

## O PROJETO COBRE SALOBO

Rubens Lima Bandeira (1)

Carlos Eduardo Pereira (2)

## R E S U M O

É apresentado um resumo das atividades envolvidas para aproveitamento do cobre do Salobo, na região de Carajás, desde o descobrimento da ocorrência até a fase de projeto conceitual, em andamento. Faz-se uma descrição do projeto na forma como está sendo conceituado. Conclui-se apresentando cronograma de continuação do projeto até a posta em marcha da instalação industrial, prevista para 1993.

## A B S T R A C T

This paper presents a summary of all activities concerning Salobo Copper Project, since the discovery of the mineral deposit in the Carajas region up to the current phase of project conception, including a description of how the project is being worked out. A schedule is shown at the end of the paper, regarding the next steps of the project until the start up, which is supposed to happen in 1993.

- 
- (1) Engenheiro Eletricista, Gerente Geral do Projeto Cobre Carajás - CVRD/SUPES.
  - (2) Mestrado em Metalurgia Extrativa pela UFMG, Coordenador de Processo da Gerência Geral do Projeto Cobre Carajás - CVRD/SUPES.

## 1. HISTÓRICO

O depósito de cobre do Salobo foi descoberto pela DOCEGEO em 1976. Está localizado na província mineral de Carajás, no estado do Pará, distando cerca de 68 km de onde a CVRD tem hoje sua instalação industrial de produção de minério de ferro. A Figura 1 apresenta um mapa de localização da reserva.

Desde a descoberta, efetuada com a análise de sedimentos de corrente, até 1981, foi realizada uma exploração geológica que conduziu a uma reserva global de 1 bilhão de toneladas de minério sulfetado com teor médio de 0,86% de cobre. Tais números colocam a reserva do Salobo como uma das mais importantes a nível mundial, quando olhada individualmente, e em termos nacionais, a colocam como a primeira fonte substancial desse metal, segundo item na pauta de importações do país.

O depósito de cobre do Salobo consiste de um pacote de xistos, de natureza lenticular, cujos constituintes mais comuns são magnetita, biotita, grunerita, granada, olivina, clorita e quartzo que se associam em proporções variadas, resultando em diferentes associações litológicas. A mineralização cuprífera é bastante complexa, com tamanho de grãos de sulfetos, num extremo, da ordem de 5  $\mu\text{m}$  e no outro extremo, da ordem de 100  $\mu\text{m}$ . Os sulfetos predominantes são a bornita e a calcocita e localmente a calcopirita. A Figura 2, apresenta uma seção geológica típica do depósito.

Com a utilização de testemunhos de sondagem e com amostras provenientes de duas pequenas galerias de pesquisa, desenvolveu-se, entre 1978 e 1981, uma pesquisa tecnológica de concentração desse minério, constando basicamente de testes de flotação em escala de bancada e operação de uma pequena planta piloto de laboratório.

Esta pesquisa demonstrou ser viável a produção de um concentrado de cobre com teor da ordem de 40% e com recuperações em torno de 84%, parâmetros estes considerados como ótimos à época. A Figura 3 apresenta o fluxograma do circuito definido nesta fase.

Entre os anos de 1982 e 1984 a CVRD analisou os dados até então g

rados, realizou um primeiro estudo de pré-viabilidade econômica e tomou a decisão de realizar a abertura de uma galeria de pesquisa que melhor representasse a mineralização e de construir uma planta piloto de 60tpd para, através do minério proveniente desta galeria, determinar as condições finais de processo.

Esta planta piloto operou durante os anos de 1986 e 1987, tendo cumprido os seus objetivos, como será observado.

Ainda em 1987, foi efetuado um projeto conceitual das instalações e realizada uma nova análise econômica. Estes estudos estão sendo otimizados, com a introdução de alternativas processuais, durante o ano de 1988, devendo permitir a realização de um projeto de engenharia básica a partir de 1989, como será exposto.

## 2. DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO

### 2.1. Objetivos

A operação da planta piloto, para a realização da pesquisa, teve os seguintes objetivos básicos:

- confirmação do fluxograma inicialmente proposto;
- estudos de alternativas de processo;
- avaliação do comportamento metalúrgico dos diferentes tipos de minério;
- produção de concentrados para estudos de recuperação de molibdenita;
- estudos sobre características do rejeito e seu impacto ambiental;
- definição dos parâmetros básicos para o projeto de uma planta industrial;
- definição dos números finais de projeto para um estudo de viabilidade econômica.

