

DESENVOLVIMENTO NAS TÉCNICAS DE CONFECÇÃO E REPAROS DE CANALPRINCIPAL NA CSN (1)

- Engº Dárcio de Paula Sarchis (2)  
Engº Jorge Luiz Gonçalves Pereira (3)  
T.I. Aridalton Cardoso de Sá (4)  
T.I. Sebastião Demerval da Rocha (5)

- 
- (1) Contribuição Técnica ao Seminário da COREF/ABM,  
VITÓRIA - ES, dias 26 a 29.10.82
- (2) Engenheiro Metalúrgico - Engº de Equipamentos e  
Processos do AF 3 da CSN - Membro da ABM
- (3) Engenheiro Metalúrgico - Engº de Redução do Alto  
Forno nº 3 da CSN - Membro da ABM
- (4) Técnico Industrial Mecânico - Chefe da Divisão de  
Redução do AF-3
- (5) Técnico Industrial Metalúrgico - Técnico de Confec-  
ção de Canais do Alto Forno nº 3 da CSN

RESUMO

Em caráter de contribuição, este trabalho apresenta uma série de informações técnicas, resultado do desenvolvimento nos serviços de confecção e reparos de canal principal, obtidas através de observações e estudos das campanhas dos canais do Alto Forno Nº 3 da CSN, desde a sua entrada em operação.

ABSTRACT

In character of contribution, this work shows, in general lines, a series of technical information, which is the result of the development in the services of manufacturing and repairing of the main trough, obtained from observations and study of the campaign of the rumers of BF 3 of CSN, since its blow-in.

1 - INTRODUÇÃO

Em condições de operação, o canal principal de um Alto Forno sofre uma série de ações que tendem a reduzir sua vida. Sendo o primeiro contato externo com o gusa e a escória líquidos, os choques térmicos, as forças ferrodinâmicas, o peso, o calor, a ação corrosiva da escória, etc., atuam de forma a elevar o desgaste e propiciar a formação de trincas, comprometendo o equipamento. Se considerarmos a importância que o mesmo representa para a operação do Alto Forno, principalmente para aqueles que possuem um furo de gusa apenas, pode-se entender por que as unidades mais modernas possuem um canal sobressalente pronto para substituir cada canal em operação. Todos os operadores de Alto Forno sabem que um canal principal em mal estado tende a causar sérios problemas, que podem se agravar se não existir um outro canal pronto, para uma eventual necessidade de troca.

Para os fornos que possuem um furo de gusa apenas (geralmente fornos de pequeno porte), a ocorrência de um problema que acarrete troca ou reparo de canal principal fatalmente implicará em redução do sopro por longo período ou mesmo parada do forno. Já nos fornos maiores, com 2 ou 3 furos de gusa, apesar da possibilidade de vazamento, praticamente constante, o esgotamento completo do material fundido do interior do forno fica prejudicado, influenciando negativamente na marcha, acarretando subidas de pressão, engaiolamentos e arriamentos. No caso de fornos com dois furos de gusa, quando um deles fica impossibilitado de operar por um tempo maior que o relativo a uma corrida, há necessidade de se repetir vazamento em um mesmo furo de gusa, implicando, com isto, na ocorrência do chamado "furo molhado", onde a massa de fechamento, sem tempo necessário para secagem e sinterização no interior do furo, recebe o fluxo de gusa e escória do vazamento seguinte, expulsando-a completamente, ampliando em demasia o furo. Este problema, além de dificultar os serviços de limpeza na área de vazamento devido ao sopro contínuo de material do furo de gusa durante grande parte da corrida, acarreta também um fechamento deficiente ou mesmo um não fechamento, devido ao aumento, durante a corrida, do diâmetro do furo. De qualquer forma, uma situação como esta não poderá se estender

durante muito tempo, pois os problemas decorrentes são tão maiores quanto menores forem os tempos de corrida no furo em operação e maior for o tempo de reparo ou troca do canal avariado. Os fornos dotados de maior nº de furos de gusa são bem menos sensíveis a estes problemas, porém não estão imunes aos mesmos.

Assim, pelo exposto, pode-se ter uma idéia do que representa um canal principal em boas condições, para a operação do Alto Forno. Um canal principal em boas condições somente é conseguido com refratários de boa qualidade (massas refratárias e tijolos), bons equipamentos de socagem (martelos pneumáticos, formas, etc) e principalmente com uma boa coordenação dos trabalhos de confecção e reparo, aliada à alta qualidade destes serviços. Equipamentos de boa qualidade são facilmente obtidos mediante exigências às firmas fornecedoras, porém, coordenação e qualidade de serviço, fatores que dependem de técnica e conhecimento humano, somente são conseguidos com estudo e muita prática.

Este trabalho se propõe a mostrar alguns conhecimentos adquiridos com o tempo, no que se refere às técnicas de confecção e reparo de canal principal, a partir do início da operação do Alto Forno nº 3 da CSN, quando então as regras básicas destes serviços eram ditadas pelos consultores técnicos da firma que projetou o equipamento. Desde então, muitos conceitos foram mudados, experiências realizadas, novas técnicas resultado de observações foram introduzidas, e hoje proporcionam uma operação segura com baixo consumo específico de material.

## 2 - DESCRIÇÃO DOS CANAIS PRINCIPAIS DO ALTO FORNO 3 DA CSN

O canal principal usado no Alto Forno 3 da CSN é do tipo piscina (pooling type), de pequena inclinação (1 a 3/100), com um comprimento de 14,20m, conforme mostra a figura 1. Somente estas três características já são bastante para que o mesmo necessite, para uma boa performance, de propriedades físicas especí-

ais, tais como resistência à ação do gusa, à ação da escória, à movimentação do gusa e da escória, ao fissuramento durante a confecção, etc. A tabela I mostra os principais tipos de canais principais usados atualmente, as propriedades físicas requeridas, bem como o grau de necessidade de cada propriedade por tipo de canal.

A figura 2 mostra, através do perfil de um canal tipo piscina, dividido em zonas segundo o sistema metal-escória, os principais fenômenos ocorridos e as propriedades físicas requeridas à massa refratária.

Pelas ilustrações apresentadas pode-se ter uma idéia do controle necessário às confecções e reparos deste tipo de equipamento que, apesar do exposto, fornece, por outro lado, duas vantagens de grande importância para sua operação, quais sejam, não necessitam de grandes resistências aos choques térmico e mecânico.

A título de informação e para melhor compreensão de futuras explicações no trabalho, a figura 3 apresenta um lay-out das salas de corridas do Alto Forno nº 3 da CSN, onde são mostrados, além dos canais principais, os canais secundários, as bicas de gusa, os canais de escória e os poços de confecções dos canais sobressalentes.

