

A usina de concentração de minério de cobre da Caraíba Metais S/A

Carlos Eduardo Pereira *
Sérgio Augusto Guimarães **

1. INTRODUÇÃO
2. SISTEMA DE BRITAGEM - PENEIRAMENTO
3. SISTEMA DE HOMOGENEIZAÇÃO
4. SISTEMA DE MOAGEM E CLASSIFICAÇÃO
5. SISTEMA DE FLOTAÇÃO
6. SISTEMA DE DESAGUAMENTO
7. COMENTÁRIOS FINAIS
8. BIBLIOGRAFIA

* Gerente de Processo da Caraíba Metais S/A

** Chefe do Setor de Processo da Caraíba Metais S/A



Resumo

Faz-se uma introdução apresentando uma descrição do minério, da instalação e do desenvolvimento do seu projeto.

No estilo "PLANT PRACTICE" das publicações internacionais se descreve os sistemas de britagem e peneiramento; homogeneização; moagem e classificação; flotação e desaguamento.

Para cada um destes sistemas se dá uma descrição geral, as condições de operação e a listagem dos

equipamentos, além de outras informações relevantes como as possibilidades de controle automático do circuito de moagem - classificação e o arranjo das células de flotação na planta.

Apresenta-se também fluxogramas e balanços metalúrgicos da instalação.

Conclui-se tecendo um paralelo entre as condições processuais de projeto e as atuais com comentários acerca do acervo técnico que se criou em 3 anos de desenvolvimento deste processo pioneiro no país em escala industrial.

1. Introdução

Localizada no município de Jaguarari (BA) a usina de concentração da CMSA entrou em estágio de pré-operação em dezembro de 1980.

Trata-se de um empreendimento estatal com controle acionário do ENDES que tem como compromisso o tratamento de cerca de 6 milhões de toneladas ano de minério de cobre com teor médio de 0,8% de Cu, o que redundará numa produção de cerca de 130.000 t de concentrado com 34% de Cu, que é parte da alimentação do complexo metalúrgico da CMSA, localizado em Camaçari (BA).

Esta usina de concentração teve seus testes metalúrgicos e projeto básico executados pelo CEPED - CENTRO DE PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DA BAHIA e o seu projeto de detalhamento e gerenciamento de construção a cargo da MILDNER KAISER ENGENHARIA e a sua importância reside nos fatos de: estar localizada numa região à época sem nenhuma infra-estrutura e ser a primeira grande instalação de concentração de cobre no país.

Dispondo de uma Usina Piloto (1,5 t/h) no local, a empresa pode familiarizar a equipe de concentração com o minério e a coordenação do start-up da instalação ficou a cargo desta mesma equipe.

O minério é constituído por rochas silicatadas, principalmente piroxênios e anfibólios e o cobre se encontra principalmente sob as seguintes formas mineralógicas sulfetadas: Calcopirita e Bornita.

A seguir apresentamos as descrições dos sistemas e as listagens dos equipamentos, traçando ao fim um pequeno histórico do desenvolvimento processual do start-up até hoje.

2. Sistema de britagem - peneiramento

2.1. Descrição geral

A planta de britagem desta instalação é constituída por um circuito convencional composto de 3 estágios de redução e dois de peneiramento.

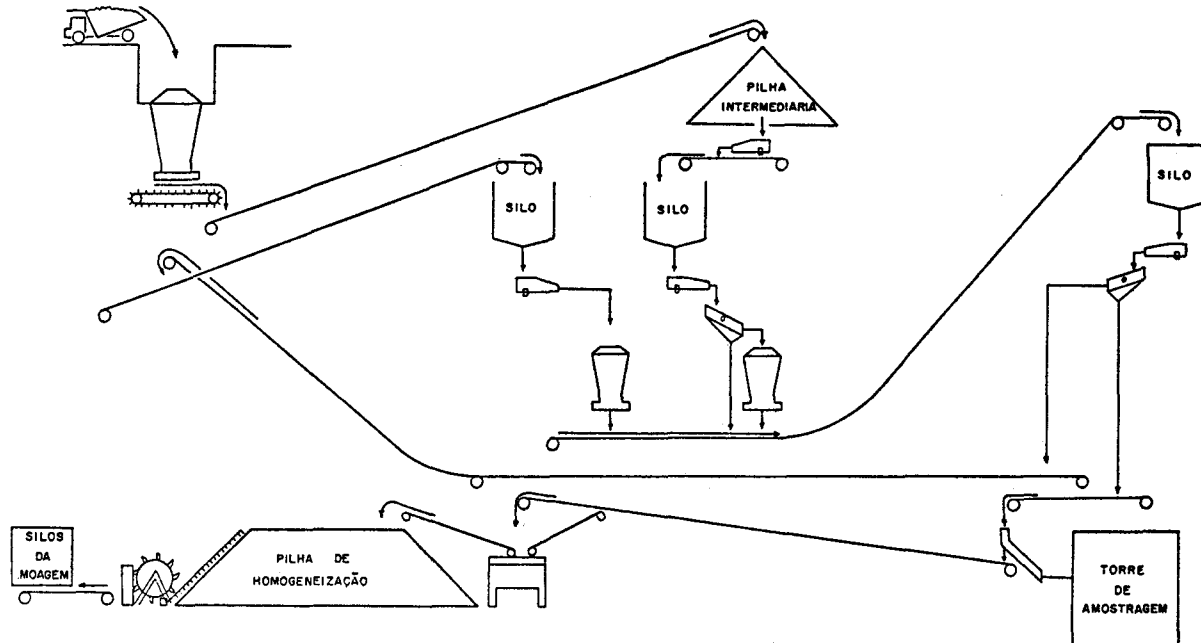
O produto do primeiro estágio de britagem é lançado à uma pilha intermediária com capacidade útil de cerca de 18.000 t.

Este material é retomado para o prédio dos estágios subsequentes de britagem e dos peneiramentos por 3 alimentadores vibratórios localizados em linha sob a pilha intermediária passando sucessivamente pelos estágios: peneiramento primário, britagem secundária do oversize, peneiramento secundário, britagem terciária do oversize, que constitui a carga circulante e apresenta um valor médio de 113,8%.

Um fluxograma esquemático do circuito está apresentado na Fig. 1.