Esses objetivos são mais extensos do que aqueles normalmente observados em outras plantas. Eles se justificam, entretanto, em virtude da incipiente experiência do país em tratamento de minérios de cobre e principalmente, devido à complexidade desse minério.

## 2.2. Características do Minério

Três litologias foram consideradas como tipos de minério, nos estudos de beneficiamento:

- tipo xisto 1, minério da zona central, % magnetita > 50 e % Cu > 1,5;
- tipo xisto 3, minério da zona central, 50 > % magnetita < 10 e 1,5 > % Cu > 0,8;
- tipo xisto 4, minério das zonas laterais de base ou topo, % magnetita > 10, 0,8 > % Cu > 0,5.

A Tabela 1 apresenta as características do minério com relação à constituição química, mineralogia, grau de liberação e Wi Bond.

## 2.3. Estudos Realizados

Os principais estudos realizados durante a operação da planta piloto são listados a seguir:

- estudo de reagentes;
- testes de seleção da malha de moagem;
- estudos de circuitos;
- testes com diferentes tipos de minério;
- testes de otimização de circuito;
- testes finais de confirmação e demonstração e levantamento de dados finais de engenharia;
- testes de alternativas tecnológicas.

Paralelamente aos trabalhos da planta piloto, operou-se um laboratório de processo com realização de testes de flotação em escala de bancada, objetivando principalmente, o mapeamento geometalúrgico do depósito. Foram realizados, também, estudos de microscopia tecnológica em apoio aos testes da planta piloto e laboratório de processo.

Para a realização da pesquisa, a operação da planta piloto apresentou os seguintes índices:

- massa atravessada: 14.200 toneladas;
- rendimento operacional: 74%;
- testes realizados: 500;

- análises químicas realizadas: 90.684.

#### 2.4. Resultados Obtidos

Um resumo da evolução da pesquisa e dos resultados obtidos durante a mesma, está sendo apresentado em trabalho específico nesse Congresso (Projeto Cobre Carajás: Definição de Fluxograma Final de Processo).

Após o encerramento dos testes finais de confirmação e demonstração, obteve-se os seguintes valores finais de teor de concentrado e recuperação:

- teor de concentrado: 38,5% Cu;
- recuperação de cobre: 86,3%;
- recuperação de ouro: 75%.

O balanço final de massa e de cobre é apresentado na Figura 4.

A Tabela 2 apresenta as características básicas do concentrado obtido com relação à constituição química, mineralogia e granulometria.

Para a obtenção dos resultados finais de teor de concentrado e recuperação, citados anteriormente, e em decorrência, principalmente, da complexa mineralização dos sulfetos, o minério de cobre de Carajás apresenta características bastante peculiares, tais como:

- necessidade de altas dosagens de coletor;
- valores elevados de cargas circulantes;
- um número maior de estágios de limpeza do que aqueles observados em outras plantas industriais.

### 3. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Durante a realização da pesquisa foram estudadas e estão sendo consideradas no projeto, as seguintes alternativas tecnológicas:

- moagem autógena e semi-autógena na moagem primária;
- moagem AUTOPEB na moagem primária;
- moagem com PEBBLES na moagem secundária;
- pré-concentração magnética do minério marginal;

- FLASH FLOTATION;
- flotação ROUGHER em células pneumáticas;
- flotação CLEANER em células de coluna;
- filtro de pressão;
- outros.

A maioria dessas alternativas foram testadas na planta piloto. Em alguns casos específicos, foram coletadas amostras e enviadas para Centros de Pesquisa e/ou Empresas para a realização de testes.

Algumas dessas alternativas são mais promissoras do que outras, estando a definição, pela inclusão ou não delas no projeto, prevista para o ano de 1988.

#### 4. PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES FUTURAS

Conforme observado anteriormente, no ano de 1988, está sendo realizada a otimização do projeto conceitual e o estudo definitivo de viabilidade econômica para a implantação do projeto.

Com os dados resultantes desse projeto conceitual, planeja-se:

- realização do projeto de engenharia básica no ano de 1989;
- implantação das instalações industriais entre 1990 e 1992;
- posta em marcha da unidade industrial em 1993.

#### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- 1 - DOCEGEO/GICOR. Projeto Cobre Carajás. Jazida do Salobo. Geologia e avaliação de reservas. Rio de Janeiro, 1988.
- 2 - VIANA, Jr. Astor & ANDRADE, Vânia L. L. Projeto Cobre Carajás Relatório de progresso nº 6. Belo Horizonte, CVRD/SUTEC, 1982.
- 3 - FUNDAÇÃO GORCEIX. Projeto Cobre Carajás. Planta piloto. Testes finais de confirmação e demonstração. Ouro Preto, mar. 1988.
- 4 - CVRD/GICOR. Projeto Cobre Carajás. Planta piloto. Relatório de avaliação metalúrgica. Belo Horizonte, 1988.

