagem e efetuado um mapeamento geológico de superfície em escala 1:25.000, se revelou uma jazida poliminerálica, sobressaindo-se entre as principais mineralizações aquelas de Fe, Mn, Nb, Ce, La, Y, Th, Zn, V, Be, Ba e Sc.

Devido à tal complexidade dessas ocorrências, torna-se necessário que sejam efetuados ensaios preliminares de beneficiamento a fim de definir os bens minerais economicamente tratáveis através dos recursos tecnológicos ora existentes. Essa definição vai permitir que os trabalhos de pesquisa sejam dirigidos para determinados elementos ou substâncias.

De acordo com o conhecimento atual que se tem da jazida serão abordadas de maneira sucinta as suas principais mineralizações.

### 2.2 - Ferro

O minério de ferro se constitui numa espessa capa de canga que recobre uma área de 19 km<sup>2</sup>, a uma espessura média de 200 metros, e teor médio de 50%. Considerando-se sua densidade igual a 2, obtem-se uma cubagem de 3,8 bilhões de toneladas de ferro.

### 2.3 - Manganês

Foram detectadas duas ocorrências principais de minério de manganês, uma no setor noroeste e outra no setor nordeste do mor

ro dos Seis Lagos. A primeira delas, melhor conhecida abrange uma área de 80.000 m<sup>2</sup>. Inferindo-se uma espessura de dois metros e densidade igual a 2, seriam obtidas 320.000 toneladas de minério suscetível de exploração. Este minério já foi analisado pela GEOSOL, cujos resultados revelam que o mesmo presta-se a uso industrial na fabricação de ligas.

#### 2.4 - Nióbio

O nióbio ocorre disseminado tanto na canga ferrífera, como em argilas carbonosas. Na primeira litologia ocorre sob forma de pirocloro, já na última é encontrado em rutilo columbífero e brookita columbífero. Os seus teores são variáveis, normalmente superiores a 0,2%, num volume de 5.700.000.000 m<sup>3</sup> de minério com uma densidade igual a 8, infere-se que o mínimo de nióbio contido na área é da ordem de 91.200.000 toneladas desse elemento.

#### 2.5 - Cério

Conspícuos teores deste elemento foram obtidos nas litologias do Seis Lagos, chegando a atingir 2,0% de Ce.

Associados ao cerio ocorrem lantânio e ítrio, com o primeiro mostrando valores acima do limite de detecção do método semi-quantitativo (0,1%).

Junto ao lantânio e cério devem ocorrer outras terras raras que não foram analisadas.

## 2.6 - Tório

Na área foram registradas altas leituras radiométricas, algumas superiores a 15.000 cps. Este fato aliado ao teor médio de 0,17% obtido de seis amostras analisadas pela NUCLEBRÁS, sugere ser a mesma promissora para tório.

## 2.7 - Zinco

As análises forneceram valores elevados de teores de zinco os quais constam nas diversas litologias da área.

## 2.8 - Vanádio e Escândio

Foram obtidos teores elevados desses elementos, principalmente no setor de ocorrência de argila carbonosa. Normalmente os seus teores superaram o limite superior de detecção do método semi quantitativo.

## 2.9 - Bário

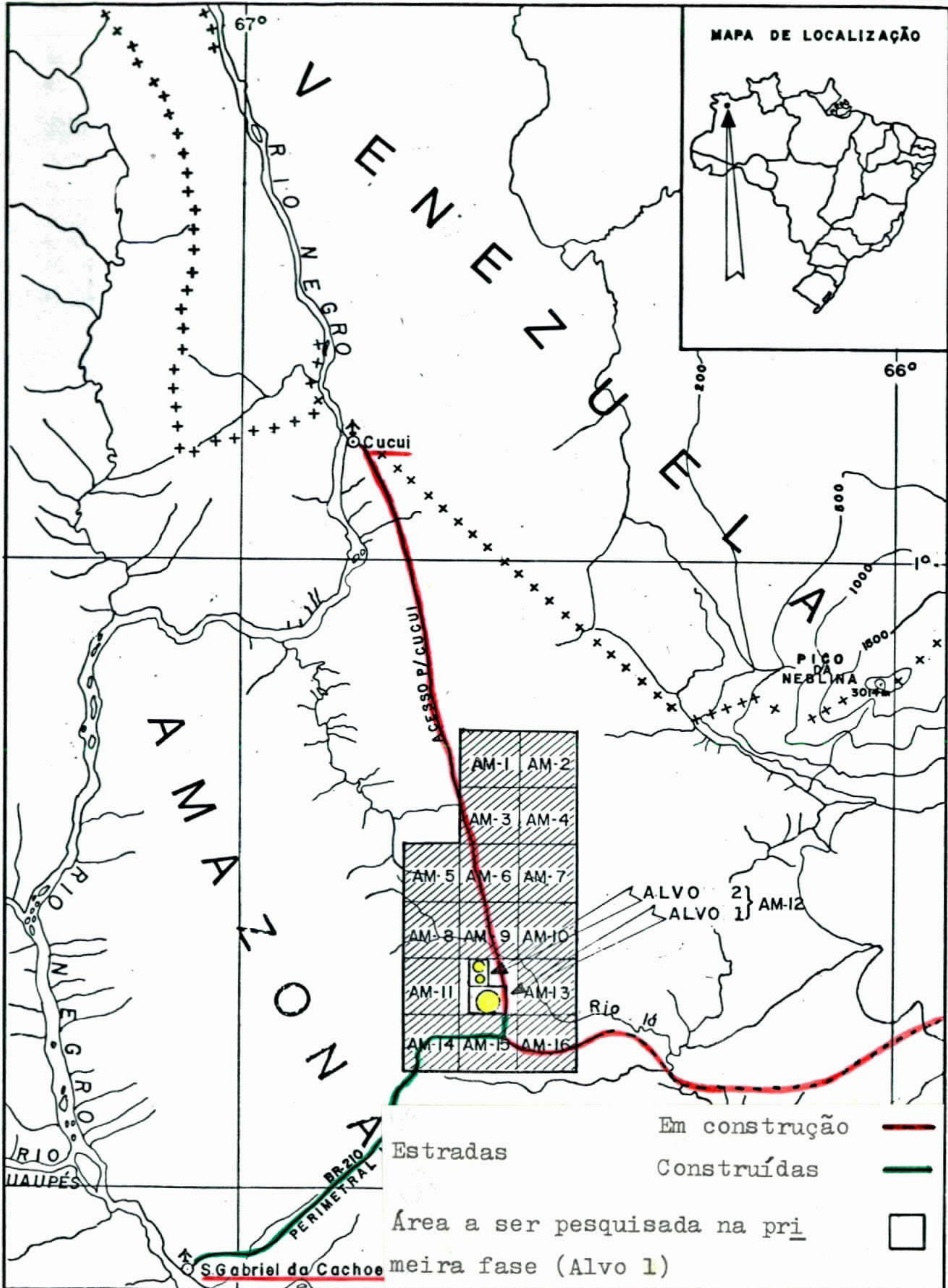
O bário se constitui num elemento, ocorrente em todos os setores do morro dos Seis Lagos, cujos teores são, invariavelmente, superiores ao limite de detecção do método semi quantitativo (0,5%). Foram detectados na borda SW do morro alguns diques de barita direcio nados para N20°E e, uma análise efetuada numa amostra foram revela dos os seguintes teores:

BaO ... 53,9%

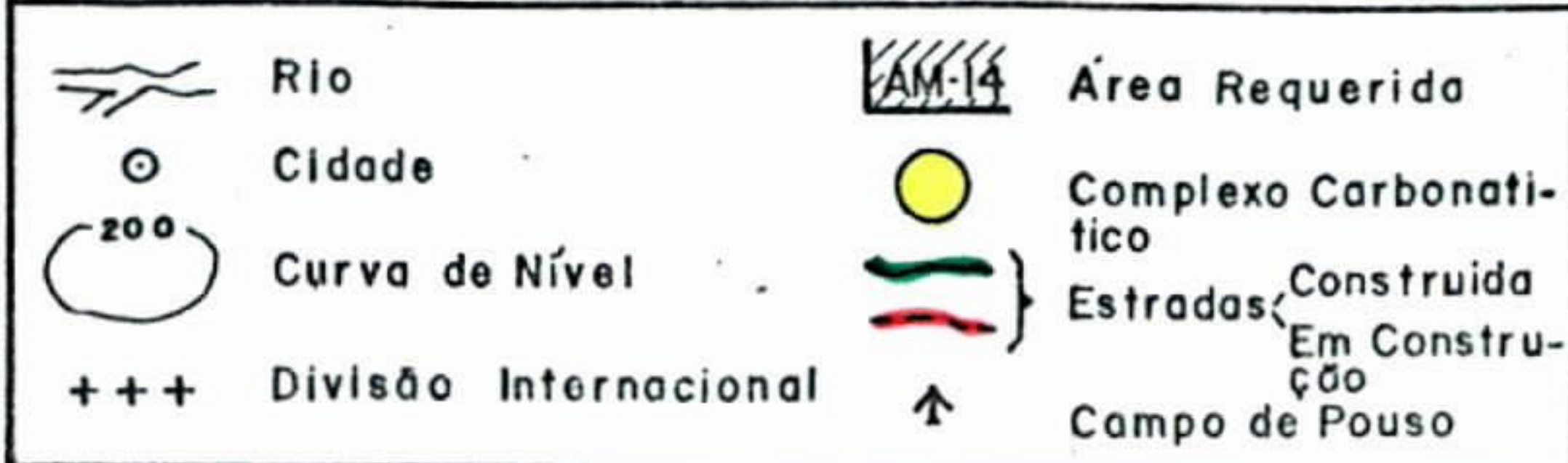
SO<sub>3</sub> ... 25,8%

CaO ... 0,1%

MgO ... 0,3%



**PLANTA DE SITUAÇÃO**



ESCALA 1:1.000.000







CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
CETEM

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO DEPÓSITO  
NIOBÍFERO DO MORRO DE SEIS LAGOS  
(PROJETO UAUPÉS)  
RELATÓRIO FINAL

Ana Lucia Mamede Carneiro  
Leonardo Apparicio da Silva  
Marcelo Mariz da Veiga  
Ney Hamilton Porphírio

Rio de Janeiro  
Janeiro/1984



## Í N D I C E

	pag.
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. AMOSTRAGEM .....	02
3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA RECEBIDA .....	03
4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA .....	05
4.1 - Caracterização Granulométrica e Química do Material Preparado .....	05
4.2 - Difração de Raios-X .....	08
4.3 - Ensaio em Líquidos Densos e Separação Magnética .....	08
4.4 - Espectrografia de Emissão .....	10
4.5 - Ataque Seletivo aos Óxidos de Ferro .....	12
4.6 - Microanálise Eletrônica .....	12
4.7 - Composição Mineralógica .....	13
4.8 - Descrição dos Minerais .....	14
4.8.1 - Ilmeno-rutilo .....	14
4.8.2 - Florencita .....	15
4.8.3 - Outros .....	16
4.8.4 - Óxidos de Ferro .....	16
5. BENEFICIAMENTO FÍSICO .....	17
5.1 - Ensaio de Moagem .....	17
5.2 - Ensaio de Concentração .....	20
5.2.1 - Ensaio de Separação Electro- magnética .....	21
5.2.2 - Ensaio de Separação Electro- tática .....	24

5.2.3 - Ensaio de Flotação .....	26
6. TRATAMENTO QUÍMICO .....	28
6.1 - Procedimento Experimental .....	29
6.1.1 - Lixiviação com Ácido Sulfúrico .....	30
6.1.2 - Fusão Alcalina Seguida de Lixi viação Clorídrica .....	31
6.1.3 - Lixiviação com Ácido Clorídri- co .....	34
6.2 - Discussões dos Resultados e Conclusões do Tratamento Químico .....	36
6.3 - Sugestões do Tratamento Químico .....	38
7. CONCLUSÕES FINAIS .....	40

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem a finalidade de apresentar os resultados dos estudos tecnológicos realizados no CETEM para a amostra do depósito niobífero de UAUPÉS.

Os estudos de caracterização mineralógica tiveram como objetivo complementar o trabalho anteriormente realizado e apresentado no Relatório de Andamento (RA-68-83), que forneceu uma idéia do comportamento deste material frente aos processos de beneficiamento, em caráter puramente qualitativo na ocasião. É apresentado, neste relatório, todo estudo de caracterização mineralógica antes mostrado, e sua complementação, que restringe-se à composição mineralógica e descrição dos minerais presentes na amostra.

A análise modal da amostra revelou 86,5% de óxidos de ferro, 8% de ilmeno-rutilo mais brookita, 5% de florencita e 0,5% de quartzo, carbonato e argila.

Os ensaios de beneficiamento físico se restringiram a separações eletromagnéticas (alta e baixa intensidade de corrente), separação eletrostática e flotação, cujos resultados quantitativos confirmam a pouca viabilidade técnica de concentração, já salientada anteriormente. Não foram realizados ensaios de concentração gravimétrica, uma vez que a caracterização já desaconselhava tais processos, tendo em vista o baixo índice de separabilidade entre os minerais presentes.

Finalmente, os ensaios de beneficiamento químico mostraram uma possibilidade de aproveitamento, através da lixiviação seletiva do ferro ocorrente, embora a princípio já se possa ter em mente a pouca viabilidade econômica do processo, tendo em vista o alto teor deste elemento o que exige alto consumo de ácido.

A possível rota de aproveitamento sugerida no Relatório de Andamento, através de um tratamento térmico e químico para a obtenção de um concentrado contendo os elementos de interesse, infelizmente não pôde ser realizada, por razões que serão vistas no decorrer do relato.

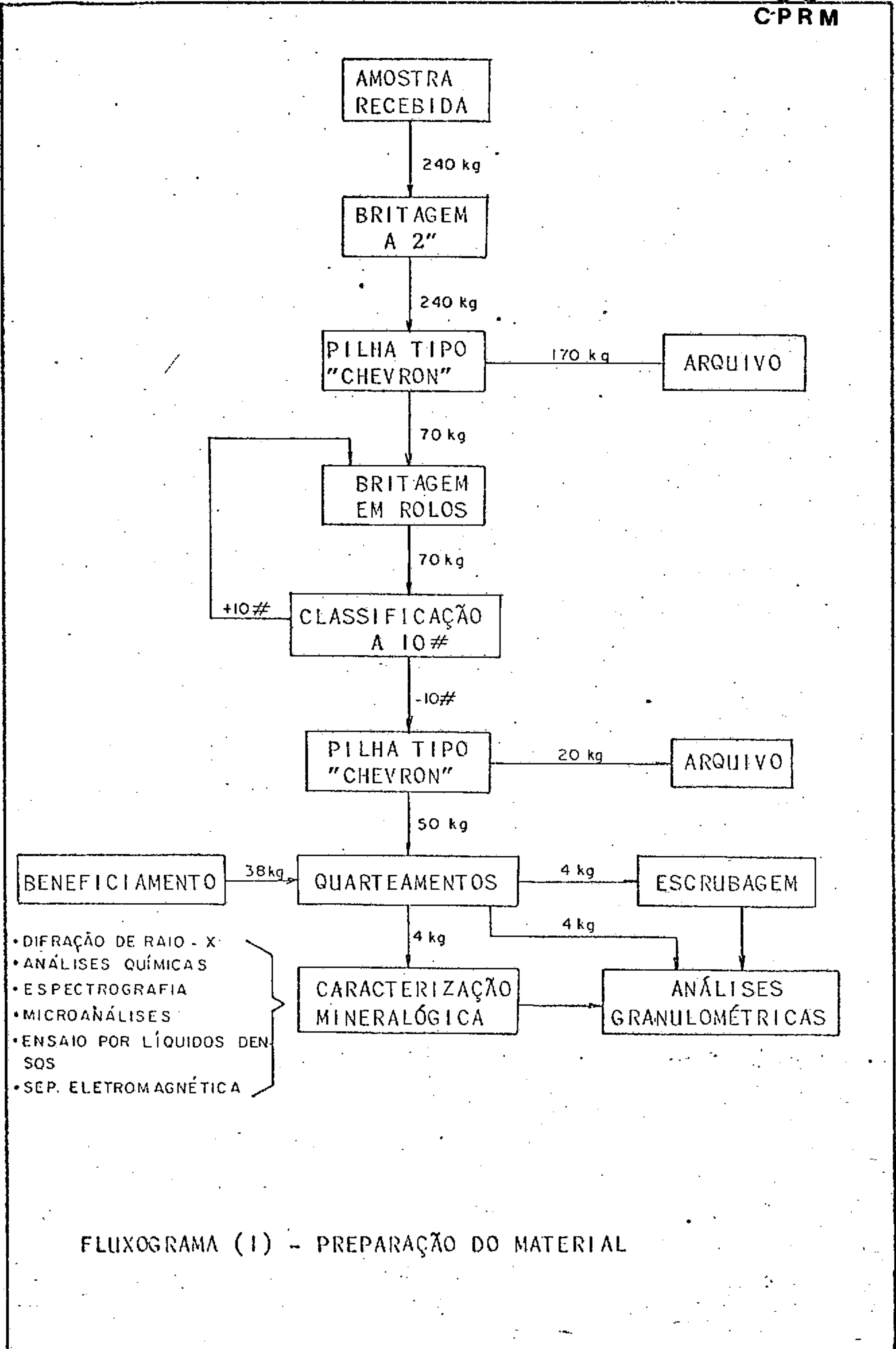
## 2. AMOSTRAGEM

O material recebido foi amostrado pela equipe de geologia da CPRM locada no Projeto, e totalizou 240 kg, compostos por pequenos blocos arredondados com 5 polegadas de diâmetro aproximadamente.

Pelo exame macroscópico desses blocos observou-se que se tratava de uma canga ferrífera, como produto de um processo de laterização, associada a formações tipo "chapéu de ferro".

### 3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA RECEBIDA

A amostra tal qual descrita acima foi preparada seguindo o esquema apresentado no fluxograma 1. Inicialmente toda a amostra foi britada a 2 polegadas e, após sua homogeneização, foi extraída uma amostra de 70 kg, que foi totalmente britada em britador de rolos à 10 malhas. Desta amostra, designada como material preparado, foram retiradas, por quarteamento, as respectivas quantidades para os ensaios de beneficiamento (38 kg), para as análises granulométricas (8 kg) e para a caracterização mineralógica (4 kg), deixando ainda em arquivo aproximadamente 20 kg.



BENEFICIAMENTO

- DIFRAÇÃO DE RAIOS - X
- ANÁLISES QUÍMICAS
- ESPECTROGRAFIA
- MICROANÁLISES
- ENSAIO POR LÍQUIDOS DENSOS
- SEP. ELETROMAGNÉTICA

FLUXOGRAMA (I) - PREPARAÇÃO DO MATERIAL

#### 4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

##### 4.1 - Caracterização Granulométrica e Química do Material Preparado

Com intuito de sentir mais de perto o comportamento físico do material durante um processo de beneficiamento, decidiu-se fazer 2 (duas) análises granulométricas com o material tal qual produzido na preparação, e 2 (duas) análises granulométricas com este material preparado seguindo-se uma etapa de "escrubagem" a 70% de sólidos, 1800 rpm, durante 30 minutos, em célula de flotação de laboratório, DENVER. Outra razão que levou à "escrubagem" do material preparado é que após esta operação, a caracterização mineralógica seria facilitada, tendo em vista a natureza do material, que propicia o recobrimento das superfícies dos minerais de interesse com outros minerais secundários finamente distribuídos. Os resultados das médias das análises granulométricas, com e sem "escrubagem", assim como a distribuição de nióbio por fração, para o material "escrubado", encontram-se na Tabela 1.

A análise química da "Head Sample" revelou teores de : 2,2% Nb, 2,52% Ti, 1,06% P, 1,46% Ce e 50,8% Fe (0,62% Fe<sup>+2</sup>).

Com a "escrubagem" houve realmente uma "limpeza" das frações grosseiras, que pode ser constatada tanto sob o aspecto visual como sob o aspecto quantitativo, ha-



ja visto que, com esta operação, houve ligeiras reduções nas percentagens retidas simples dessas frações grosseiras. Em contra-partida, nas frações mais finas, principalmente a -400 malhas, houve substancial aumento das percentagens retidas simples. Pela distribuição de nióbio por fração granulométrica, percebe-se estreitas relações das distribuições metálicas com as distribuições em massa (percentagens retidas simples). Pela Tabela I, percebe-se que acima de 48 malhas ocorre 67,00% da massa do material preparado, compreendendo 59,43% do nióbio total. Do mesmo modo, a fração -400 malhas compreende 17,40% da massa do material preparado, contendo 23,89% do nióbio total, sendo esta uma parcela de difícil beneficiamento físico. Verifica-se que não é possível a pré-concentração de nióbio por simples classificação, haja visto os resultados apresentados na Tabela I. Pelas características de grande impregnação de óxidos de ferro, não foi possível o estudo de liberação dos minerais niobíferos ao microscópio ótico.

MALHA	SEM ESCRUBAGEM			COM ESCRUBAGEM				
	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE ACUMULADA	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE ACUMULADA	TEOR Nb %	DISTRIBUIÇÃO Nb %
+ 10	7,03	7,03	92,97	5,90	5,90	94,10	1,90	5,13
+ 14	26,24	33,27	66,73	25,80	31,70	68,30	1,90	22,43
+ 20	13,80	47,07	52,93	11,45	43,15	56,85	2,00	10,48
+ 28	13,56	60,63	39,37	12,80	55,95	44,05	2,00	11,71
+ 35	7,45	68,08	31,92	6,40	62,35	37,65	2,00	5,85
+ 48	5,68	73,76	26,24	4,65	67,00	33,00	1,80	3,83
+ 65	4,42	78,18	21,82	3,75	70,75	29,25	2,10	3,60
+100	4,62	82,80	17,20	3,35	74,10	25,90	2,10	3,22
+150	2,93	85,73	14,27	2,40	76,50	23,50	2,30	2,52
+200	2,33	88,06	11,94	2,00	78,50	21,50	2,50	2,29
+270	1,71	89,77	10,23	1,55	80,05	19,95	2,60	1,84
+325	0,89	90,66	9,34	1,00	81,05	18,95	2,70	1,23
+400	0,73	91,39	8,61	1,55	82,60	17,40	2,80	1,98
-400	8,61	100,00	-	17,40	100,00	-	3,00	23,89
TOTAL	-	-	-	-	-	-	2,19	100,00

Tabela 1 - Caracterização Granulométrica do Material Preparado e do Material Preparado/Escrubado, e Caracterização Química (nióbio) do Material Preparado/Escrubado.



#### 4.2 - Difração de Raios-X

A amostra média apresentou a difração dos planos referentes aos minerais: hematita, goethita e provavelmente rutilo.

O alto teor de ferro da amostra causa elevação do "background", mascarando a presença de outros minerais em menores teores. Assim, precedeu-se ataque com HCl 1:1, 90°C, de uma alíquota de 5 gramas da "Head Sample" moída a -200 malhas, utilizando 100 ml do ácido e repetindo o ataque por duas vezes com nova solução ácida. O resíduo do ataque representou 10,5% em peso da amostra inicial e a difração de Raios-X indicou a presença de: rutilo, brookita e florencita.

#### 4.3 - Ensaio em Líquidos Densos e Separação Magnética

Uma alíquota de 200 gramas da "Head Sample" britada a -10 malhas foi moída a -65 malhas, em moinho de discos de porcelana de modo a não provocar muitos finos. Após esta moagem o material foi quartado, passando por intermitentes lavagens em tanque de ultra-som, seguido de peneiramento a úmido, de modo a retirar, com maior eficiência, a fração -400 malhas. Obtida a fração -65/+400 malhas, que representou 57% do material moído, processou-se os ensaios de afunda-flutua utilizando bromoformio,  $d = 2,89$  e iodeto de metileno,  $d = 3,32$ .

A fração de densidade menor que 2,89 representou 0,2% do material ensaiado e apresentou basicamente quartzo e alguns grãos de material argiláceo impregnado com óxido de ferro.

A fração intermediária ( $2,89 < d < 3,32$ ) representou 0,1% da amostra processada e constou de carbonato e quartzo com óxido de ferro.

A fração de densidade maior que 3,32, onde quase a totalidade (99,7%) do material se concentrou, foi submetida a separação magnética em separador ISODINAMIC FRANTZ, variando-se o campo magnético induzido. Obteve-se produtos de separação magnética a 0,25 e 0,50 ampères e a Tabela 2 abaixo, relaciona suas % em peso.

PRODUTO	% PESO
Magnético 0,25A	4,8
Magnético 0,50A	44,2
Não Magnético 0,50A	51,0

Tabela 2 - Percentagem Peso dos Produtos de Separação Magnética da Fração  $d > 3,32$ .

A difração de Raios-X destes produtos de separação magnética revelou um aumento insignificante no teor de rutilo, brookita e florencita no produto não magnético a 0,50 Ampères, quando comparado com a "Lead Sample".

Observa-se que as características físicas dos minerais estudados, são muito próximas, não viabilizando, em uma primeira aproximação, o beneficiamento físico do minério. Contudo estudos em uma escala de bancada ("batch") serão realizados para averiguação deste fato.

#### 4.4 - Espectrografia de Emissão

Inicialmente procedeu-se análise espectrográfica qualitativa da amostra média pulverizada a -325 malhas, onde observou-se como elementos predominantes o Fe e Ti, sendo de teores secundários o Nb, Mn, P e Terras raras.

Para avaliações semi-quantitativas dos elementos de interesse (Nb, Ce e La) foram utilizados os seguintes padrões sintéticos, com matriz de  $Fe_2O_3$  analítico.

PADRÃO	Ce (%)	La (%)	Nb (%)
A	0,1	0,07	0,3
B	0,3	0,1	1
C	1	0,3	3
D	3	1	10

Tabela 3 - Padrões Sintéticos Confeccionados em Matriz de  $Fe_2O_3$  Analítico, para Avaliação Espectrográfica.