O material já pronto para alimentar o sistema de homogeneização de minério é amostrado através de um cortador automático de fluxo que alimenta uma torre de amostragem localizada na saída do prédio da rebitagem, sendo posteriormente empilhado.

Figura 1 - Fluxograma do circuito de britagem e peneiramento



2.2. Condições de operação dos britadores

- . Britador primário (1)
 - .. Alimentação horária: 935t/h (nominal) 1.600 t/h (máxima)
 - .. Tamanho máximo na alimentação: 48"
 - .. Abertura do lado aberto (OSS): 5 1/2"
 - .. Potência motora: 500 HP com fator de serviço de 1.15
 - .. Produto de britagem: 100% < 10"
 - .. Disponibilidade = $\frac{\text{Horas disponíveis}}{\text{Horas programadas}} = 87\%$

. Britadores secundários (2)

- .. Alimentação horária: 1.364 t/h
- .. Abertura do lado fechado (CSS): 1 1/4"
- .. Potência motora: 300 HP com fator de serviço 1.15
- .. Produto da britagem: 100% < 3"
- .. Disponibilidade: 87%

. Britadores terciários (4)

- .. Alimentação horária: 1.552 t/h
- .. Abertura do lado fechado (CSS): 3/8"
- .. Potência motora: 300 HP com fator de serviço 1.15
- .. Produto da britagem: 100% < 3/4"
- .. Disponibilidade: 87%

2.3. Listagem de equipamentos

A - Britador primário

Um britador giratório 54" x 74" DEDINI-KAWASAKY com sistema hidráulico de levantamento do manto; motor de 500 HP com FS de 1.15, 514 RPM, O.S.S. em 5 1/2" e excentricidade de 28 mm; silo de descarga de 300 toneladas. Capacidade máxima: 1.600 t/h.

B - Alimentador de placas

Um alimentador de placas (Sapatas) - FAÇO - de 60" de largura equipado com variador de velocidade transistor e motor de 40 HP. Capacidade máxima: 1.600 t/h.

C - Alimentadores vibratórios

Dezesseis alimentadores vibratórios de 72" x 96" da FMC.

D - Peneiras primárias

Duas peneiras vibratórias FMC de 8' x 20' com dois estágios, inclinação de 20° e motor de 40 HP.
1º Deck: Abertura de 4"
2º Deck: Abertura de 1 1/4"

E - Britadores secundários

Dois britadores cônicos secundários de 7', tipo Symons, modelo Standard da Nordberg, motor de 300 HP com fator de serviço 1.15, 720 RPM e C.S.S. de 1 1/4". Capacidade máxima de 800 t/h.

F - Britadores terciários

Quatro britadores cônicos terciários de 7', tipo Symons, modelo cabecote curto da Nordberg, motor de 300 HP com fator de serviço 1.15, 720 RPM e C.S.S. de 3/8". Capacidade máxima de 450 t/h.

G - Peneiras secundárias

Sete peneiras vibratórias FMC de 8' x 20' com dois estágios, inclinação de 20° e motor de 40 HP.
1º Deck: Abertura de 1"
2º Deck: Abertura de 1/2"

3. Sistema de homogeneização

3.1. Descrição geral

Por não ser porfirítico o minério da Caraíba apresenta grandes variações de teores, o que poderia vir a comprometer o equilíbrio operacional na fase de concentração. Por esta razão existe um sistema de homogeneização em pilhas para retomada do teor médio.

Cada pilha possui 66.667 m³ (400 m de comprimento, 28 m de largura e 11,30 m de altura) o que representa 120.000 t que equivalem a 6,3 dias de operação da usina.

O minério é empilhado na seção longitudinal da pilha e retomado na seção transversal. Após o empilhamento o minério é retomado e enviado a 2 silos da área de moagem. Tais silos têm 23,5 m de altura e possuem uma capacidade útil de 4.500 t, ou seja, cerca de 5,5 horas de alimentação do circuito de moagem.

3.2. Condições de operação do sistema de homogeneização

O sistema de empilhamento opera de acordo com a área da rebitagem, ou seja, 16 horas dia com 8 horas para manutenção.

O método utilizado para o empilhamento é o "CHEVRON", que consiste na formação de finas camadas superpostas. Para se formar uma pilha são necessárias 260 camadas, com aproximadamente 460 t cada.

O sistema de recuperação opera de acordo com os níveis dos silos de moagem. Isto vai depender do número de moinhos em operação. Quando todos os 4 (quatro) estão em funcionamento o retomador opera as 24 horas por dia. Para locomovê-lo de uma pilha para outra existe um carro de transferência localizado na parte leste destas pilhas.

3.3. Listagem de equipamentos

A - Empilhadeira (STACKER)

Uma empilhadeira Villares - tipo móvel - com duas lanças inclináveis e um trailer. Capacidade máxima: 1.600 t/h.

B - Retomador (BUCKET WHEEL)

Um retomador Villares - tipo roda de caçambas - capacidade máxima: 1.500 t/h.

C - Carro de transferência

Um carro de transferência Villares

4. Sistema de moagem e classificação

4.1. Descrição geral

O sistema de moagem / classificação desta usina consiste de 4 linhas independentes compostas cada uma de 1 moinho de bolas operando em circuito fechado com uma bateria de hidrociclones.

Os moinhos são Allis Chalmers 16,5' x 25' descarregam por overflow, possuindo motores síncronos General Electric de 4.085 HP acoplados ao eixo pinhão do moinho por meio de embreagem pneumática.