ANÁLISE QUÍMICA										
% Cu	ppm Mo	ppm Ag	ppm Au							
1,20	66	6,2	0,4							
MINERALOGIA										
MINERAIS	%									
Biotita	57									
Clorita	14									
Magnetita	14									
Anfibólio	8									
Granada	3									
Quartzo	2									
Molibdenita	1									
GRAU DE LIBERAÇÃO										
TAMANHO (µm)	105	74	53	37	28	20	15	11	8	< 8
LIBERAÇÃO (%)	17	20	38	43	77	78	81	93	95	98
Wi BOND: 17 a 19 kwh/st										

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DO MINÉRIO

## ANÁLISE QUÍMICA

% Cu	38,96	ppm Mo	700
% FeT	18,63	ppm Ag	74
% S	13,70	ppm Au	18
% SiO <sub>2</sub>	13,40	ppm Ni	71
% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,44	ppm Co	340
% CaO	0,50	ppm As	800
% MgO	0,34	ppm F	2600
% C	7,78		

## MINERALOGIA

MINERAIS	%	MINERAIS	%
Biotita	7	Stilpnomelana	2
Magnetita	5	Minezotaita	2
Anfibólio	4	Bornita	30
Granada	2	Calcocita	26
Clorita	15	Grafita	2
Quartzo	2	Molibdenita	1

