

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO NA VIDA
DO REVESTIMENTO REFRAATÁRIO DE CARROS TORPEDO⁽¹⁾

João Rodrigues Corrêa Filho⁽²⁾

Josué Alves de Oliveira⁽³⁾

RESUMO

O trabalho aborda todo ciclo operacional de carros torpedo e sua influência na vida do revestimento refratário, mostra algumas medidas que podem ser tomadas para minimizar estes desgastes, estabelecem-se parâmetros em escala de laboratório, e apresenta alguns resultados obtidos na USIMINAS.

(1) - Contribuição Técnica a ser apresentada no Simpósio da COREF em outubro 1982, Vitória - E.S.

(2) - Membro da ABM, Engenheiro Operacional, Assessor Técnico da Divisão de Manutenção Civil e Refratário da USIMINAS Ipatinga - MG.

(3) - Membro da ABM, Chefe da Seção de Manutenção de Refratários da USIMINAS - Ipatinga - MG.

1. INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento de aços de melhor qualidade, tem-se implantado no processo de fabricação, técnicas de tratamento que exigem do material refratário uma maior resistência física e química à temperatura cada vez mais elevada.

Entre os importantes equipamentos siderúrgicos que utilizam revestimento refratário, abordaremos neste trabalho somente o carro torpedo, equipamento este que não só transporta como também é utilizado para a dessulfuração do gusa.

Inúmeros fatores influenciam diretamente na vida do revestimento refratário deste equipamento, dentre os quais nos ateremos ao fator operacional, sem a pretensão de isolar os demais fatores mesmo porque estão intimamente ligados.

Citaremos neste trabalho os principais fatores de desgaste do revestimento refratário, como também algumas medidas que poderão ser tomadas com o objetivo de amenizar ou eliminar estes fatores, tomando como referência medidas aplicadas na USIMINAS.

2. DESENVOLVIMENTO

Considera-se como fatores operacionais as fases desempenhadas pelos setores de produção de gusa e aço e a fase de aquecimento, como mostrado na figura 1.

2.1 - Aquecimento

Para se efetuar o aquecimento há necessidade de se tomar uma série de cuidados como:

- Homogeneidade de temperatura no revestimento, evitando a formação de tensões internas no material provocando estilhaçamento da estrutura do refratário;

- Evitar a saída brusca de umidade e da água de cristalização que podem provocar tensões mecânicas no revestimento, ocasionando a formação de trincas no material refratário;

- Manter sob controle as transformações de fase, evitando do lascamento estrutural.

Para se estabelecer uma curva de aquecimento, é necessário que se faça um estudo do comportamento dos refratários utilizados no revestimento. Procura-se detetar as temperaturas críticas, onde ocorrem as perdas de materiais voláteis, e transformação de fase.

Os ensaios que poderiam auxiliar na elaboração da curva de aquecimento são:

- Análise Térmica Diferencial;
- Análise Termogravimétrica;
- Difração de Raio X;
- Expansão Térmica.

Na USIMINAS, tem-se procurado fazer o aquecimento de carros torpedo de acordo com a qualidade do revestimento, utilizando-se COG e ar. Encontra-se em fase de estudo curvas de aquecimento empregando-se os métodos já mencionados.

Mostra-se nas figuras 2, 3, 4 e 5 as curvas mais utilizadas para aquecimento de carros torpedo na USIMINAS. Na figura 5 mostra-se o aquecimento realizado em revestimento impregnado com piche, pela combustão do COG em chama redutora.

2.2 - Carregamento no Alto Forno

No alto forno inicia-se o processo de carregamento do carro torpedo, onde o gusa com temperatura em torno de 1500 C é vazado através de uma calha para o interior do carro torpedo.

O jato de gusa atinge o revestimento refratário na região central do cilindro (zona de impacto), provocando o efeito de abrasão sob altas temperaturas, o que ocasiona um

desgaste desproporcional no perfil do revestimento.

Algumas medidas que podem ser tomadas, para redução do consumo de refratário são:

- Manter uma quantidade residual de gusa no interior do carro torpedo, que além de evitar um choque direto do jato de gusa com o refratário, mantém a temperatura do carro torpedo durante o período de espera de carregamento.

- Revezamento durante o carregamento dos carros torpedo entre áreas de corridas, evitando o desgaste localizado, distribuindo-o entre as duas regiões de impacto do gusa.