### 3 - RECURSOS HUMANOS

No início da operação do Alto Forno 3, os trabalhos de confecção e manutenção de canais eram realizados pelo Departamento de Refratários da CSN (DRE), unidade responsável pelo atendimento geral da usina.

Com o tempo, tendo em vista o aumento de produção e o acúmulo de serviços, verificou-se a necessidade de formação de uma equipe especializada. Um outro ponto que muito contribuiu para sua criação foi a não existência, até aquela época, de um serviço que registrasse informações sobre o assunto, a fim de que no futuro tivéssemos meios para realizar estudos e experiências.

Assim, em novembro de 1976, uma equipe foi formada com a finalidade exclusiva de se especializar nos serviços referentes a confecções e reparos de canais no Alto Forno 3 da CSN.

Hoje, com um programa de trabalho estabelecido, a mesma está capacitada a enfrentar qualquer tipo de problema, atendendo às necessidades operacionais a qualquer tempo.

Atualmente, a equipe é formada por 16 (dezesseis) serventuários, com as seguintes funções:

- 1 (um) Técnico de Industria (supervisor)
- 1 (um) Encarregado
- 14 (Quatorze) Canaleiros Confeccionadores de Canais (dois dos quais especialistas em bicas de gusa).

#### 4 - DESENVOLVIMENTO NAS TÉCNICAS DE CONFECÇÃO

Apresentamos a seguir algumas informações que consideramos importantes na confecção de canais principais e que contribuíram para melhorar nossos resultados, não são no que se refere a consumo específico de massa, mas, e principalmente, no que tange à segurança operacional. A figura 4 retrata, através de gráfico, as campanhas destes canais.

##### 4.1 - Preparação para Confecção (Cronograma)

A maior preocupação para os operadores é ter sempre um canal principal de reserva para qualquer eventualidade. Assim, desde o momento em que um determinado canal sai de operação, um cronograma de preparação para nova confecção deve ser seguido com a finalidade de liberá-lo o mais breve possível para a operação.

A figura 5 apresenta o cronograma estabelecido e atualmente em uso no Alto Forno 3, para confecção.

#### 4.2 - Desenvolvimento na Socagem de Canais Principais

Anteriormente a massa refratária para a socagem de um canal principal era colocada no mesmo, e seu nivelamento não atendia a nenhuma norma básica, sendo socada sem uma prévia observação.

A experiência tem-nos mostrado que duas propriedades, fáceis de serem avaliadas na prática, são de primordial importância para uma boa socagem, quais sejam: umidade e compactibilidade da massa.

De acordo com a rotina atual, o material sofre, antes de ser usado, uma análise prática de sua umidade, que é feita comprimindo-se uma porção da massa na mão até que a mesma forme um bloco, e posteriormente é partida no meio. Se a massa apresentar, após a quebra, "bolos" compactos, demonstrará alta umidade e, por outro lado, se "esfarelar", seu teor de umidade deverá estar baixo. Apesar de se tratar de um teste extremamente prático, e de resultado muito subjetivo, o mesmo tem sido usado com sucesso, graças à prática já alcançada por nosso pessoal.

O estudo prático da compactibilidade do material, implantado há alguns anos, também tem sido de grande valia, e é efetuado da seguinte forma:

- Mede-se a altura da cabeceira do canal (da borda ao fundo). Coloca-se uma camada de 15 cm de massa no fundo do canal e processa-se a socagem da 1ª. camada. Após feito isto, uma nova medida da altura da cabeceira é feita, e assim tem-se o valor da compactação do material representado pelo fator de compactação (f)  
Ex.: Se colocarmos uma camada de 15 cm e após a socagem a massa reduzir-se a 7,5 cm, o fator de compactação será de 50%.

$$f = \frac{e_i - e_f}{e_i} \times 100$$

f = fator de compactação

e<sub>i</sub> = espessura inicial

e<sub>f</sub> = espessura final

Com o valor do fator de compactação da massa, determina-se a espessura das camadas utilizadas na socagem do canal. A figura 6 apresenta a relação entre o fator de compactação (f) e a espessura das camadas a serem socadas (e).

Outro ponto importante na confecção é o acabamento, pois a declividade do canal em contraste com o nivelamento da massa socada faz com que as últimas camadas devam ter medida suficiente para uma boa compactação. Sendo assim, não devem ser completadas de qualquer maneira, e sim com camadas iguais ou pouco inferiores às usadas durante a confecção; caso contrário, durante a queima do canal essas camadas se soltarão do bloco monolítico formado pela massa socada, passando a apresentar trincas que poderão comprometer a performance do canal.

#### 4.3 - Modificação nas Saídas de Gusa e Escória

A observação constante dos canais mostra-nos que a zona de mistura (local de impacto do jato de gusa) apresentava nas laterais desgaste maior que em outras regiões. Além disso, a parte do canal que ficava sem receber o contato do gusa e escória apresentava trincas longitudinais decorrentes das grandes diferenças térmicas entre a região com o material fundido e a região exposta ao ar.

Visando minimizar os dois problemas foi levantada a cota da saída de escória em 50 mm e rebaixado no mesmo valor a cota de saída do gusa. Isto fez com que houvesse um aumento no nível de escória no canal, que além de amortecer a queda de gusa, reduz a região do canal exposta ao ar, diminuindo o gradiente térmico nas paredes.

#### 4.4 - Modificação do Dreno

Com a finalidade de proteger as proximidades do dreno do canal principal, local sujeito a grandes solicitações quando do esgotamento para inspeção e reparo, foi aumentada a espessura da parede naquela região em aproximadamente 50 mm. Este aumento foi conseguido com o deslocamento das formas para o lado contrário ao dreno, resultando, com isto, na região, uma espessura menor cerca de 50 mm, na lateral correspondente ao deslocamento, conforme a figura 7.



#### 4.5 - Modificação dos Marteletos Pneumáticos para Confecção de Canais Principais

Nos marteletes usados anteriormente o pequeno curso e a baixa potência de impacto acarretaram problemas na socagem. Foi modificado então o tipo do equipamento passando-se a usar marteletes de cursos maiores e de golpes mais fortes.

As sapatas dos marteletes também foram modificadas de modo a termos golpes mais localizados, evitando-se assim o deslocamento lateral da massa, obtendo-se em consequência uma compactação mais uniforme no canal.

A figura 8 apresenta uma das modificações realizadas em sapatas de marteletes, objetivando uniformizar a compactação.