As condições instrumentais selecionadas foram as seguintes:

- Espectro de 2ª ordem
- Excitação a 12 Ampère, 30 segundos
- Hartmann de 1 mm

Os resultados obtidos na análise da amostra média e de vários produtos de análise granulométrica e separação magnética, estão apresentados na Tabela 4.

Em todas as amostras analisadas e relacionadas na Tabela 4 não se detectou espectrograficamente a presença de Ta, sendo o limite de detecção do método 500 ppm.

AMOSTRA	Ce (%)	La (%)	Nb (%)
Head Sample	0,7	0,3	2
+ 10 #	0,7	0,3	2
+100#	0,7	0,3	3
-400#	0,7	0,3	3
Resíduo ataque HCl 1:1, 90°C	2	0,7	10
Magnético 0,25A	0,7	0,2	1
Magnético 0,50A	1	0,3	3
Não Magnético 0,50A	0,7	0,3	7

Tabela 4 - Resultado de Avaliação Semi-Quantitativa por Espectrografia de Emissão.

#### 4.5 - Ataque Seletivo aos Óxidos de Ferro

De modo a avaliar a possibilidade de ligação do Nb e Terras raras com os óxidos hidratados de ferro, procedeu-se ataque químico seletivo aos óxidos hidratados de ferro. Utilizou-se 80 ml de reagente de TAMM (ácido oxálico 0,1M + oxalato de amônia 0,175M) com adição de 1 grama de ditionito de sódio; 0,25 gramas da "Head Sample" moída a -200 malhas, temperatura de 85°C, 5 horas.

Após filtragem em Milipore 0,47  $\mu\text{m}$ , a solução foi analisada por absorção atômica (Ti) e espectrografia de emissão (lixívia evaporada) obtendo-se:  $< 0,1\%$  Ce;  $< 0,07\%$  La; 0,3% Nb, 5 ppm Ti.

Desta forma, em uma aproximação preliminar pode-se inferir que o teor de Nb (0,3%), seria referente a parcela ligada aos óxidos hidratados de ferro.

#### 4.6 - Microanálises Eletrônicas

Alguns grãos selecionados em lupa binocular, foram analisados por microscópio eletrônico de varredura com sistema de análise de energia dispersiva de Raios-X. A principal observação obtida refere-se a qualificação de um fosfato de cério contendo ainda Al e presença de Pb, o que coloca este mineral dentro da série florencita-crandalita. A associação esperada Ti - Nb nesta amostragem não foi observa

da. Portanto, optou-se por um ataque químico de HCl 1:1 a 90°C na fração granulométrica -35/+48 malhas, de modo a eliminar efetivamente os óxidos de ferro e fornecer como resíduos os óxidos de titânio. Levando-se este resíduo ao microscópio eletrônico, observou-se efetivamente a associação Ti - Fe - Nb podendo inferir semi-quantitativamente que os grãos estudados possuem cerca de 20% Nb (avaliação grosseira), classificando o mineral como provavelmente um ilmeno-rutilo niobífero e/ou brookita niobífera.

#### 4.7 - Composição Mineralógica

Sabendo-se que este minério niobífero com titânio e terras raras do depósito de UAUPÉS era tipicamente um "chapéu-de-ferro", bastante impregnado pelo óxido de ferro hidratado, mesmo após uma escrubagem, foi impossível uma identificação somente pela microscopia.

Desse modo, sua caracterização foi viável, compatibilizando os resultados obtidos pela via úmida, difração de Raios-X, análises espectrográficas e microanálises eletrônicas, em produtos ensaiados pelos líquidos densos e separação eletromagnética.

Assim sendo, o minério de UAUPÉS apresentou a seguinte composição mineralógica (Tabela 5).



MINERAIS	% PESO
Óxidos de Ferro*	86,5
Ilmeno-rutilo Brookita	8,0
Florencita	5,0
Outros (quartzo + carbonato + argila)	0,5

Tabela 5 - Composição Mineralógica do Minério de Uaupés.

\* Hematita, goethita e limonita.

#### 4.8 - Descrição dos Minerais

##### 4.8.1 - Ilmeno-rutilo

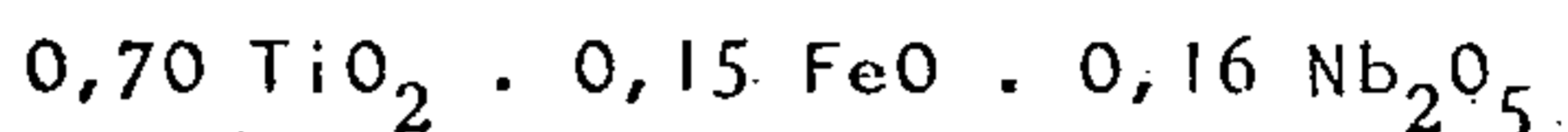
Considerando que todo o Nb do minério está presente na rede cristalográfica do rutilo\* é necessário a presença do  $Fe^{+2}$  na rede para equilibrar as cargas do  $Nb^{+5}$  e  $Ti^{+4}$ .

\* Esta consideração parte da premissa de que:

- 1º) todo  $TiO_2$ , seja rutilo ou brookita, está sob a fórmula molecular calculada.
- 2º) não há variação composicional dos ilmeno-rutilos; o que não é totalmente certo uma vez que o comportamento na separação magnética foi anômalo.

Assim considerando a fórmula:

$x \text{TiO}_2 \cdot y \text{FeO} \cdot z \text{Nb}_2\text{O}_5$ , onde  $x$ ,  $z$  e  $y$  são as % em moles obtidas da análise química da "head sample", obtem-se a fórmula molecular provável do rutilo niobífero do minério:



Logo, teoricamente tem-se: 38,6% de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  neste mineral.

Considerando que todo  $\text{TiO}_2$  do minério está contido no mineral com a fórmula molecular, então calculada, tem-se cerca de 8% de ilmeno-rutilo niobífero (incluindo a brookita).

#### 4.8.2 - Florencita

Pela microscopia eletrônica com microanálise, verificou-se que o mineral classificado como florencita, possui na rede cristalina traços de Pb, além de Ce, Al e P. Desta forma, considerou-se para efeito de cálculo estequiométrico a seguinte fórmula molecular:  $\text{CeAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6$ , sem incluir o Pb.

Levando em conta o teor de Ce = 1,46% na "head sample", tem-se que o minério possui cerca de 5% de florencita, considerando que a fórmula molecular deste mineral é aquela escrita acima e que não há outro mineral portador de Ce.

Observa-se ao microscópio ótico e lupa binocular, cristais radiais de florencita, de cor amarelo-pardo, de dimensões de cerca de 0,2 mm, associados à hematita.

#### 4.8.3 - Outros

Neste pequeno grupo de minerais foram listados: quartzo, carbonato e material argiláceo com impregnações de óxido de ferro.

Estes minerais ocorrem em quantidades irrisórias no minério (0,3%) e sua identificação somente foi possível em produtos oriundos de concentração por meio denso (bromofórmio e iodeto de metileno).

#### 4.8.4 - Óxidos de Ferro

Os óxidos de ferro cristalinos, identificados pela difração de Raios-X, foram hematita e goethita. A presença de óxidos hidratados de ferro amorfos (grupo das limonitas) é provável. A quantificação dos óxidos de ferro foi obtida por diferença para fechamento da composição mineralógica, resultando 86,5%. Este valor é compatível com o teor de 71,8% de  $Fe_2O_3$  do minério, se considerarmos a presença significativa dos óxidos hidratados de ferro.

## 5. BENEFICIAMENTO FÍSICO

### 5.1 - Ensaio de Moagem

Foram realizados ensaios de moagem em laboratório, a fim de estabelecer as condições ótimas para cominuição do respectivo minério preparado, à 20 malhas e 65 malhas. O primeiro produto (moagem a 20 malhas) teria destino aos testes de concentração magnética e eletrostática, e o segundo produto (moagem a 65 malhas) teria destino aos testes de flotação. Em ambos os casos, procurou-se minimizar a produção de finos, que certamente viria prejudicar as eficiências dos processos de concentração posteriores. Na moagem a 20 malhas foi considerada "finos" o material abaixo de 200 malhas, e para a moagem a 65 malhas o material abaixo de 400 malhas. Todos os ensaios de moagem foram realizados pelo menos com duplicatas, a fim de se creditar uma maior confiabilidade aos resultados obtidos.

Para a moagem a 20 malhas, as condições ótimas obtidas para um procedimento "batch" em laboratório foram:

- Moinho: 15,0 cm de diâmetro e 31,5 cm de comprimento;
- Circuito aberto;
- 67% da velocidade crítica;
- 1 kg de sólidos;

- 50% de sólidos;
- 5 barras: 1 polegada de diâmetro e 31,0 cm de comprimento.
- 5 minutos de moagem;
- Alimentação: minério preparado a 10 malhas.

Nestas condições, a granulometria do produto, assim como o teor e distribuição do Nb, foram:

FRAÇÃO (MALHA)	(%) RETIDA SIMPLES	TEOR DE Nb (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb (%)
65	45,10	2,11	37,05
200	23,30	2,60	23,58
-200	31,60	3,20	39,37
TOTAL	-	2,57	100,00

Tabela 6 - Análise Granulométrica e Química, e Distribuição de Nb do Material Moído a 20 Malhas.

Para a moagem a 65 malhas, as condições ótimas foram:

- Moinho: 15,0 cm de diâmetro e 31,5 cm de comprimento;
- Circuito aberto;
- 67% da velocidade crítica;

- 1 kg de sólidos;
- 65% de sólidos;
- 10 barras: 1 polegada de diâmetro e 31,0 cm de comprimento.
- 20 minutos de moagem;
- Alimentação: minério preparado a 10 malhas.

Nestas condições, a granulometria do produto, assim como o teor e distribuição de Nb, foram:

FRAÇÃO (MALHA)	(%) RETIDA SIMPLES	TEOR DE Nb (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb (%)
65	1,40	1,90	0,97
100	2,45	1,90	1,70
150	12,29	2,00	8,99
200	17,05	2,00	12,47
270	9,24	2,20	7,43
400	12,00	2,30	10,09
-400	45,57	3,50	58,35
TOTAL	-	2,73	100,00

Tabela 7 - Análises Granulométrica e Química, e Distribuição do Nb do Material Moído a 65 Malhas.

Em ambas as moagens percebe-se que houve enriquecimento de Nb nas frações finas (-200 malhas e -400 malhas), onde distribuíram-se 39,37% e 58,35% do nióbio respectivamente para -200 malhas e -400 malhas, que dificilmente seriam recuperados nos procedimentos de concentração a que se destinavam esses produtos posteriormente.

## 5.2 - Ensaios de Concentração

Os ensaios de concentração se restringiram às separações eletromagnéticas a baixa e alta intensidade, separação eletrostática, e ensaios de flotação aniônica, catiônica e neutra. Todos esses ensaios tiveram como objetivo verificar possíveis tendências de distribuição do nióbio em algum produto e, caso positivo, concentrar todas as atenções para o(s) processo(s) de beneficiamento físico em que isso fosse constatado. Não foram realizados ensaios de concentração por gravimetria, uma vez que a caracterização do minério já desaconselhava este tipo de processo, tendo em vista a não existência de diferença de densidades satisfatória entre os minerais presentes, necessária para a aplicabilidade de tais métodos.

Os ensaios de concentração eletromagnéticas e eletrostática foram realizados por faixas de tamanho (material "bitolado"), com o material preparado britado a 10 malhas e classificado, e com o material moído a 20 malhas

e classificado, em condições idênticas, a fim de evitar dúvidas quanto a liberação e possíveis contaminações superficiais nos minerais.

Também aqui, todos os ensaios foram realizados pelo menos com duplicatas, a fim de se trabalhar com médias e creditar uma maior confiabilidade aos resultados obtidos.

#### 5.2.1 - Ensaio de Separação Eletromagnética

Os ensaios eletromagnéticos foram realizados a baixa e alta intensidade, para as frações "bitoladas" de granulometria, em +65 malhas e 65/200 malhas, com e sem moagem a 20 malhas.

Para os ensaios a baixa intensidade foi utilizado um separador de correias cruzadas, da STEARNS MAGNETICS INC, 2 1/2", com amperagem igual a 1A, a seco.

Para os ensaios a alta intensidade foi utilizado o Separador RAPID, à úmido, com campo elétrico fixado em 10.000 gauss, sendo a grelha empregada função da granulometria, e a intensidade de corrente função do campo eletromagnético.

Os resultados das separações eletromagnéticas encontram-se nas Tabelas a seguir.



	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA MAGNÉTICO (%)	TEOR DE Nb MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA N. MAGNÉTICO (%)	TEOR DE Nb N. MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb N. MAGNÉTICO (%)
ALTA INTEN- SIDADE COM MOAGEM	2,1	2,2	2,1	97,9	2,2	97,9
ALTA INTEN- SIDADE SEM MOAGEM	3,5	2,3	4,4	96,5	1,8	95,6
BAIXA INTEN- SIDADE COM MOAGEM	11,1	2,3	13,1	88,9	1,9	86,9
BAIXA INTEN- SIDADE SEM MOAGEM	9,8	2,3	9,8	90,2	2,3	90,2

Tabela 8 - Separações Magnéticas para a Fração +65 Malhas.

	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA MAGNÉTICO (%)	TEOR DE Nb MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA N. MAGNÉTICO (%)	TEOR DE Nb N. MAGNÉTICO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb N. MAGNÉTICO (%)
ALTA INTEN- SIDADE COM MOAGEM	7,2	2,6	7,2	92,8	2,6	92,8
ALTA INTEN- SIDADE SEM MOAGEM	2,5	2,6	2,5	97,5	2,6	97,5
BAIXA INTEN- SIDADE COM MOAGEM	7,1	2,9	6,1	92,9	3,4	93,9
BAIXA INTEN- SIDADE SEM MOAGEM	5,6	2,7	5,8	94,4	2,6	94,2

Tabela 9 - Separações Magnéticas para a Fração +200 Malhas.

Observando as tabelas anteriores, verifica-se que não existe nenhuma tendência de distribuição de nióbio, qualquer que seja o produto, para qualquer tipo de separação e granulometria processada, haja visto estarem as distribuições do material (distribuição em massa) bem próximas das distribuições de nióbio.

### 5.2.2 - Ensaio de Separação Eletrostática

Os ensaios de separação eletrostática também foram realizados por fração "bitolada" de granulometria, em +65 malhas e 65/200 malhas, com o material britado a 10 malhas e classificado, e com o material moído a 20 malhas e classificado. Nestes ensaios foi utilizado o Separador CARPCO, fixando todas as variáveis de controle nas condições "standard" do aparelho (vide manual); variando apenas a voltagem, fixada em 30.000 volts, e a rotação do rolo, fixada em 100 rpm, estando o material alimentado a uma temperatura média de 45°C.

Os resultados obtidos encontram-se na Tabela a seguir, na qual também não é verificada nenhuma tendência de distribuição do nióbio, haja visto estarem as distribuições do material (distribuição em massa) e distribuições do nióbio bastante próximas, qualquer que seja o produto e granulometria processada.

	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA CONDUTOR (%)	TEOR DE Nb CONDUTOR (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb CONDUTOR (%)	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA N.CONDUTOR (%)	TEOR DE Nb N.CONDUTOR (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb N.CONDUTOR (%)
+ 65 MALHAS COM MOAGEM	23,4	2,9	31,8	76,6	1,9	68,2
+ 65 MALHAS SEM MOAGEM	65,8	2,3	65,8	34,2	2,3	34,2
+200 MALHAS COM MOAGEM	5,2	2,3	4,8	94,8	2,5	95,2
+200 MALHAS SEM MOAGEM	7,8	2,6	8,4	92,2	2,4	91,6

Tabela 10 - Separações Eletrostáticas.

### 5.2.3 - Ensaio de Flotação

Foram realizados 3 (três) ensaios de flotação para o material moído a 65 malhas, em condições bem distintas uma da outra, a fim de se verificar possíveis tendências de distribuição do nióbio em alguns dos produtos. Para tal, foi utilizada célula DENVER de flotação, modelo D-12, com cuba de 3 litros, percentagem de sólidos durante o condicionamento dos reagentes igual a 40%, percentagem de sólidos no início da flotação igual a 25%, 1200 rpm durante o condicionamento, 1000 rpm durante a flotação, pH natural, 10 minutos de condicionamento do coletor, 5 minutos de condicionamento do espumante (Metil isobutil carbinol - MIBC - 100 g/t, estando todo o material alimentado compreendido entre 65/400 malhas, fixando ainda o tempo de flotação (apenas "rougher") em 5 minutos.

Na flotação aniônica utilizou-se como coletor o AERO PROMOTER 825, da CYANAMID, a 500 g/t; na flotação catiônica a amina H-2835, da HOECHST, 500 g/t; e na flotação dita neutra uma emulsão de "tall oil" com NaOH (2/1), a 500 g/t.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela a seguir, na qual também não é verificada nenhuma tendência de distribuição do nióbio, haja visto estarem bem próximas as distribuições em massa do material com as distribuições do nióbio, qualquer que seja o produto.

	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA DO CONCENTRADO (%)	TEOR DE Nb DO CONCENTRADO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb DO CONCENTRADO (%)	DISTRIBUIÇÃO EM MASSA DO REJEITO (%)	TEOR DE Nb DO REJEITO (%)	DISTRIBUIÇÃO DE Nb DO REJEITO (%)
ANIÔNICA	2,1	2,9	2,2	97,9	2,8	97,8
CATIÔNICA	6,6	3,1	7,5	93,4	2,7	92,5
"NEUTRA"	88,0	2,8	88,8	12,0	2,6	11,2

Tabela II - Testes de Flotação.

Interessante é o fato da distribuição em massa do concentrado da flotação dita "neutra" apresentar um alto valor, o mesmo não acontecendo com as flotações aniônica e catiônica. Isto se deve, provavelmente, ao aumento do pH devido à presença de NaOH da emulsão do coletor, que propicia a formação de grande espumação que carrega grande massa do material.

A inviabilidade técnica dos ensaios de beneficiamento físico vem sugerir que, ou a malha de liberação dos minerais niobíferos é muito fina, não determinada pela caracterização pelas dificuldades já salientadas acima, ou realmente não existe diferenciabilidade entre estes minerais e os demais, particularmente com os óxidos de ferro que compõem a laterização tipo "chapéu de ferro".

## 6. TRATAMENTO QUÍMICO

Após estudos preliminares de caracterização tecnológica, isto é, caracterização mineralógica e beneficiamento físico, concluiu-se que as técnicas convencionais de concentração de minérios não fornecem resultados satisfatórios. (Vide relatório de andamento 68/83).

Em virtude disto, foi então sugerida uma rota tecnológica envolvendo tratamento térmico e químico para obtenção de um concentrado contendo os elementos de interesse - nióbio, titânio e terras raras. O minério seria sub

metido a uma ustulação magnetizante onde o ferro presente se transformaria em magnetita ( $Fe_3O_4$ ) que seria posteriormente removida por separação magnética. O concentrado obtido sofreria um ataque químico (lixiviação ou cloração) e em seguida os elementos de interesse seriam devidamente separados por extração por solvente.

Esta alternativa não pode ser avaliada pois implicaria na utilização de uma mistura de monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ) para a produção de magnetita, que é altamente tóxica, e o equipamento disponível no Centro de Tecnologia Mineral - CETEM para detecção de monóxido de carbono (CO) se encontra em reparos.

Sendo assim, para darmos continuidade ao trabalho, optamos pelo tratamento químico direto do minério com ácido sulfúrico, ácido clorídrico e hidróxido de sódio.

O material processado nesta etapa foi aquele cominuído a 65 malhas, tal qual descrito granulometricamente no item 5.1, e descrito quimicamente no item 4.1.

#### 6.1 - Procedimento Experimental

Foram realizados três tratamentos químicos diferentes que serão discutidos separadamente, visando a solubilização seletiva do ferro.

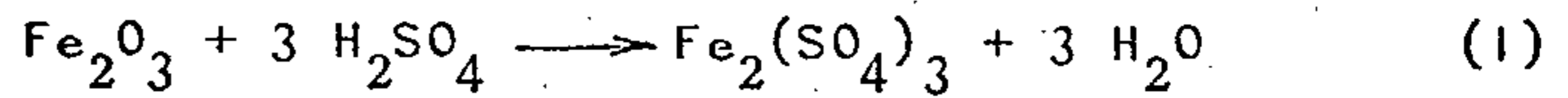
(a) ensaios preliminares de lixiviação com ácido sulfúrico;



- (b) ensaios preliminares de fusão alcalina seguida de lixiviação clorídrica, e
- (c) ensaios preliminares de lixiviação com ácido clorídrico.

### 6.1.1 - Lixiviação com Ácido Sulfúrico

Apenas dois ensaios de lixiviação em regime batelada com ácido sulfúrico foram realizados. Nestes ensaios foi adicionada 70% da quantidade estequiométrica requerida para solubilizar o ferro presente na amostra, segundo a reação abaixo:



As condições dos ensaios onde foi verificado o efeito da temperatura na cinética da extração do ferro, e os resultados obtidos estão indicados abaixo:

Nº do Teste	Sól. (g)	H <sub>2</sub> O (g)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g)	θ (°C)	t (h)	Recuperação Fe (%)	Consumo de Ácido g H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /g Fe
03	100	140	93	25	6	2,3	-
04	100	140	93	60	6	27,1	2,8

Tabela 12 - Condições Experimentais dos Ensaio de Lixiviação com Ácido Sulfúrico.

Onde:

θ = temperatura (°C)

t = tempo da batelada (h)

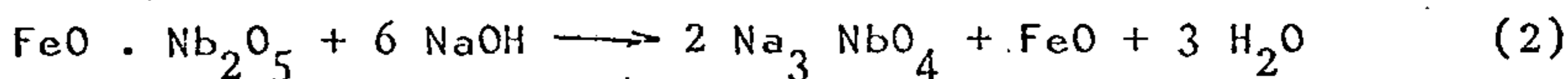
### 6.1.2 - Fusão Alcalina Seguida de Lixiviação Clorídrica

Na Figura 1, está esquematizado o processo de fusão alcalina/lixiviação clorídrica.

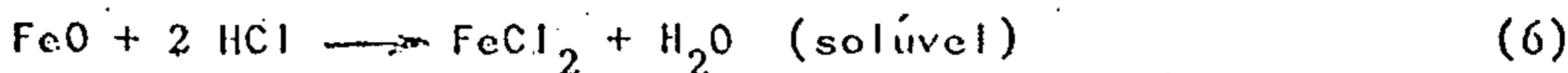
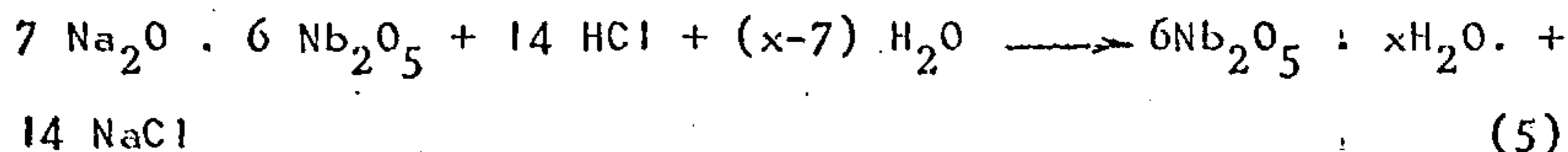
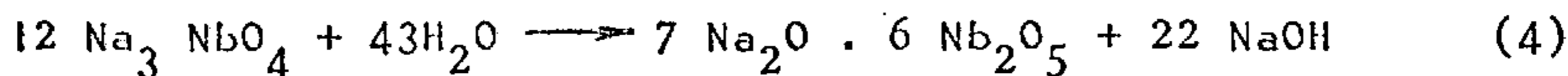
O minério é fundido com hidróxido de sódio (NaOH) a 800°C para formação de sais de sódio. Após a fusão, o resíduo é lavado com uma solução de soda 10% para remoção do excesso de hidróxido de sódio e alguns sais solúveis. O precipitado contendo  $\text{Na}_3\text{NbO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{TiO}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  principalmente, é lixiviado com ácido clorídrico onde obtém-se uma solução contendo  $\text{FeCl}_3$  e um precipitado de  $\text{Nb}_2\text{O}_5 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2\text{TiO}_3$ .

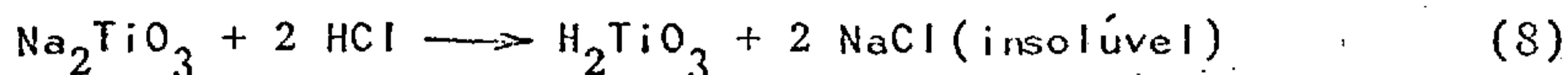
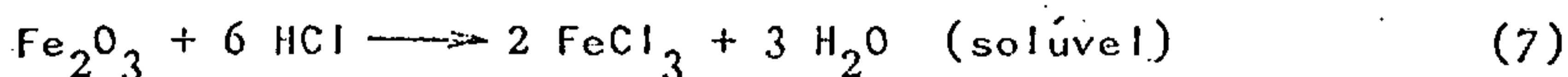
As reações que ocorrem durante as duas etapas do processo estão ilustradas abaixo:

- Fusão Alcalina:



- Lixiviação Clorídrica:





Obs.: Durante a fusão alcalina, pode ocorrer também a formação de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , devido à presença de oxigênio no meio reacional.

