

ELIMINAÇÃO DA PROJEÇÃO DE MASSA REFRAATÁRIA EM FORNOS ELÉTRICOS DA METSO¹

Gilson Neves da Silva²
Anderson Barbosa³
André Souza⁴

Resumo

Esse trabalho foi feito para evitar ou minimizar ao máximo o uso de projeção de massas refratárias dentro dos fornos elétricos a arco para fusão, através da melhoria da performance dos refratários, trabalhando em termos de produção, planejamento, processos e manutenção, e, com isso, melhorando também a qualidade final do aço, cuja incidência de problemas de inclusões não metálicas vinha ocorrendo, além da umidade levada pela massa, que poderia causar problemas de porosidade no aço. Como metodologia, foram estudados taps diferentes, mudança em basicidade da escória, altura do banho metálico e outros recursos. Os resultados obtidos foram os melhores possíveis, conseguindo-se eliminar completamente o uso da massa refratária para reparo rápido dos refratários, o que possibilitou ganhar tempo de corrida e melhor limpeza do aço. Na parte final, as ações que são apresentadas estão relacionadas com os resultados alcançados.

Palavras-chave: Massa; Refratários; Inclusões; Qualidade.

ELIMINATION OF THE PROJECTION OF REFRACTORY MASS IN ELECTRIC ARC FURNACES

Abstract

This work was performed to avoid or minimize the projection of refractories masses on the electric arc furnaces walls, through the improvement of the performance of the refractories, in relation to production, planning, processes and repairs and, with this, improving also the final quality of the metal. The occurrence of non metallic inclusions occurred in a intensive way, besides the humidity of the mass which could cause problems of porosities at the steel. At the methodology we have studied different powers, changing at the basicity of the slag, height of the bath and others. The obtained results were the best possible in order to eliminate completely the use of refractory mass to fast repair of the refractories walls, allowing to save tap to tap and a better cleaning of the steel. At the final part, the actions are showed and the results.

Key words: Mass; Refractories; Inclusions; Quality.

¹ *Contribuição técnica ao XXXVIII Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2007, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Mestre em Eng. Metalúrgica – Eng. de Processos Metalúrgicos da Metso*

³ *Técnico de Processos da Metso*

⁴ *Estagiário de Eng. Materiais da Mets*

INTRODUÇÃO

O objetivo do trabalho foi evitar ou minimizar ao máximo o uso de projeção de massas refratárias dentro dos fornos elétricos a arco para fusão, através da melhoria da performance dos refratários, trabalhando em termos de produção, planejamento, processos e manutenção, e, com isso, melhorando também a qualidade final do aço, cuja incidência de problemas de inclusões não metálicas vinha ocorrendo, além da umidade levada pela massa, que poderia causar problemas de porosidade no aço.

Nesse trabalho, discutimos as ocorrências de inclusões não metálicas no aço manganês tipo Hadfield, suas causas e seus efeitos, de modo bem analítico, baseado em ferramentas de análise da qualidade e também em experiências e teorias que são conhecidas internamente ou de outras empresas.

Cabe lembrar que, apesar desse relatório estar direcionado para o problema de inclusões não metálicas devido à excessiva projeção de massa refratária durante a campanha normal na semana, ele leva à reflexão da forma de análise dos dados de forma mais interligada entre os vários setores envolvidos, desde o Planejamento até a Produção.