#### 4.6 - Modificação no Escumador

O escumador, cuja função é separar e impedir a passagem da escória para o gusa, precisou ser modificado, tendo em vista as alterações efetuadas nas cotas das saídas de gusa e escória, que permitiam a passagem desta última para o gusa, em caso de pequeno desgaste no escumador. O problema foi sanado reduzindo-se a altura entre o escumador e o fundo do canal de 160 mm para .... 140 mm.

Com a modificação realizada, evitamos o rápido desgaste e consequentemente reduzimos os serviços de reparos, realizados anteriormente, de 10 em 10 dias, o que nos obrigava a maior número de drenagens no canal. Após a modificação, passamos a efetuá-los, praticamente, uma vez durante toda a campanha do canal.

#### 4.7 - Modificação na Queima do Canal

Atualmente, a curva de queima normal para canal principal, em uso no Alto Forno 3, em qualquer tipo de massa, é mostrada na figura 9. Neste tipo de queima, o cuidado para evitar-se variações bruscas de temperatura foi o fator mais predominante no

seu desenvolvimento. Quando há necessidade de uma pronta entrada em operação, o canal pode ser submetido a uma queima de emergência, conforme mostra a figura 10, porém sua campanha poderá ser bastante prejudicada.

#### 4.8 - Modificação nas Formas de Confecção

Após acompanhamentos das campanhas dos canais principais, notamos uma incidência de desgaste na região localizada a 3,5 m da cabeceira do mesmo.

Iniciamos estudos para modificações no conjunto de formas que nos permitissem uma maior garantia na parte mais afetada pelo jato de gusa e escória. Concluimos que a forma deveria dar a este ponto uma parede de massa refratária mais espessa para que resistisse por mais tempo, diante da impossibilidade de se evitar o desgaste na região.

A figura 11 mostra, de maneira esquemática, as principais diferenças nos canais batidos com cada tipo de forma.

#### 4.9 - Observações Quanto à Qualidade da Massa

Na ocasião de confecção de um determinado canal, além dos já comentados testes práticos realizados na massa (umidade e compactibilidade), uma amostra é enviada ao laboratório para ensaios físicos e químicos. A amostragem é realizada de forma que todos os sacos utilizados contribuam com uma pequena porção na amostra total do laboratório, que será devidamente reduzida e preparada.

As principais determinações destes ensaios são:

- a) Ensaios físicos - umidade, refratariedade sob carga, módulo de ruptura a frio e a quente após queima a 1000°C e a 1400°C e densidade aparente.
- b) Ensaios químicos - SiO<sub>2</sub>, SiO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ppc

Atualmente, estes ensaios são realizados, não com o objetivo de controle de recepção de material, mas, principalmente, visando fornecer dados que possibilitem correlações entre os índices de qualidade da massa usada e a performance do canal, para futura implantação de um controle de qualidade.

Como informação, fornecemos a seguir os valores de determinações químicas que julgamos serem mais adequadas a uma boa massa para confecção.

$Al_2O_3$	-	62,0	a	64,0%
$SiO_2$	-	7,0	a	9,0%
SiC	-	17,0	a	20,0%
ppc	-	10,0	a	15,0%

Observação importante: Teor de umidade entre 4,5% e 5,0%.

## 5 - DESENVOLVIMENTO NAS TÉCNICAS DE REPARO

### 5.1 - Fatores que contribuem para redução da vida de um canal principal

- |   |                    |   |  |
|---|--------------------|---|--|
| - | Socagem deficiente | <ul style="list-style-type: none"> <li>- socadores pneumáticos em más condições</li> <li>- má qualidade da massa</li> <li>- ausência de conhecimento prático de socagem</li> <li>- ausência de métodos e organização dos trabalhos</li> </ul> |  |
| - | Queima inadequada  |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- queima de emergência, em tempo reduzido</li> <li>- queima sem prévia secagem ao ar</li> <li>- má distribuição da chama ao longo do canal</li> <li>- queima interrompida (falta de gás)</li> </ul> |

- Transporte inadequado
  - canal mal travado (tirantes frouxos)
  - choques durante o transporte (batedas)
  - transporte do canal, antes da queima (massa verde)
  
- Queda de água
  - uso de água (jato dirigido) para resfriar cascões das laterais do canal, após as corridas
  - infiltrações provenientes dos sistemas de refrigeração superiores do forno
  - qualquer outro fator que determine infiltração ou fluxo de água através do canal
  
- Ausência ou insuficiência de refrigeração da carcaça metálica do canal, durante a operação.
  
- Uso inadequado dos tampões de canal
  - choque com as laterais
  - atrito com as superfícies das laterais
  
- Fluxo de gusa e escória desviado para lateral.
  
- Canal mal instalado
  - fora de nível
  - mal direcionado em relação ao furo de gusa
  
- Utilização inadequada de ferramentas para limpeza das laterais do canal.

## 5.2 - Resfriamento com água atomizada

Com a finalidade de se evitar o resfriamento brusco da massa antes do reparo, fato este que sabidamente tende a causar trincas e deslocamentos por contração alterou-se o método usado, que até então consistia de um jato d'água dirigido varrendo toda a superfície do canal, passando-se a utilizar um sistema de atomização pela adaptação de uma mangueira com vazão controlada à frente de um ventilador industrial. O spray formado cobre totalmente a área do reparo.

A figura 12 mostra esquematicamente o funcionamento do sistema de atomização.

### 5.3 - Método de demolição parcial para reparo

O método atualmente usado, ao contrário do anterior, consiste em renovar as partes danificadas do canal, e não apenas complementar as cavidades causadas pelo atrito normal e agressivo do gusa e da escória. Apesar de causar um pequeno aumento no consumo de massa para o reparo de canal, a durabilidade do mesmo aumentou cerca de 25%, segundo observações realizadas. A figura 13 mostra a alteração no método de demolição parcial.

### 5.4 - Método de socagem em reparos de laterais

Quando se realiza um reparo de canal, deve-se ter em mente que a qualidade do serviço é o fator mais importante. Ao contrário da confecção, o reparo é realizado em canal já usado, queimado, desgastado ou até mesmo acidentado. O método de socagem, no caso, é um fator decisivo. Uma socagem mal feita representa um consumo excedente de massa, sem o real aproveitamento do reparo. A socagem, em reparos de laterais, deve ser realizada com auxílio das formas, contínua e simultaneamente em ambos os lados, a fim de que não haja o ressecamento da superfície de massa socada (devido ao calor residual do canal), e não ocorram deslocamentos das formas durante a socagem. Em ambos os casos, todo o serviço poderá estar comprometido.

### 5.5 - Método de reparo de escumadores

Na confecção do escumador usa-se um tipo de forma consumível que dá a medida correta e original dessa parte do canal principal. No reparo, porém, a forma não pode ser a mesma da confecção pois o escumador já está desgastado e bastante deformado. Para recompô-lo usamos então uma forma que mantenha a mesma largura da "garganta", mas com o seu comprimento maior, para que a

massa possa ser socada recompondo o melhor possível as partes danificadas. Este método garante a durabilidade solicitada, ou seja, um reparo por campanha.