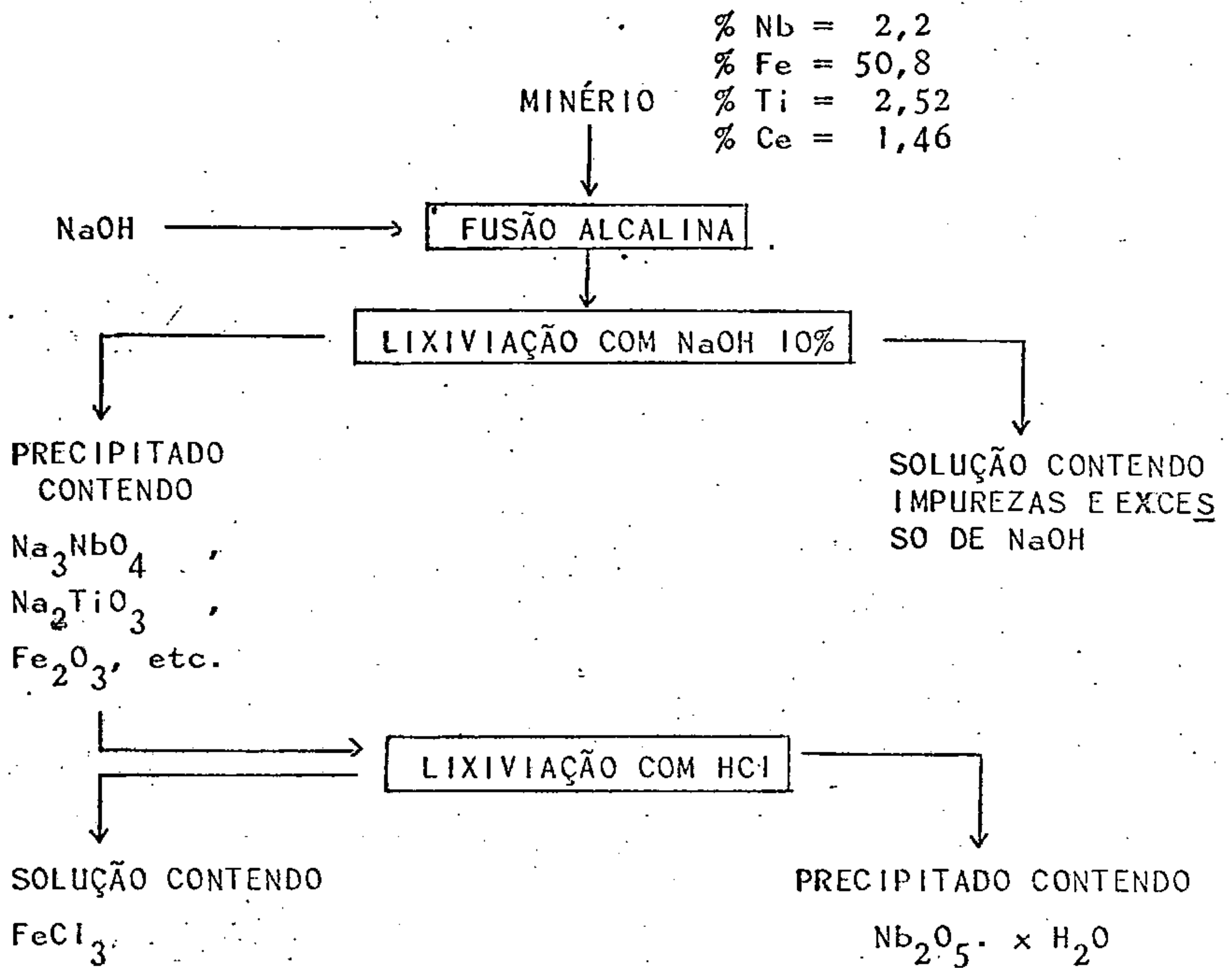
As condições experimentais dos dois testes de fusão alcalina, onde foi variado somente a quantidade de NaOH empregado, estão indicados abaixo:

Nº DO TESTE	Sól. (g)	NaOH (g)	$\theta$ (°C)	t (h)
FA1	20	60	800	1
FA2	20	80	800	1

Tabela 13 - Condições Experimentais dos Ensaios de Fusão Alcalina.

Após a fusão, a massa fundida foi moída e lavada durante 1 hora com 500 ml de uma solução de NaOH 10% a 60°C.

O sódio residual foi então lixiviado com 90g de HCl 37% durante 4 horas a 60°C.



Obs.: Deve-se verificar como o cério se distribui durante o processo.

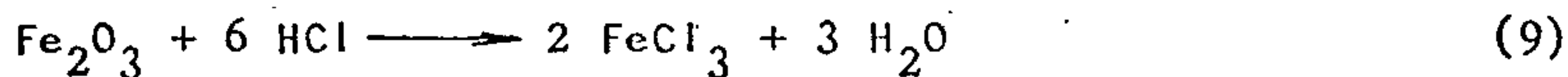
Figura I - Esquema Básico do Processo de Fusão Alcalina.

As recuperações de ferro obtidas nos testes FA1 e FA2 foram 86% e 50% respectivamente. Os resíduos finais apresentaram teores em ferro de 8,8% no teste FA1 e 14,0% no teste FA2.

Provavelmente, o resultado do teste FA2 foi inferior devido à quantidade de ácido clorídrico ser insuficiente, pois neste caso a relação minério/soda foi 1/4 e no teste FA1, foi de 1/3. A acidez final do teste FA1 foi de 15,4 g/l e do teste FA2 foi de 0,9 g/l.

### 6.1.3 - Lixiviação com Ácido Clorídrico

Nesta série de ensaios foi verificado o efeito da temperatura ( $\theta$ ), a percentagem de sólidos (%S), a concentração inicial de ácido ( $\phi$ ) e a quantidade de ácido adicionado em relação ao estequiométrico, segundo a reação indicada a seguir:



A Tabela a seguir indica as condições dos ensaios em batelada e os resultados obtidos.

Nº DO TESTE	$\theta$ (°C)	t (h)	% S	$\xi_i$ (%)	QUANTIDADE DE HCl EM RELAÇÃO AO ESTE QUIOMÉTRICO	RECUPERAÇÃO Fe (%)
U <sub>1</sub>	25	1	36	37	65%	44,3
U <sub>2</sub>	60	1	36	37	65%	61,6
U <sub>3</sub>	25	1	27	37	100%	51,8
U <sub>4</sub>	60	1	27	37	100%	61,4
U <sub>5</sub>	25	1	27	27	73%	40,2
U <sub>6</sub>	60	1	27	27	73%	37,5

Tabela 14 - Condições Experimentais dos Ensaio de Lixiviação Clorídrica.

Foi analisado somente os resíduos dos testes U<sub>2</sub> e U<sub>4</sub>, pois apresentaram os melhores resultados. Os valores encontrados estão expostos na Tabela abaixo:

Nº DO TESTE	Ti (%)	Nb (%)	Ce (%)	Fe (%)
U <sub>2</sub>	-	4,4	1,66	37,0
U <sub>4</sub>	7,22	6,7	2,11	28,4

Tabela 15 - Resultados das Análises Químicas do Resíduo de Lixiviação.

Pelos resultados apresentados, parte do cério contido na amostra deve ter sofrido solubilização em alguma das etapas de lixiviação. Porém, o titânio e o nióbio permaneceram integralmente no resíduo. Nos testes U<sub>2</sub> e U<sub>4</sub> as perdas em cério foram de 38% e 52% respectivamente.

#### 6.2 - Discussões dos Resultados e Conclusões do Tratamento Químico

Dentre as três rotas hidrometalúrgicas estudadas, a fusão alcalina com subsequente lixiviação com HCl apresentou melhores recuperações, enquanto a lixiviação sulfúrica foi a menos eficiente nas condições estabelecidas.

A recuperação máxima em ferro obtida na rota clorídrica foi de aproximadamente 61,5% nos testes U<sub>2</sub> e U<sub>4</sub> onde foi utilizado 65% e 100% da quantidade de ácido em relação à estequiométrica. Foi constatado que o tempo de 2 horas foi suficiente para ser atingido o equilíbrio quanto  $\theta = 25^{\circ}\text{C}$ , e 8 horas quando  $\theta = 60^{\circ}\text{C}$ .

É possível a obtenção de elevadas recuperações tanto a  $25^{\circ}\text{C}$  quanto a  $60^{\circ}\text{C}$  (compare os testes U<sub>2</sub> e U<sub>4</sub>). Uma diminuição na concentração inicial de ácido clorídrico provocou uma diminuição na extração do ferro (compare os testes U<sub>3</sub> e U<sub>5</sub>).

Provavelmente a rota clorídrica não nos forneceu melhores resultados pois o ferro que se encontra na estrutura de minerais juntamente com titânio e nióbio - formando ilmeneo - rutilo niobífero e/ou brookita niobífera - é de difícil solubilização, sendo necessárias condições mais energéticas, como por exemplo, a fusão alcalina.

Ao final de cada teste, foi determinada a acidez livre das lixívias e foi verificado que em todos os casos ainda havia ácido clorídrico disponível; a recuperação, porém, se manteve constante.

A maior recuperação em ferro atingida (em torno de 86%) foi no tratamento de fusão alcalina seguido de lixiviação clorídrica e o resíduo apresentou um teor de 8,8% em ferro.



Embora este trabalho tenha visado a constatação de viabilidade técnica, deve ser ressaltado que o consumo de reagentes é elevado, principalmente na rota de fusão alcalina. Por este motivo é provável que nenhuma destas rotas venha a ser economicamente viável.

### 6.3 - Sugestões do Tratamento Químico

Uma rota pirometalúrgica poderia ser estudada visando o melhor aproveitamento (sob ponto de vista técnico) do minério. Contudo a viabilidade econômica deste procedimento deve ser questionada.

Teoricamente o procedimento inicia com uma ustulação magnétizante cujos dados são obtidos do diagrama de equilíbrio do ferro, seus óxidos e a mistura de CO + CO<sub>2</sub>, extraído do livro "General Metallurgy - N. Sevryukov et alii".

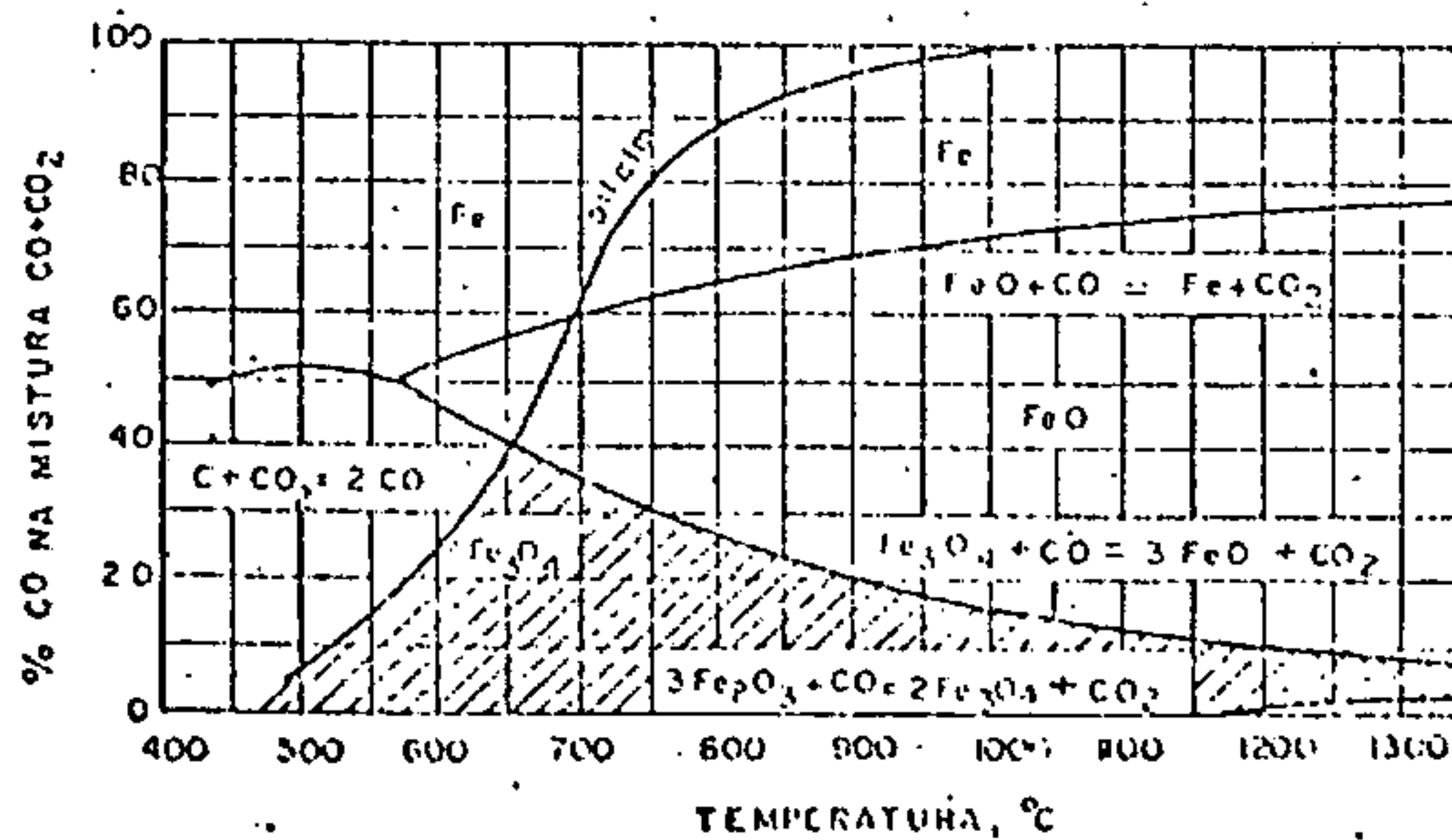
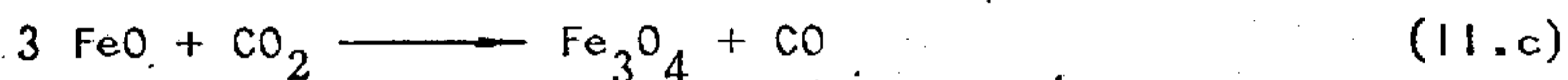
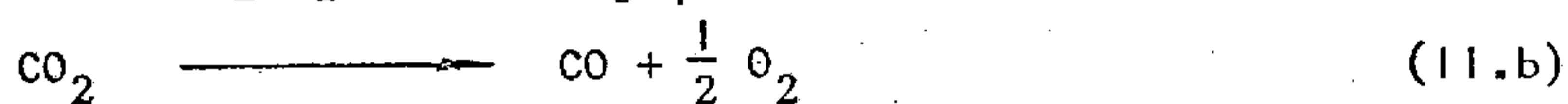
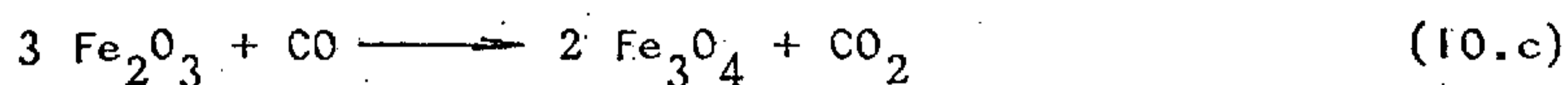
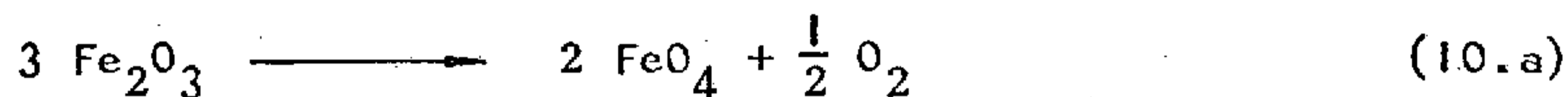


Figura 2 - Diagrama de Equilíbrio do Ferro e Mistura de CO + CO<sub>2</sub> versus Temperatura.

Os óxidos de ferro quando submetidos a um tratamento térmico em atmosfera controlada de CO e CO<sub>2</sub> reagem, conforme as equações abaixo, produzindo magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>).



A parte hachurada do gráfico, representa a região de formação da magnetita. Portanto, deve ser testada temperaturas de ustulação variando de 500 a 900°C e composições percentuais de CO entre 5 e 35%, conforme indicações da Figura 2.

O material após a ustulação seria submetido a campos magnéticos de intensidades variáveis para separação dos compostos de ferro, obtendo-se assim um concentrado de titânio, nióbio e terras raras que sofreria posteriormente um tratamento químico (ex.: cloração).

## 7. CONCLUSÕES FINAIS

1. A amostra estudada apresentou composição modal com 86,5% de óxidos de ferro (hematita e goethita), 8% de ilmenorutilo mais brookita, 5% de florencita e 0,5% de quartzo,

carbonato e argila. A "Head-Sample" revelou 2,2% de Nb, 2,52% de Ti, 1,06% de P, 1,46% de Ce e 50,8% de Fe (0,62% Fe<sup>+2</sup>).

2. Pela semelhança de raios iônicos do Nb<sup>+5</sup> e Ti<sup>+4</sup>, a substituição do Ti pelo Nb na estrutura do rutilo (e talvez da brookita) é contrabalanceada (em carga) pela presença do Fe<sup>+2</sup>, dando origem a um ilmeno-rutilo niobífero. Devido a isto, as propriedades magnéticas deste mineral são extremamente variáveis, podendo ainda ocorrer no próprio jazimento variedades de ilmeno-rutilo niobífero com susceptibilidades distintas. No caso de UAUPES notou-se um comportamento anômalo do rutilo na separação magnética (FRANTZ), isto é, o rutilo foi detectado por difração de Raios-X em todos os produtos: magnético 0,25A, magnético 0,5A, e não magnético 0,5A. Dois fatores devem ser levados em conta: 1º) ou o ilmeno-rutilo não está liberado na fração estudada, -64/400 malhas, ou 2º) existem variedades composicionais de ilmeno-rutilo no material. O estudo de micro-análise eletrônica mostrou que este último fato é mais provável, uma vez que a relação Fe-Ti-Nb varia muito de grão para grão;
3. Os ensaios de beneficiamento físico não se mostraram viáveis tecnicamente, haja visto terem sido próximos as distribuições em massa com as distribuições de Nb para todos os produtos obtidos. Duas hipóteses podem ser le

vantadas: 1ª) os minerais do nióbio não se encontram liberados na granulometria estudada (até 400 malhas), ou 2ª) não existe diferença entre as propriedades físicas dos minerais presentes.

4. Os estudos hidrometalúrgicos do minério (head sample) apresentaram a fusão alcalina com lixiviação clorídrica como a rota de maior recuperação de Nb. Contudo o consumo de reagentes, devido ao alto teor de óxidos secundários de ferro, é um fator limitante economicamente.
5. Linhas de pré-concentração dos minerais niobíferos após ustulação magnetizante de cerca de 90% da massa do minério (óxidos de ferro), tecnicamente é uma alternativa aceitável, mas com altos gastos de energia. Deve-se observar também que teoricamente o mineral portador de nióbio possui cerca de 39% de  $Nb_2O_5$ , que seria, neste caso, o teor máximo obtido nesta etapa de pré-concentração.

Relatório Elaborado por:

- Ana Lucia Mamede Carneiro
- Leonardo Apparício da Silva
- Marcello Mariz da Veiga
- Ney Hamilton Porphírio

Trabalho Experimental Realizado por:

- Ana Lucia Mamede Carneiro (Beneficiamento Químico)
- Leonardo Apparício da Silva (Beneficiamento Físico)
- Luiz Fernando Carvalho (Espectrografia)
- Luiz Fernando S. L. Ramos (Beneficiamento Físico)
- Luiz R. V. Pietroluongo (Difração e Ataques Químicos)
- Marcello Mariz da Veiga (Caracterização Mineralógica)
- Ney Hamilton Porphírio (Caracterização Mineralógica)
- Pedro Aurélio C. Cordeiro (Microanálise)

Supervisão: Adão Benvindo da Luz

Superintendente do CETEM  
Roberto C. Villas Boas

Departamento de Processos  
José Farias de Oliveira

Divisão de Tratamento de Minérios  
Adão Benvindo da Luz

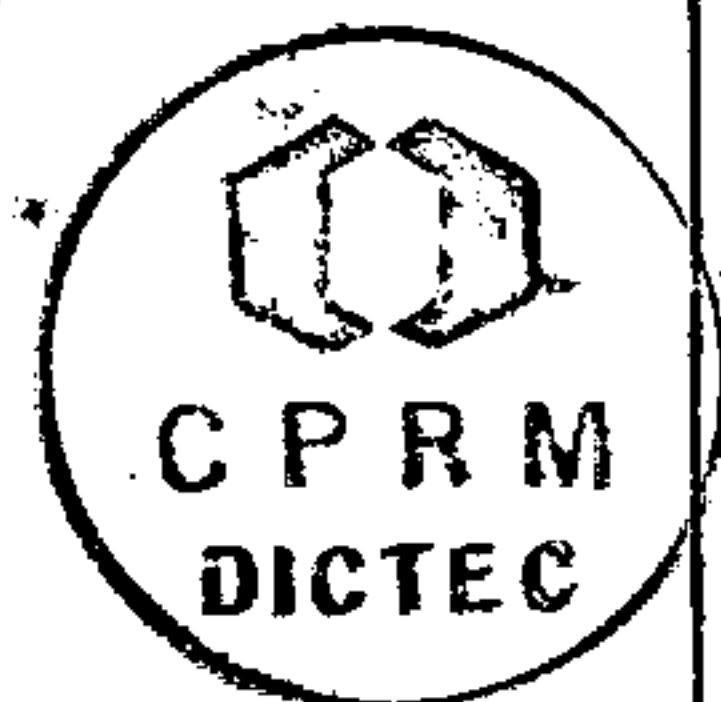
# CETEM

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
CONVÊNIO DNPM/CPRM

PROJETO UAUPÉS

PROJETO UAUPÉS

RECEBIDO EM 10/7/87			
SUPAMI	REPRODUÇÃO		
	MF	JGA	
ARQUIVE-SE		/	/



RA	06/87
----	-------

Relatório de Andamento Elaborado  
para a SUPAMI/CRRM.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
CETEM

PROJETO UAUPÉS

Kelison Castello Branco Rocha  
Engº Metalúrgico

Plínio Eduardo Praes  
Engº Metalúrgico

Rio de Janeiro  
Abril/87

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo informar à SUPAMI/CPRM sobre as atividades realizadas e os resultados obtidos no âmbito do projeto UAUPÉS (Segunda Fase) no período de fevereiro a abril.

Os estudos mineralógicos qualitativos e os ensaios de moagem seguidos de análise granulométrica das amostras de minério niobífero da segunda fase comprovaram a semelhança mineralógica e de comportamento físico destas com as amostras estudadas na primeira fase e relatadas no RT-05/84.

Dessa forma foi estabelecida uma rota de tratamento como está fluxograma nº 03.



## 2. AMOSTRAGEM

O material recebido totalizou 820 kg, com postos por blocos cujos diâmetros variavam de 3 a 10" aproximadamente.

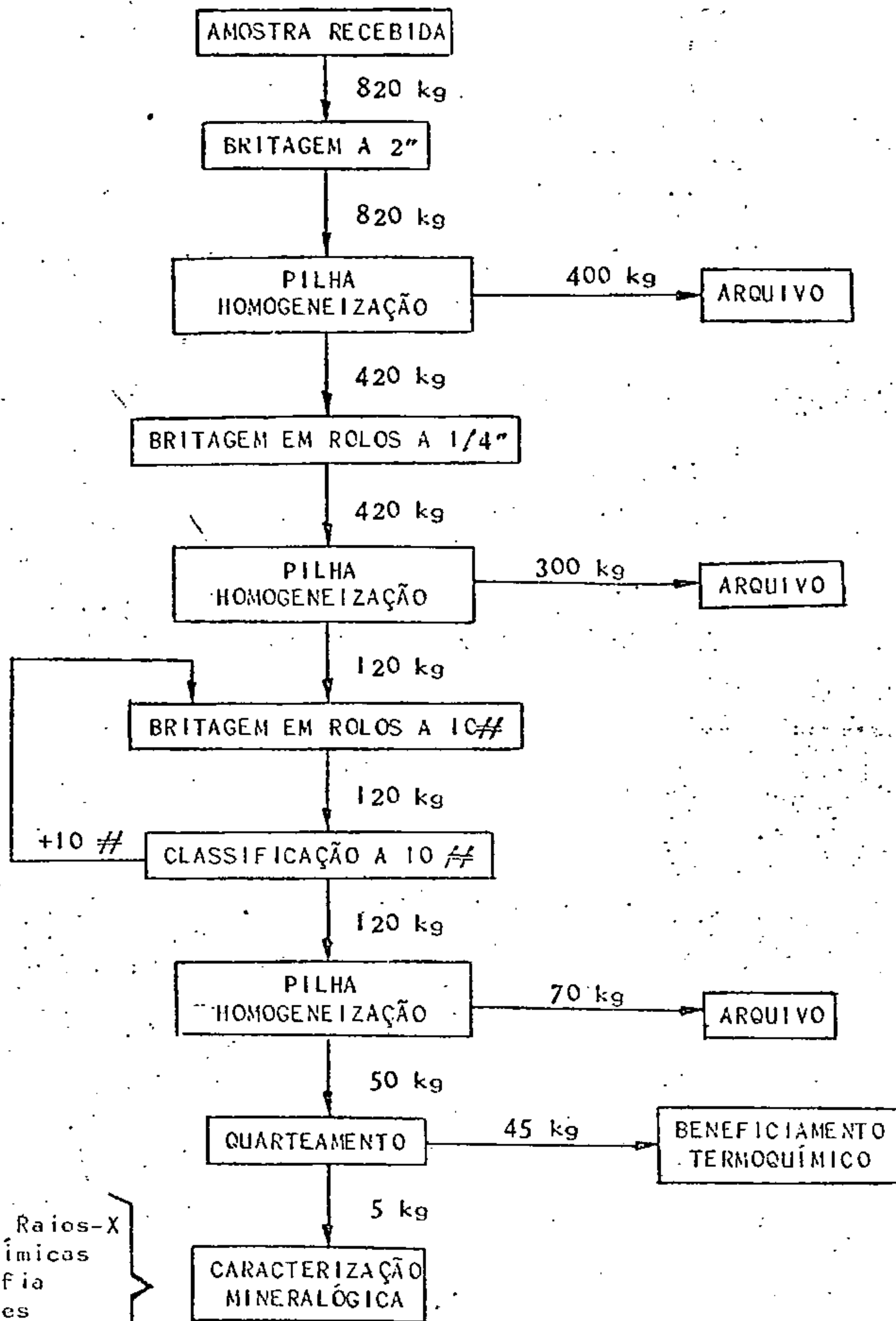
Pelo exame macroscópico desses blocos, observou-se que se tratava de uma canga ferrífera, como produto de um processo de laterização, associado a formações tipo "chá péu de ferro".