Figura 1 – máquina de projeção



Figura 2 – projeção de massa

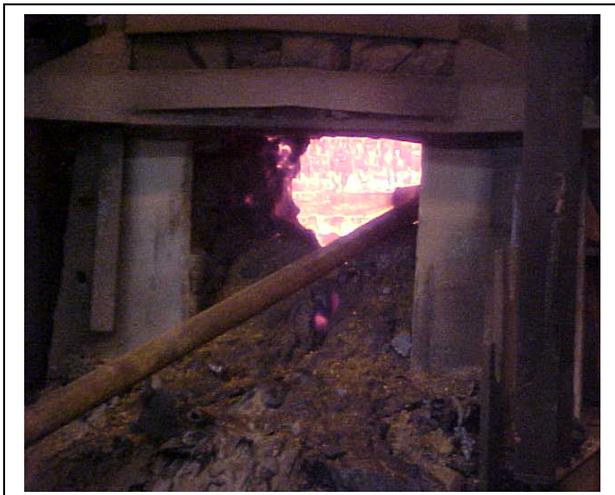


Figura 3 – projeção de massa

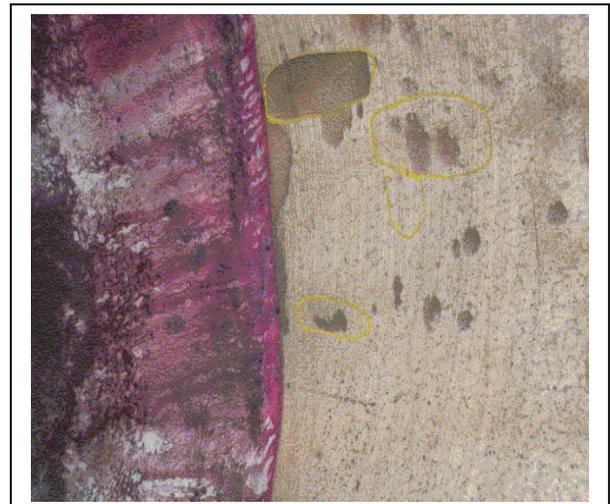


Figura 4 – inclusões não metálicas

MATERIAIS E MÉTODOS

Depois de algumas discussões técnicas, procurando se ter um caráter investigativo baseado na gestão de qualidade, vários parâmetros que se relacionam com o problema de inclusões de massa refratária foram levantados através de brainstormings, de modo a se construir um diagrama de causa-efeito, conhecido também como Ishikawa ou espinha de peixe.

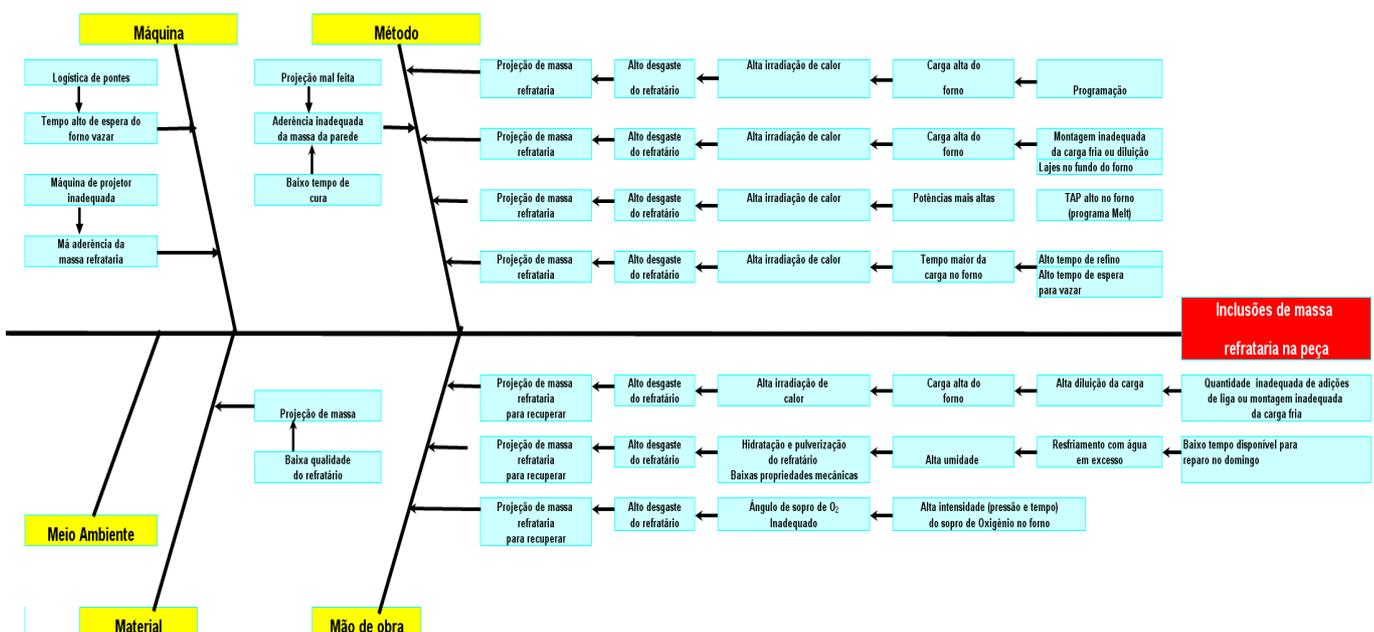
Entre eles, podemos citar:

- a) Carga alta de metal
- b) Excesso de projeções
- c) Projeção mal feita
- d) Metal frio após a projeção da massa refratária
- e) Refratário com baixa performance (qualidade)
- f) Umidade nos refratários
- g) Massa no fundo dos fornos e das painéis
- h) Sopro de oxigênio em excesso (pressão e intensidade)
- i) Ângulo do sopro de oxigênio
- j) Temperaturas de processo (altas ou baixas)
- k) Altos tempos de refino redutor
- l) Altos tempos de espera das corridas para vazamento
- m) Altos tempos de corrida – TAP TO TAP

De posse desses parâmetros, a Engenharia de Fundição procurou relacionar cada um dentro dos campos típicos do diagrama de Ishikawa, que são os 5 M's:

1. Material
2. Método
3. Meio ambiente
4. Máquina
5. Mão de obra

Como resultado, tem-se o diagrama mostrado a seguir.



Ações foram tomadas para aumentar a vida útil dos refratários, de modo que passaram a atingir paradas ou trocas programadas nos fins de

semana, evitando projeções de massa refratária durante a semana, que levavam a perdas de tempo substanciais na aciaria, além de acarretar arraste de umidade e inclusões para o aço, gerando sucateamento ou recuperação de peças.

As principais ações, que foram tomadas e previstas, foram:

Programação semanal / mensal:

1) Trabalhar com cargas mais adequadas (pesos), de modo a não termos irradiação de calor em excesso, o que diminui a vida útil dos refratários;

2) Seguir uma programação de cargas crescentes e reduzir a campanha semanal da aciaria, de modo a não termos de usar água em excesso para acelerar o resfriamento dos fornos para liberação para reparos.

Como os refratários naturalmente vão se desgastando ao longo da semana, isso favorece o aumento da carga (em peso) devido a um aumento natural da capacidade interna do forno (volume útil) sem sacrificar a abóbada (banho fica mais distante) nem as paredes laterais (variação da linha de escória com a variação do volume de metal de forma inconstante na corrida), possibilitando o uso de cargas crescentes, pois os nossos fornos não páram em horários de pico e também não possuem painéis refrigerados, sendo revestidos completamente de tijolos refratários nas soleiras, rampas, paredes e abóbadas.

Sabemos que cargas mais altas (altura do banho) e pesadas prejudicam a performance dos refratários, tanto das paredes quanto da abóbada pela irradiação maior de calor, além de sobrecarregar o equipamento em si mecanicamente.

Como ação, a idéia é manter a linha de escória constante ao longo de toda semana, não variando a altura do banho.

Altos taps durante a fusão:

Houve um upgrade na sub-estação e mais opções de taps dos fornos, principalmente para o sentido de se ter maiores potências na esperança de reduzir o tap to tap das corridas que, para fundições, naturalmente se encontram em valores médios de 2,5 a 4 horas por corrida, já que geralmente não é usada a tecnologia do forno-panela. No caso das usinas siderúrgicas, o forno elétrico fica apenas para o derretimento da carga sólida quando, pois temos a alternativa do forno-panela; sendo assim, essas corridas são muito rápidas, levando menos de 1 hora. Nas fundições, praticamente todas as reações físico-químicas acontecem dentro do forno elétrico a arco, deixando para a panela apenas a desoxidação final e limpeza com argônio.



Figura 6 - Aspecto do tijolo desgastado em relação a um tijolo novo.

Como ação, em virtude do alto desgaste dos refratários, levando a inúmeras projeções de massa ao longo da campanha, foi resolvido diminuir os TAPs dos fornos para termos menor potência, resultando em menor desgaste dos refratários.