## GRANULOMETRIA

TAMANHO (µm)	74 - 37 - 8
% PASSANTE	86 - 72 - 32

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DO CONCENTRADO

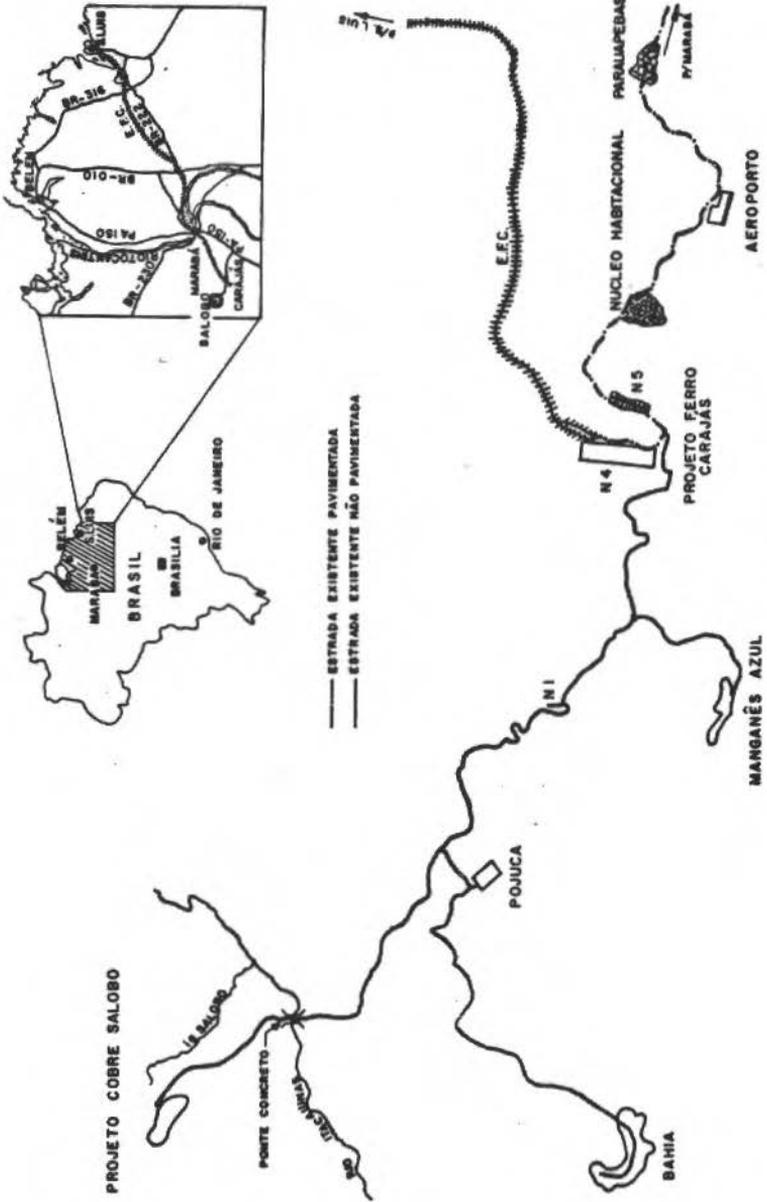


FIGURA I - SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