A socagem da massa deve ser feita simultaneamente dos dois lados do escumador, para que não haja abalo da massa antiga, conforme a figura 14.

#### 5.6 - Queima de reparos

A queima utilizada para os reparos é bem mais forte que a usada para confecção, isto porque há a necessidade de, no local do reparo, alcançar-se o mais rápido possível a temperatura em que se encontra o restante do canal (pois somente foi resfriada a parte a ser reparada). A queima lenta produziria uma maior perda de calor das partes não resfriadas. A umidade perdida pela massa durante a socagem (devido ao calor residual do canal) torna o reparo pronto para receber uma queima mais agressiva, não apresentando problemas de trincas ou rachaduras por perda brusca de água e matéria volátil.

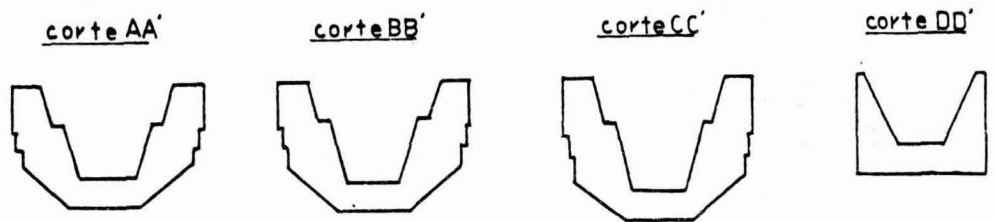
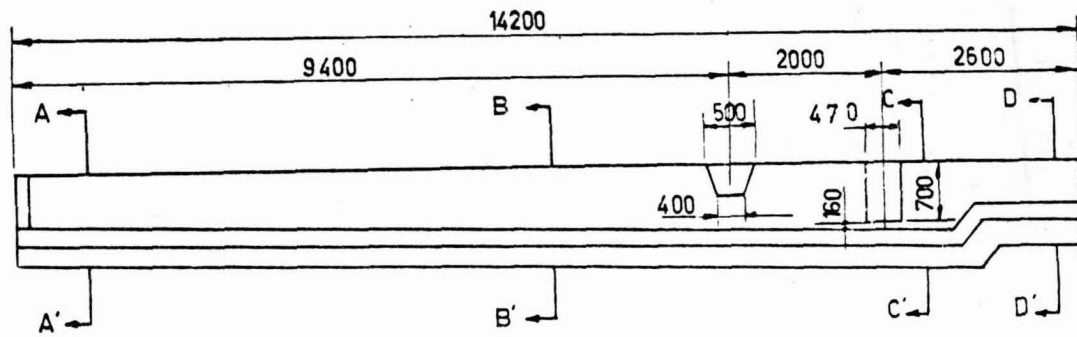
A queima de reparos já deve partir de aproximadamente 600°C, passando-se depois de 1 hora para 800°C. Esta temperatura deverá ser mantida até o final da queima. Dependendo da amplitude do reparo ou da quantidade de massa consumida, a queima pode variar de 3 a 8 horas, conforme mostra a fig. 15.

## 6. CONCLUSÕES

Pelo exposto, e através da figura 4, pode-se verificar que, como resultado do desenvolvimento alcançado nas técnicas de confecção e reparos de canal principal, conseguiu-se reduzir o consumo específico de massa, a partir do 11º canal, para os 3 furos de gusa, cujo valor médio passou de 0.55 kg/t gusa para 0.40 kg/t gusa, representando uma economia de aproximadamente 11% do nosso orçamento atual para massas refratárias. Convém frizar que a economia conseguida com a redução no consumo de massa para canal principal não foi o único fator responsável pela atual variação positiva no item de custo referente à massa, porém tem compensado, com vantagens, as elevações de preço durante o período de operação do AF-3, isto sem comprometer a segurança operacional.

## 7. BIBLIOGRAFIA

Por ser um trabalho de caráter prático, e restrito ao AF-3 da CSN, não foi utilizada bibliografia para sua execução

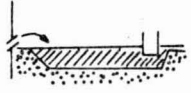
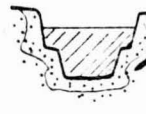