- Controlar o nível de gusa no interior do carro torpedo, objetivando orientar os desgastes por ataque de escória na região prevista pelo projeto do revestimento refratário.

- Evitar as flutuações de temperaturas do gusa, pois estas exercem uma grande influência na boca de carga e regiões vizinhas, causando o estilhaçamento térmico destas regiões.

2.3 - Transporte do Gusa

A quantidade de carros torpedo em operação é de fundamental importância para uma utilização racional do vasilhame, contribuindo para maior durabilidade do revestimento.

Na USIMINAS existe um setor denominado "Central de Gusa" que tem por objetivo planejar, organizar e orientar o sistema de transporte do mesmo.

Inúmeros fatores operacionais durante o transporte podem influenciar decisivamente na performance do revestimento refratário. Um dos mais importantes é a tonelage transportada por viagem. O desgaste do revestimento refratário durante um ciclo completo de operação com menor volume de gusa é igual ou superior a um ciclo com sua real capacidade devido a uma maior movimentação do líquido no interior do carro torpedo. Para o transporte inferior a capacidade de trabalho, será necessário maior número de viagens, o que acarretaria um

maior consumo.

Na figura 6 observa-se as tendências de consumo em relação a média de tonelada transportada por viagem.

Outro fator importante durante o transporte é evitar sempre que possível os tempos excessivos de espera de carregamento e descarregamento do gusa. Algumas medidas vem sendo adotadas por diversas usinas siderúrgicas tais como: implantação de uma estação de reaquecimento de carros torpedo próximo ao alto forno, manutenção da temperatura do carro pelo gusa residual deixado na proteção da zona de impacto.

2.4 - Dessulfuração

A prática de dessulfuração do gusa está se tornando cada vez maior dado a crescente exigência na qualidade do aço.

Existem vários processos de dessulfuração que se diferenciam pelo método de agitação do banho, pelo local de tratamento e pelo agente dessulfurante. Neste trabalho atem-se ao processo de injeção pela lança, utilizando o carro torpedo como recipiente, carbureto de cálcio como agente dessulfurante, e gás inerte como agente de transporte e agitador.

A dessulfuração por meio de injeção de carbureto de cálcio diminui a vida do revestimento refratário, através dos seguintes fatores:

- Aumento do desgaste do revestimento refratário devido a erosão, provocada pela agitação do banho;
- Ataque dos refratários pela escória formada no processo.

Tem-se envidado esforços para tentar amenizar estes fatores de desgastes provocado pela dessulfuração dentre os quais podemos citar:

- Utilização de materiais refratários mais nobres de acordo com o método de operação de cada usina;
- utilização de tijolos aluminosos impregnados com alcatrão;

- melhoria na eficiência da dessulfuração;
- evitar dessulfuração em carros torpedo com tonelagem de gusa muito inferior a sua capacidade;
- balanceamento da região de linha de escória;
- utilização de tampa especial na região da boca de carregamento.

Na fig. 6 procura-se mostrar o efeito da proporção de gusa dessulfurada por campanha do carro torpedo no consumo de refratário. Observa-se que os pontos determinados pelas campanhas do revestimento mostram uma tendência de maior consumo para os índices de dessulfuração maior que 55%, sendo que o índice de dessulfuração previsto é de 100%.

Na fig. 7 mostra o perfil de desgaste do revestimento refratário em várias regiões. Pode-se observar que as regiões da linha de escória e impacto são aquelas de maior desgaste. Observa-se na região de linha de escória entre (região 1 - 2 e 6 - 7) um desgaste médio entre 0,4 - 0,6 mm/corrida, sendo só superado pela região da zona de impacto (3 e 5 corte A).

2.5.- Descarregamento do Gusa

Após dessulfuração do gusa o carro torpedo é levado até a Aciaria onde se processa o descarregamento. Nesta operação é importante que se tente reduzir o tempo de permanência do gusa mais escória após dessulfuração. Observa-se na figura 8 e 9 os perfis dos corpos de prova dos testes de ataque estático e dinâmico por escória, respectivamente, utilizando-se escória antes e após dessulfuração, em refratários de diferentes fabricantes. Observou-se maior desgaste com escória após dessulfuração.