Os TAP's foram abaixados e foram implementados novos programas de fusão no MELT (chamado de programa 1), onde agora temos TAP's menores ainda para o caso das primeiras corridas após a troca de refratários e após qualquer corrida que haja projeção de massa.

O objetivo disso é fazer com que a massa e tijolos refratários tenham um tempo de cura maior, o que vai acarretar em aumento do tempo de corrida em torno de uma hora a mais na primeira corrida após o reparo refratário, porém, a qualidade final do aço será superior devido à menor quantidade de inclusões desse tipo de material.

Procedimento inadequado de resfriamento:

Foi revista a condição para cuidar do resfriamento do forno depois que aciaria parasse para a manutenção semanal, controlando a umidade empregada, descartando qualquer adição de água em excesso em tijolos refratários que fossem aproveitados no reparo.



Figura 7 – desgaste dos tijolos refratários

Com isso, deixamos de ter a presença do vapor de água, melhorando assim a qualidade do aço (gases, porosidades, trincas e inclusões) e também a performance dos refratários (maior resistência mecânica).

Uma ação paliativa foi suspender a fusão de ligas críticas (que apresentam maior tendência à fragilidade pelo hidrogênio) durante as primeiras corridas após as trocas dos refratários, para que não absorvessem esse elemento.

Qualidade dos refratários:

Experimentamos novos tijolos refratários para se conseguir atingir performances melhores durante as campanhas.

Depois disso, avaliamos o custo x benefício de se comprar, por exemplo, um tijolo mais caro que apresentasse uma vida útil mais adequada às nossas metas de produção e manutenção.

Afinal, o melhor custo nem sempre é do material mais barato.

RESULTADOS

Apenas para efeito de comparação: projetávamos massa refratária praticamente todos os dias e as campanhas dos refratários não conseguiam atingir uma semana; hoje em dia, as campanhas duram tempos muito maiores, conforme pode ser comprovado pelos relatórios do setor que cuida dos reparos.

Atualmente, a ação de jogar água foi eliminada devido à melhoria das condições de resfriamento.

O nível de ocorrência de inclusões não metálicas nas peças diminuiu drasticamente para um nível que é perfeitamente aceitável, sendo que atualmente quando falamos de inclusões não metálicas, referem-se a inclusões oriundas dos processos normais de aciaria, por exemplo, que não comprometem o metal.

DISCUSSÃO

Pelo que pôde ser analisado, a projeção excessiva de massa era causada pelo desgaste excessivo dos refratários, ocasionando a ocorrência de inclusões nas peças.

Como causas do desgaste excessivo dos refratários, alguns fatores foram apontados no estudo, procurando, desse modo, chegar nas causas primárias (causas-raízes), que eram as verdadeiras causas do problema.

Analisando as principais causas-raízes, chegamos à conclusão de que tínhamos muitas projeções de massa devido à ineficiência da performance dos tijolos refratários por motivos diferentes, que são, entre eles:

- Altos taps durante a fusão
- Qualidade dos tijolos refratários
- Programação dos fornos
- Altas cargas (pesos) acima do peso ideal
- Modo inadequado de resfriamento (forno)

1) Altos taps durante a fusão:

O desgaste dos refratários está diretamente ligado à potência dos fornos elétricos, reduzindo a vida desses insumos e outros ganhos produtivos.

Como exemplo, o forno 7 começou a trabalhar com o tap 11 no fim de 2.005 ao invés do tap 9 (normal), sendo que o tempo de corrida é o mesmo nos dois casos (dentro da variação normal).

A idéia de se ter a corrida mais rápida acabou não se tornando realidade em termos médios de produção mensal, sendo que uma das principais causas foram o desgaste maior dos tijolos, que levava a paradas para projeção de massa, aumentando assim o tempo de corrida (Tap to Tap).

Com isso, havia aumento da potência do forno, com conseqüente aumento da irradiação de calor para os refratários, causando "spalling" (desgaste) térmico.

Essa perda pelo aumento teórico do tempo de corrida (TAP TO TAP) está balanceada pelo ganho na redução da quantidade de projeções de massa, conforme apontado no diagrama de Pareto através dos relatórios da produção.