**FIG.:1** CANAL PRINCIPAL - FUROS DE GUSA 1; 2 e 3



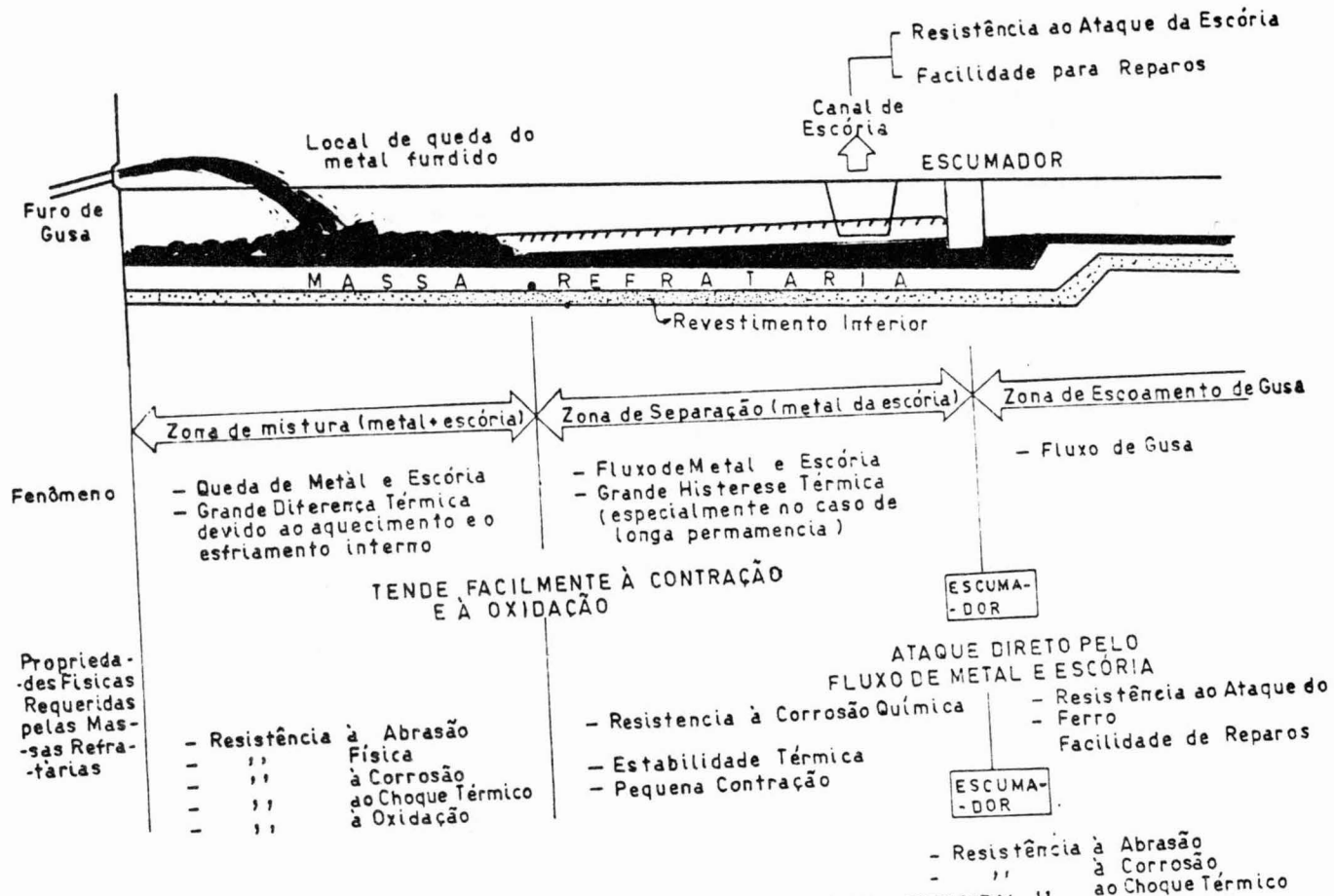
TABELA 1

## CLASSIFICAÇÃO DE CANAIS PRINCIPAIS

TIPO	MODELO	PROPRIEDADES FÍSICAS REQUERIDAS						g	OPERAÇÃO GERAL DOS CANAIS		
		a	b	c	d	e	f		h	i	j
PISCINA	 INCLINAÇÃO 1~3/100	ooo	ooo	oo	o	o	ooo	GRANDE (CERCA DE 10 DIAS MAX.)	GRANDE ALTA E PEQUENA TROCA	 LINHA DO METAL LINHA DA ESCÓRIA	
SEMI-PISCINA	 INCLINAÇÃO 3~5/100	oo	oo	ooo	o	oo	oo	GRANDE (POR 4~10 CORRIDAS)	MÉDIO ALTA E ALGUMA TROCA	 L.M. L.E.	
NÃO PISCINA	 INCLINAÇÃO >5/100	o	o	ooo	ooo	ooo	oo	MÉDIA (ESVAZIA-DO APÓS TODAS AS CORRIDAS)	PEQUENO BAIXA E GRANDE TROCA	 OXIDACÃO CHOQUE TÉRMICO ATAQUE DE METAL E ESCÓRIA	

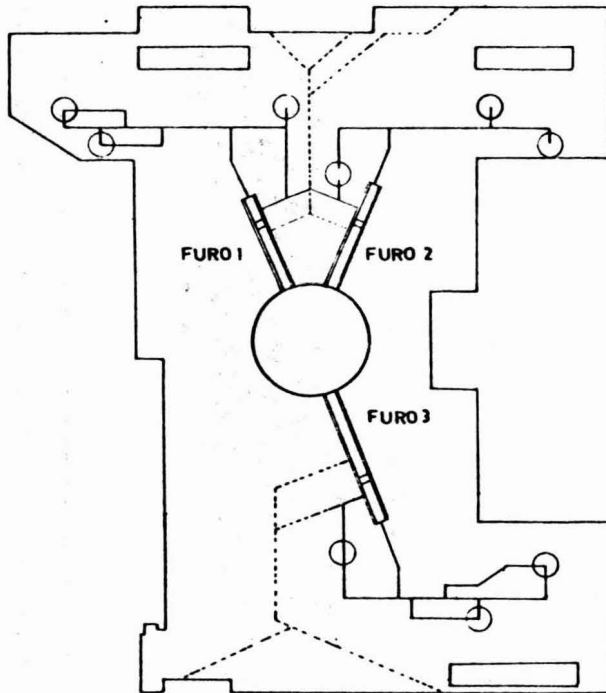
- a) RESISTÊNCIA AO GUSA  
b) RESISTÊNCIA À ESCÓRIA  
c) RESISTÊNCIA À CORROSÃO FLUÍDA  
d) RESISTÊNCIA AO CHOQUE  
e) RESISTÊNCIA AO CHOQUE TÉRMICO  
f) RESISTÊNCIA AO FISSURAMENTO DE CONSTRUÇÃO  
g) RESISTÊNCIA A AÇÃO DO MOV. DO METAL E ESCÓRIA  
h) TEMPO DE MANUTENÇÃO DO METAL NO CANAL  
i) HISTERESE TÉRMICA  
j) APARECIMENTO DE DEFEITO

\* A quantidade de marcas (o) mede o grau de cada propriedade. Por exemplo: o material a ser usado no canal tipo piscina, requer maior resistência à escória e ferro, que o usado no canal tipo não piscina.