Outro fator importante no descarregamento é o desgaste preferencial em um dos lados da boca. Oriundo da não alternância de lado para descarregamento do gusa, que ocasiona a retirada antecipada do equipamento de operação para possíveis reparos.

2.6 - Limpeza e Inspeção

Após o descarregamento do gusa na Aciaria é necessário que se faça uma inspeção na região da boca para verificar a necessidade ou não de se efetuar a limpeza de cascão, após o que o carro deverá ser levado para o pátio de limpeza.

O pessoal deverá estar treinando para executar esta operação, a fim de evitar desgastes do refratário por choque mecânico, provocado pelos equipamentos utilizados na retirada do cascão da região da boca.

Durante esta operação é feita a inspeção de refratário, nas regiões mais críticas. Caso haja necessidade de reparo dependendo de seu grau, poderá ser feito com projeção à quente o que contribuirá para permanência do carro torpedado em operação.

A limpeza e inspeção deverá ser executada em menor tempo possível, para evitar a queda acentuada de temperatura que certamente provocará uma tensão térmica no material refratário.

2.7 - Sistema de Reposição de Vasilhame em Operação

Na USIMINAS inicialmente foi elaborado um estudo envolvendo os setores de manutenção e operação, objetivando determinar a quantidade de carro torpedado necessário para o plano de produção da usina. Neste estudo foi levantado os tempos gastos em cada operação a que o vasilhame estaria sujeito. De posse deste levantamento determinou-se a quantidade de carros torpedados necessários diariamente a operação. Para determinar o nº total de carros entre operação + manutenção foi preciso levantar o potencial da oficina de manutenção bem como o tempo gasto em cada atividade de manutenção. Definiu-se também, a responsabilidade de cada setor envolvido.

Para manter esta quantidade de vasilhame em operação e obedecer uma sistemática de reposição, é necessário que se tenha um controle diário do gusa transportado por cada carro torpedado, do tempo gasto na manutenção dos carros e conheci-

mento do perfil de desgaste do refratário de cada carro que será colocado em operação.

Antes e após o reparo, e depois do revestimento de um carro torpedo, é feito o levantamento do perfil do revestimento, para estimar o número de corridas que o revestimento suportará com segurança e tendência de redução de consumo de refratário.

Para avaliar o número de corridas é necessário que se tenha conhecimento da velocidade do desgaste em cada região, principalmente na zona de impacto e linha de escória. Na figura 7 mostrou-se o desgaste em mm/corrída em várias regiões do carro torpedo.

Determinado o número de corridas que o revestimento suportaria e o número de ciclo/dia por carro torpedo, calcula-se o tempo em dias que o vasilhame ficará na operação. É de vital importância um acompanhamento semanal.

É fundamental que se faça uma programação de troca de-fasada pois o intervalo de tempo entre as trocas de carros multiplicado pelo número de carros em manutenção é que irá de-terminar o tempo disponível para reparos.

3. CONCLUSÃO

Como podemos observar durante todo ciclo operacional do carro torpedo o revestimento refratário está sujeito a diferentes solicitações, e com grau de desgaste diferindo por regiões, tornando este mecanismo bem mais complexo. Isto permite concluir que medidas isoladas, pouco somarão para uma me-lhor performance do revestimento refratário.

É de fundamental importância a participação de todo pessoal envolvido (operação, manutenção e fabricante), a fim de somar esforços na tentativa de aumentar a vida do revestimento refratário dos carros torpedo, com redução de consumo.