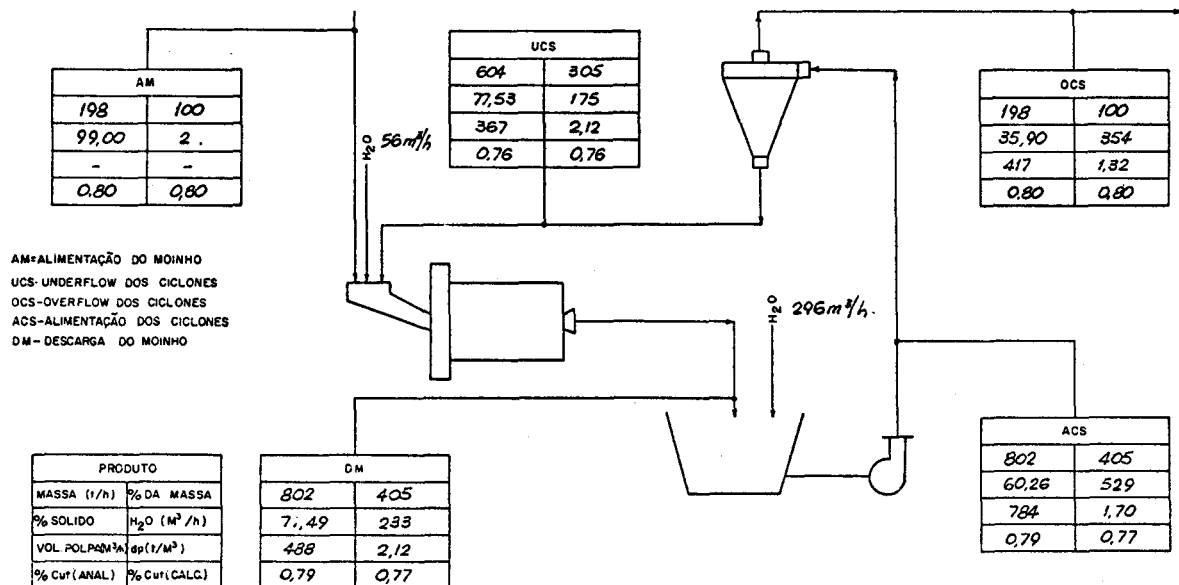
Cada bateria de classificação possui 6 hidrociclones D-26B da Krebs instalados em montagem tipo "aranha" com o underflow fechando o circuito, constituindo a carga circulante.

Um fluxograma esquemático do circuito de moagem / classificação, acompanhado do balanço metalúrgico e de massas típico, é apresentado na Fig. 2. A tabela I apresenta os resultados de análise granulométrica nos diversos pontos do circuito.

Tabela I - Análises granulométricas dos produtos do circuito moagem/classificação

ABERTURA		ALIMENTAÇÃO			DESCARGA			UNDER FLOW			OVER FLOW		
MESH TYLER	μ	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE	% RETIDA SIMPLES	% RETIDA ACUMULADA	% PASSANTE
3/4"	19050	-	-	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1/2"	12700	8,89	8,89	91,11	-	-	100,00	-	-	100,00	-	-	-
3/8"	9525	17,42	26,31	73,69	0,25	0,25	99,75	0,79	0,79	99,21	-	-	-
1/4"	6350	22,06	48,37	51,63	1,20	1,45	98,55	1,42	2,21	97,79	-	-	-
4 #	4760	9,89	58,26	1,74	0,76	2,21	97,79	1,45	3,66	96,34	-	-	-
6 #	3360	6,37	64,63	35,37	0,76	2,97	97,03	1,20	4,86	95,14	-	-	-
10 #	1680	10,36	74,99	25,01	2,60	5,57	94,43	3,56	8,42	91,58	-	-	-
20 #	840	6,29	81,28	18,72	5,35	10,92	89,08	7,04	15,46	84,54	-	-	-
35 #	420	2,07	83,35	16,65	4,68	15,60	84,40	5,91	21,37	78,63	-	-	100,00
48 #	297	3,59	86,94	13,06	16,59	32,19	67,81	22,12	43,49	56,51	1,02	1,02	98,98
65 #	210	1,75	88,69	11,31	13,92	46,11	53,69	16,86	60,35	39,65	3,63	4,65	95,35
100 #	149	2,05	90,74	9,26	14,70	60,81	39,19	15,57	75,92	24,08	9,05	13,70	86,30
150 #	105	1,22	91,96	8,04	10,98	71,79	28,21	9,67	85,59	14,41	14,06	27,76	72,24
200 #	74	1,30	93,26	6,74	6,49	78,28	21,72	4,76	90,35	9,65	12,76	40,52	59,48
270 #	53	0,98	94,24	5,76	3,84	82,12	17,88	2,15	92,50	7,50	10,05	50,57	49,43
325 #	44	0,59	94,83	5,17	1,86	83,98	16,02	0,95	93,45	6,55	5,76	56,33	43,67
< 325 #	< 44	5,17	100,00	-	-	100,00	-	6,55	100,00	-	43,67	100,00	-

Figura 2 - Fluxograma e balanço metalúrgico do circuito de moagem/classificação



4.2. Condições de operação do circuito de moagem/classificação

- Alimentação horária: 200 t/h
- Granulometria da alimentação: 90% < 1/2"
- Granulometria do produto: 95% < 65# e 55% < 200#
- Energia aplicada: 15 kWh/t
- Potência disponível: 3.000 Kw
- Work index (Bond): 16 KwH/st
- % Sólidos descarga dos moinhos: 75-78% sólidos em peso
- Overflow dos hidrociclones: 35-40% sólidos em peso
- Reposição de bolas: 40% - 4"
30% - 3"
30% - 2 1/2"
- Consumo médio de bolas: 500 g/t
- Nível de bolas: 37-38% do volume interno dos moinhos
- Carga circulante na moagem: 250-300%

4.3. Listagem de equipamentos

A - Moinho de bolas

Quatro moinhos Allis Chalmers 16,5'x 25', descarga por overflow com capacidade para 200 t/h. Os moinhos operam com 13,8 rpm (71% da velocidade crítica). Os revestimentos são do tipo Double Wave e pesam 96 ton (Cilindro + Fselhos). A carga de bolas pesa 252.000 Kg (38% do volume interno dos moinhos).

B - Bombas de polpa

Quatro bombas ASH, modelo D-11-6, 14" x 14", rotor de Ni-Hard, carcaça de ferro fundido revestida com borracha natural, com variador de velocidade, motor de 400 HP.

C - Hidrociclones

Quatro baterias compostas de 6 hidrociclones cada. Os hidrociclones são Krebs do tipo D-26B com 26" de diâmetro, Apex de 5" e Vortex de 10".