**FIG 2:**

FENÔMENO QUE OCORRE EM CADA LOCAL DO CANAL PRINCIPAL DO TIPO PISCINA E AS PROPRIEDADES FÍSICAS REQUERIDAS À MASSA

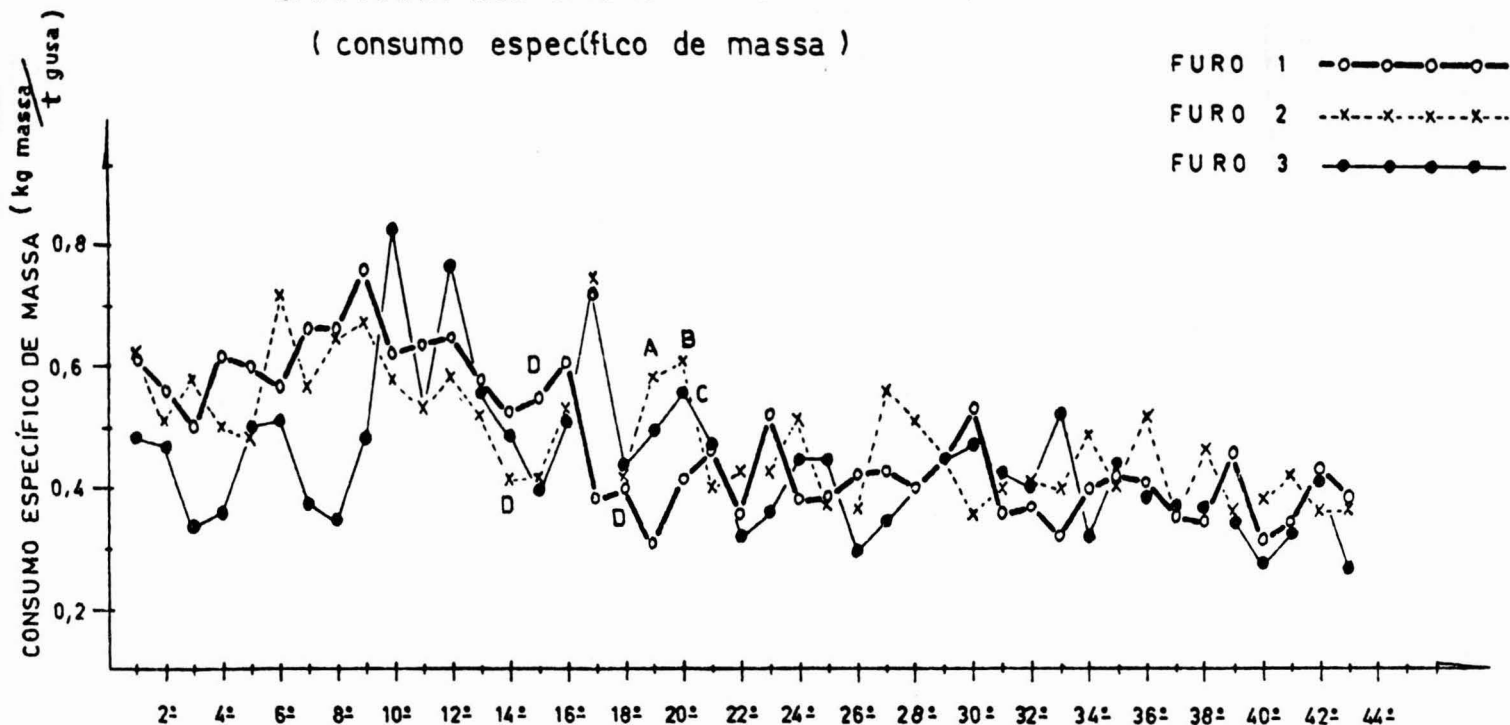


**FIG 3 :** LAY-OUT DAS SALAS DE CORRIDAS DO  
ALTO ALTO FORNO N<sup>o</sup> 3 DA C.S.N.

fig.4

CAMPANHA DOS CANAIS PRINCIPAIS DO A.F. 3

( consumo específico de massa )



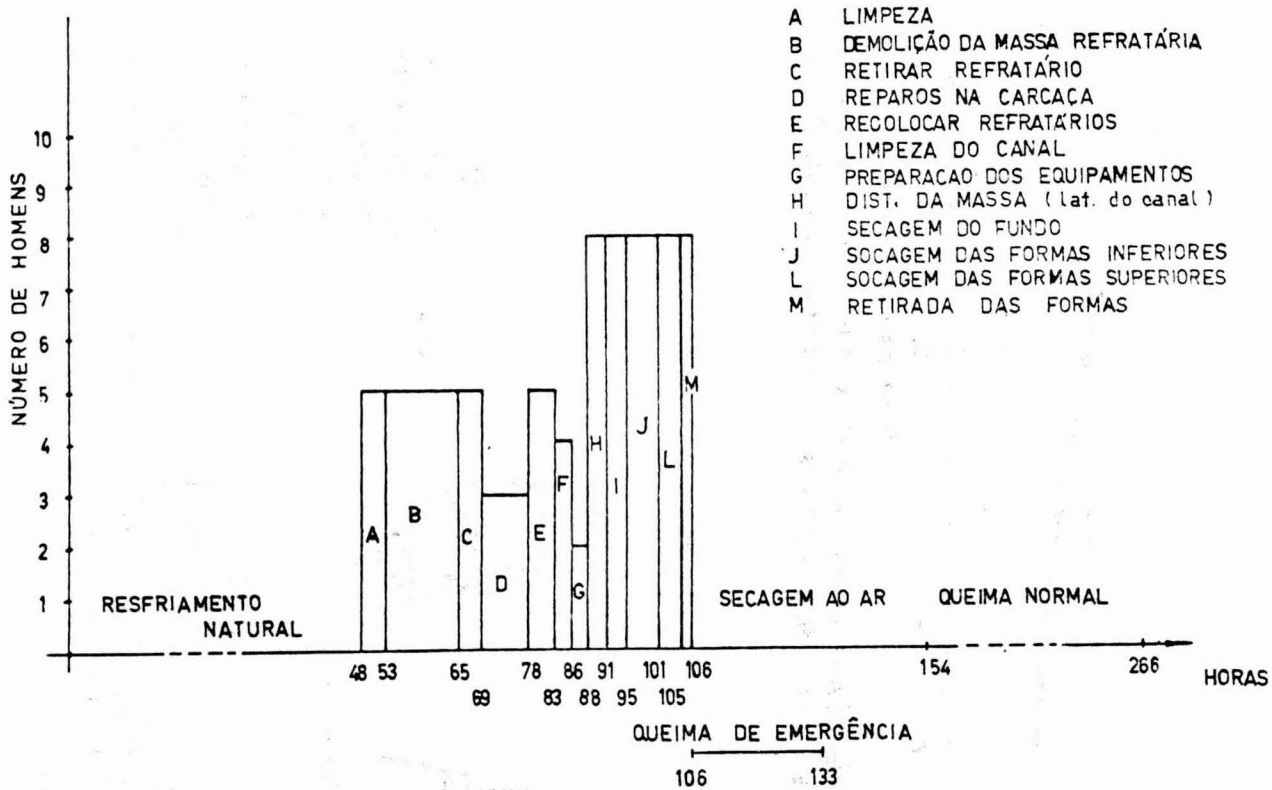
(A) CANAL ACIDENTADO C/ ESCÓRIA SOLIDIFICADA.

NÚMERO DE ORDEM DO CANAL

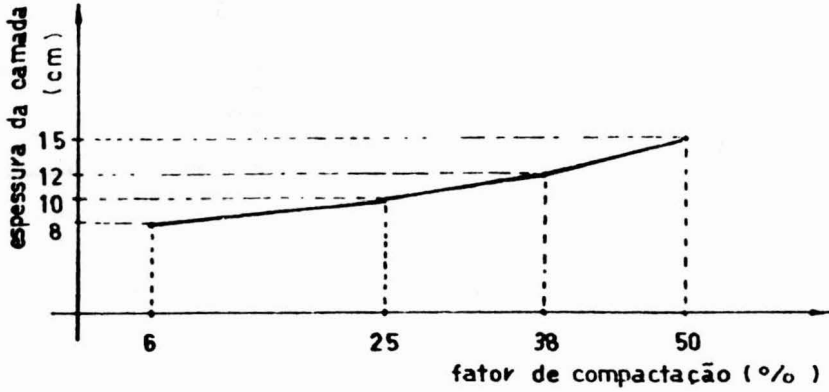
(B) CANAL ACIDENTADO C QUEDA D'ÁGUA.