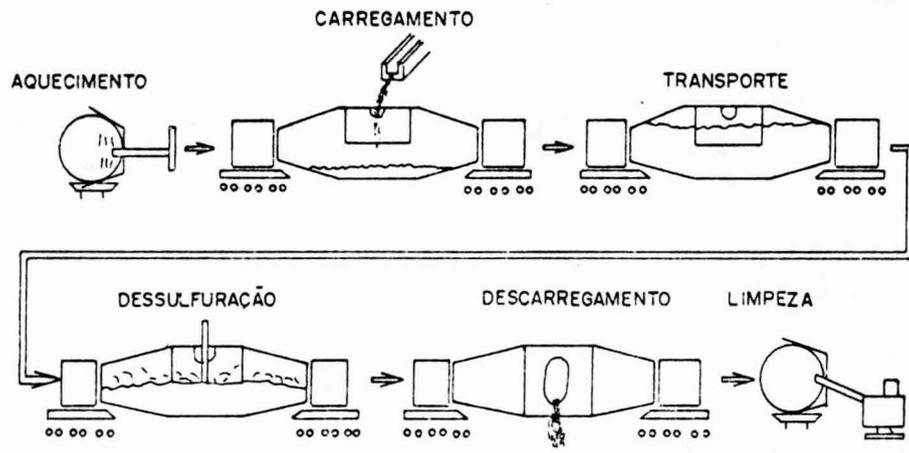


FIG. 1 - FLUXOGRAMA OPERACIONAL DE CARRO TORPEDO NA USIMINAS

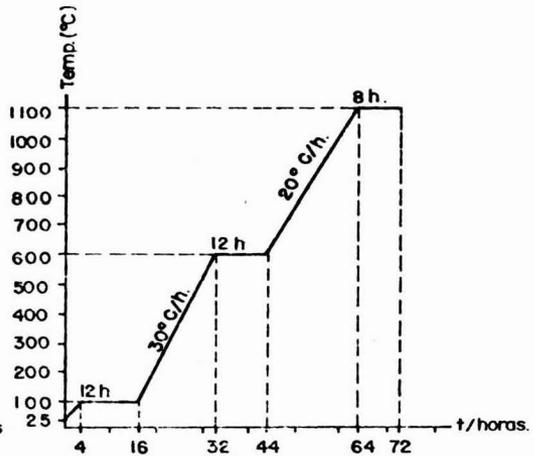
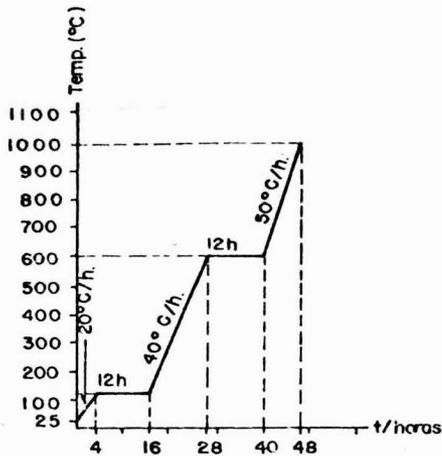


FIG. 2 - CURVA DE AQUECIMENTO PARA REPAROS. FIG. 3 - CURVA DE AQUECIMENTO PARA REVESTIMENTO - 70% AL₂O₃.

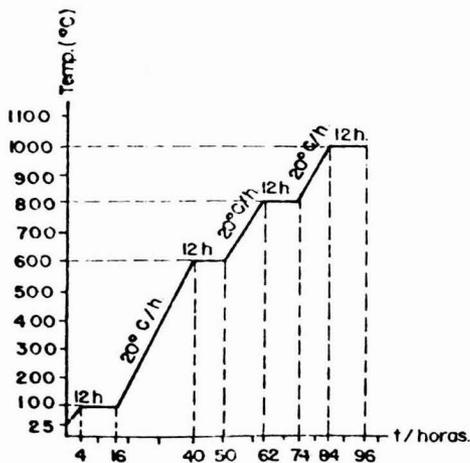


FIG. 4 - CURVA DE AQUECIMENTO PARA REVESTIMENTO - 80% AL₂O₃.

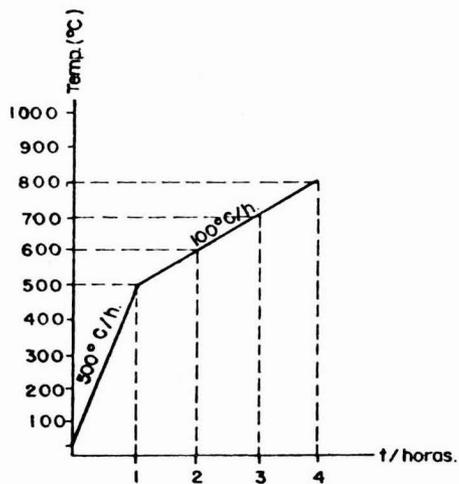


FIG. 5 - CURVA DE AQUECIMENTO PARA REVESTIMENTO IMPREGNADO.