2) Qualidade dos refratários:

Se a qualidade (resistência) dos tijolos não é a mais adequada, nem termica nem quimicamente, será comprometida a vida útil dos mesmos, propiciando maior quantidade de reparos e projeções de massa durante a semana.

Ocorreram várias trocas de refratários, com diferentes concepções de composição e tecnologia de fabricação, mas as campanhas sempre ficavam abaixo do esperado enquanto os taps de trabalho estavam muito altos; mesmo tijolos mais caros resultaram em baixas performances, mostrando que o problema não estava nessa variável.

3) Programação semanal / mensal:

O ideal seria termos cargas crescentes em termos de peso ao longo da semana para mantermos a linha de escória sempre num mesmo nível, pois, no nosso caso, não paramos em horários de pico e não temos painel refrigerado.

4) Procedimento inadequado de resfriamento:

Estava havendo o uso de água (névoa ou jato) em quantidades e formas inadequadas de aplicação, que levava à hidratação do tijolo de caráter magnesiano, através da reação: $[MgO + H_2O > Mg(OH)_2]$, causando expansão de volume e, com isso, trincamento e pulverização dos tijolos, conforme apontado pelo próprio fabricante em conversas na Fundição.

A prática atual eliminou o problema.

5) Cargas mais pesadas (altura do banho):

A programação constante de cargas mais pesadas levava, no início da semana, a alturas excessivas e inconstantes do banho metálico, variando a linha de escória na prática e aproximando da abóbada do forno, que sofria um desgaste térmico maior.

Esse aumento de desgaste dos tijolos é devido à maior irradiação de calor.

Com isso, o sopro de oxigênio ficava comprometido pelo ângulo não ideal da lança para soprar, assim como a entrada dos insumos, como desoxidantes e escórias sintéticas, comprometendo a qualidade final do aço processado.

Isso tudo gerava uma heterogeneidade do banho metálico, através do aparecimento de zonas quentes e frias no forno elétrico a arco.

Foram tomados os dados de abril para analisar o perfil de paradas da aciaria que não estavam programadas, ou seja, não fazem parte do processo rotineiro.

Apesar de ser do mês de abril, o perfil era parecido com o de outros meses.

Alguns códigos usados para identificar as paradas são:

- 150: Espera de ponte rolante
- 210: Reparação refratária
- 230: Diluição / adição de liga
- 330: Aguardou forno
- 340: Manutenção dos fornos