D - Instrumentação em geral

As seguintes variáveis podem ser medidas:

- Velocidade da bomba de alimentação dos ciclones
- Nível da caixa de descarga do moinho
- Fluxo de polpa na alimentação dos ciclones
- Densidade da polpa na alimentação dos ciclones
- Fluxo de sólidos na alimentação dos ciclones
- Pressão na alimentação dos ciclones
- Granulometria do overflow dos ciclones (PSM)
- % de sólidos (densidade de polpa) do overflow dos ciclones (PSM)
- Taxa de alimentação nova no moinho
- Adição de água no moinho
- Adição de água na caixa de descarga do moinho

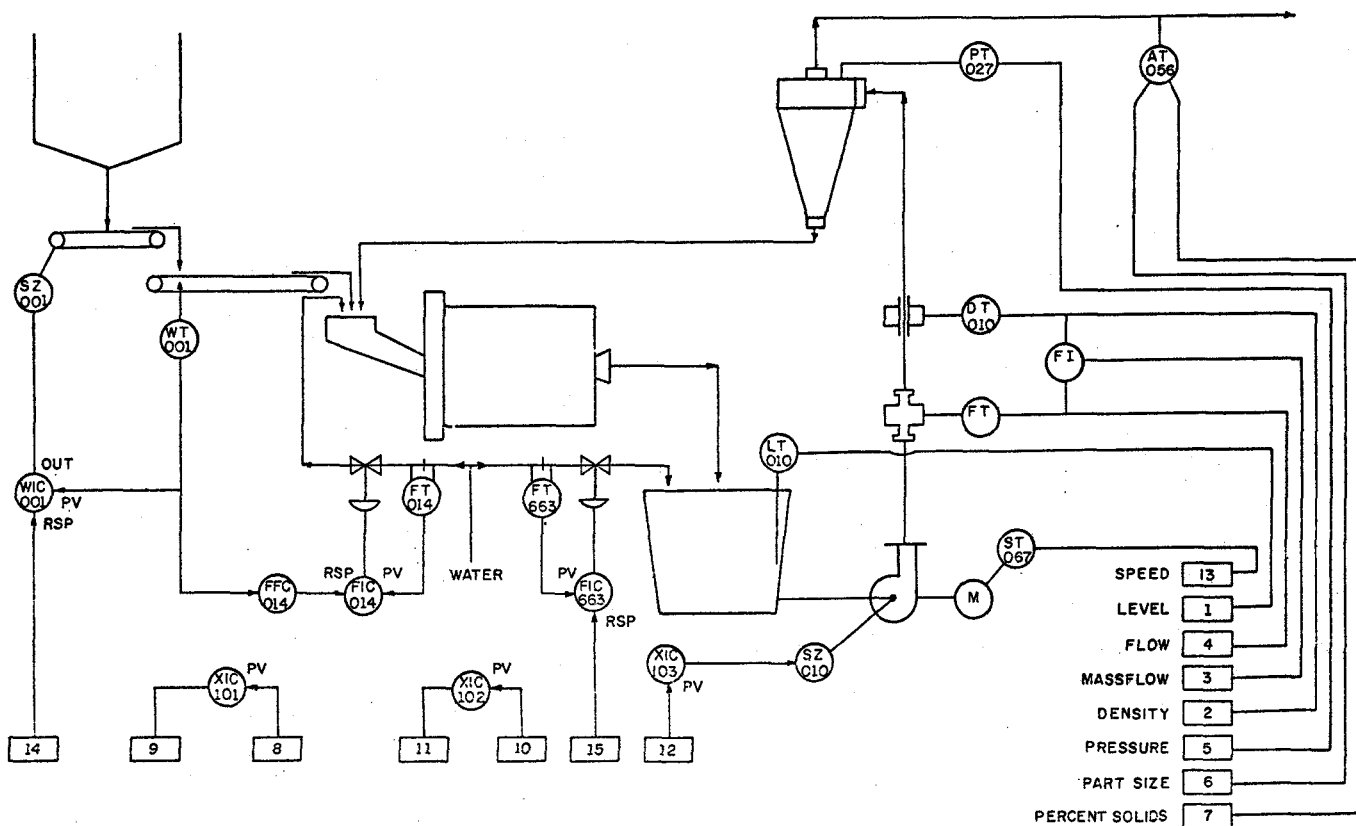
4.4. Controles do circuito moagem/classificação

Conforme pode ser visto pela listagem das variáveis mensuráveis, trata-se de uma planta altamente instrumentalizada. Realmente, este pesado circuito de moagem e classificação, com minério de work index bastante alto, exige que um acurado controle das variáveis seja executado com os objetivos de se atravessar a maior tonelagem possível por moinho a uma granulometria do produto moído a mais estável possível. Isto significa maior produção, menor custo unitário, maior eficiência energética e a seletividade e recuperação dentro de padrões pré-estabelecidos. Obviamente isto é mais facilmente obtido através da aplicação de controle automático do circuito pela combinação das variáveis mensuráveis.

Para maior flexibilidade na aplicação deste controle analógico automático, puxou-se todos os sinais destes instrumentos a um terminal localizado no painel central de comando. Isto tornou possível a avaliação de qualquer estratégia de controle, ou as combinações de que variáveis irão controlar que variáveis, em condições reais de operação e num curto espaço de tempo. Basta-se conectar as variáveis que se quer controlar com as variáveis que se quer controladas.

A Fig. 3 ilustra estas possibilidades de controle.

Figura 3 - Instrumentação do processo moagem/classificação



5. Sistema de flotação

5.1. Descrição geral

As duas linhas de moagem / classificação se juntam duas a duas formando duas linhas paralelas e idênticas de flotação. Cada linha possui 24 células Rougher. O rejeito rougher é o constituinte básico do rejeito final. O concentrado rougher alimenta 6 células cleaner. O rejeito do cleaner alimenta 10 células scavenger. O rejeito do scavenger pode ser parte do rejeito final ou pode recircular à alimentação nova da flotação. O concentrado do scavenger junta-se usualmente ao concentrado rougher.

O concentrado do cleaner alimenta 2 células recleaner. O rejeito recleaner retorna à célula cleaner e o concentrado recleaner é o concentrado final.

Portanto, a alimentação das células cleaner é composta do concentrado rougher, concentrado scavenger e rejeito recleaner.

Conforme pode ser notado, cada linha de flotação é composta por 42 células de flotação, perfazendo um total de 84 células.