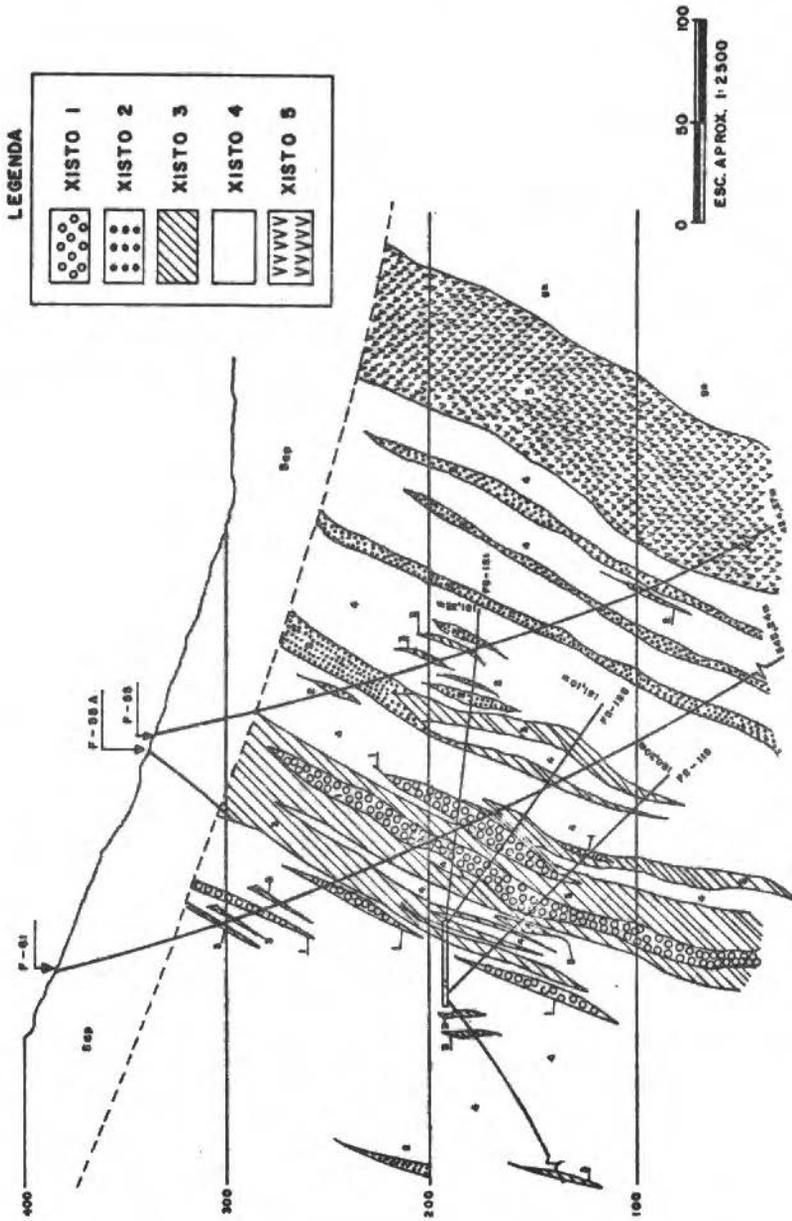


FIGURA 2—SEÇÃO GEOLÓGICA DO DEPÓSITO LT-1100 SE

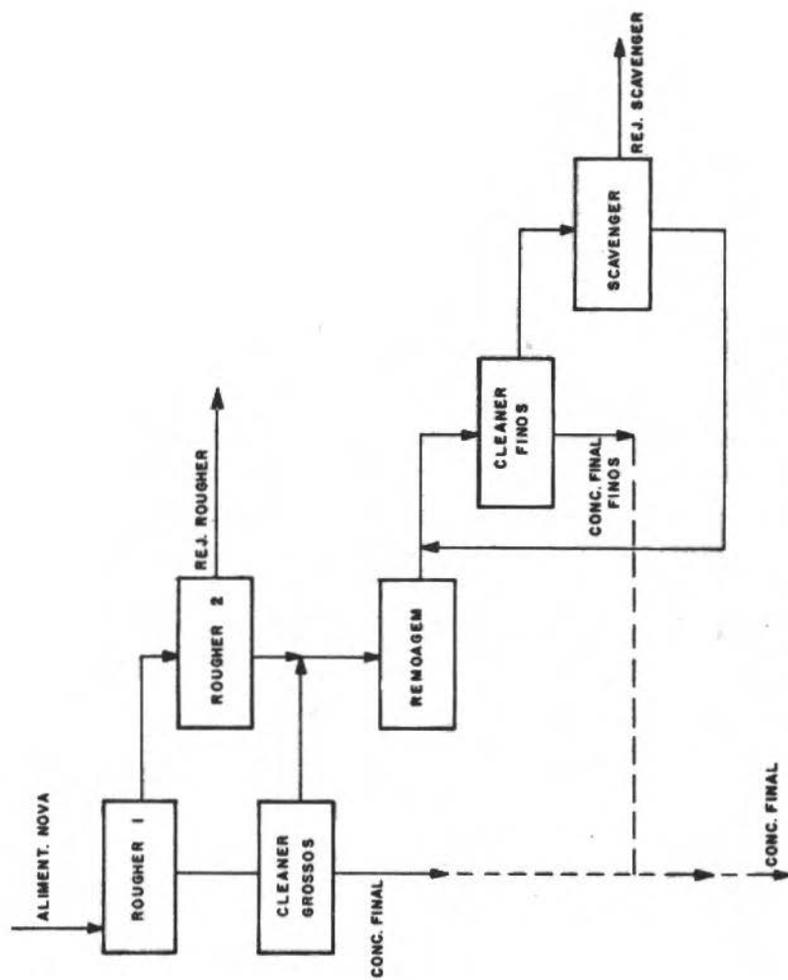


FIGURA 3- FLUXOGRAMA INICIAL

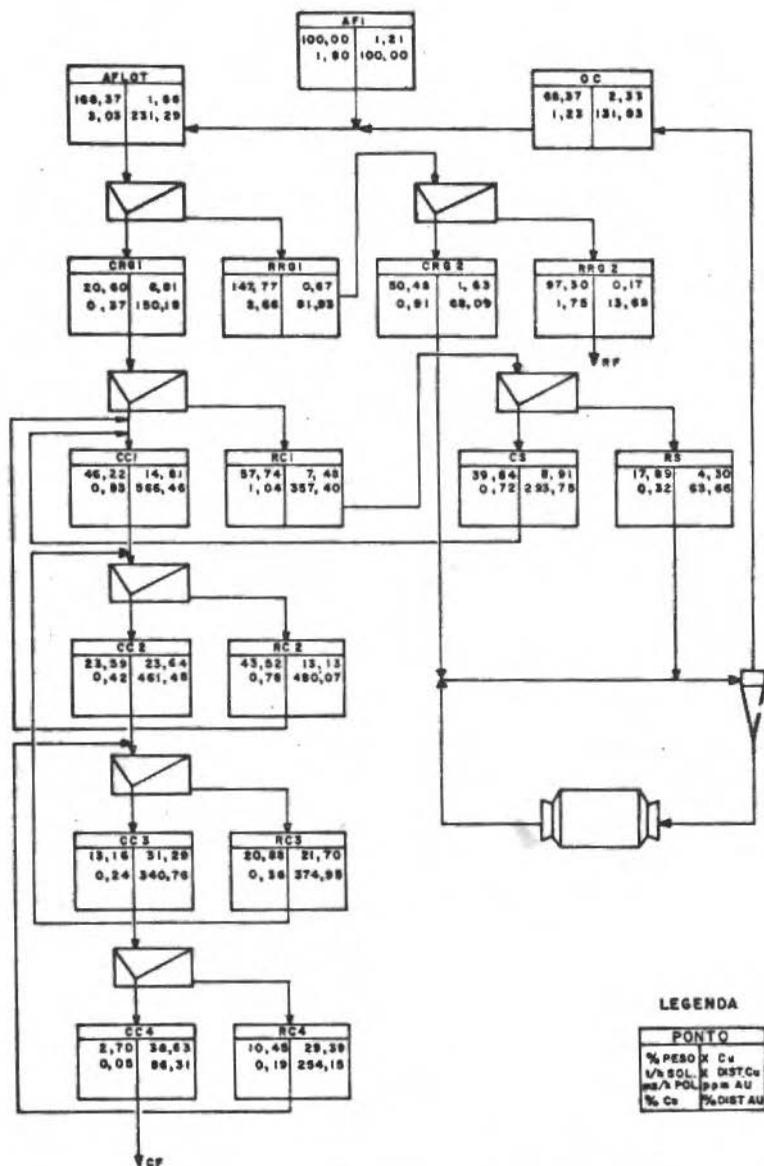


FIGURA 4-BALANÇO DE MASSA E METALÚRGICO