## 3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA RECEBIDA

A amostra tal qual descrita anteriormente foi preparada seguindo o esquema apresentado no fluxograma nº 01.

Da amostra designada "amostra preparada (- 10 #)" foram retirados 50 kg para os testes de caracterização mineralógica e beneficiamento termoquímico.

Embora já se tivesse uma perfeita caracterização mineralógica do minério (RT-05/84) achou-se por bem promover alguns ensaios físicos e um estudo mineralógico da amostra presente no sentido de constatar a similaridade microscópica desta amostra com aquela estudada na primeira fase.



- Fração de Raios-X
- Análises Químicas
- Espectrografia
- Microanálises
- Ensaio por Líquido Denso
- Separação Eletromagnética

- Moagem
- Pelotização
- Testes de Redução
- Separação Eletromagnética
- Análises Químicas
- Cloração

Fluxograma nº 01 - Preparação do Material.

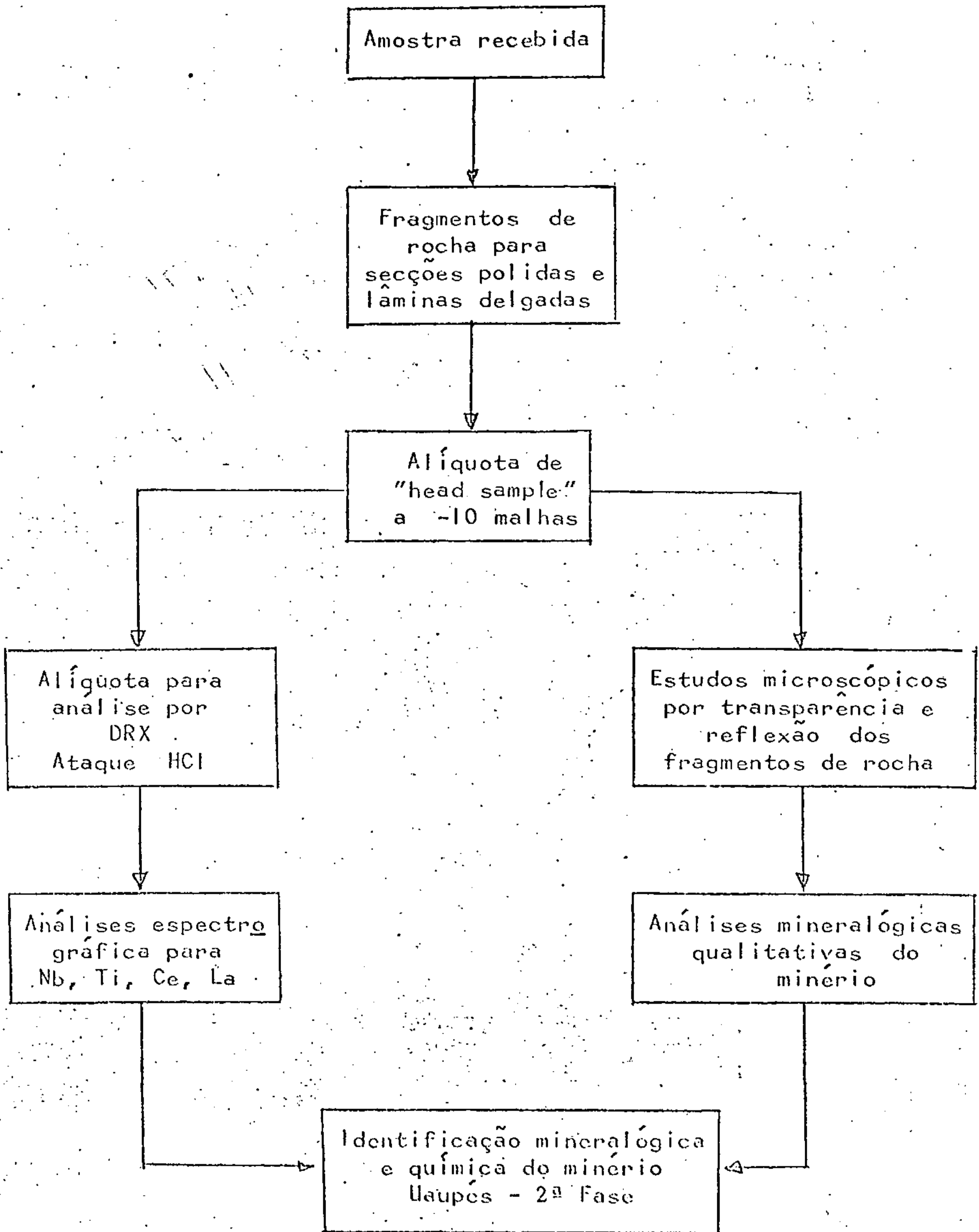
#### 4. ANÁLISE MINERALÓGICA DA AMOSTRA

Os estudos mineralógicos qualitativos das amostras do minério UAUPÉS, segunda fase, foram realizados no intuito de comprovar se o material enviado era semelhante mineralogicamente àquele enviado na primeira fase do projeto, em 1984.

Estes estudos se limitaram às análises por microscopia ótica por transparência e por reflexão de amostras aleatórias, mas que representavam o minério ferruginoso, estudos por difração de raios X e análises espectrográficas na confirmação da ocorrência ou não de Nb, Ti, P, Ce e La.

Para obtenção destes dados, as amostras foram preparadas e estudadas segundo o fluxograma nº 02.

Com os resultados obtidos, foi possível verificar a semelhança das amostras da fase 1 e 2, permitindo o desenvolvimento dos ensaios metalúrgicos previamente propostos.



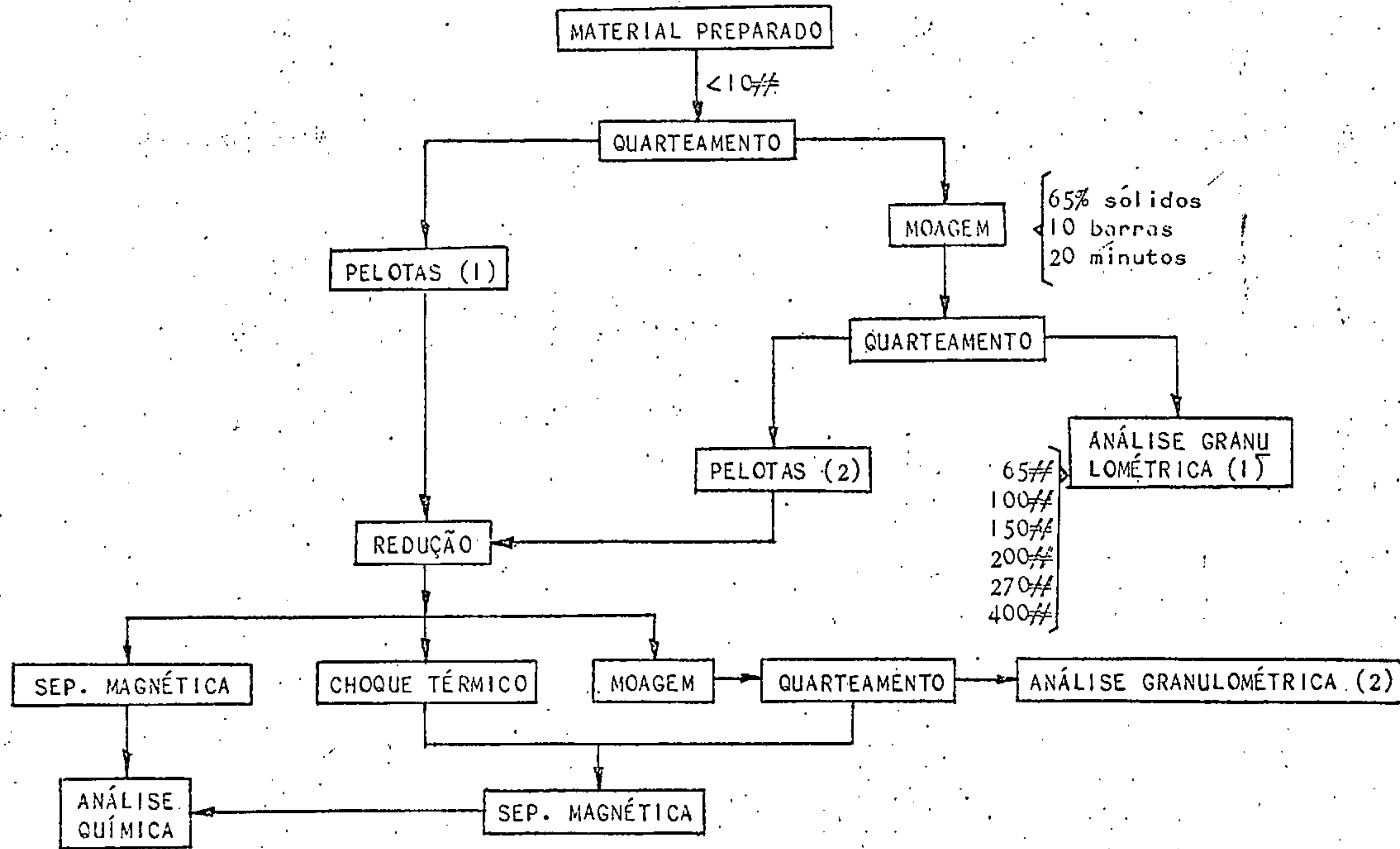
Fluxograma 02 - Preparação e estudos de caracterização do minério Uapés - 2ª Fase.

## 5. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram realizadas análises granulométricas do material preparado (-10 #), comparando-as com aquelas mencionadas no RT-05/84 para a primeira fase. O gráfico nº 01 (anexo nº 01) comprova o comportamento similar do minério estudado na segunda fase com o minério da primeira fase, submetido à mesma rota de beneficiamento.

### 5.1. - Pelotização

A produção de pelotas a serem utilizadas nos ensaios de pré-redução em forno vertical seguiu o esquema mostrado no fluxograma nº 03.



Fluxograma nº 03 - Rotina de Testes.

As variáveis operacionais do processo de pe-  
lotização foram:

a) Pelotas tipo (1):

- Material preparado ( - 10 #)
- Velocidade angular - 40 rpm
- Ângulo de pelotização -  $\sim 44^\circ$

b) Pelotas tipo (2):

- Material moído classificado granulometricamente
- Velocidade angular - 40 rpm
- Ângulo de pelotização -  $\sim 41^\circ$

Obs.: A quantidade de  $H_2O$  não foi controlada, assim como não se utilizou qualquer tipo de aglomerante nas pe-  
lotas.

c) Agente Redutor:

- Foi utilizado carvão vegetal "pesado". Esta classifica-  
ção define as seguintes propriedades para o carvão vege-  
tal:

(%) CINZAS	(%) MATERIAIS VOLÁTEIS	(%) CARBONO FIXO	(%) UMIDADE
3,42	25,4	71,2	6,76

Testes de Redução

Para realização dos testes foram estabeleci-  
das as seguintes condições:

1ª) Faixa de temperatura de trabalho: 870 - 900°C

2ª) Agente redutor: Carvão vegetal

- 3ª) Percolação de  $N_2$  através da carga até que a temperatura no reator atinja a faixa de trabalho.
- 4ª) Injeção de  $CO_2$  (2 litros) no reator de modo a se promover a ignição da reação de redução.
- 5ª) Resfriamento da carga reduzida em atmosfera neutra de  $N_2$ .

Visando garantir uma altura ótima de carga dentro da faixa de temperatura de trabalho levantou-se o Perfil Térmico do forno vertical (anexo nº 02). Optou-se, dessa forma, por trabalhar com uma altura de carga, inferida da curva, igual a 10 cm.

O resultado obtido através de teste de redução, de caráter exploratório, revelou que apesar de se trabalhar abaixo da quantidade estequiométrica calculada para o carbono (~ 15%) a massa de material reduzido apresentou a seguinte distribuição, após separação magnética com ímã de mão:

CLASSIFICAÇÃO	% EM MASSA
Não-Magnético	0,75
Magnético	99,25

Foi solicitada análise química de cada fração obtida.

Obs.: O cálculo da quantidade necessária de carvão vegetal "pesado" para uma quantidade teórica de 100g de minério encontra-se discriminado no anexo nº 3.

O teste exploratório de redução também revelou um ataque da parede do reator de quartzo, utilizado nos testes de redução. Visando evitar e/ou minimizar este ataque



foi desenvolvida e confeccionada uma cesta, em aço inox 316, que evitaria o contato das pelotas com a parede do reator. Os testes que se seguiram comprovaram a eficiência da cesta, evitando o ataque da parede do reator.

Dando prosseguimento à rotina proposta no fluxograma nº 02, obteve-se as seguintes amostras reduzidas:

AM. 1.2 - Redução de Pelotas (2) seguido de resfriamento em  $N_2$ .

AM. 2.1 - Redução de Pelotas (1) seguido de resfriamento em  $N_2$ .

AM. 3.1.A - Redução de Pelotas (2) por apenas 15 min. (Houve falha no sistema de exaustão de gases).

AM. 3.1.B - Redução de Pelotas (2) com subsequente choque térmico.

Estas amostras foram submetidas a uma separação magnética (Tubo DAVIS). Os resultados obtidos para as frações magnética e não-magnética foram:

AMOSTRA	CLASSIFICAÇÃO	% EM MASSA
1.2	Magnético	96,51
	Não-Magnético	3,49
2.1	Magnético	87,21
	Não-Magnético	12,79
3.1.A	Magnético	97,47
	Não-Magnético	2,53
3.1.B	Magnético	97,44
	Não-Magnético	2,56

Foram solicitadas análises químicas de Nb, Ti, Ce e La. Será verificado se a concentração destes elementos foi possível.

Verificou-se uma produção de não-magnético significativamente superior no ensaio de separação da amostra 2.1, cujas pelotas foram preparadas com material abaixo de 10 malhas (-10 #), seguido de redução. Como ainda não temos a composição química dos produtos, não é possível tirar qualquer conclusão sobre os resultados, o que será feito no próximo relatório.

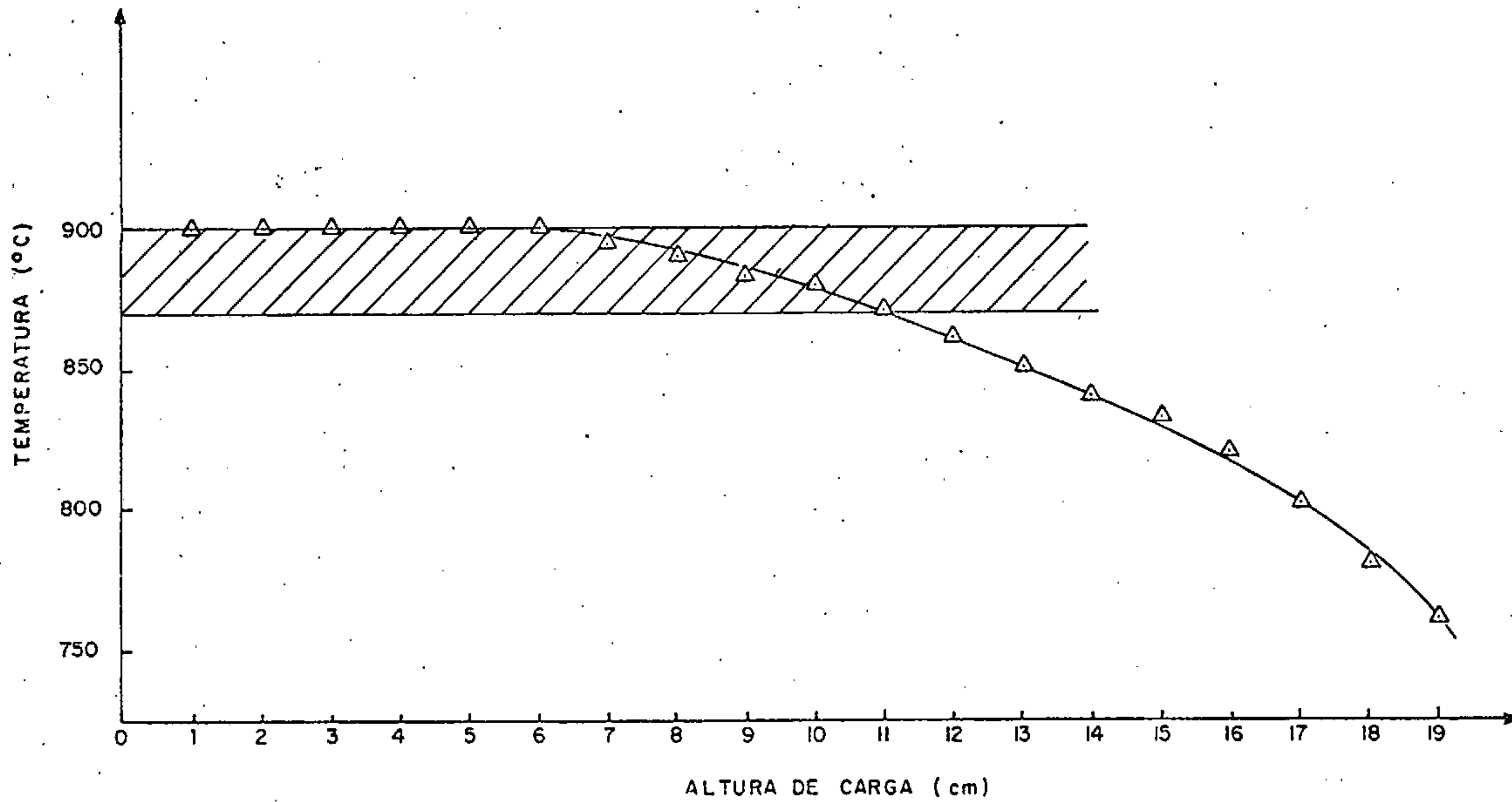
Nota: Foi solicitada análise quantitativa de Nb, Ti e terras raras da Head Sample, à GEOSOL (MG), devendo o resultado nos ser enviado dentro de 15 (quinze) dias.

## 6. ATIVIDADES PREVISTAS PARA O PRÓXIMO PERÍODO

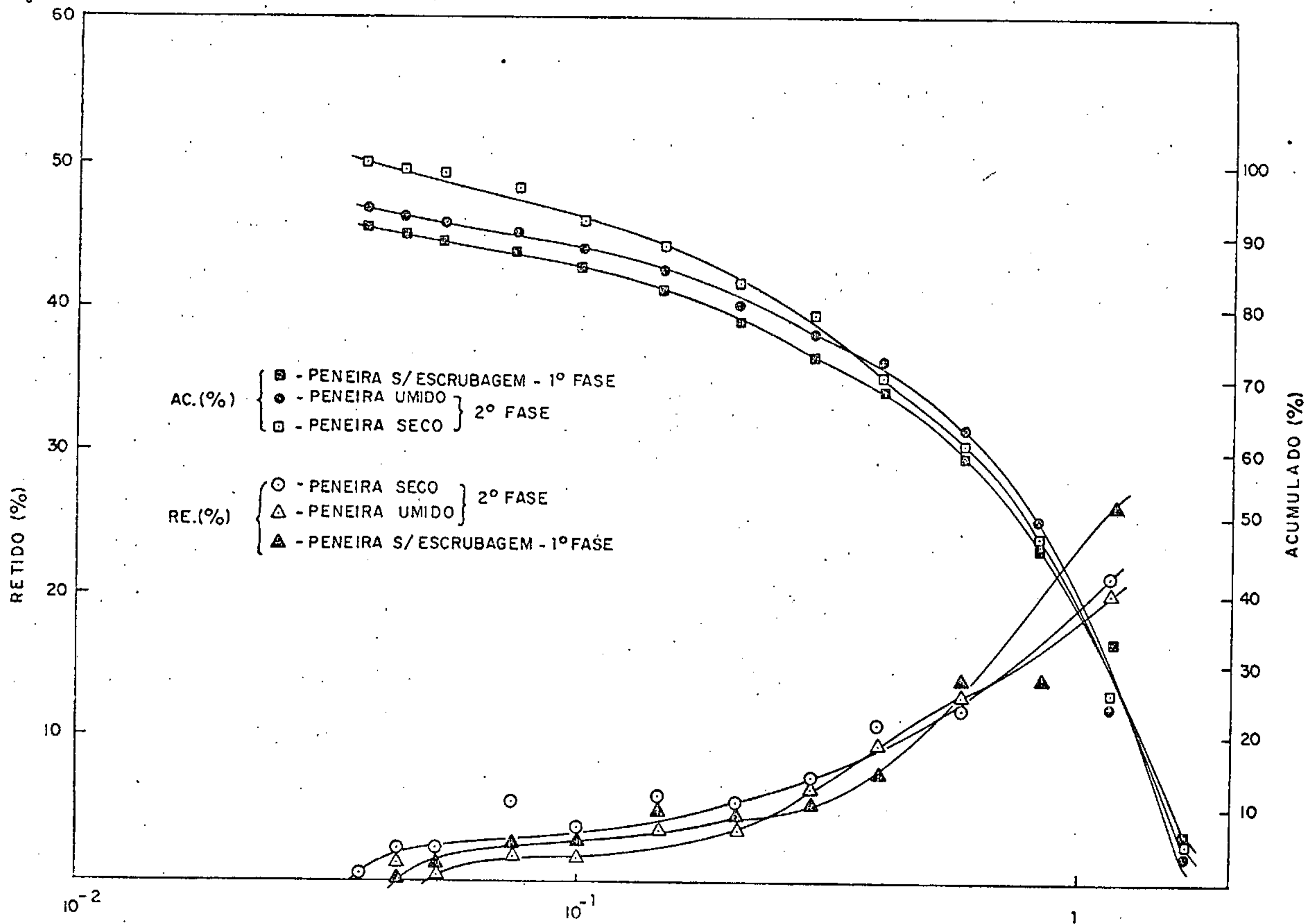
- Continuidade dos ensaios de redução e separação magnética.
- Definição de Plano de Trabalho com a CSN, para realização da etapa de fusão redutora, incluindo preparação do material e pelotização.

A N E X O I

# PERFIL TÉRMICO DO FORNO VERTICAL



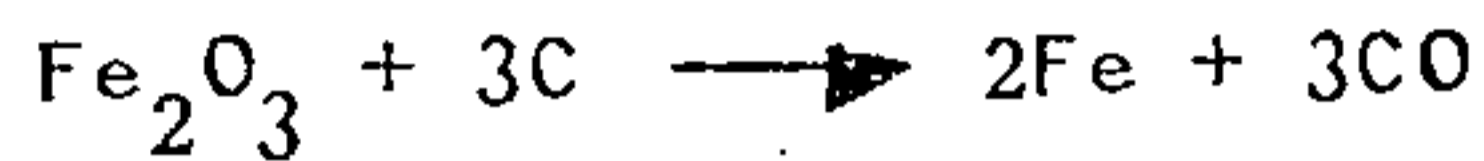
A N E X O 2



## ANEXO 3

### CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS

#### Reação de Redução Típica:



Logo:

$$160\text{g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ——— } 36\text{g C}$$

$$160\text{g Fe}_2\text{O}_3 \text{ ——— } 43,2\text{g C (20\% de excesso)}$$

$$(*) \ 86\text{g Fe}_2\text{O}_3 \quad \times \ \text{g C}$$

$$\times = 23,22\text{g C (20\% de excesso) - 100g minério}$$

#### Quantidade de Carvão Vegetal Pesado (i)

$$23,22\text{g C} \text{ ——— } 70\%$$

$$\times \text{ ——— } 100\%$$

$$\times = 33,17\text{g de carvão}$$

(i) 70% de carbono fixo.

(\*) O RT-05/84 indica que 86% do minério de UAUPÉS é composto de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Logo, em 100g de minério disponho de 86g de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

# CETEM

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL  
MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA  
CONVÊNIO DNPM/CPRM

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO DEPÓSITO  
NIOBÍFERO DO MORRO DE SEIS LAGOS  
(PROJETO UAUPÉS)

R A

68 - 83

RELATÓRIO DE ANDAMENTO PARA  
A SUREG/MA.



CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL-CETEM

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO DEPÓSITO  
NIOBÍFERO DO MORRO DE SEIS LAGOS

(PROJETO UAUPÉS)

Leonardo Aparício da Silva

Luiz Fernando Carvalho

Marcello Mariz da Veiga

Rio de Janeiro

Agosto/1983



## I. INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem finalidade de apresentar os resultados da evolução dos estudos tecnológicos realizados até o momento, em amostra do depósito niobífero de Uaupés.

Os estudos de caracterização mineralógica objetivaram, até então, o conhecimento da potencialidade do material frente aos processos de beneficiamento físico tradicionais, de modo a observar preliminarmente características muito mais qualitativas do que quantitativas.