Um fluxograma esquemático do circuito de flotação, com os pontos de amostragens sistemáticas, está apresentado na Fig. 4.

Na Fig. 5 apresenta-se um balanço metalúrgico do circuito de flotação.

5.2. Condições de operação do circuito de flotação

. Flotação Rougher

Alimentação : 0,8% Cu
 Rejeito : 0,08% Cu
 Concentrado : 7-9% Cu

. Flotação Cleaner

Alimentação: 7-9% Cu
 Rejeito : 4-6% Cu
 Concentrado: 18-21% Cu

. Flotação Scavenger

Alimentação: 4-6% Cu
 Rejeito : 3-4% Cu
 Concentrado: 7-9% Cu

. Flotação Recleaner

Alimentação: 18-21% Cu
 Rejeito : 8-10% Cu
 Concentrado: 34-36% Cu

Figura 4 - Fluxograma do circuito de flotação com os pontos de amostragens sistemáticas

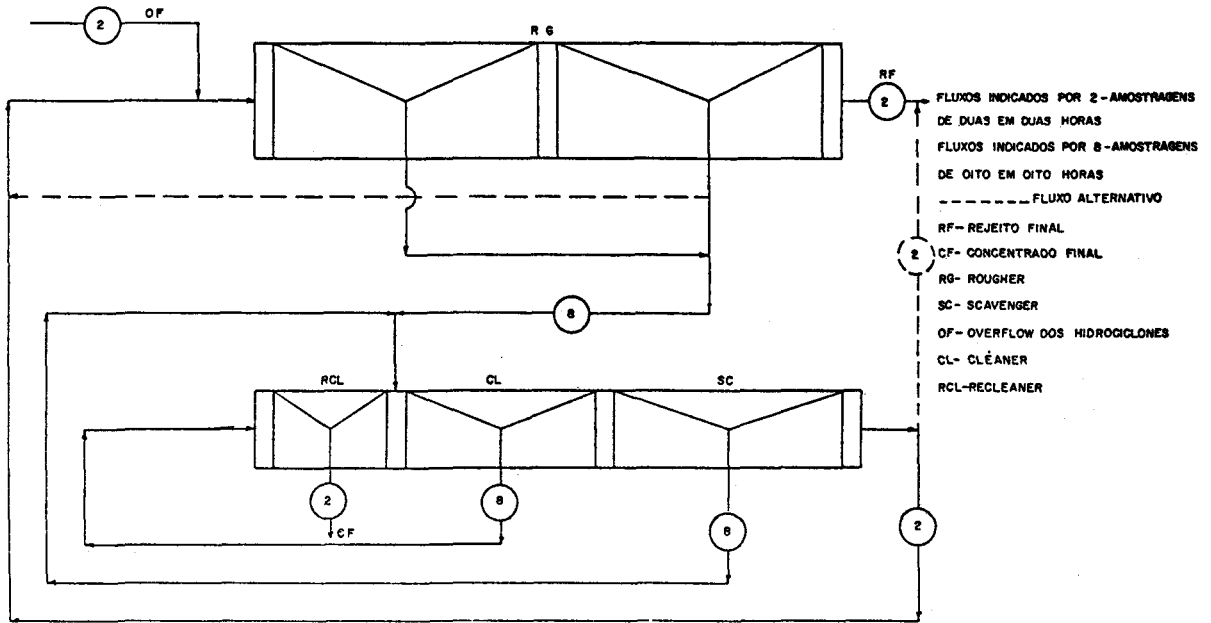
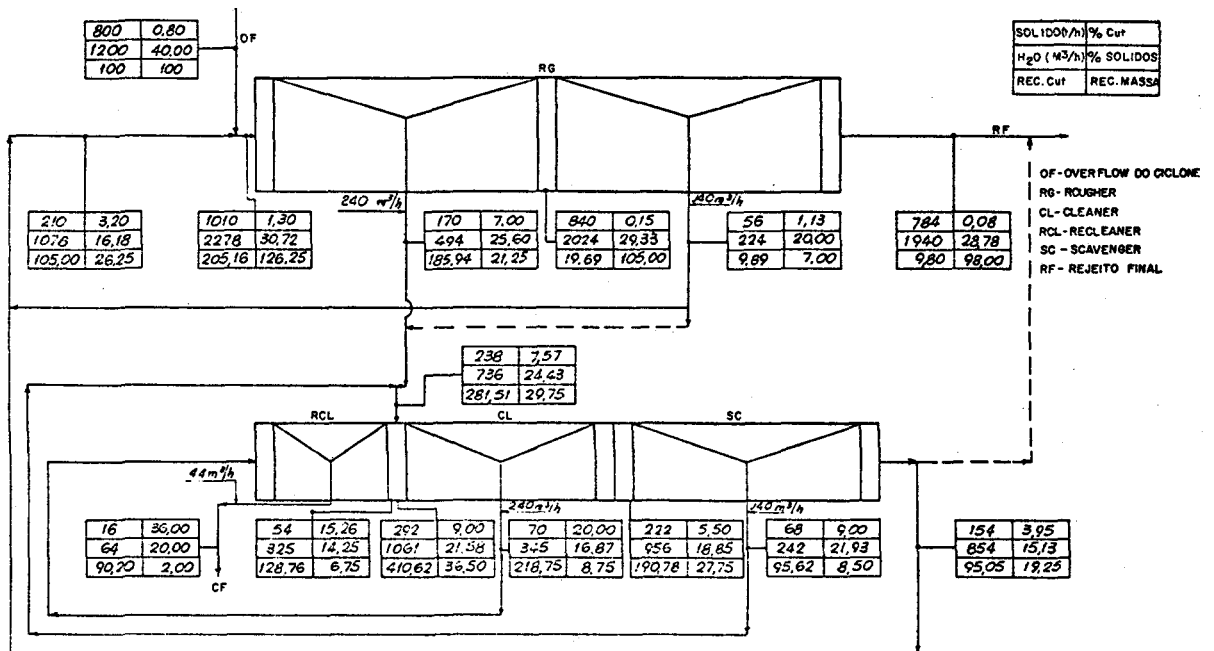