(C) CANAL ACIDENTADO : EXPOSTO 'A ÁGUA.

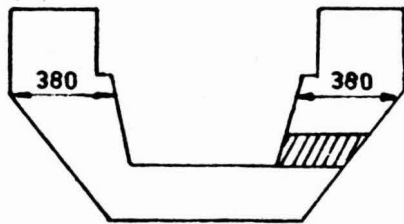
(D) INÍCIO DE USO DA NOVA FORMA



**FIG. 5** CRONOGRAMA PARA CONFECÇÃO DE CANAL PRINCIPAL DO A F<sub>3</sub> DA CSN



**FIG. 6** RELAÇÃO ENTRE O FATOR DE COMPACTAÇÃO ( f ) E AS ESP. DAS CAMADAS A SEREM SOCADAS ( e )



**FIG. 7:**  
AUMENTO NA  
ESP. DA PAREDE  
PRÓXIMA AO  
DRENO PELO  
DESLOCAMENTO,  
EM CERCA DE  
**50 mm**,  
DAS FORMAS  
DE CONFECÇÃO.

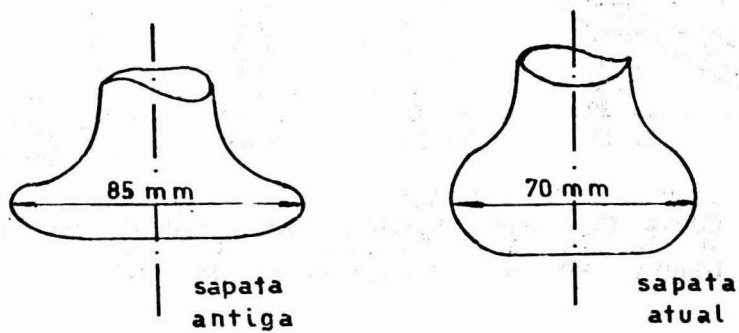
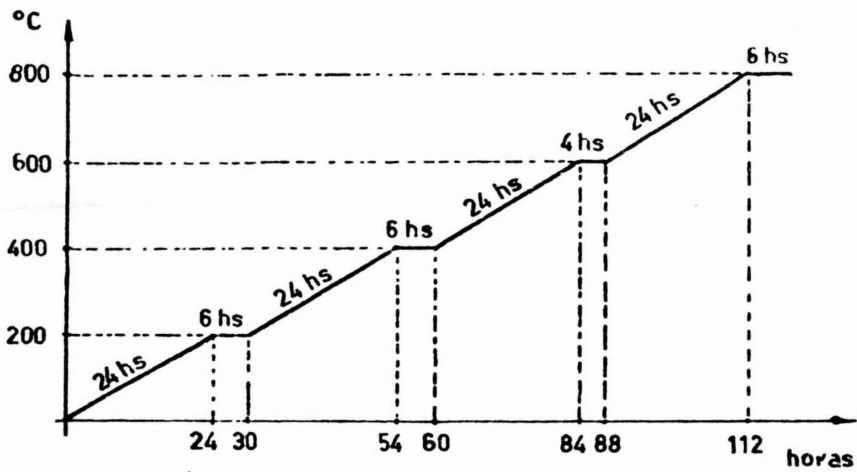
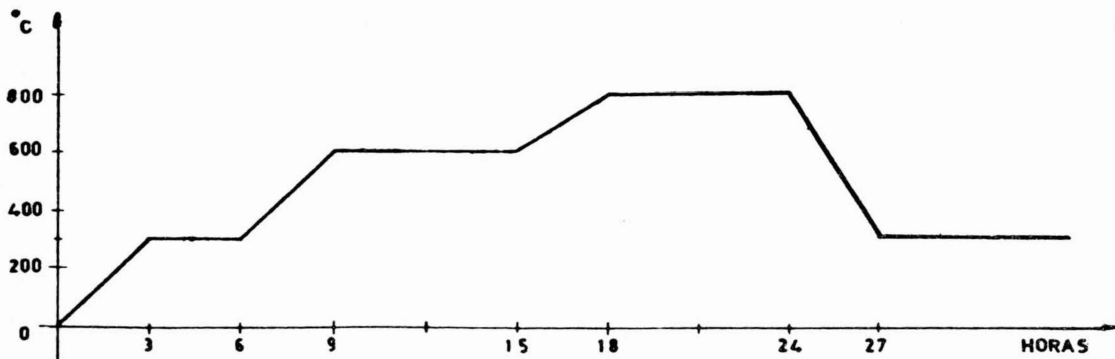