Observou-se como minerais de interesse rutilo e brookita niobíferos e a florencita, em matriz de óxidos de ferro. Por se tratar de material de "chapéu de ferro" e pelas características físicas semelhantes dos minerais, o presente trabalho mostra a pouca viabilidade técnica de concentração por processos convencionais.

Uma possível rota de aproveitamento do Nb, Ti e Terras raras é sugerida ao final do trabalho, contudo sem qualquer constatação até o momento, de sua viabilidade técnico-econômica.

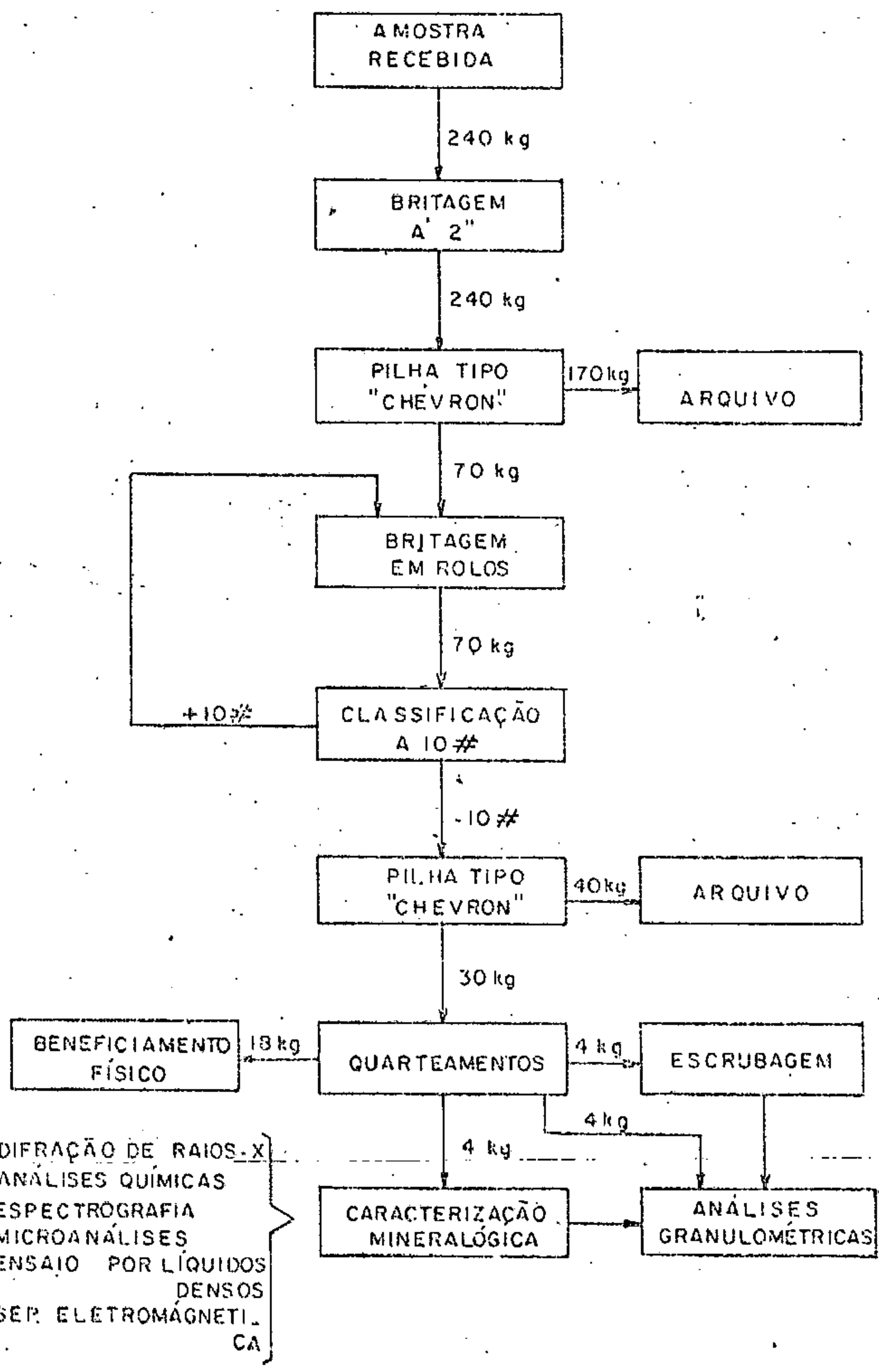
## 2. AMOSTRAGEM

O material recebido foi amostrado pela equipe de geologia da CPRM locada no Projeto e totalizou 240 kg, compostos por pequenos blocos arredondados com 5 polegadas de diâmetro aproximadamente.

Pelo exame macroscópico desses blocos observou-se que se tratava de uma canga ferrífera, como produto de um processo de laterização, associada a formações tipo "chapéu de ferro".

## 3. PREPARAÇÃO DA AMOSTRA RECEBIDA

A amostra tal qual descrita acima foi preparada seguindo o esquema apresentado no fluxograma I. Inicialmente toda a amostra foi britada a 2 polegadas e, após sua homogeneização, foi extraída uma amostra de 70 kg, que foi totalmente britada em britador de rolos à 10 malhas. Desta amostra, designada como material preparado, foram retiradas, por quarteamentos, as respectivas quantidades para os ensaios de determinação do W.I. (40 kg), para os ensaios de beneficiamento físico (18 kg), para as análises granulométricas (8 kg) e para a caracterização mineralógica (4 kg).



FLUXOGRAMA (I) — PREPARAÇÃO DO MATERIAL

#### 4. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA

##### 4.1. - Análise Granulométrica do Material Preparado

Com o intuito de sentir mais de perto o comportamento físico do material durante um processo de beneficiamento, decidiu-se fazer 2 (duas) análises granulométricas com o material tal qual produzido na preparação, e 2 (duas) análises granulométricas com este material preparado seguindo-se uma etapa de "escrubagem" a 70% de sólidos, 1800 rpm, durante 30 minutos, em célula de flotação de laboratório, DENVER. Outra razão que levou à "escrubagem" do material preparado é que, após esta operação, a caracterização mineralógica seria facilitada, tendo em vista a natureza do material, que propicia o recobrimento das superfícies dos minerais de interesse com outros minerais secundários finamente distribuídos. Os resultados das médias das análises granulométricas, com e sem "escrubagem", assim como a distribuição de nióbio por fração, para o material "escrubado", encontram-se na tabela I.

A análise química da "Head Sample" revelou teores de: 2,2% Nb, 2,52% Ti, 1,06% P, 1,46% Ce e 50,8% Fe.

Com a "escrubagem" houve realmente uma "limpeza" das frações grosseiras, que pôde ser constatada tanto sob o aspecto visual como sob o aspecto quantitativo, haja visto que, com esta operação, houve ligeiras reduções nas percentagens retidas simples dessas frações grosseiras. Em contra-partida, nas frações mais finas, principalmente a -400 malhas, houve substancial aumento das percentagens retidas simples. Pela distribuição de nióbio por fração granulométrica, percebe-se estreitas

MALHA	SEM ESCRUBAGEM			COM ESCRUBAGEM				
	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE ACUMULADA	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE ACUMULADA	TEOR Nb %	DISTRIBUIÇÃO Nb %
+10	7,03	7,03	92,97	5,90	5,90	94,10	1,90	5,13
+14	26,24	33,27	66,73	25,80	31,70	68,30	1,90	22,43
+20	13,80	47,07	52,93	11,45	43,15	56,85	2,00	10,48
+28	13,56	60,63	39,37	12,80	55,95	44,05	2,00	11,71
+35	7,45	68,08	31,92	6,40	62,35	37,65	2,00	5,85
+48	5,68	73,76	26,24	4,65	67,00	33,00	1,80	3,83
+65	4,42	78,18	21,82	3,75	70,75	29,25	2,10	3,60
+100	4,62	82,80	17,20	3,35	74,10	25,90	2,10	3,22
+150	2,93	85,73	14,27	2,40	76,50	23,50	2,30	2,52
+200	2,33	88,06	11,94	2,00	78,50	21,50	2,50	2,29
+270	1,71	89,77	10,23	1,55	80,05	19,95	2,60	1,84
+325	0,89	90,66	9,34	1,00	81,05	18,95	2,70	1,23
+400	0,73	91,39	8,61	1,55	82,60	17,40	2,80	1,98
-400	8,61	100,00	-	17,40	100,00	-	3,00	23,89
TOTAL	-	-	-	-	-	-	2,19	100,00

Tabela 1 - Caracterização granulométrica do material preparado e do material preparado/escrubado, e caracterização química (nióbio) do material preparado/escrubado

relações das distribuições metálicas com as distribuições em massa (percentagens retidas simples). Pela tabela I, percebe-se que acima de 48 malhas ocorre 67,00% da massa do material preparado, compreendendo 59,43% do nióbio total. Do mesmo modo, a fração -400 malhas compreende 17,40% da massa do material preparado, contendo 23,89% do nióbio total, sendo esta uma parcela de difícil beneficiamento físico. Verifica-se que não é possível a pré-concentração de nióbio por simples classificação, haja visto os resultados apresentados na tabela I.

#### 4.2. - Difração de Raios-X

A amostra média apresentou a difração dos planos referentes aos minerais: hematita, goethita e provavelmente rutilo.

O alto teor de ferro da amostra causa elevação do "background", mascarando a presença de outros minerais em menores teores. Assim, precedeu-se ataque com HCl 1:1, 90°C, de uma alíquota de 5 gramas da "Head Sample" moída a -200 malhas, utilizando 100 ml do ácido e repetindo o ataque por duas vezes com nova solução ácida. O resíduo do ataque representou 10,5% em peso da amostra inicial e a difração de Raios-X indicou a presença de: rutilo, brookita e florencita.

#### 4.3. - Ensaio em Líquidos Densos e Separação Magnética

Uma alíquota de 200 gramas da "head Sample" britada a -10 malhas foi moída a -65 malhas, em moinho de discos de porcelana de modo a não provocar muitos finos. Após esta moagem o material foi quarteado, passando por intermitentes lavagens em tanque de ultra-som, seguido de peneiramento a úmido, de modo a retirar, com maior eficiência, a fração -400 malhas. Obtida a fração -65/400 malhas, que representou 57% do material moído, processou-se os ensaios de afunda-flutua utilizando bromofórmio,  $d = 2,89$  e iodeto de metileno,  $d = 3,32$ :

A fração de densidade menor que 2,89 representou 0,2% do material ensaiado e apresentou basicamente quartzo e alguns grãos de material argiláceo impregnado com óxido de ferro.

A fração intermediária ( $2,89 < d < 3,32$ ) representou 0,1% da amostra processada e constou de carbonato e quartzo com óxido de ferro.

A fração de densidade maior que 3,32, onde quase a totalidade (99,7%) do material se concentrou, foi submetida a separação magnética em separador ISODINAMIC FRANTZ, variando-se o campo magnético induzido. Obteve-se produtos de separação magnética a 0,25 e 0,50 ampères e a tabela 2 abaixo, relaciona suas % em peso.



PRODUTO	% PESO
Magnético 0,25A	4,8
Magnético 0,50A	44,2
Não Magnético 0,50A	51,0

Tabela 2 - Percentagem peso dos produtos de separação magnética da fração  $d > 3,32$ .

A difração de Raios-X destes produtos de separação magnética revelou um ligeiro aumento no teor de rutilo, brookita e florencita no produto não magnético à 0,50 Ampères, quando comparado com a "Head Sample".

#### 4.4. - Espectrografia de Emissão

Inicialmente procedeu-se análise espectrográfica qualitativa da amostra média pulverizada a -325 malhas, onde observou-se como elementos predominantes o Fe e Ti, sendo de teores secundários o Nb, Mn, P e Terras raras.

Para avaliações semi-quantitativas dos elementos de interesse (Nb, Ce e La) foram utilizados os seguintes padrões sintéticos, com matriz de  $Fe_2O_3$  analítico.

PADRÃO	Ce(%)	La(%)	Nb(%)
A	0,1	0,07	0,3
B	0,3	0,1	1
C	1	0,3	3
D	3	1	10

Tabela 3 - Padrões sintéticos confeccionados em matriz de  $Fe_2O_3$  analítico, para avaliação espectrográfica.

As condições instrumentais selecionadas foram as seguintes:

- Espectro de 2ª ordem
- Excitação a 12 Ampère, 30 segundos
- Hartmann de 1 mm

Os resultados obtidos na análise da amostra, média e de vários produtos de análise granulométrica e separação magnética, estão apresentados na tabela 4.

Em todas as amostras analisadas e relacionadas na tabela 4 não se detectou espectrograficamente a presença de Ta, sendo o limite de detecção do método 500 ppm.

AMOSTRA	Ce(%)	La(%)	Nb(%)
Head Sample	0,7	0,3	2
+10 $\mu$	0,7	0,3	2
+100 $\mu$	0,7	0,3	3
-400 $\mu$	0,7	0,3	3
Resíduo ataque HCl 1:1, 90°C	2	0,7	> 10
Magnético 0,25A	0,7	0,2	1
Magnético 0,50A	1	0,3	3
Não Magnético 0,50A	0,7	0,3	7

Tabela 4 - Resultado de avaliação semi-quantitativa por espectrografia de emissão.

#### 4.5. - Ataque Seletivo aos Óxidos de Ferro

De modo a avaliar a possibilidade de ligação do Nb e Terras raras com os óxidos hidratados de ferro, procedeu-se ataque químico seletivo aos óxidos hidratados de ferro. Utilizou-se 80 ml de reagente de TAMM (ácido oxálico 0,1M + oxalato de amônia 0,175M) com adição de 1 grama de ditionito de sódio; 0,25 grama da "Head Sample" moída a -200 malhas, temperatura de 85°C, 5 horas.

Após filtração em Milipore  $0,47 \mu\text{m}$ , a solução foi analisada por absorção atômica (Ti) e espectrografia de emissão (lixívia evaporada), obtendo-se:  $< 0,1\%$  Ce;  $< 0,07\%$  La;  $0,3\%$  Nb,  $5 \text{ ppm}$  Ti.

Desta forma, em uma aproximação preliminar pode-se inferir que o teor de Nb ( $0,3\%$ ), seria referente a parcela ligada aos óxidos hidratados de ferro.

#### 4.6. - Microanálises Eletrônicas

Alguns grãos selecionados em lupa binocular, foram analisados por microscópio eletrônico de varredura com sistema de análise de energia dispersiva de Raios-X. A principal observação obtida refere-se a qualificação de um fosfato de Cério contendo ainda Al e presença de Pb, o que coloca este mineral dentro da série florencita-crandalita. A associação esperada Ti - Nb nesta amostragem não foi observada. Portanto, optou-se por um ataque químico de HCl 1:1 a  $90^\circ\text{C}$  na fração granulométrica -35/48 malhas, de modo a eliminar efetivamente os óxidos de ferro e fornecer como resíduos os óxidos de titânio. Levando-se este resíduo ao microscópio eletrônico, observou-se efetivamente a associação Ti - Fe - Nb podendo inferir semi-quantitativamente que os grãos estudados possuem cerca de  $20\%$  Nb (avaliação grosseira), classificando o mineral como provavelmente um ilmeno-rutilo niobífero e/ou brookita niobífera.

## 5. ENSAIOS DE BENEFICIAMENTO FÍSICO

A caracterização mineralógica mostrou que seria inviável qualquer tentativa de concentração gravimétrica, haja visto não haver diferenças significativas de densidades entre os minerais ocorrentes no material, qualquer que seja a faixa granulométrica.

Diante disso, realizou-se ensaios exploratórios de separação eletromagnética e separação eletrostática, por faixa "bitolada" de granulometria, com o intuito de se verificar melhor a possibilidade desses métodos no beneficiamento físico do material. Os cortes das frações granulométricas foram 20, 65 e 200 malhas, de forma que foram estudadas separadamente as frações +20 malhas, -20/+65 malhas, -65/+200 malhas e -200 malhas. A fim de evitar qualquer dúvida quanto à susceptibilidade das superfícies minerais nas separações eletromagnéticas e eletrostáticas, foram processados por fração "bitolada" de granulometria o material tal qual foi produzido na preparação, e este mesmo material após uma "escrubagem" realizada no próprio moinho de laboratório, com 2 (duas) barras, 50% de sólidos, durante 5 minutos. A separação eletromagnética foi conduzida à alta intensidade de campo, utilizando para isso o separador eletromagnético RAPID, fixando o campo em 10.000 gauss, sendo a grelha empregada função da granulometria, e a intensidade de corrente função do campo eletromagnético. Na separação eletrostática foi utilizado o separador CARPCO, fixando todas as variáveis dentro das condições "standard" do aparelho, apenas a voltagem, fixada em 30.000 volts, e a rotação do rolo, fixada em 100 rpm, fora dessas especificações consideradas padrão para este tipo de aparelho.

Tanto nas separações eletromagnéticas como nas separações eletrostáticas, as frações +20 malhas e -200 malhas não apresentaram eficiências satisfatórias em termos de distribuição em massa, razão pela qual não foram analisadas quimicamente. As separações na fração +20 malhas mostraram-se pouco eficientes, provavelmente pela não liberação dos minerais, e para as separações da fração -200 malhas provavelmente pelo seu comportamento aleatório durante as separações, certamente devido à grande quantidade de lama coloidal originada dos óxidos de ferro. Pretende-se, futuramente, realizar estas separações com todo material preparado abaixo de 20 malhas, também por fração "bitolada" de granulometria, e deslamado a fração -200 malhas a fim de isentá-la dos finos ocorrentes.

Pelas análises semi-quantitativas, realizadas por espectrografia de emissão, não se constatou também nenhuma tendência de distribuição do nióbio e das Terras raras para as separações eletromagnéticas e eletrostáticas para as frações -20/+65 malhas e -65/+200 malhas, tornando pouco provável a viabilidade técnica desses tipos de beneficiamento físicos.

Pretende-se também testar processos de flotação, como última alternativa de beneficiamento físico, embora, "a priori", já se possa prever seu pouco sucesso, tendo em vista a grande quantidade de óxidos de ferro secundários ocorrentes neste material.

## 6. CONCLUSÕES PARCIAIS E RECOMENDAÇÕES

1 - É pouco provável a viabilidade técnica de obtenção de um concentrado ou pré-concentrado por beneficiamento físico convencional, haja visto os resultados obtidos na caracterização mineralógica, e as observações qualitativas e semi-quantitativas dos ensaios preliminares realizados;

2 - Diante disso, é proposto uma rota para o aproveitamento do depósito de Uaupés, esquematizado no fluxograma 2, embora ainda careça de constatação técnico-econômica. Esta poderá ser a linha tecnológica futura a ser seguida pelo CETEM, embora ainda se pretenda explorar melhor os ensaios de separações eletromagnéticas, eletrostáticas e flotação, baseadas na evolução dos estudos de caracterização mineralógica, apresentando os resultados obtidos de maneira basicamente quantitativa;

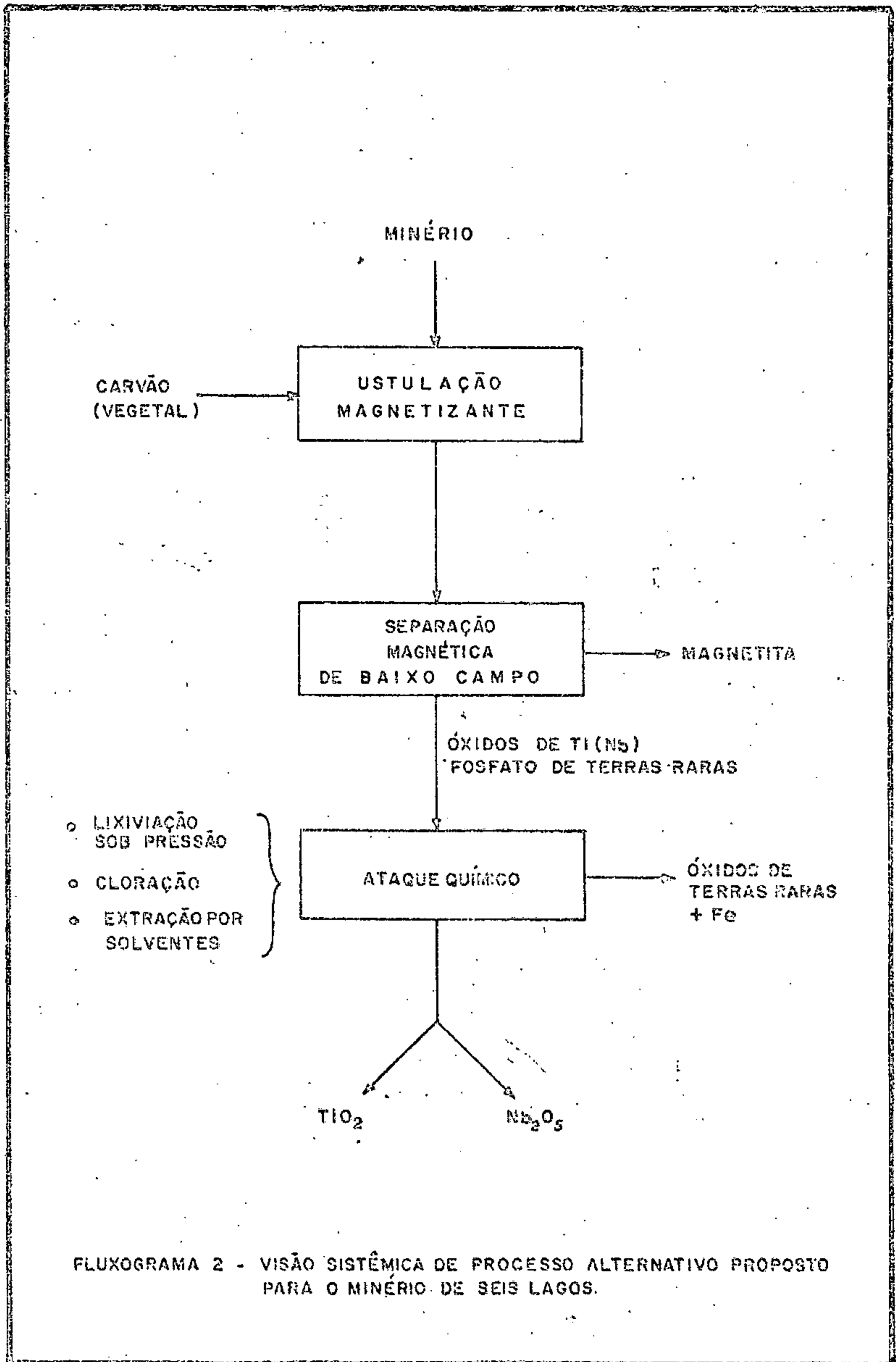
3 - Pela semelhança de raios iônicos do  $Nb^{+5}$  e  $Ti^{+4}$ , a substituição do Ti pelo Nb na estrutura do rutilo (e talvez da brookita) é contrabalanceada (em carga) pela presença do  $Fe^{+2}$ , dando origem a um ilmeno-rutilo niobífero. Assim as propriedades magnéticas deste mineral são extremamente variáveis, podendo ainda ocorrer no próprio jazimento variedades de ilmeno-rutilo niobífero cujas susceptibilidades magnéticas são distintas. No caso da ocorrência de Uaupés, pode-se notar um comportamento anômalo do rutilo na separação magnética (FRANTZ), isto é, o rutilo foi detectado por difração de Raios-X em todos os produtos: magnético 0,25A, magnético 0,5A e não magnético 0,5A.

Dois fatores devem ser levados em conta: 1ª) ou o ilmeno-rutilo não está liberado na fração estudada -65/+400 malhas ou 2ª) existem variedades composicionais de ilmeno-rutilo no material. O estudo preliminar de microanálise eletrônica, mostrou que este último fato pode ser, verdade, uma vez que a relação Fe - Ti - Nb variava muito de grão para grão.

É aceitável teores de 46% de  $(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_5$  no ilmeno-rutilo (Parfenoff, A et alli, "Les Minéraux en grains", Masson et Cie, 1970 p. 492). Se levarmos em conta os teores de 2,2% Nb e 2,52% Ti analisados na "Head Sample" do Uaupés, podemos dizer, numa primeira aproximação, que o teor de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  nos óxidos de titânio estaria em torno de 45%, o que significa que seria o valor máximo de  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  previsto para um concentrado de rutilo/brookita, se houvesse um processo de beneficiamento ideal.

Na etapa de caracterização mineralógica preten<sub>de</sub>-se dar andamento às microanálises e elaborar um processo de determinação indireta do grau de liberação dos óxidos de titânio, uma vez que a microscopia ótica é drasticamente prejudicada pela ganga ferrífera.





FLUXOGRAMA 2 - VISÃO SISTÊMICA DE PROCESSO ALTERNATIVO PROPOSTO PARA O MINÉRIO DE SEIS LAGOS.

Relatório Elaborado por:

- Leonardo Aparício da Silva
- Luiz Fernando Carvalho
- Marcello Mariz da Veiga

Trabalho Experimental por:

- Leonardo Aparício da Silva (Beneficiamento)
- Luis Fernando Carvalho (Espectrografia)
- Luiz Fernando dos S. Lima Ramos (Preparação e ensaios de beneficiamento)
- Luiz Roberto V. Pietroluongo (Difração e ataques químicos)
- Marcello Mariz da Veiga (Caracterização mineralógica)
- Pedro Aurélio C. Cordeiro (Microanálise)

Supervisão : Adão Benvindo da Luz

Superintendente do CETEM  
Roberto C. Villas Bôas

Departamento de Processos  
José Farias de Oliveira

Divisão de Tratamento de Minérios  
Adão Benvindo da Luz



DECON/DIECON

SUREG/NA

PROJETO UAUPÉS

Estudo das Possibilidades Eco  
nômicas do Zinco e das Terras  
Raras da Área do Empreendimen-  
to Visando à Definição da Via  
bilidade da Pesquisa.