Figura 5 - Balanço metalúrgico do circuito de flotação



Recuperações Típicas

CuF = 88%
CuS = 90%

Porcentagens de sólidos em pesos normais

Rougher: 35-38%
Scavenger: 15-17%
Cleaner: 23-25%
Recleaner: 18-20%

Tipo, Função, Pontos de Adição e Consumo de Reagentes

A tabela II resume estas informações:

REAGENTES	FUNÇÃO	PTO DE ADIÇÃO	CONSUMO (g/t)
Ditiofosfato + Ditiocarbamato	Coletor	Alim. Moinhos	11
Metil Isobutil Carbinol	Espumante	Alim. Moinhos	28
Leite de Cal	Modificador	Alim. Moinhos Alim. Espessador	900 1000
Derivado de Amido de Milho	Depressor	Caixa Concentrado Cleaner	30
Poliacrilamida	Floculante	Alim. Espessador	2,5

5.3. Listagem de equipamentos

A - Flotação rougher

48 células rougher, tipo WEMCO de 500 pés³ de capacidade cada. Motor de 40 C.V.

B - Flotação scavenger

20 células scavenger, tipo WEMCO de 300 pés³ de capacidade cada. Motor de 30 C.V.

C - Flotação cleaner

12 células cleaner, tipo WEMCO de 300 pés³ de capacidade cada. Motor de 30 C.V.

D - Flotação recleaner

4 células recleaner, tipo WEMCO de 300 pés³ de capacidade cada. Motor de 30 C.V.

E - Controladores de nível

24 controladores de nível das células de flotação, da Foxboro (Manual / automático).

F - pH-Metros

6 pH-metros nas linhas de flotação rougher (2), cleaner (2) e recleaner (2).

G - Amostradores automáticos

15 amostradores primários tipo "Vai-e-Vem" (CIMAQ)
15 amostradores secundários tipo Vezin (DENVER).

H - Bombas de polpa

4 bombas ASH, modelo CD-6-6, capacidade de 275 m³/h, motor de 30 C.V., 10" x 8", para bombeamento dos concentrados rougher e scavenger às células cleaner.

4 bombas ASH, modelo C-6-6, capacidade de 145 m³/h, motor de 20 C.V., 10" x 6", para bombeamento de concentrado cleaner para as células recleaner.

2 bombas ASH, modelo CD-6-6, capacidade de 150 m³/h, motor de 15 C.V., 10" x 6", para bombeamento do concentrado final aos espessadores.

2 bombas ASH, modelo C-6-6, capacidade de 310 m³/h, motor de 30 C.V., 10" x 8", para eventual bombeamento do rejeito scavenger ao distribuidor da alimentação nova da flotação.

3 bombas ASH, modelo D-11-6, capacidade de 950 a 1.866 m³/h, com variador de velocidade, motor de 200 HP, 14" x 16", para bombeamento do rejeito final aos espessadores.

Observação: Todos os rotores e carcaças destas bombas são de ferro fundido revestidos com borracha natural.

5.4. Arranjo das células na planta

. Rougher

Cada uma das duas linhas possui 3 baterias paralelas de 8 células de 500 pés³, e em cada bateria as células estão dispostas da seguinte maneira: CA-4 células- CU - 4 células-CD, sendo CA caixa de alimentação, CU caixa de união CD caixa de descarga.

Conforme pode ser observado, funciona-se, na prática como se fossem 2 roughers podendo, os concentrados, serem coletados em separado, dando possibilidade de se enviar o que poderia ser chamado de "concentrado segundo rougher" novamente à alimentação nova.

. Outras flotações

Cada uma das duas linhas possui 2 baterias paralelas de 9 células de 300 pés³ e em cada bateria as células estão dispostas da seguinte maneira: CA-1 célula - CU - 3 células - CU 5 células - CD, sendo 1 célula o recleaner, 3 células o cleaner e 5 células o scavenger.

5.5. Controle de pH

O controle do pH visando a modulação da flotação, a qual é melhor na faixa de 10,5 a 11,5, é feito com cal hidratada, Ca(OH)₂ (leite de cal) a 5% de sólidos em peso. Este agente é adicionado na alimentação de cada moinho através de válvulas pneumáticas controladoras de vazão.

Os pH-metros para controle estão localizados dentro dos distribuidores estáticos de polpa para as baterias de flotação, tanto rougher quanto as demais. O sinal é transmitido para a sala de controle central de onde é processado qualquer ajuste.

5.6. Seleção e otimização de reagentes

Após o start-up da instalação começaram-se os testes para otimização dos níveis de consumo dos reagentes, seleção de reagentes mais adequados e nacionalização dos mesmos. Estes estudos são realizados em laboratório de processo, usina piloto e testes industriais e visam sobretudo redução nos custos do concentrado final e melhorias processuais.

No campo dos coletores a planta iniciou sua operação com ditiocarbamato e/ou xantato, especificados por projeto, até serem

substituídos por uma mistura de ditiofosfato + ditiocarbamato, utilizado atualmente. Este último é mais recuperador que os anteriores nas mesmas dosagens como também absorve mais facilmente quaisquer flutuações de teores da alimentação da planta, comuns em qualquer parada do sistema de homogeneização. Infelizmente todos são importados atualmente.

No que se refere ao espumante, a operação foi iniciada com agentes do tipo éter metílico de polipropileno glicol, importados. As pesquisas levaram à sua substituição por metil isobutil carbinol, que é até hoje empregado. Este, além de mais seletivo no transporte, mais estável no contato bolha/míneral, é de fabricação nacional.

O agente depressor para a ganga silicatada ferro magnésiana que foi especificado por projeto era o silicato de sódio. No entanto, mostrou-se totalmente ineficaz e comprometeu a seletividade do processo nos primeiros meses de operação da usina. As pesquisas com vasta gama de agentes depressores conduziram à sua substituição por agente derivado de milho. Este agente, que se mostrou bastante eficiente, colocou o concentrado dentro das especificações da pirometalurgia em termos de MgO e SiO₂ e vem sendo empregado industrialmente até hoje.

Testes com floculantes foram também desenvolvidos objetivando melhorias processuais e abertura de novos fornecedores nacionais, tendo a poliácrlamida não iônica especificada por projeto sido substituída por outra de caráter aniônico.