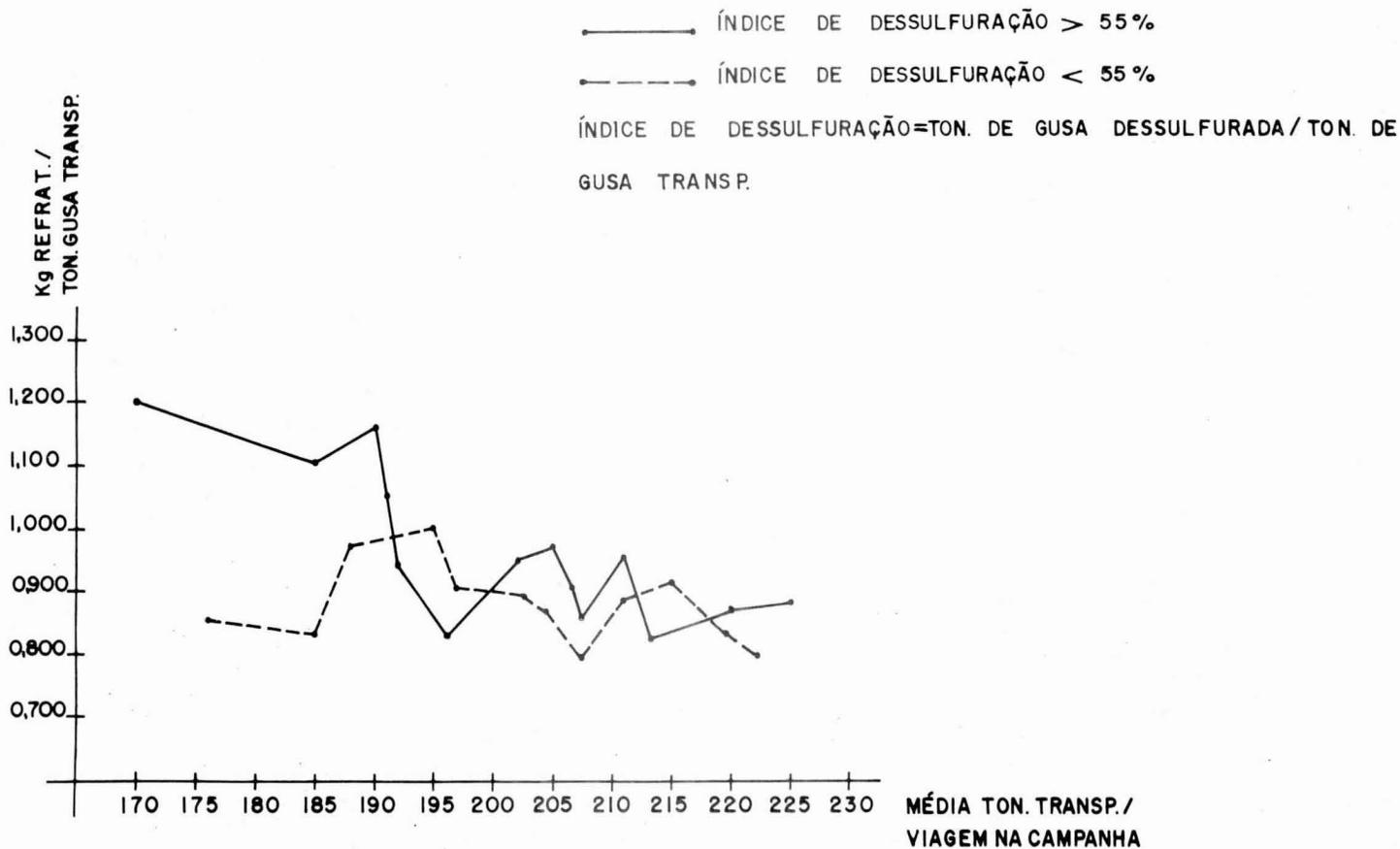


FIG. 6 - TENDÊNCIA DO CONSUMO EM RELAÇÃO AO ÍNDICE DE DESSULFURAÇÃO E TON. MÉDIA TRANSPORTADA.