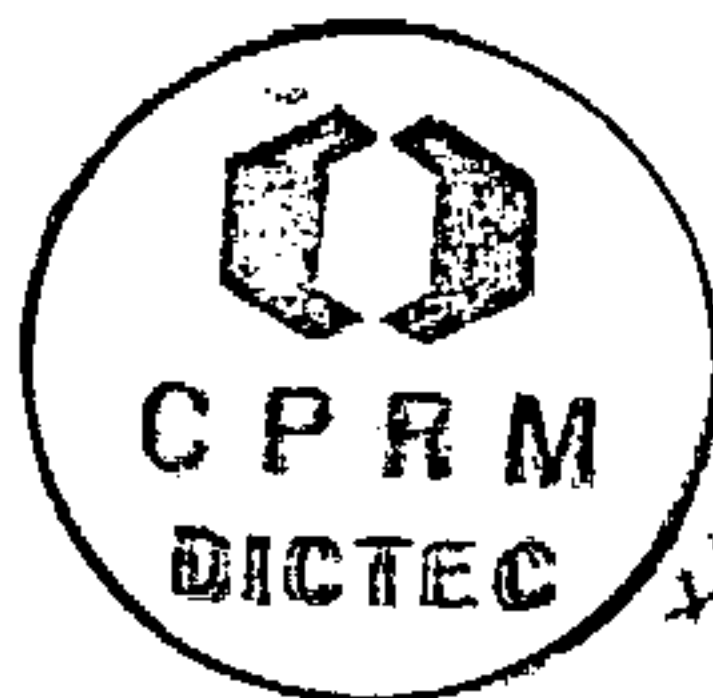
DEZEMBRO DE 1977



DECON/DIECON

PROJETO UAUPÉS

POSSIBILIDADES ECONÔMICAS DO ZINCO E DAS TERRAS  
RARAS DA ÁREA DO EMPREENDIMENTO, VISANDO  
À DEFINIÇÃO DA VIABILIDADE DA PESQUISA



DEZEMBRO/1977

ÍNDICE DA MATÉRIA

Pág.

I	- OBJETIVO	01
II	- ANTECEDENTES	01
III	- A ECONOMIA DO ZINCO	02
1	- <u>CARACTERIZAÇÃO DO MINERAL</u>	02
2	- <u>APLICAÇÕES</u>	02
3	- <u>RESERVAS</u>	04
3.1	- CARACTERIZAÇÃO DAS RESERVAS	04
3.2	- RESERVAS MUNDIAIS	04
3.3	- RESERVAS NACIONAIS	06
4	- <u>MERCADO INTERNACIONAL</u>	08
4.1	- EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO	08
4.1.1	- <u>Produção de Minério e Concentrado</u>	08
4.1.2	- <u>Produção de Zinco Refinado</u>	10
4.2	- EVOLUÇÃO DO CONSUMO	12
5	- <u>MERCADO NACIONAL</u>	15
5.1	- PRODUÇÃO	15
5.2	- IMPORTAÇÃO	18
5.3	- CONSUMO INTERNO	21
6	- <u>PROJEÇÕES</u>	23
6.1	- PROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA	23
6.2	- PROJEÇÃO DA DEMANDA	24
7	- <u>BALANÇO OFERTA-DEMANDA</u>	25

	Pág.
IV - A ECONOMIA DAS TERRAS RARAS	26
1 - <u>CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MINERAL</u>	26
2 - <u>CAMPOS DE APLICAÇÃO</u>	27
3 - <u>FATORES INSTITUCIONAIS</u>	29
4 - <u>RESERVAS</u>	30
4.1 - RESERVAS MUNDIAIS	30
4.2 - RESERVAS NACIONAIS	31
5 - <u>MERCADO INTERNACIONAL</u>	32
5.1 - GENERALIDADES	32
5.2 - PRODUÇÃO, CONSUMO E COMÉRCIO MUNDIAIS	33
6 - <u>MERCADO BRASILEIRO</u>	35
6.1 - PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS	35
6.2 - PRODUÇÃO DE TERRAS RARAS	37
6.3 - CONSUMO INTERNO	38
6.4 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CONSUMO	39
7 - <u>PROJEÇÕES</u>	41
V - LOCALIZAÇÃO, VIAS DE ACESSO E ASPECTOS SÓCIO - ECONÔMICOS	42
1 - <u>LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO</u>	42
2 - <u>ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS</u>	43
VI - PARECER SOBRE A PESQUISA	43

ÍNDICE DOS QUADROS, MAPAS E FIGURA

Pág.

<u>QUADRO I</u>	- RESERVAS MUNDIAIS DE ZINCO	05
<u>QUADRO II</u>	- RESERVAS BRASILEIRAS DE ZINCO - 1975	07
<u>QUADRO III</u>	- PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE ZINCO E CONCENTRADO	09
<u>QUADRO IV</u>	- PRODUÇÃO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO	11
<u>QUADRO V</u>	- CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO NO PERÍODO 1970-1974	13
<u>QUADRO VI</u>	- DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO - ANO 1974	14
<u>QUADRO VII</u>	- PRODUÇÃO BRASILEIRA DE MINÉRIO E CONCEN- TRADO DE ZINCO	16
<u>QUADRO VIII</u>	- PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ZINCO METÁLICO	17
<u>QUADRO IX</u>	- IMPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ZINCO METÁLICO	18
<u>QUADRO X</u>	- IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE ZINCO E SUAS LIGAS - POR PAÍS DE ORIGEM - ANOS 1966 - 1974	20
<u>QUADRO XI</u>	- CONSUMO INTERNO APARENTE DE ZINCO	21
<u>QUADRO XII</u>	- PROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ZINCO METÁLICO	23
<u>QUADRO XIII</u>	- PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ZINCO METÁLICO	24
<u>QUADRO XIV</u>	- BALANÇO OFERTA-DEMANDA DE ZINCO METÁLICO	25
<u>QUADRO XV</u>	- RESERVAS MUNDIAIS DE TERRAS RARAS	30
<u>QUADRO XVI</u>	- RESERVAS BRASILEIRAS DE TERRAS RARAS	31

<u>QUADRO XVII</u>	- OFERTA MUNDIAL DE TERRAS RARAS	33
<u>QUADRO XVIII</u>	- CONSUMO MUNDIAL DE TERRAS RARAS - <u>DISTRIBUIÇÃO</u> SETORIAL	34
<u>QUADRO XIX</u>	- PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CONCENTRADO DE MONAZITA	36
<u>QUADRO XX</u>	- PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CLORETO DE TERRAS RARAS	38
<u>QUADRO XXI</u>	- CONSUMO INTERNO APARENTE DE TERRAS RARAS	39
<u>QUADRO XXII</u>	- CAPACIDADE INSTALADA ATUAL DAS EMPRESAS PRODUTORAS DE MISCHMETAL	40
<u>QUADRO XXIII</u>	- BRASIL - ESTIMATIVA DA DEMANDA DE TERRAS RARAS PELA INDÚSTRIA DE MISCHMETAL	41
<u>MAPA I</u>	- ESTADO DO AMAZONAS - INFRA-ESTRUTURA VIÁRIA	44



## I - OBJETIVO

O presente estudo visa avaliar, de maneira sucinta, as condições atuais e futuras dos mercados brasileiros de zinco e de terras raras, fornecendo elementos para a decisão da Empresa quanto ao interesse, do ponto-de-vista econômico, em investir recursos na tentativa de identificar novas jazidas desses minerais no País, particularmente nas áreas que integram o Projeto Uaupés.

## II - ANTECEDENTES

Segundo o relatório apresentado pela SUREG/MA, as áreas pretendidas apresentam ocorrências significativas de uma série de substâncias minerais, tais como nióbio, terras raras (cério, ítrio, lantânio, etc), vanádio, urânio, titânio e alguns metais básicos associados, como o ferro, o manganês, o cobre e o zinco.

Foram requeridas, para a pesquisa dos citados minerais, áreas que se estendem por uma superfície de 160.000 ha, as quais estão situadas no Município de São Gabriel da Cachoeira, região do Alto Rio Negro, no Estado do Amazonas.

Fundamentada no item 3.15.1 da Norma 009/PR, aquela Superintendência sugeriu a dispensa da prospecção preliminar e a efetivação dos trabalhos de pesquisa.

Muito embora o empreendimento em apreço se refira a um grande número de substâncias minerais, o presente estudo dará ênfase às perspectivas dos mercados de zinco e de terras raras, em função das quais será estudada a viabilidade econômica do Projeto.

Finalmente, deve-se ressaltar que o custo dos trabalhos de pesquisa foi orçado em Cr\$ 49.000.000,00 (quarenta e nove milhões de cruzeiros), vinculados a um cronograma físico-financeiros de 24 (vinte e quatro) meses. Esses trabalhos serão desenvol-



vidos em 3 (três) etapas, ficando a execução da segunda e da terceira na dependência dos resultados que vierem a ser obtidos nas fases respectivamente antecedentes.

### III - A ECONOMIA DO ZINCO

#### 1 - CARACTERIZAÇÃO DO MINERAL

O zinco (Zn) é um dos principais metais do grupo dos não-ferrosos. Suas principais propriedades físico-químicas são: maleabilidade, baixo ponto de fusão, resistência à corrosão em temperaturas normais e facilidade de combinação com outros elementos.

Dada sua alta resistência à corrosão, é amplamente utilizado no revestimento de estruturas metálicas, tanto sob a forma de ligas, como sob a forma de compostos químicos (tintas e pigmentos).

Raramente é encontrado em estado natural, ocorrendo geralmente associado com outros elementos. Seu principal minério é o sulfeto blenda ou esfalerita, que, comumente, ocorre com a calamina, minerais de chumbo e sulfetos de ferro, e, em menor proporção, com sulfetos de cobre e minerais de ouro e prata. Os depósitos de sulfetos são encontrados com maior frequência do que os de silicatos, mas o minério de zinco nacional é do tipo silicatado.

#### 2 - APLICAÇÕES

Devido às características mencionadas no tópico anterior, o zinco tem uma infinidade de aplicações, dentre as quais devem ser destacadas as seguintes:

a) Galvanização - Constitui a mais antiga e importante utilização do zinco. Os revestimentos protetores à base de zinco são amplamente utilizados em estruturas de aço para construção civil, já que impedem a formação de fraturas no concreto devido à



corrosão do aço de armação. A galvanização é feita, ainda, em parafusos, porcas, chapas, arames e tubos.

b) Ligas de zinco para fundição - As ligas de zinco para fundição sob pressão, comercialmente conhecidas como "ZAMAK", são utilizadas na produção de peças que devem apresentar bom acabamento, ótima resistência à corrosão e grande precisão dimensional, o que faz com que sejam amplamente demandadas pelas indústrias automobilística, de eletrodomésticos e de brinquedos.

c) Ligas de zinco e cobre - O produto principal a ser considerado é o latão, utilizado na confecção de tubulações, componentes elétricos e inúmeras outras peças. O teor médio contido na liga pode ser estimado em 40%, devendo-se considerar que 50% da matéria prima para a fabricação do latão provém de sucata do latão.

O zinco sob a forma de ligas com o cobre, assim como o latão e o bronze, é utilizado na fabricação de armas, munições e metais antifricção, o que o torna de interesse para a indústria de armamentos.

d) Pigmentos e Sais - O óxido de zinco participa da composição das tintas como anti-corrosivo e anti-mofo, da produção de cosméticos, cimentos dentais, esmaltes para cerâmica e produtos farmacêuticos.

O litopônio, pigmento branco constituído de sulfeto de zinco e sulfato de bário, é empregado em linóleos, plásticos, couros e tintas de impressão.

e) Outras aplicações - Além dos usos descritos, o zinco é empregado na produção de baterias secas (pilhas) e na proteção catódica do aço ou ferro nas partes submersas de embarcações e ancoradouros.



No Brasil, as indústrias de galvanização e de pigmentos e sais são responsáveis por cerca de 65% do consumo de zinco.

### 3 - RESERVAS

#### 3.1 - CARACTERIZAÇÃO DAS RESERVAS

O zinco existente na crosta terrestre se apresenta com uma frequência média de 65 p.p.m (partes por milhão), o que lhe confere uma abundância superior à maioria dos metais.

Apesar desta abundância, é característica a associação dos minérios de zinco com os de outros metais, cuja presença, muitas vezes, determina a economicidade de sua exploração, sendo a atualmente desaconselhável a extração de minérios com teores abaixo de 4% de Zn.

#### 3.2 - RESERVAS MUNDIAIS

De acordo com os dados do "Stanford Research Institute", as reservas mundiais de zinco, em termos de metal contido, alcançavam, em 1974, cerca de 274 milhões de toneladas, distribuídas geograficamente conforme mostra o Quadro I a seguir.

(V. Quadro I na pág. seguinte)

QUADRO I
RESERVAS MUNDIAIS DE ZINCO

 Unidade: 10<sup>6</sup> t de Zn

PAÍS/ÁREA	RESERVAS
AMÉRICA DO NORTE	
Estados Unidos	45,0
Canadá	<u>35,0</u>
Subtotal	80,0
EUROPA OCIDENTAL	
	45,0
ÁSIA	
Japão	5,0
Outros	<u>32,0</u>
Subtotal	37,0
PAÍSES ECONOMIA CENTRALIZADA	
China Popular	5,0
URSS	18,5
Outros	<u>13,2</u>
Subtotal	36,7
OCEANIA	
Austrália	28,7
Outros	<u>0,3</u>
Subtotal	29,0
ÁFRICA	
África do Sul	10,6
Outros	<u>13,5</u>
Subtotal	24,1
AMÉRICA LATINA	
México	6,0
Outros	<u>16,0</u>
Subtotal	22,0
TOTAL MUNDIAL	<u>273,8</u>

 Fonte: Stanford Research Institute - World Minerals Availability -  
 abril 1974



Pela observação do quadro em análise verifica-se que os Estados Unidos, o Canadá, a Austrália e a URSS, em conjunto, participam com mais de 46% do total das reservas mundiais.

### 3.3 - RESERVAS NACIONAIS

As reservas brasileiras de zinco, conhecidas até o presente, estão situadas nos estados de Minas Gerais e Bahia.

Em Minas Gerais, o zinco se apresenta sob a forma silicada, no município de Vazante; sulfetado, no município de Paracatu, e nas duas formas no município de Itacarambi.

A maior reserva conhecida se localiza no município de Vazante, onde o zinco se apresenta em associação com o cádmio e, em proporções mínimas, com o cobre e o chumbo, sendo, no momento, a única jazida em exploração no País.

Em Paracatu, uma jazida recentemente descoberta revelou a existência do zinco associado ao chumbo, cádmio e à pirita.

A prata e o vanádio são os principais associados do zinco no município de Itacarambi, sendo esta a única ocorrência conhecida de vanádio no Brasil.

As reservas da Bahia referem-se ao minério de zinco associado ao minério de chumbo da mina de Boquira.

A avaliação mais recente das reservas brasileiras de zinco é mostrada no Quadro II, a seguir, que inclui as reservas de Paracatu, ainda não oficializadas pelo DNPM.

Conjugando-se os totais apresentados nos Quadros I e II, verifica-se que o Brasil participa modestamente no contexto mundial, com menos de 1,0% das disponibilidades mundiais deste mineral.

QUADRO II

RESERVAS BRASILEIRAS DE ZINCO - 1975

ESTADO/MUNICÍPIO/EMPRESA	M E D I D A			I N D I C A D A			I N F E R I D A		
	MINÉRIO 10 <sup>3</sup> t	TEOR %	METAL 10 <sup>3</sup> t	MINÉRIO 10 <sup>3</sup> t	TEOR %	METAL 10 <sup>3</sup> t	MINÉRIO 10 <sup>3</sup> t	TEOR %	METAL 10 <sup>3</sup> t
Minas Gerais/Vazante/C.M.M. (Votorantim)	5.692,0	15,9	905,0	2.308,0	15,9	367,0	2.308,0	15,9	367,0
Minas Gerais/Vazante/Ingá	725,0	14,0	101,5	-	-	-	115,0	30,0	34,5
Minas Gerais/Itacarambi/Atalla	115,0	18,0	20,7	-	-	-	-	-	-
Minas Gerais/Paracatu/Metamig	8.298,0	5,2	432,9	4.296,0	4,8	236,4	1.379,0	4,8	66,2
Bahia/Boquira/COBRAC	670,5	2,1	13,4	466,5	2,7	13,0	148,9	2,9	4,3
TOTAL	15.500,5	9,5	1.473,5	7.713,5	8,0	617,8	3.950,9	12,0	472,0

Ponte: CONSIDER - DNPM



Deve-se ressaltar que estudos realizados sobre os problemas do zinco no País - apresentados no 2º Simpósio Sobre Minérios de Metais Não Ferrosos, em junho de 1975 - deram ênfase ao insuficiente conhecimento das reservas nacionais, revelando que, se mantidos os atuais níveis de extração, as reservas conhecidas seriam suficientes para suprir o mercado por um período de apenas 7 anos.

Embora a situação atual das reservas do País possa ser qualificada como crítica, as numerosas ocorrências detectadas no território nacional podem alterar o quadro delineado. Assim, é de se notar o recente descobrimento de sulfetos de zinco e chumbo na região de Morro Agudo, Município de Paracatu, no oeste do Estado de Minas Gerais, pela METAMIG, indicando novas reservas com volumes iniciais da ordem de 15 a 20 milhões de toneladas de minérios de zinco e de chumbo, com teores de cerca de 6% de Zn e 2% de Pb.

#### 4 - MERCADO INTERNACIONAL

##### 4.1 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO

##### 4.1.1 - Produção de Minério e Concentrado

A produção mundial de minério de zinco, apesar de uma relativa diversificação das reservas, revela uma acentuada concentração geográfica, tal como evidenciam os dados constantes no Quadro III, onde se relacionam, pela ordem de importância, os países produtores mais representativos (com produção anual acima de 50.000 t).

Da observação deste quadro depreende-se que apenas quatro países - Canadá, URSS, Estados Unidos e Austrália - são responsáveis por 51% do total da produção mundial.



QUADRO III
PRODUÇÃO MUNDIAL DE MINÉRIO DE ZINCO E CONCENTRADO

Unidade: 10<sup>3</sup>t de Zn contido

	1970	1971	1972	1973	1974
Canadá	1.253,1	1.270,3	1.271,6	1.350,4	1.206,9
URSS	700,0	750,0	800,0	900,0	950,0
Estados Unidos	532,5	501,0	476,8	477,4	498,3
Austrália	487,2	452,6	507,1	480,5	457,1
Peru	329,0	311,4	320,0	412,0	397,2
México	263,0	261,2	271,8	271,4	262,7
Japão	279,7	294,4	281,1	264,0	240,8
Polônia	241,2	236,4	222,4	210,0	200,0
Coréia do Norte	130,0	140,0	150,0	160,0	162,0
Alemanha Ocidental	160,8	164,9	151,7	151,9	144,5
China Popular	100,0	110,0	110,0	110,0	130,0
Suécia	89,0	95,6	109,8	114,8	113,7
Iugoslávia	78,0	76,8	74,3	97,4	94,7
Espanha	95,5	92,0	89,0	94,0	93,6
Groenlândia	-	-	-	27,2	88,5
Zaire	104,0	109,0	100,0	88,0	81,3
Zâmbia	65,8	68,9	70,5	73,2	80,5
Bulgária	76,4	80,0	80,0	80,0	80,0
Itália	110,7	106,0	102,6	78,6	77,6
Irlanda	108,4	87,5	95,0	64,1	66,3
Finlândia	62,7	50,9	49,9	58,6	59,3
Rumênia	48,0	50,0	55,0	60,0	60,0
Outros	381,9	393,0	451,9	480,3	552,4
T O T A L	5.696,9	5.701,9	5.840,5	6.103,8	6.097,4

Fonte: World Metal Statistics - Agosto 1976

Observa-se, ainda, que a evolução da produção mundial de minério de zinco tem sido lenta, correspondendo a uma taxa geométrica média anual de crescimento da ordem de 1,6% no período 1970/74.

Nesta evolução, o comportamento individual dos diferentes países tem sido divergente. Não obstante, pode-se constatar que houve um declínio generalizado, a partir de 1970, para os países de economia de mercado (dos quais se excluem apenas o Peru, a Suécia e Zâmbia), frente a um crescimento da ordem de 5% nos países de economia centralizada.

#### 4.1.2 - Produção de Zinco Refinado

O zinco refinado é o produto final do processamento metalúrgico dos concentrados de zinco. Este beneficiamento pode ser levado a efeito por via seca ou via úmida.

Por via seca, na qual se incluem quatro tipos de processos específicos, a matéria-prima utilizada é o óxido de zinco, o que torna necessária a sinterização dos concentrados.

Por via úmida, ou processo eletrolítico, esta fase prévia é eliminada, sendo que, atualmente, mais de 70% da produção mundial é obtida através deste processo, observando-se uma tendência ao crescimento de sua utilização.

O Quadro IV, a seguir apresentado, registra os dados referentes à produção mundial do produto refinado no período 1970/74.

(Ver Quadro IV na pág. seguinte)

QUADRO IVPRODUÇÃO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO

	Unidade: 10 <sup>3</sup> t de Zn				
	1970	1971	1972	1973	1974
URSS	570,0	635,0	650,0	680,0	980,0
Japão	680,7	719,8	809,0	844,0	850,8
Estados Unidos	866,3	768,7	641,3	570,4	495,5
Canadá	417,9	372,5	476,2	532,6	426,3
Alemanha Ocidental	301,2	262,6	358,7	395,0	400,0
Bélgica	232,6	209,1	255,6	277,7	288,8
Austrália	263,9	265,7	303,7	306,4	283,8
França	223,7	218,7	261,5	259,4	276,7
Polônia	209,0	220,1	228,3	224,0	233,0
Itália	142,1	138,9	155,9	182,0	196,4
México	80,7	83,4	83,8	67,2	133,4
Espanha	88,2	85,7	99,7	106,4	130,0
China Popular	100,0	110,0	120,0	120,0	130,0
Coreia do Norte	90,0	100,0	120,0	130,0	130,0
Finlândia	55,8	63,7	81,1	80,7	91,8
Iugoslávia	61,1	45,5	48,7	55,3	86,4
Reino Unido	146,6	116,5	73,8	83,8	84,4
Bulgária	76,1	76,4	80,0	80,0	80,0
Holanda	-	-	-	-	78,2
Noruega	-	-	-	-	72,4
Romênia	-	-	-	-	70,0
Peru	71,0	57,4	67,5	67,1	69,1
Zaire	64,0	63,0	67,0	68,0	68,7
África do Sul	36,9	43,4	47,2	53,1	65,4
Zâmbia	54,3	57,1	56,2	53,4	58,3
Outros	264,5	278,0	301,3	297,5	141,4
T O T A L	5.096,6	4.991,2	5.386,5	5.534,0	5.920,8

Fonte: World Metal Statistics - Agosto/1976

Nota-se, a partir da observação do quadro em análise, que, exceção feita aos Estados Unidos, os demais países citados como importantes produtores do minério têm uma diferente ordenação em termos de produção de metal. Isto se deve, por um lado, à existência de um significativo fluxo de comércio de minério e, por outro, à produção secundária, fatos que permitem a inclusão de países como o Japão e a Alemanha Ocidental entre os principais ofertantes do metal.

Do mesmo modo que a produção de minério, a produção de zinco metálico experimentou um crescimento moderado, tendo evoluído a uma taxa geométrica de 4,1% a.a. no período de 1970/74.

Nesta evolução, destacam-se a Rússia e o México com taxas de crescimento de 14,5% e 13,4% a.a., respectivamente enquanto que os Estados Unidos e o Reino Unido têm apresentado declínio acentuado na produção de zinco metálico.

#### 4.2 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO

Similarmente ao que ocorre com a produção, o consumo mundial de zinco refinado tem aumentado de forma pouco significativa.

O Quadro V, exposto a seguir, registra a evolução do consumo mundial, por países, no período 1970/74, podendo-se observar que o mesmo experimentou um crescimento geométrico de 4,2% a.a. traduzindo-se em um incremento de 18% durante o período em apreço.

Observa-se, também, que dos cinco maiores produtores de zinco refinado, quatro são igualmente os maiores consumidores, os quais apresentam elevado grau de industrialização.

## QUADRO V

## CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO NO PERÍODO 1970-1974

Unidade: 10<sup>3</sup> t

P A Í S E S	1970	1971	1972	1973	1974
Estados Unidos .....	1.074.3	1.163.9	1.285.7	1.363.9	1.167.4
URSS .....	680.0	700.0	760.0	840.0	880.0
Japão .....	623.1	624.1	708.3	814.9	678.5
Alemanha Ocidental .....	395.7	387.5	413.1	438.2	389.1
França .....	220.2	225.4	264.1	290.4	306.1
Reino Unido .....	277.8	273.7	279.3	305.4	268.5
Itália .....	178.0	170.0	203.0	220.0	202.0
China Popular .....	150.0	170.0	170.0	190.0	200.0
Bélgica .....	127.5	130.9	139.2	180.1	194.9
Polônia .....	124.4	140.3	140.0	148.7	160.0
Canadá .....	110.1	114.5	136.3	153.3	141.4
Espanha .....	83.7	93.8	101.0	111.6	129.1
Austrália .....	114.7	108.9	114.1	112.5	120.6
Brasil .....	66.5	66.9	74.4	104.2	93.4
Índia .....	83.8	90.0	102.8	77.9	77.5
Iugoslávia .....	51.4	53.5	51.7	62.5	73.2
África do Sul .....	54.9	53.9	51.0	62.1	69.5
México .....	47.8	42.4	48.8	61.0	59.5
Tchecoslováquia .....	45.0	45.0	55.0	55.0	60.0
Alemanha Oriental .....	60.0	60.0	60.0	64.0	60.0
Outros .....	482.8	457.6	551.6	627.3	635.0
PAÍSES DE ECONOMIA DE MERCADO ...	3.897.1	3.953.1	4.415.2	4.862.4	4.477.1
PAÍSES ECONOMIA CENTRALIZADA .....	1.158.8	1.219.2	1.294.2	1.420.6	1.488.6
T O T A L .....	5.055.9	5.172.3	5.709.4	6.283.0	5.965.7

Fonte: World Metal Statistics - Agosto/1976





CPRM 14.