6. Sistema de desaguamento

6.1. Descrição geral

O concentrado recleaner é bombeado para os espessadores de concentrado. O underflow dos espessadores alimenta a filtração. O cake da filtração já é o produto final e está pronto para ser embarcado para a Unidade Metalúrgica de Camaçari. Este transporte ainda é rodoviário estando em implantação um sistema rodo-ferroviário. O produto filtrado retorna aos espessadores de concentrado.

O rejeito final é bombeado para os espessadores de rejeito, sendo 1 espessador para cada 2 moinhos em operação.

O underflow dos espessadores é depositado numa barragem de rejeitos a cerca de 5 Km da planta.

A água recuperada como overflow de todos os espessadores é recolhida em um tanque e bombeada para a caixa de água recuperada e redistribuída novamente para toda a planta como água de processo.

Através de um sistema flutuante de bombeamento, recupera-se também a água da barragem de rejeitos uma vez que se encontra em região de poucos recursos hídricos, sendo a água nova captada no Rio São Francisco, a 86 Km de distância e trazida ao local através de uma adutora de 800 mm de diâmetro com 3 estações de bombeamento.

Faz-se necessário notar que para se conseguir uma boa neutralização das cargas de superfície das partículas, ou seja, a alteração do estado de dispersão da polpa com conseqüente coagulação,

torna-se necessário a adição de razoáveis quantidades de leite de cal, única forma de se obter overflow bem clarificado.

Além disto, é imperiosa também a adição do agente floculante com os objetivos de se obter uma boa velocidade de sedimentação dos coágulos e auxiliar na diminuição do torque nos rakes dos espessadores, pelo aprisionamento de água nos flóculos formados.

Toda a polpa que por problemas operacionais venha a se derramar no piso da flotação ou da filtração é encaminhada a um hidroseparador sendo depois devolvida para a flotação rougher.

6.2. Condições de operação do sistema de desaguamento

. Espessadores de concentrado

Vazão de polpa na alimentação:	70 m ³ /h
% de sólidos na alimentação:	20% em peso
% de sólidos no underflow:	55% em peso
Taxa unitária de sedimentação:	2,44 m ² /t/dia
Dosagem de Ca(OH) ₂ :	300 g/t
Dosagem de floculante:	5 g/t de concentrado

. Filtros verticais

% sólidos na alimentação:	55% em peso
Umidade do cake:	7 a 10%
Taxa unitária de filtração:	230 kg/m ² /h

. Espessadores de rejeito

Vazão de polpa na alimentação:	2.200 m ³ /h
% de sólido na alimentação:	29% em peso
% de sólido no underflow:	45% em peso
Taxa unitária de sedimentação:	0,65 m ² /t/dia
Dosagem de Ca(OH) ₂ :	700 g/t
Dosagem de floculante:	2,4 g/t de rejeito

6.3. Listagem de equipamentos

A - Espessador de concentrado

2 espessadores DORR-OLIVER, tipo ponte, com 80' de diâmetro, motor elétrico de 3 HP e 1.750 rpm, com sistema automático de levantamento do rake.

B - Filtro vertical

2 filtros ENVIROTECH, verticais, de disco, a vácuo, possuindo 6 discos cada, com diâmetro de 8' 10", com 10 setores por disco, motor elétrico de 3 HP e 1.750 rpm para agitação da polpa.

C - Espessador de rejeito

2 espessadores DORR-OLIVER, tipo coluna central, com 290' de diâmetro, com 2 motores elétricos de 7,5 HP, sem sistema de levantamento do rake.

D - Hidroseparator

1 hidroseparator DORR-OLIVER de 10 m de diâmetro, motor elétrico de 5 HP e 1.750 rpm, com sistema manual para levantamento do rake.

E - Bombas de polpa

4 bombas diafragma DORR-OLIVER, diâmetro de 4", pneumáticas, para bombeamento do underflow dos espessadores de concentrado até a caixa intermediária na superfície.

2 bombas ASH, modelo A-6-6, capacidade de 31 m³/h motor de 10 CV, 4" x 3", para bombeamento da polpa entre a caixa intermediária e os filtros.

2 bombas ASH, modelo B-6-6, capacidade de 50 m³/h, motor de 40 CV, 6" x 4", para

bombeamento do filtrado de volta ao espessador de concentrado.

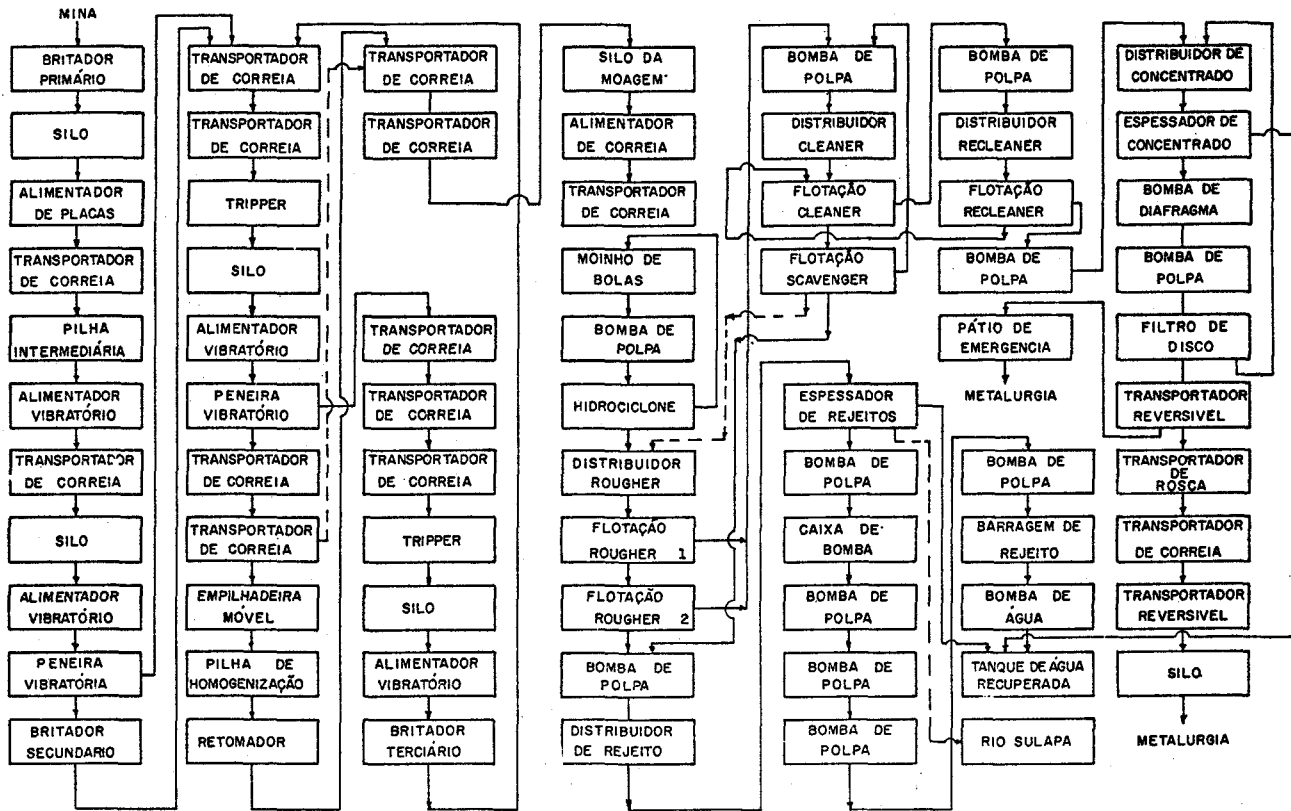
3 bombas ASH, modelo CD-6-6, capacidade de 290 à 721 m³/h, com variador de velocidade, motor de 100 CV, 10" x 10", para bombeamento do underflow dos espessadores de rejeito até a caixa intermediária na superfície.