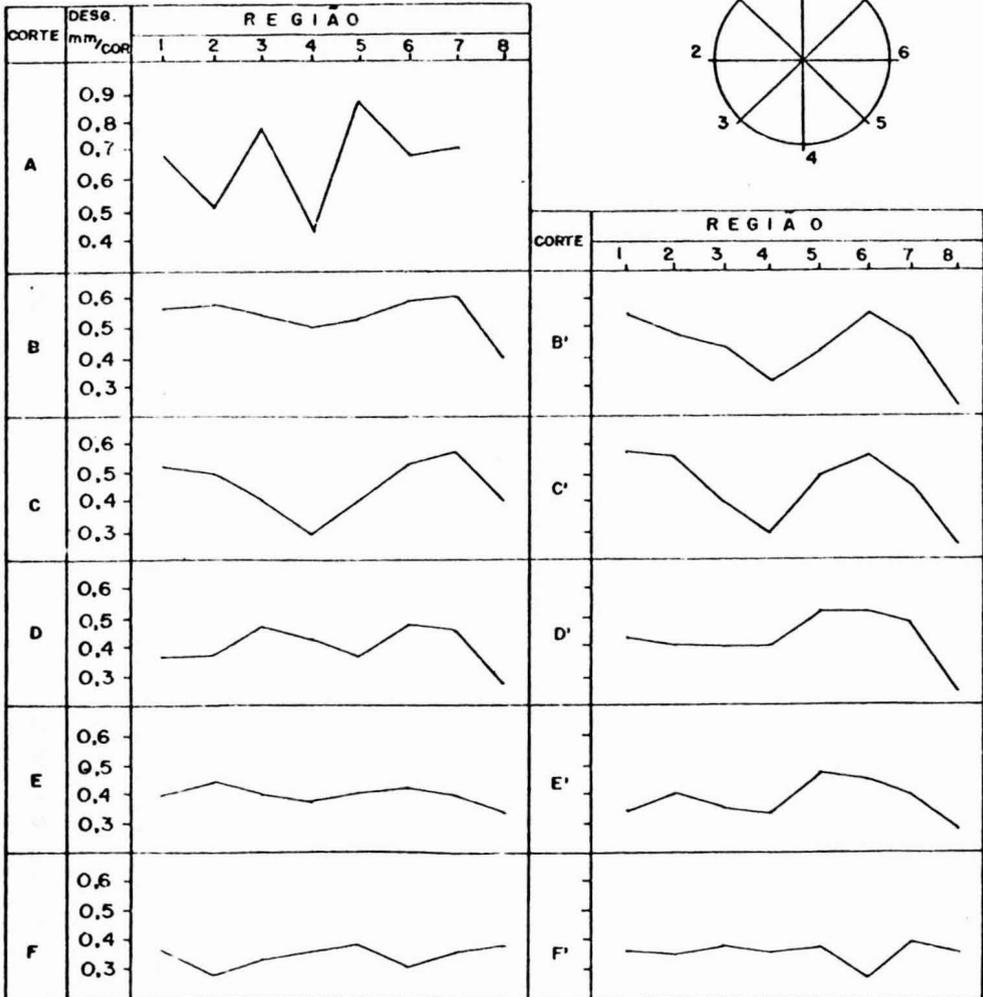
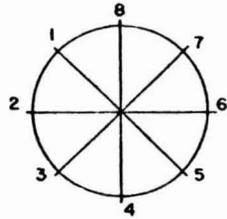
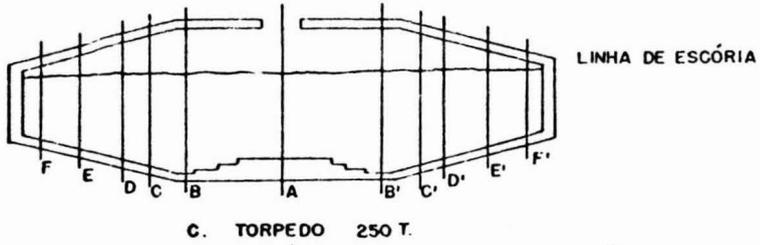


FIG. 7 — PERFIL DE DESGASTE DO CARRO TORPEDO (US:MINAS).