FIG. 8: ALTERAÇÃO NO TIPO DE SAPATA DO MARTELETE  
PARA CONFEÇÃO

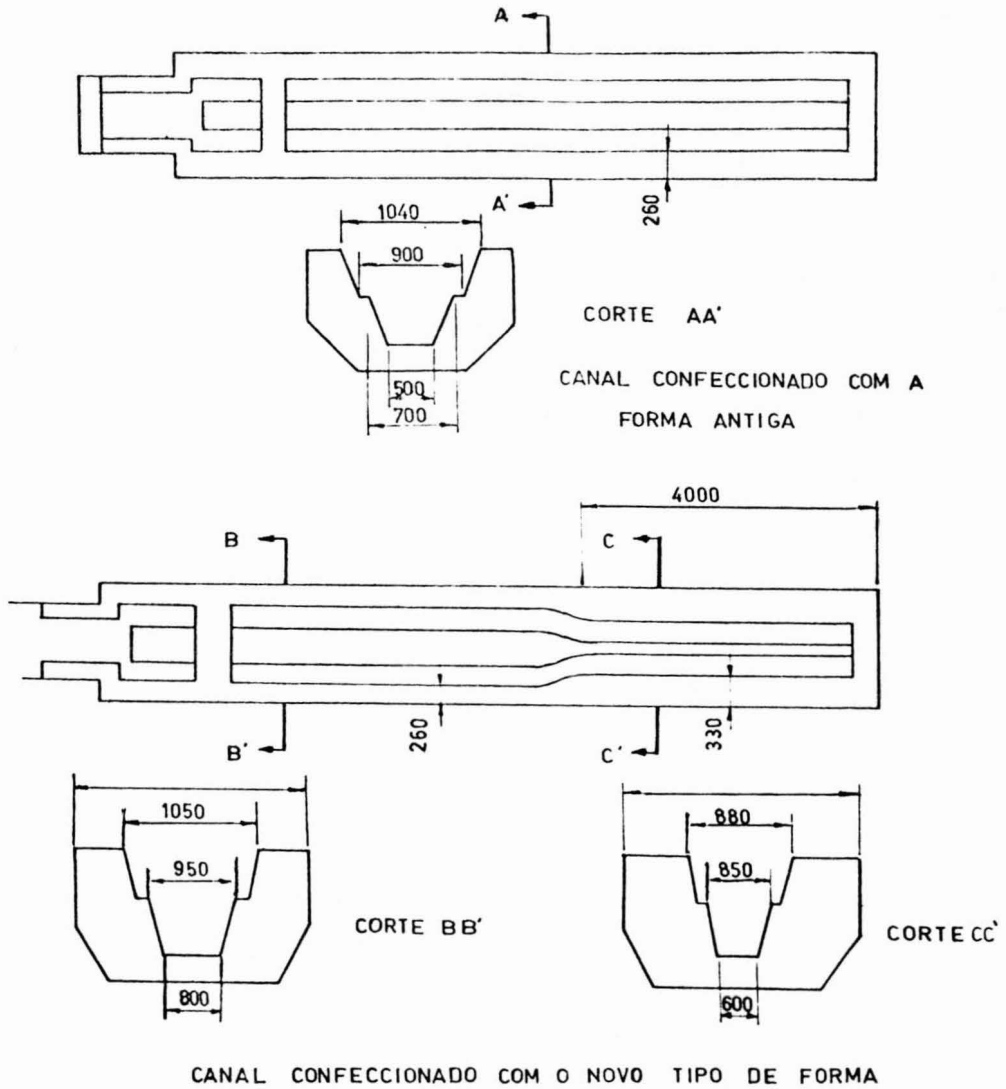


**FIG. 9** CURVA DE QUEIMA NORMAL PARA CANAL PRINCIPAL USADA NO ALTO FORNO N<sup>o</sup> 3 DA CSN.



**FIG. 10:** CURVA DE QUEIMA DE EMERGÊNCIA





**FIG. 11** DIFERENÇAS PRINCIPAIS ENTRE OS CANAIS UTILIZADOS ANTES E APÓS A ALTERAÇÃO DAS FORMAS.

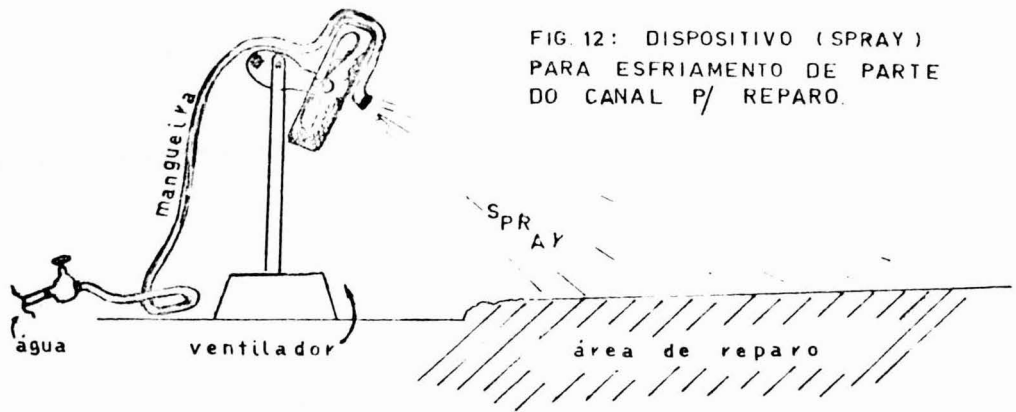


FIG. 12: DISPOSITIVO (SPRAY)  
PARA ESFRIAMENTO DE PARTE  
DO CANAL P/ REPARO.

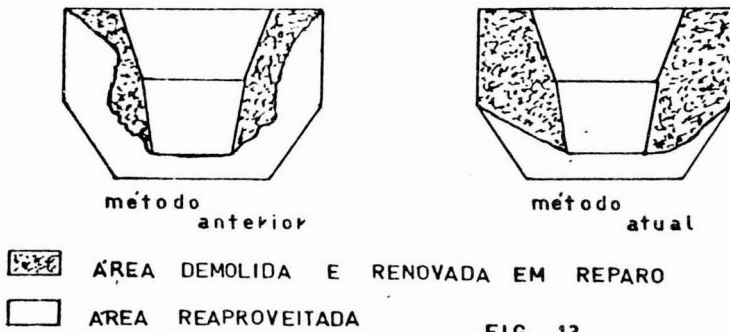
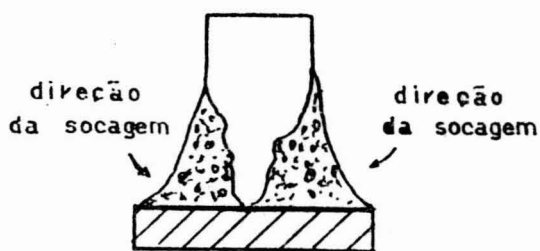


FIG. 13



PERFIL DO ESCUMADOR  
NA CONFECCÃO

PERFIL DO ESCUMADOR  
REPARADO

FIG. 14 SOCAGEM DA MASSA DO ESCUMADOR

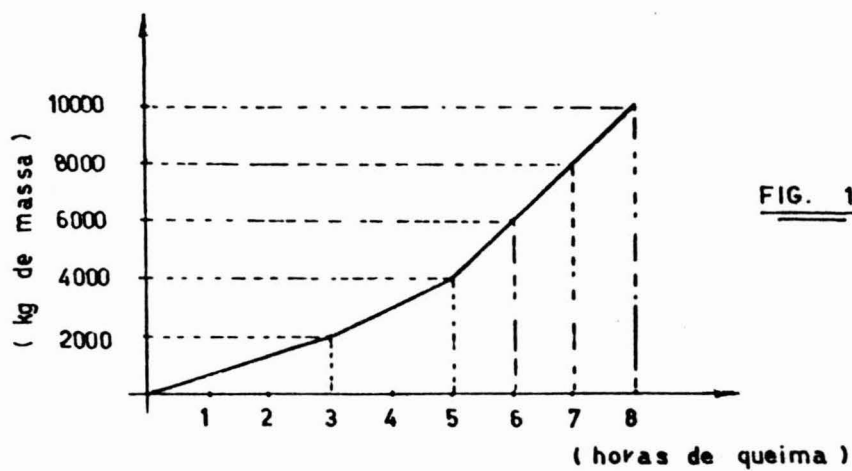


FIG. 15