4 bombas ASH, modelo D-6-6, capacidade de 1.325 m³/h, trabalhando em série, sendo a última com variador de velocidade, motor de 400 CV, 14" x 12", para bombeamento do rejeito da caixa intermediária à barragem de deposição.

7. Comentários finais

Na fig.6 a seguir apresenta-se um diagrama de blocos dos processos de cominuição, concentração e operações auxiliares como um todo.

Figura 6 - Diagrama de blocos do processo



Conforme pode ser notado trata-se de um circuito relativamente simples em termos de operações unitárias e consideravelmente complexo operacionalmente como decorrência da agressividade do minério e das dimensões da instalação.

Como decorrência também de seu pioneirismo em termos de concentração industrial de grande porte no país, para minério de cobre, um bom caminho teve que ser andado nos dois primeiros anos de operação. As constantes pesquisas em escala de laboratório, planta piloto e testes industriais, a operação executada de uma maneira cada vez mais criteriosa e o acurado acompanhamento

e controle das variáveis de operação e processo efetuados desde o primeiro dia de operação da instalação, levaram a uma operação a custos operacionais unitários decrescentes e a valores de seletividade, recuperação e tonelagem atravessada por hora por moimho maiores que os de projeto, respectivamente 34% Cu, 90% Cu Sulfetado e 197,25 t/h.

Como consequência também desta política de trabalho de pesquisas os consumos unitários dos principais insumos foram consideravelmente diminuídos, além da nacionalização de alguns. A tabela III resume estas informações.

Tabela III - Variações nos tipos, procedência e consumo unitário dos insumos

INSUMO	P R O J E T O			A T U A L		
	TIPO	CONSUMO (g/t)	PROCEDÊNCIA	TIPO	CONSUMO (g/t)	PROCEDÊNCIA
COLETOR	Isopropil Xantato de Sódio ou Ditionocarbamato	25	Importado	Ditionocarbamato + Ditionofosfato	12	Importado
ESPUMANTE	Poliglicol Éter	75	Importado	Metil Isobutil Carbinol	28	Nacional
DEPRESSOR	Silicato de Sódio	150	Nacional	Derivado de milho	30	Nacional
FLOCULANTE	Poliacrilamida nao iônica	5	Nacional	Poliacrilamida aniônica	2,5	Nacional
MODIFICADOR	Leite de Cal	2900	Nacional	Leite de Cal	1900	Nacional
PANO DE FILTRO	Envirotech	-	Importado	Remae	-	Nacional
BOLAS DE MOINHO	Fundidas / Forjadas	800	Nacional	Fundidas / Forjadas	500	Nacional
REVESTIMENTOS (*)						
BRIT.PRIMÁRIA { MANTO CÔNCAVO	Aço Manganês	6,3	Nacionais	Aço Manganês	3,5	Nacionais
	Aço Manganês	5,6		Aço Manganês	5,1	
REBRITAGENS	Aço Manganês	35,7		Aço Manganês	16,6	
MOAGEM	Aço cromo / molibdênio	139		Aço cromo / molibdênio	116	

(*) Estes valores não são de projeto e sim os consumos unitários observados nas primeiras peças instaladas.

Além destes benefícios, no entanto, ressalta-se que o fundamental é o acervo técnico que se criou no período, que junto com o histórico de operação, processo e controle de qualidade, constituem a memória dos primeiros trabalhos de aplicação industrial realizados no país na área de tratamento de minérios de cobre.

8. Bibliografia

- (1) JANES, C.G.E. & JOHNSON, Jr.L.M. The Duval sierrita concentrator. In: FUERSTENAU, M. C. Flotation A.M. Gaudin memorial volume. s.l., AIME, 1976. 2v.
- (2) CEPED - CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DA BAHIA. Memorial descritivo das instalações da CMSA. Salvador, 1977.
- (3) ROWLAND, C.R. - Report nº 08-83-CAR. Visit to CSMA, Milwaukee, Abril, 1983.
- (4) CARAÍBA METAIS S/A. Relatórios internos do Setor de Engenharia de Processo da Divisão de Processo e Controle de Qualidade. s.l., 1981-84.
- (5) ANDERSON, A.; RIBEIRO, R.; TAKATA, L.A. A practical approach to automatic grind control. In: AIME ANNUAL MEETING, 1979. New Orleans, Feb. 1979.
- (6) AIRES, F.J.C. & ANTUNES, S.T. Revestimento e corpos moedores na usina de concentração da Caralba Metais S/A. In: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 38. São Paulo, jul. 1983.