A análise dos dados anteriores através de uma tabela de distribuição de frequência, como a representada no Quadro VI, revela que apenas três países - Estados Unidos, Rússia e Japão - apresentam consumos superiores a 500 mil toneladas, respondendo, em conjunto, por 45,7% do total mundial.

QUADRO VI

DISTRIBUIÇÃO DO CONSUMO MUNDIAL DE ZINCO METÁLICO

ANO 1974

CLASSES (t/ano)	PAÍSES	QUANTIDADE CONSUMIDA (10 <sup>3</sup> t)	% SIMPLES		% ACUMULADA	
			PAÍSES	QUANTIDADE CONSUMIDA	PAÍSES	QUANTIDADE CONSUMIDA
Menos de 50.000	30	635,0	60,0	10,6	60,0	10,6
50.000-100.000	7	493,1	14,0	8,3	74,0	18,9
100.000-200.000	5	746,0	10,0	12,5	84,0	31,4
200.000-500.000	5	1.365,7	10,0	22,9	94,0	54,3
Mais de 500.000	3	2.725,9	6,0	45,7	100,0	100,0
T O T A L	50	5.965,7	100,0	100,0	-	-

Fonte dos dados básicos: Quadro V

Cinco países - Alemanha Ocidental, França, Reino Unido, Itália e China Popular - estão incluídos no intervalo de 200 a 500 mil toneladas de consumo, participando com 22,9% do total; completando a lista dos países com consumos superiores a 100 mil toneladas, incluem-se a Bélgica, a Polônia, o Canadá, a Espanha e a Austrália, os quais são responsáveis por 12,5% do total consumido no ano de 1974.

No conjunto, os treze países citados representam mais de 80% do consumo mundial de zinco, estando o restante distribuído entre 37 países, dentre os quais o Brasil, com cerca de 93 mil toneladas, assume o primeiro lugar.



Em 1973, o mercado de zinco caracterizou-se por uma insuficiência da oferta, com as usinas em operação produzindo a plena capacidade, mas ainda assim em bases insuficientes para atender à demanda verificada naquele ano. Tal situação acarretou altas consideráveis nos preços e a demanda pode ser atendida graças à liberação de estoques.

Em 1974, entretanto, o panorama apresentou-se bem modificado, como resultado da recessão econômica mundial que refletiu-se, de um modo especial, na desaceleração do ritmo de atividade das indústrias de construção civil, siderúrgica e automobilística, os maiores consumidores de zinco. Naquele ano, o crescimento gradativo do consumo foi interrompido e, com relação ao ano anterior, verificou-se uma queda da ordem de 5,3%, situação que, segundo as indicações disponíveis, parece ter persistido no ano de 1975.

## 5 - MERCADO NACIONAL

### 5.1 - PRODUÇÃO

A produção de zinco no Brasil se concentra em duas únicas empresas, as quais operam os processos de lavra, concentração e refino do minério, num sistema verticalmente integrado.

A totalidade da produção de minério de zinco no País é proveniente de Vazante (MG), cujas jazidas, pertencentes à Cia. Industrial e Mercantil Ingá e Cia. Mineira de Metais (CMM), foram descobertas no final da década de 50, tendo a produção, de 1960 a 1974, evoluído conforme dados do Quadro VII.

A natureza silicatada do minério de Vazante retardou bastante a implantação da indústria nacional do zinco, por envolver uma variação da tecnologia tradicional que utiliza minério sulfetado. É importante notar que este tipo de minério já havia sido



importado da Bolívia e do Peru, em 1942, na tentativa de se produzir zinco no País; entretanto, o alto custo do metal produzido correu para que a produção fosse interrompida e desenvolvidos investimentos em pesquisa tecnológica com vistas à utilização do minério nacional.

QUADRO VII

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE MINÉRIO  
E CONCENTRADO DE ZINCO

Unidade: t

ANOS	MINÉRIO (1)	CONCENTRADO (2)	Zn CONTIDO
1960	859	347	154
1961	173	70	31
1962	1.889	661	338
1963	326	98	58
1964	445	133	80
1965	3.230	969	577
1966	4.239	1.271	758
1967	5.473	1.642	979
1968	19.988	6.000	3.574
1969	49.963	17.687	8.933
1970	75.007	24.002	13.411
1971	76.269	24.330	13.637
1972	81.352	44.599	14.546
1973	131.666	93.876	23.542
1974	160.543	109.523	28.705

Fonte: DNPM - Anuário Mineral Brasileiro - 1975

(1). teor médio de 17,88% Zn

(2). teor médio de 45% Zn, considerado o período 1960-72

A produção de zinco metálico, que vem se processando no País somente a partir do minério nele encontrado, teve início em dezembro de 1965, quando a Ingá deu início às atividades de sua usina em Itaguaí (RJ), produzindo o metal a partir do minério de Vazante e utilizando um processo hidro-metalúrgico - processo Ingá Radino - cujo rendimento é de 95%. A capacidade de produ





ção instalada, integralmente aproveitada a partir de 1973, é de 10.000 toneladas anuais de zinco eletrolítico.

Em setembro de 1969 a C.M.M., do Grupo Votorantim, iniciou a produção de zinco em sua usina de Barreiro Grande (MG), aproveitando a energia de Três Marias e utilizando o minério de Vazante. A empresa utiliza um processo italiano, denominado "Sciacca-Piacentini", de seu domínio e cujo rendimento metalúrgico é de 80%. A capacidade produtiva inicialmente instalada era de 12.000 toneladas anuais, tendo sido completada em setembro de 1973 a expansão para 25.000 toneladas anuais. No início de suas atividades, aquela empresa operou aquém da sua capacidade, devido, principalmente, à dificuldade de colocação de sua produção em consequência dos estoques acumulados em mãos de importadores tradicionais. Em 1973, no entanto, com a diminuição dos estoques internos, a C.M.M. passou a produzir a plena capacidade.

Entre 1966 - ano de implantação da indústria no País - e 1975, a produção brasileira de zinco metálico evoluiu conforme os dados apresentados no Quadro VIII.

#### QUADRO VIII

#### PRODUÇÃO BRASILEIRA DE ZINCO METÁLICO

ANOS	PRODUÇÃO PRIMÁRIA	PRODUÇÃO SECUNDÁRIA*	Unidade: t
			TOTAL
1966	1.344	2.000	3.344
1967	1.792	2.000	3.792
1968	3.507	2.400	5.907
1969	3.907	3.000	6.907
1970	12.500	3.400	15.900
1971	16.266	3.700	19.966
1972	15.557	3.700	19.257
1973	22.300	5.500	27.800
1974	30.519	5.500	36.019

Fonte: ICZ - Instituto Brasileiro de Informação do Chumbo e Zinco

\* Estimada como 5%, aproximadamente, do consumo.



Além da produção de zinco a partir do minério (produção primária), uma pequena quantidade é produzida a partir da recuperação de sucatas (produção secundária); entretanto, os dados sobre a produção secundária do metal são precários. Em recente trabalho, técnicos da Secretaria de Tecnologia Industrial do MIC estimaram em cerca de 5% do consumo interno a produção de zinco a partir de sucatas, sendo a mesma quase que totalmente utilizada para a fabricação de latão.

## 5.2 - IMPORTAÇÃO

A produção nacional de zinco metálico tem sido insuficiente para atender à demanda interna, criando, conseqüentemente, uma grande dependência do produto de origem externa.

A análise da série histórica das importações de zinco metálico revela uma taxa média de crescimento geométrico de 5,5% a.a. no período 1966/74, configurando-se uma tendência claramente ascendente a partir de 1967, apesar do pequeno declínio no último ano considerado, conforme se pode observar no Quadro IX a seguir.

### QUADRO IX

#### IMPORTAÇÃO BRASILEIRA DE ZINCO METÁLICO

ANOS	TONELADAS	US\$ 10 <sup>3</sup>
1966	41.644	14.404
1967	36.452	11.344
1968	43.121	12.885
1969	55.724	16.990
1970	44.025	14.599
1971	50.687	17.238
1972	54.280	21.943
1973	76.933	43.614
1974	63.838	79.741

Fonte: CACEX - Anuário Mineral Brasileiro - 1975



Por outro lado, verifica-se que, em termos de dispêndio de divisas, o acréscimo foi bastante significativo, traduzindo-se em um incremento médio anual de 24% para o mesmo período. Em 1974, segundo dados do Centro de Informações Econômicas e Fiscais do Ministério da Fazenda o País despendeu recursos da ordem de 80 milhões de dólares com a importação de zinco metálico e suas ligas, sendo a quase totalidade do zinco metálico importado do tipo "Special High Grade".

O Quadro X, exposto na página seguinte, registra as importações brasileiras de zinco no período 1966/74, segundo os países de origem.

(V. Quadro X na pág. seguinte)

QUADRO X

IMPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE ZINCO E SUAS LIGAS

ANOS 1966 - 1974

Unidade: t

ANOS	BÉLGICA	CANADÁ	MÉXICO	PERU	ZAIRE	ESTADOS UNIDOS	ALEMANHA OCIDENTAL	ZÂMBIA	RESTO DO MUNDO	TOTAL
1966	5.379	1.163	7.687	12.372	3.425	871	443	-	10.304	41.644
1967	3.486	1.146	10.722	13.972	4.004	247	206	-	2.669	36.452
1968	2.171	6.678	17.043	9.841	601	31	178	598	5.980	43.121
1969	2.848	10.358	17.721	12.138	3.425	122	31	2.098	6.983	55.724
1970	3.121	5.679	15.209	12.088	1.200	30	15	3.797	2.886	44.025
1971	2.508	8.207	18.658	14.577	2.937	102	130	215	3.353	50.687
1972	4.065	5.081	16.453	20.178	3.874	78	869	1.359	2.323	54.280
1973	12.101	4.644	7.006	26.319	3.832	1.744	3.189	8.168	9.930	76.933
1974	10.419	4.444	6.238	11.439	3.220	12.710	2.238	600	12.530	63.838

Fonte: CACEX, CIEF



CPRM

20.



No quadro em análise, observa-se uma notável diversificação das compras brasileiras no exterior, figurando como principais fornecedores nos últimos anos oito países, dos quais, dentro de uma ampla oscilação, o México, o Peru, a Bélgica e o Canadá destacam-se como os mais importantes e tradicionais.

### 5.3 - CONSUMO INTERNO

O consumo interno de zinco vem aumentando consideravelmente, como resultado do processo do desenvolvimento industrial do País; o ritmo crescente do consumo deve-se ao fato de o metal entrar na elaboração de inúmeros produtos industriais, destacadamente na galvanização de artefatos de ferro e aço. Apesar da participação da produção no consumo interno ter aumentado substancialmente a partir de 1970, continua o Brasil a depender em cerca de 65% do mercado externo para o atendimento de suas necessidades de zinco, conforme se pode observar no Quadro XI.

#### QUADRO XI

#### CONSUMO INTERNO APARENTE DE ZINCO

ANOS	PRODUÇÃO PRIMÁRIA	PRODUÇÃO SECUNDÁRIA*	IMPORTAÇÃO	CONSUMO INTERNO	Unidade: t
					PROD/CONS. %
1966	1.344	2.000	41.644	44.988	7,43
1967	1.792	2.000	36.452	40.244	9,42
1968	3.507	2.400	43.121	49.028	12,05
1969	3.907	3.000	55.724	62.631	11,03
1970	12.500	3.400	44.025	59.925	26,53
1971	16.266	3.700	50.687	70.653	28,26
1972	15.557	3.700	54.280	73.537	26,19
1973	22.300	5.500	76.933	104.733	26,54
1974	30.519	5.500	63.838	99.857	36,07

Fontes: ICZ - NIC - CACEX

\* Estimativa (ver Quadro VIII)



No período em análise, o consumo interno de zinco cresceu a uma taxa média anual de 10,5%, muito superior ao crescimento da demanda mundial no mesmo período (5,5%), tendo apresentado segundo o Instituto Brasileiro de Informação do Chumbo e Zinco a seguinte distribuição setorial:

Galvanização .....	45%
Pigmentos e sais .....	20%
Ligas de zinco (ZAMAK) .....	17%
Ligas de cobre (LATÃO) .....	8%
Chapas .....	3%
Outras .....	7%
TOTAL .....	100%

A área de galvanização é a mais importante consumidora do metal no Brasil. O produto siderúrgico galvanizado apresenta-se na forma de chapas, arames, tubos, perfis e outras, sendo os setores de construção civil e automobilístico os principais consumidores finais. As aplicações de produtos galvanizados foram incrementadas no País a partir de 1973, quando a Cia. Siderúrgica Nacional iniciou a produção de chapas zincadas em linha contínua, cuja capacidade atual corresponde a 150.000 toneladas anuais. Registre-se que desde 1948 a CSN vinha abastecendo o mercado brasileiro de chapas zincadas, sendo a capacidade produtiva anterior de 45.000 toneladas anuais. A oferta adicional da CSN veio atender com suficiência e adequação às necessidades da demanda interna, não só sob o aspecto quantitativo como, também, qualitativo; a crescente penetração do produto em novas faixas do mercado consumidor levou a CSN a fabricá-lo em linha contínua, processo que permite produzir chapas zincadas com camada de zinco fortemente aderente, a ponto de suportar qualquer dobramento e mesmo estampagem profunda, sem se destacar do aço base. Ressalte-se que as instalações da linha de zincagem da CSN são as primeiras da América do Sul.

6 - PROJEÇÕES

## 6.1 - PROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA

Segundo informações do CONSIDER, contidas no documento intitulado "Encontro Nacional Sobre Minérios de Metais Não-Ferrosos", publicado em junho de 1975, a oferta interna de zinco metálico deverá evoluir do seguinte modo:

QUADRO XIIPROJEÇÃO DA OFERTA INTERNA DE ZINCO METÁLICOUnidade: 10<sup>3</sup> t

ANOS	CRM	INGÁ	METAMIG	PARAIBUNA DE METAIS	PRODUÇÃO SECUNDÁRIA	TOTAL
1975	25	10	-	-	5	40
1976	36	10	-	-	6	52
1977	50	10	-	-	7	67
1978	50	47	-	30	8	135
1979	50	47	-	30	10	137
1980	75	47	35	30	11	198
1981	75	47	35	60	12	229
1982	75	47	35	60	13	230
1983	75	47	35	60	18	235

Fonte: CONSIDER

Nas projeções contidas no quadro em questão estão computadas, além das capacidades atuais e respectivas ampliações dos empreendimentos em plena operação - CRM e INGÁ - as resultantes da implantação dos projetos da METAMIG e PARAIBUNA DE METAIS. A primeira está desenvolvendo um projeto para a produção do metal a partir do minério sulfetado de Paracatu (MG) e a segunda apresentou ao Ministério da Indústria e Comércio projeto para a instalação de uma usina, em Juiz de Fora (MG), para produzir zinco metálico utilizando concentrado importado do Peru, Zâmbia e Zaire.



Quanto à produção secundária, deve-se ressaltar que sua efetivação depende do consumo dos anos anteriores e, por isso, as instalações de recuperação estão, em geral, situadas em regiões próximas aos grandes centros consumidores.

## 6.2 - PROJEÇÃO DA DEMANDA

Dentre as diversas projeções da demanda de zinco metálico existentes, merecem destaque as realizadas pelo CONSIDER e pelo DNPM (Perfil Analítico do Zinco), devendo esta última ser descartada em virtude de sua elaboração ter sido baseada em informações menos recentes.

A projeção elaborada pelo CONSIDER, por sua vez, data de 1975, a qual é apresentada no quadro a seguir:

### QUADRO XIII

#### PROJEÇÃO DA DEMANDA DE ZINCO METÁLICO

Unidade:  $10^3$  t

ANOS	QUANTIDADES
1976	133
1977	151
1978	170
1979	192
1980	217
1981	246
1982	278
1983	315

Fonte: CONSIDER

Observa aquele Órgão que o consumo nacional de zinco de verá nos próximos seis anos continuar apresentando elevadas taxas de crescimento, devido à posição de destaque que o metal ocupa no processo de industrialização do País.



7 - BALANÇO OFERTA-DEMANDA

O Quadro XIV, a seguir, fornece uma visão do balanço oferta-demanda de zinco metálico no período 1976/83, a partir dos dados projetados.

QUADRO XIVBALANÇO OFERTA-DEMANDA DE ZINCO METÁLICO

Unidade: 10<sup>3</sup> t

	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
<u>OFERTA</u>	<u>52</u>	<u>67</u>	<u>135</u>	<u>137</u>	<u>198</u>	<u>229</u>	<u>230</u>	<u>235</u>
PRODUÇÃO PRIMÁRIA	46	60	127	127	187	217	217	217
PRODUÇÃO SECUNDÁRIA	6	7	8	10	11	12	13	18
<u>DEMANDA</u>	<u>133</u>	<u>151</u>	<u>170</u>	<u>192</u>	<u>217</u>	<u>246</u>	<u>278</u>	<u>315</u>
<u>"DEFICITS"</u>	<u>81</u>	<u>84</u>	<u>35</u>	<u>55</u>	<u>19</u>	<u>17</u>	<u>48</u>	<u>80</u>

Apesar da grande expansão prevista para o setor de mineração de zinco, o País continuará apresentando "deficits" do produto até meados da próxima década, havendo a necessidade de importação para suprir a demanda interna.

A propósito, julga-se importantes as seguintes observações:

a) a insuficiência de reservas de minério, que constitui fator limitativo à ampliação da capacidade nacional de produção de concentrado e de zinco refinado, deverá conduzir o País a uma situação de crescente dependência de concentrado importado, acarretando consequentes evasões de divisas e,

b) se mantidos os atuais níveis de extração, as reservas atualmente conhecidas serão suficientes para suprir o mercado por um período correspondente a 7 anos.



Tais constatações, que ensejam as principais conclusões do presente estudo, constituem um poderoso argumento a favor dos empreendimentos que visem à pesquisa de zinco no País.

#### IV - A ECONOMIA DAS TERRAS RARAS

##### 1 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DO MINERAL

Sob a denominação de terras raras estão compreendidos 15 elementos<sup>1/</sup> do Grupo III da Tabela Periódica, juntamente com o ítrio, o tório e o escândio, os quais, embora não sejam elementos das terras raras, são geralmente classificados junto com estas, devido à sua coexistência na natureza e semelhança de propriedades.

Este grupo de elementos foi denominado terras raras por que julgava-se originalmente que eram escassos e em virtude, também, da aparência terrosa do óxido. Atualmente, sabe-se que tais elementos, como um todo, ocorrem na natureza em grau mais elevado que muitos outros melhor conhecidos e de uso corrente, sendo que os três principais - cério, neodímio e lantânio - em conjunto, são mais abundantes do que o cobre, o níquel, a prata, o mercúrio e o chumbo.

Todos os metais de terras raras têm um brilho cinza-prateado, o qual escurece rapidamente na presença do ar, formando um

---

<sup>1/</sup> O grupo de elementos das terras raras é subdividido em: grupo do cério, ou terras céricas ou "leves", o qual inclui os metais lantânio, cério, prazeodímio, neodímio, prometeu, samário e európio, cujos números atômicos vão de 57 a 63 e o grupo de ítrio ou "pesados", englobando os metais gadolínio, terbíio, disprósio, hólmio, érbio, thulio, itérbio e lutécio, com números atômicos de 64 a 71, juntamente com o ítrio e o escândio.



óxido de composição  $R_2O_3$  (Trióxido de Terras Raras). As análises de seus minérios, metais e compostos são usualmente referidas em termos de percentagens em óxido de terras raras (Rare Earth Oxide) ou, abreviadamente: % REO.

Em geral, estes metais apresentam boa condutibilidade térmica e razoável condutibilidade elétrica. Densidade, peso atômico e dureza aumentam em função do crescimento do número atômico, ocorrendo fenômeno inverso com a maleabilidade.

Os mais importantes minerais de terras raras são a monazita, um fosfato de terras céricas com alguma quantidade de tório, e a bastnaesita, um fluorcarbonato com cerca de 75% de REO, o qual apresenta maior percentagem de cério e lantânio contidos (49% e 32,6%, respectivamente) do que a monazita, além de total ausência de tório. Nos últimos 10 anos, a bastnaesita tem sido a principal fonte de elementos do sub-grupo do cério, sendo responsável por mais de 70% da produção mundial de terras raras.

Alguns minerais complexos contendo nióbio, tântalo e titânio também contém substanciais quantidades de terras raras.

## 2 - CAMPOS DE APLICAÇÃO

Devido às características das terras raras e à complexa relação existente entre seus elementos, as mesmas podem ser comercializadas em diferentes estágios de processamento, dependendo da sua utilização final.

A grande maioria das terras raras é consumida atualmente sob a forma de cloretos, óxidos e mischmetal. Mischmetal é o termo usado para uma combinação de elementos das terras raras em forma metálica, contendo cerca de 50% de cério, 22% de lantânio e 17% de neodímio, cuja matéria-prima principal é o próprio cloreto.

Dentre as diversas aplicações das terras raras, devem ser destacadas as seguintes:



a) Metallurgia - Constitui a mais importante área consumidora de terras raras sob a forma metálica, sendo responsável por 45% do consumo mundial. O "mischmetal" é largamente utilizado na indústria metalúrgica, uma vez que aumenta a dureza, ductibilidade e a resistência ao impacto e tensão do aço estrutural para construção civil e dos aços-ligas utilizados na produção de "pipelines". Em altas temperaturas, aumenta a resistência à corrosão do aço inoxidável.

Pequena parcela de "mischmetal" é utilizada em ligas com o ferro (ferro-cério), na produção de pedras de isqueiros.

b) Indústria Petrolífera e Química - Os clorestos de terras raras são utilizados como catalizadores, na operação de "cracking" da refinação do petróleo e, na indústria química, na produção de plásticos e outros materiais sintéticos.

c) Indústria de Vidros e Cerâmica - O óxido de cério é utilizado na produção de pós para polimento de lentes de máquinas fotográficas, aparelhos óticos de precisão, espelhos, vidros planos e tubos de televisão; pode ser também aplicado como descolorante de vidros.

O óxido de lantânio é utilizado em ótica de alta precisão, em vidros que devam apresentar baixa dispersão e alto índice de refração.

Devido à propriedade de absorver os raios ultra violeta, o óxido de neodímio tem ampla aplicação em óculos de proteção e filtros.

Uma mistura de óxido de prazeodímio e zircônio é utilizada em trabalhos de cerâmica para a obtenção de azulejos coloridos.

d) Eletrônica - Alguns elementos de terras raras, notadamente o európio e o ítrio, têm a propriedade da fosforescência,



sendo utilizados no fósforo dos tubos de televisão a cores; são empregados, também, em lâmpadas a vapor de mercúrio.

No Brasil, os cloretos de terras raras representam a quase totalidade da produção, da qual cerca de 95% é consumida pelas empresas metalúrgicas produtoras de "mischmetal", sendo o restante exportado.

### 3 - FATORES INSTITUCIONAIS

A monazita dos depósitos de Guarapari, Caculucagem e Boa Vista, no Estado do Espírito Santo, únicos atualmente em exploração no País, apresenta em sua composição urânio e tório ( $U_3O_8$  e  $ThO_2$ ), materiais de interesse do setor de energia nuclear.

No Brasil, a exploração de minérios de interesse para a área de energia nuclear é regulamentada pela lei nº 4.118, de 27/08/62, através da qual constitui "monopólio da União a pesquisa e a lavra das jazidas em que o urânio e o tório sejam os produtos principais ou co-produtos essenciais à economia da operação".

A partir de 1965, com a resolução CNEN nº 3/65, as areias monazíticas foram consideradas como minérios que possuem elementos nucleares em coexistência, enquanto que a monazita passou a ser considerada como rejeito radioativo, pelo seu conteúdo em urânio e tório.

A resolução CNEN nº 6/67, de 27/12/1967, modificou a anterior no que diz respeito ao rejeito radioativo, considerando como tal "apenas os elementos nucleares (U e Th) contidos no mineral, minério, concentrado ou outro produto industrial qualquer".

Nestas circunstâncias, qualquer pessoa pode pesquisar e lavrar uma jazida de areias monazíticas, ficando, entretanto, os concessionários de lavra, obrigados a entregar à Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN, sem ônus para esta, a totalidade de



elementos nucleares (U e Th) contidos na monazita, desde que os teores destes elementos no mineral ultrapassem o limite de 0,02% para o urânio e 0,5% para o tório.

Atualmente, toda a industrialização da monazita, desde a pesquisa e lavra das jazidas até o tratamento químico, está a cargo da Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda. - NUCLEMON, empresa de economia mista pertencente à NUCLEBRÁS, criada em março de 1976.

#### 4 - RESERVAS

##### 4.1 - RESERVAS MUNDIAIS

Segundo o "Commodity Data Summaries", as reservas mundiais de terras raras, em termos de óxido contido, alcançavam, em 1976, cerca de 6,9 milhões de toneladas, distribuídas pelos seguintes países:

#### QUADRO XV

##### RESERVAS MUNDIAIS DE TERRAS RARAS

Unidade: 10<sup>3</sup> t de REO

PAÍS	RESERVAS	%
Estados Unidos	4.536	65,3
Índia	907	13,0
URSS	408	5,9
Austrália	363	5,2
Brasil	318	4,6
Canadá	227	3,3
Malásia	27	0,4
Outros	163	2,3
TOTAL	6.949	100,0

Fonte: Commodity Data Summaries - jan/1976

Como se pode observar, os Estados Unidos e a Índia detêm cerca de 78% das reservas mundiais de terras raras; as reser-



vas do primeiro destacam-se em termos quantitativos e qualitativos, de vez que representam 65% do total mundial e são constituídas, na sua quase totalidade, pelo único depósito de bastnaesita atualmente em exploração.