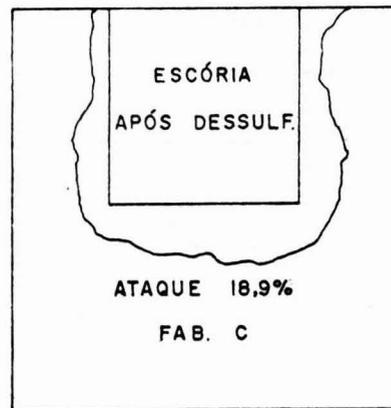
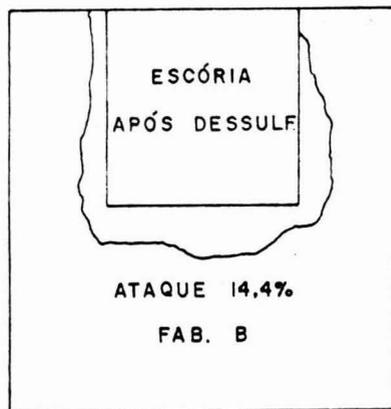
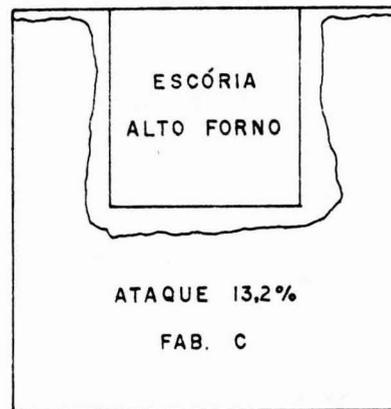
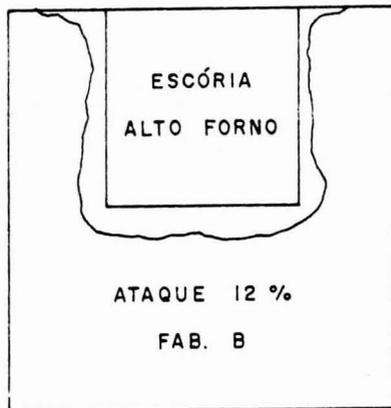
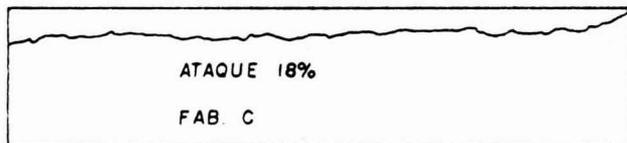
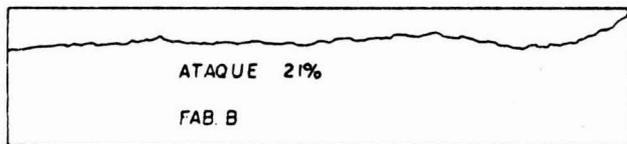
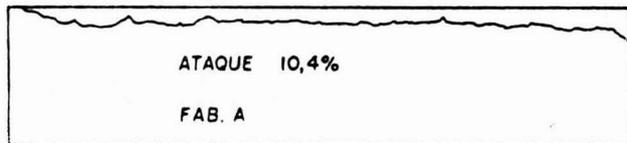
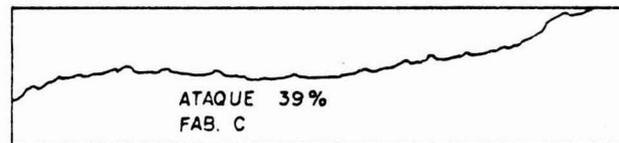
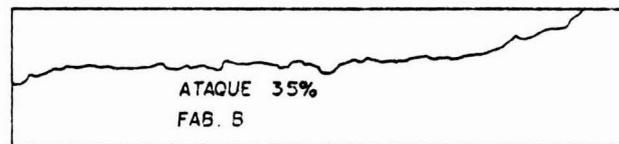
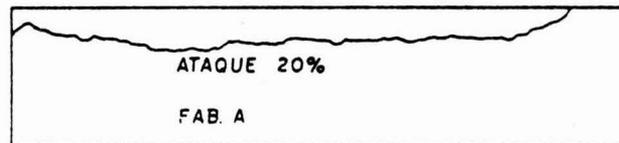


FIG. 8 - PERFIL DE CORPOS DE PROVA APÓS TESTE ESTÁTICO DE ATAQUE POR ESCÓRIAS

ESCÓRIA DO ALTO FORNO



ESCÓRIA APÓS DESSULFURAÇÃO



TEMPERATURA DO TESTE - 1400°C ~ 1550°C

FIG. 9 PERFIL DE CORPOS DE PROVA APÓS TESTE DINÂMICO DE ATAQUE POR ESCÓRIAS