#### 4.2 - RESERVAS NACIONAIS

Segundo o documento intitulado "Perfil Analítico do Tório e Terras Raras", publicado em 1973 pelo DNPM, atualmente no Brasil somente a monazita pode ser considerada como fonte de terras raras.

Por outro lado, apenas os depósitos praieiros de monazita detrítica têm condições, presentemente, de ser economicamente aproveitados para a produção de concentrado de monazita.

De acordo com os dados publicados no Anuário Mineral Brasileiro, edição 1975, as jazidas nacionais de terras raras, em termos de reservas medidas, alcançavam, em 1974, cerca de 10 mil toneladas de óxido contido (REO), admitindo-se um teor médio de 60% de terras raras na monazita, conforme registra o quadro a seguir:

#### QUADRO XVI

#### RESERVAS BRASILEIRAS DE TERRAS RARAS

MUNICÍPIO/ESTADO	RESERVA MEDIDA	
	MINÉRIO	REO CONTIDO
Itapemirim - ES	15.569	9.341
Anchieta - ES	1.100	660
Iconha - ES	500	300
TOTAL	17.169	10.301

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro - 1975



É de se ressaltar que, segundo informações colhidas junto à NUCLEMON, as jazidas brasileiras de monazita são insuficientes para atender às expectativas de desenvolvimento das atividades relacionadas com sua industrialização no País, prevendo-se que, aos atuais níveis de consumo, as mesmas deverão se exaurir em um prazo não superior a 6 anos.

## 5 - MERCADO INTERNACIONAL

### 5.1 - GENERALIDADES

Considerações de ordem política, resultantes do uso do tório para obtenção de energia nuclear, ocasionaram restrições no comércio internacional de monazita. Assim, em 1944, a Austrália proibiu o embarque de monazita para países outros que não o Reino Unido, a França e os Estados Unidos; a "Atomic Energy Board Control", entidade canadense, passou a controlar a exploração dos depósitos de minerais contendo tório, o mesmo acontecendo na Índia, maior produtor mundial de monazita, que restringiu suas exportações em 1946 e implantou uma usina estatal de tratamento do referido mineral.

O Brasil, que vinha exportando o concentrado de monazita desde o final do século passado, principalmente para a Alemanha e Estados Unidos, a partir de 1951 proibiu a exportação dessa matéria prima; o Governo procurou, em contrapartida, interessar grupos estrangeiros no processamento da monazita dentro do País, permitindo apenas a exportação dos cloretos e óxido de terras raras.

Os interesses pela monazita, e as conseqüentes restrições, atingiram tal ponto que, praticamente, toda a indústria de beneficiamento do mineral passou a ser controlada pelos governos dos países produtores, ficando o comércio internacional regulado por acordos.



Desta forma, devido ao caráter estratégico mundialmente atribuído às terras raras, não são divulgadas estatísticas relativas aos dados efetivos de produção, consumo e disponibilidade desse grupo de minerais, dispondo-se apenas de dados estimados.

## 5.2 - PRODUÇÃO, CONSUMO E COMÉRCIO MUNDIAIS

A estrutura do mercado internacional de terras raras tem sido caracterizada pela concentração da oferta, com os Estados Unidos, Austrália, Índia, Malásia e Brasil respondendo por mais de 95% da produção.

Segundo estimativas do "U.S. Bureau of Mines", publicadas no "Engineering and Mining Journal" - março/76 - a produção mundial de terras raras apresentou um crescimento médio geométrico de 6,5% a.a., verificado no período 1971/75, tendo evoluído conforme mostra o quadro a seguir:

### QUADRO XVII

#### OFERTA MUNDIAL DE TERRAS RARAS (1)

Unidade: t de REO

PAÍSES	MINÉRIO	1971	1972	1973	1974	1975
Estados Unidos	Bastnaesita	10.748	11.802	19.841	21.927	16.500
Austrália/Malásia	Monazita	3.845	4.419	4.202	4.200	3.800
Brasil/Índia (2)	Monazita	2.373	2.678	2.104	2.000	1.500
TOTAL		16.966	18.899	25.647	28.127	21.800

Fonte: Engineering and Mining Journal - março/1976

(1). Dados estimados

(2). REO contido no cloreto de terras raras

A partir dos dados contidos no quadro em exame, verifica-se que os Estados Unidos, maior produtor mundial, participaram, em média, com cerca de 71% dos totais considerados.

De acordo ainda com o "Engineering and Mining Journal" - março/76 - os países maiores consumidores mundiais de terras ra-



ras são os Estados Unidos, a França, o Reino Unido, a Áustria, o Japão e a Alemanha Ocidental.

Conquanto não seja possível definir, com precisão, uma estrutura mundial de consumo de terras raras - novas aplicações estão sendo cogitadas e desenvolvidas - o quadro a seguir exhibe a evolução da distribuição setorial do consumo no período 1971/75.

#### QUADRO XVIII

#### CONSUMO MUNDIAL DE TERRAS RARAS - DISTRIBUIÇÃO SETORIAL

SETORES	Porcentagem				
	1971	1972	1973	1974	1975
Metalurgia	15	51	45	44	45
Ind. Petrolífera/Química	46	28	29	34	36
Ind. Vidros/Cerâmica	38	20	23	20	17
Eletrônica	1	1	3	2	2
TOTAL	100	100	100	100	100

Fonte: Engineering and Mining Journal - março/1976

Com efeito, no período em análise ocorreu uma mudança acentuada na participação relativa dos principais setores consumidores de terras raras, devido ao crescimento da utilização de "mischmetal" na indústria metalúrgica.

No que se refere ao comércio internacional, as terras raras são transacionadas em diversos estágios de processamento, que vão desde o minério concentrado até o elemento puro.

Assim, a Austrália e a Malásia exportam a quase totalidade de suas produções de concentrado de monazita, sendo 80% do volume produzido pelo primeiro destinados ao abastecimento do mercado francês, enquanto que o segundo, produtor em menor escala, é



o principal fornecedor dos Estados Unidos, o qual utiliza esta monazita para complementar sua reduzida produção deste mineral. Por outro lado, os Estados Unidos, a Índia e o Brasil formam o grupo dos países maiores exportadores de cloreto de terras raras.

Quanto às importações, os países mais expressivos no âmbito deste fluxo de comércio são a França, o Reino Unido, a Áustria, o Japão e a Alemanha Ocidental.

## 6 - MERCADO BRASILEIRO

### 6.1 - PRODUÇÃO DE CONCENTRADOS

Toda a produção brasileira de terras raras provém da industrialização da monazita, explorada a partir dos depósitos de praias situadas ao longo da costa.

Esta monazita é co-produto da mineração de zirconita, ilmenita e rutilo, correspondendo a cerca de 8% do concentrado obtido. Os óxidos de terras raras são os produtos principais do beneficiamento de monazita, enquanto o tório e o urânio são obtidos como subprodutos.

A partir de 1962, toda a areia monazítica das praias da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro passou a ser beneficiada nas usinas de concentração primária de Cumuruxatiba (BA) e Buena (RJ), de propriedade da CNEN e, após 1967, também na usina de Guarapari (ES), de propriedade da Monazita e Ilmenita do Brasil Ltda. - MIBRA, única empresa privada do setor, a qual funcionou até março de 1976, quando foi transformada na Nuclebrás de Monazita e Associados Ltda - NUCLEMON.

Após a criação da NUCLEMON, a industrialização da monazita, desde a pesquisa e lavra das jazidas até o tratamento químico, passou integralmente à alçada desta nova empresa. A CNEN entregou à NUCLEMON seus direitos minerários sobre as jazidas de



Barra de Itabapoana - RJ e Cumuruxatiba - BA, o mesmo ocorrendo com as respectivas instalações de lavra e concentração primária do minério e com o conjunto industrial de tratamento hidrometalúrgico em São Paulo, denominado Usina Santo Amaro - USAM.

No período compreendido entre 1962 e 1976, a produção nacional de concentrado de monazita evoluiu conforme mostra o quadro a seguir:

QUADRO XIX

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE CONCENTRADO DE MONAZITA

Unidade: t

ANOS	QUANTIDADE
1962	379
1963	521
1964	665
1965	597
1966	746
1967	1.801
1968	1.689
1969	1.999
1970	2.308
1971	2.280
1972	2.089
1973	1.439
1974	1.196
1975	1.403
1976	1.610

Fontes: ANUÁRIO MINERAL BRASILEIRO (1962-74)  
NUCLEMON (1975-76)

A análise da série histórica da produção nacional de concentrado de monazita demonstra a instabilidade desse setor, que tem na insuficiência das jazidas e na poluição das áreas trabalhadas os principais fatores contrários ao seu desenvolvimento.

Com efeito, a partir de 1970, a produção brasileira apresentou-se decrescente face à redução gradativa das atividades

da Usina de Cumuruxatiba, que culminou com sua desativação em 1972, devido à exaustão da jazida do mesmo nome. Assim sendo, a única usina de concentração primária atualmente em funcionamento, é a de Buena - RJ, de vez que a Usina de Guarapari (ex - MIDRA) se restringe à extração do mineral.

A partir de 1975, a Usina de Buena passou a operar com minério proveniente das jazidas de Guarapari, Caculucagem e Boa Vista, estas duas últimas até então inexploradas, o que permitiu novo incremento da produção no final do período considerado.

#### 6.2 - PRODUÇÃO DE TERRAS RARAS

Após o processo de concentração primária, a fração pesada da areia é submetida a uma separação eletromagnética, obtendo-se, além da monazita, ilmenita, rutilo e zirconita.

A monazita assim obtida, com grau de pureza variando de 70 a 85%, é enviada por rodovia para as instalações industriais da Usina Santo Amaro, em São Paulo, a qual efetua uma nova concentração através de separadores magnéticos, fazendo com que a monazita atinja um teor de 99%, possibilitando, então, o tratamento hidrometalúrgico do mineral. Por sua vez, o processamento industrial da monazita resulta na obtenção de cloreto, carbonato e óxido de terras raras, cuja produção, no período de 1966 a 1976, foi a seguinte:

(V. Quadro XX na pág. seguinte)

QUADRO XX

PRODUÇÃO BRASILEIRA DE TERRAS RARAS

ANOS	CLORETO	CARBONATO	Unidade: t
			ÓXIDO
1966	1.437	11	5
1967	1.612	96	12
1968	1.844	81	11
1969	1.973	19	17
1970	2.054	-	5
1971	2.097	0,2	24
1972	2.189	0,5	19
1973	2.335	2	23
1974	2.320	5	18
1975	2.001	5	22
1976	2.036	3	3

Fontes: Anuario Mineral Brasileiro (1966-74)  
 NUCLEMOM (1975-76)

Como se pode observar no quadro em questão, a produção brasileira de cloreto de terras raras, que representa a quase totalidade da produção deste setor, tem evoluído de maneira pouco significativa, sendo que na presente década vem se mantendo praticamente constante, apresentando pequenas variações. Tal fato se apresenta como uma decorrência das restrições verificadas na produção de monazita.

### 6.3 - CONSUMO INTERNO

O consumo de cloreto de terras raras é estritamente ligado ao setor de produção de "mischmetal", responsável por cerca de 95% do consumo interno, sendo o restante exportado para a Áustria, Inglaterra e Estados Unidos.

Segundo a NUCLEMOM, esta participação permaneceu constante no período de 1966 a 1976 e, portanto, tomando-se como base os dados apresentados no Quadro XX, é possível estabelecer a se-



guinte estimativa da série histórica do consumo interno de cloreto de terras raras:

QUADRO XXI

CONSUMO INTERNO APARENTE DE CLORETO  
DE TERRAS RARAS

Unidade: t

ANOS	PRODUÇÃO	EXPORTAÇÃO	CONSUMO INTERNO*
1966	1.437	72	1.365
1967	1.612	81	1.531
1968	1.844	92	1.752
1969	1.973	99	1.874
1970	2.064	103	1.961
1971	2.097	105	1.992
1972	2.189	110	2.079
1973	2.335	117	2.218
1974	2.320	116	2.204
1975	2.001	100	1.901
1976	2.036	102	1.934

Fonte dos dados básicos: Quadro XX

Obs.: \* Dados estimados

6.4 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO CONSUMO

Face ao exposto no tópico anterior, considerou-se, para efeito de análise da distribuição espacial do consumo de cloreto de terras raras, a atual composição do parque industrial brasileiro de "mischmetal".

A produção de "mischmetal" no Brasil se concentra em três empresas, localizadas nos seguintes estados da Região Sudeste:

São Paulo	=	METALÚRGICA CORONA LTDA
		METALÚRGICA COLIBRI
Minas Gerais	=	COMPANHIA INDUSTRIAL FLUMINENSE - CIF



A METALÚRGICA CORONA LTDA., cuja capacidade instalada é de 900 toneladas/ano, responde por cerca de 66% da produção nacional. A maior parcela de sua produção é exportada, sendo o restante consumido internamente pela Companhia Siderúrgica Nacional, empresas produtoras de pedras de isqueiros e diversas outras empresas metalúrgicas.

Quanto à METALÚRGICA COLIBRI e à CIF, empresas de menor porte, suas capacidades de produção são de 360 toneladas/ano e 240 toneladas/ano, respectivamente, ambas destinadas ao suprimento do mercado interno.

O Quadro XXII apresenta, de forma consolidada, as capacidades atuais de produção dessas empresas.

QUADRO XXII

CAPACIDADE INSTALADA ATUAL DAS EMPRESAS

PRODUTORAS DE MISCHMETAL

EMPRESAS	TONELADAS
Metalúrgica Corona Ltda	900
Metalúrgica Colibri	360
Companhia Industrial Fluminense	240
TOTAL	1.500

Fonte: CIF - Companhia Industrial Fluminense

Segundo informações colhidas junto à Companhia Industrial Fluminense, o coeficiente técnico para a relação Cloreto/"Mischmetal" é igual a 3,3, ou seja, para a produção de uma tonelada de "mischmetal" são necessárias 3,3 toneladas de cloreto de terras raras.

Por outro lado, dado que o cloreto de terras raras apresenta um teor médio de 46% de óxido contido (REO), a necessida





CPRM 41.

de de terras raras, em termos de óxido contido, para a produção de uma tonelada de "mischmetal" seria expressa pela seguinte relação:

$$\text{Cloreto/mischmetal} = 3,3:1$$

$$\text{REO/mischmetal} = 0,46 \times 3,3 = 1,518$$

Aplicando-se a relação acima aos dados constantes do Quadro XXII, chega-se às quantidades de terras raras necessárias ao atendimento da demanda pela indústria de "mischmetal" para o ano de 1983. (Quadro XXIII).

#### QUADRO XXIII

#### BRASIL - ESTIMATIVA DA DEMANDA DE TERRAS RARAS PELA INDÚSTRIA DE MISCHMETAL

Unidade: t de REO

EMPRESAS	QUANTIDADES
Metalúrgica Corona Ltda.	1.366
Metalúrgica Colibri	547
Companhia Industrial Fluminense	364
T O T A L	2.277

Fonte: CIF - Companhia Industrial Fluminense

#### 7 - PROJEÇÕES

Embora o "mischmetal" apresente possibilidade de crescente penetração em novas faixas do mercado, tanto interno quanto externo, as empresas do setor operam com cerca de 50% de capacidade ociosa, de vez que a NUCLEMON, face à exiguidade das reservas e sua reduzida capacidade de produção de cloreto de terras raras, não consegue atender com suficiência e adequação à demanda desta matéria-prima, fato que justifica a inexistência de planos de expansão das empresas até o ano de 1983, horizonte do presente estudo.

Desta forma, admitindo-se que a indústria de "mischmetal" continue absorvendo cerca de 95% do consumo de terras raras e que venha a trabalhar a plena capacidade, verifica-se, com base nos



dados constantes do Quadro XXIII, que para atender à demanda total, em 1983, a indústria brasileira de cloreto deveria estar produzindo o equivalente a cerca de 2.400 toneladas de REO. Entretanto, esta quantidade se apresenta como sendo o "deficit" nacional previsto para aquele ano, de vez que a NUCLEMON, única empresa de mineração de monazita no País, prevê, para o ano de 1982, o esgotamento das atuais reservas do referido mineral.

## V - LOCALIZAÇÃO, VIAS DE ACESSO E ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

### 1 - LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO

As áreas requeridas ocupam uma superfície de 160.000 ha e estão situadas no Município de São Gabriel da Cachoeira, região do Alto Rio Negro, na porção nordeste do Estado do Amazonas.

A partir de Manaus, capital do Estado, o acesso à sede do Município de São Gabriel da Cachoeira pode ser feito por via fluvial, através do Rio Negro, que permite a navegação de embarcações com, no máximo, 200 toneladas, até a localidade de Camanaus. Este porto, que constitui o ponto extremo de franca navegação do Rio Negro para embarcações de médio calado, está ligado à cidade São Gabriel da Cachoeira através de uma estrada de terra com 23 km de extensão. Por via aérea, utilizando-se aeronaves de pequeno porte, consome-se 3 a 4 horas de viagem no percurso Manaus - São Gabriel da Cachoeira, cujo aeroporto oferece condições de operação para tais aparelhos.

A estrutura principal a ser pesquisada está situada a 64 km desta cidade, sendo, presentemente, o helicóptero o único meio de transporte utilizável.

Todavia, em futuro próximo, com a conclusão da rodovia BR-210 (São Gabriel da Cachoeira - Cucuí), que passará pelas áreas em apreço, o acesso poderá ser feito também por tal rodovia.



Ademais, sua localização a 45 km ao norte do entroncamento da BR-210 com a rodovia Perimetral-Norte, permitirá o acesso terrestre a partir de Manaus (Ver Mapa I).

## 2 - ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS

O principal núcleo urbano da região é o Município de São Gabriel da Cachoeira, que compreende, além da cidade do mesmo nome, os distritos de Iauaretê e Içana. De acordo com o censo de 1970, a densidade demográfica desta localidade era de 0,15 hab/km<sup>2</sup> - uma das mais baixas do mundo.

Atualmente, a cidade de São Gabriel da Cachoeira conta com aproximadamente 6.000 habitantes, 50% dos quais constituem uma população "flutuante", ali domiciliados em decorrência dos trabalhos de construção da Rodovia Perimetral-Norte.

A principal fonte de renda do município é a piaçaba, cujo cultivo recebe incentivos de comerciantes de Manaus, que financiam pequenos agricultores da região.

Desta forma, todas as necessidades básicas do município são atendidas por importações, principalmente de Manaus.

A cidade conta com energia elétrica fornecida por uma usina termo-elétrica a diesel, de propriedade da Companhia de Eletricidade do Amazonas, embora o potencial hidrelétrico da região seja apreciável.

A Companhia Telefônica do Amazonas assegura um contato precário com Manaus e outras cidades do País.








## VI - PARECER SOBRE A PESQUISA

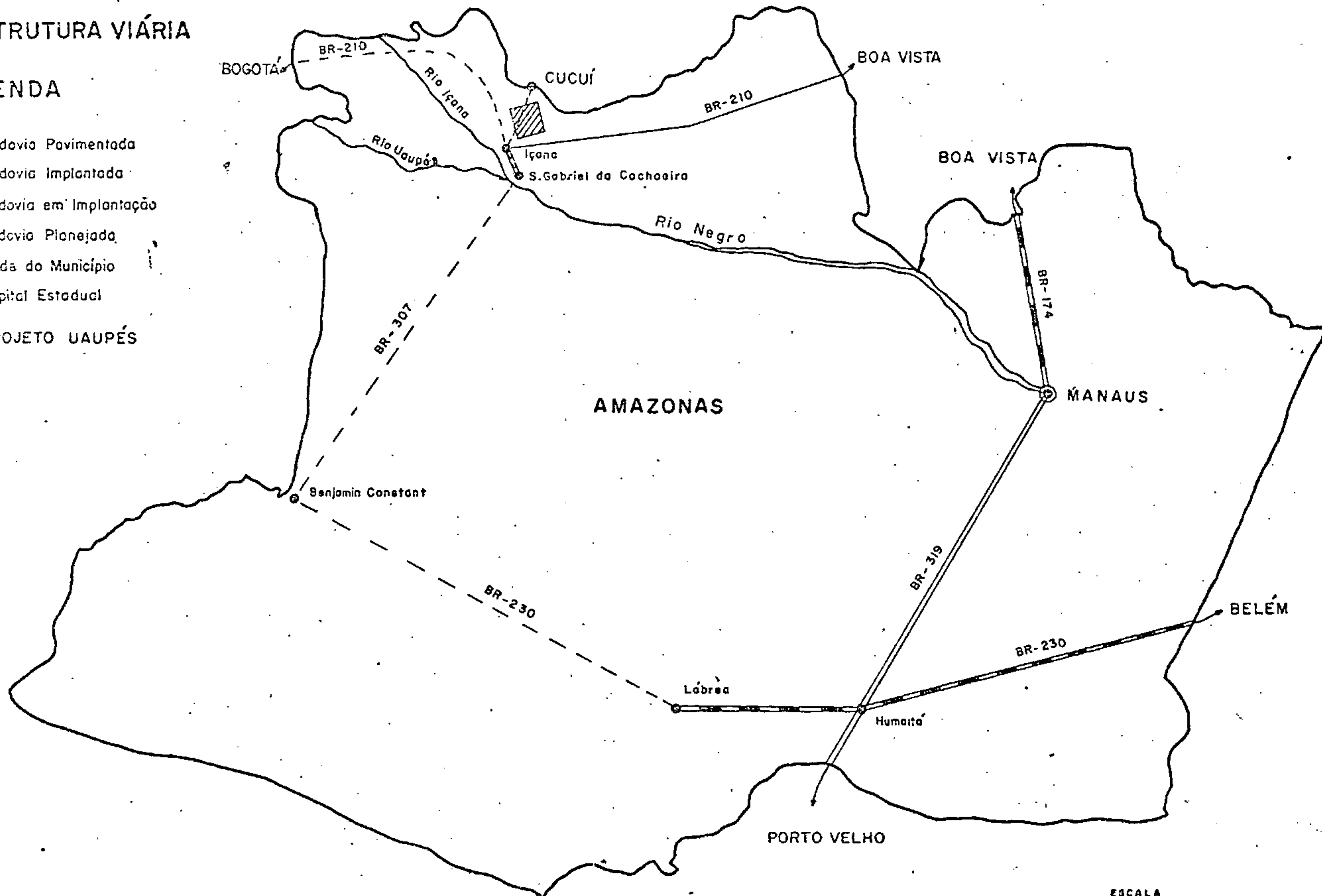
Os estudos dos mercados brasileiros de zinco e de terras raras evidenciaram ser a exiguidade das reservas nacionais destes minerais um dos principais fatores que têm dificultado a expansão

# ESTADO DO AMAZONAS

## INFRA-ESTRUTURA VIÁRIA

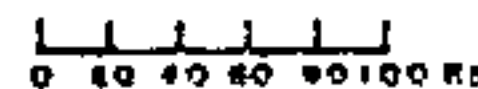
### LEGENDA

-  Rodovia Pavimentada
-  Rodovia Implantada
-  Rodovia em Implantação
-  Rodovia Planejada
-  Sede do Município
-  Capital Estadual
-  PROJETO UAUPÉS



MAPA I

ESCALA





da oferta interna dos mesmos, respectivamente, em termos de metal primário e de cloreto.

Com relação ao zinco, o balanço oferta-demanda projetado de metal revelou uma perspectiva de agravamento da já deficitária oferta doméstica do produto, o que acarretaria ao País aumento de suas importações.

No que diz respeito às terras raras, o balanço oferta-demanda projetado permite concluir que, em 1983, o deficit da produção poderá atingir cerca de 2.400 toneladas deste grupo de minerais em termos de REO contido, fato que obrigará o País ao recurso das importações.

Quanto à localização, o empreendimento deverá enfrentar as dificuldades próprias da região amazônica, que não dispõe de uma infra-estrutura adequada. Entretanto, tais fatores não chegam a constituir um impedimento à realização do Projeto, uma vez que o escoamento de uma futura produção a partir do possível jazimento seria feito pelo Rio Negro ou pela rodovia Perimetral Norte, quando da sua conclusão. Além disso, os prováveis elevados custos de produção e de transporte seriam passíveis de absorção por parte das substâncias objeto do presente estudo, pois, as mesmas são caracterizadas por altas relações preço/volume.

Torna-se interessante registrar, ainda, que a proximidade do Projeto em relação às fronteiras da Venezuela e da Colômbia poderá permitir o escoamento da produção que venha a ser considerada exportável. Neste caso, a via de transporte seria o complexo hidrográfico formado pelas bacias do Orenoco e do Rio Negro e pelo canal de Cassiquiare.

Segundo informações fornecidas pela SUREG/MA e pelo DEPEP, há forte indício de que as áreas requeridas encerrem um



possível jazimento com características poliminerálicas o que compreenda, além das substâncias minerais objeto do presente estudo, um grande número de outras, tais como nióbio, vanádio, urânio, titânio, ferro, cobre e manganês. Tal fato poderá ensejar a ocorrência de problemas de ordem tecnológica relacionados com a recupera-ção dessas substâncias, os quais, uma vez superados, poderão atenuar situações de carência que se verifiquem no mercado brasileiro de algumas delas. A propósito, algumas destas substâncias poderiam representar o suprimento de matéria-prima para a Siderúrgica do Amazonas S.A. - SIDERAMA, que está sendo implantada na cidade de Manaus.

Em face do exposto, opina-se pelo interesse, do ponto de vista econômico, no prosseguimento dos trabalhos de pesquisa referentes ao Projeto Uaupés.