PARADAS FORNO 6 E 7

Abril-2006 25 dias

gráfico de pareto

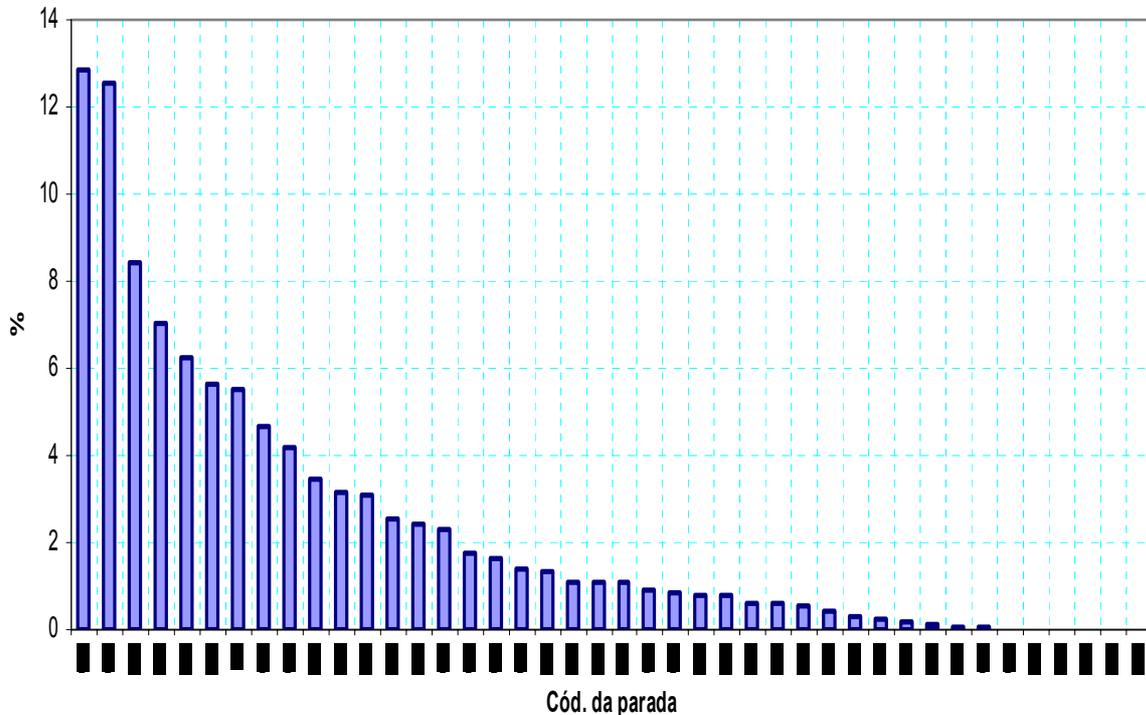


Figura 8 – diagrama de Pareto

Fazendo uma curva ABC, onde cerca de 80% das causas estavam concentradas em poucos fatores (os códigos 330 e 340 são a mesma causa e, a partir de maio, virou código 450), os dados mostram que os fatores classificados como “A” são:

- O fator que mais impactava as perdas era a ESPERA DE PONTES ROLANTES;
- Depois, tínhamos a ESPERA DE VAZAMENTO (fornos 6 e 7), onde um forno espera o outro para vaziar (razões operacionais);
- Depois, tínhamos a REPARAÇÃO REFRATÁRIA através da projeção de massa, que gastava bastante tempo porque interrompia a marcha normal do forno, resfriando o equipamento e mudando a rotina da área;
- Em quarto lugar, a MANUTENÇÃO DOS FORNOS;

Foram tomadas ações para todas essas variáveis e, hoje em dia, o perfil do diagrama de Pareto é completamente diferente, já que essas causas foram praticamente eliminadas.

CONCLUSÃO

A conclusão mais óbvia é que os vários setores têm que ter uma grande interação, de modo a resolver os problemas que foram discutidos aqui nesse relatório, pois, desse modo, as soluções aparecem de forma mais fácil e ficam mais consistentes ao longo do tempo. A idéia é usar cada vez mais as ferramentas da

gestão da Qualidade (nesse caso, diagrama de causa-efeito – Ishikawa, Pareto e brainstormings) para se fazer as análises de forma mais precisa, como a área de Engenharia Industrial já está fazendo com o treinamento de TPM.

Com esses dados, fica mais fácil ir na direção certa e, assim, evitamos os “achismos” ou falta de clareza dos números certos.

Os resultados obtidos são animadores do ponto de vista de performance dos refratários, mudando a rotina da aciaria em termos de reparação refratária, pois a máquina de projeção de massa, que era um equipamento incorporado na rotina da área, hoje está encostada pela falta de uso, o que comprova que as ações tomadas foram realmente eficazes para esse problema.

Além da performance dos refratários, a qualidade do metal também melhorou em relação a esse problema de inclusões por massa refratária, o que reduz tempo de retrabalho nas peças ou mesmo sucateamento das mesmas em casos extremos, o que pode ser comprovado pelos relatórios do CQI (custo de qualidade interna), onde esse tipo de defeito praticamente deixou de existir hoje em dia.

Como, desde junho, temos as seguintes condições:

- o uso de água no resfriamento foi eliminado;
- as primeiras corridas são feitas com taps mais baixos para que a carga demore um pouco mais dentro do forno, promovendo a cura das massas utilizadas no reparo rotineiro de fim de semana;
- não se utiliza altos taps para acelerar as corridas;
- as cargas são menores no começo da semana, onde o forno ainda não está gasto, evitando o excesso de carga e operação com o forno inclinado;

Essas medidas apresentaram um efeito imediato, pois, desde junho de 2.006, não houve mais nenhuma projeção de massa no forno.

O desgaste voltou a apresentar um perfil típico, onde a linha de escória estava mais gasta que as paredes, e as paredes tinham espessura suficiente para continuar a campanha, sendo portanto necessário apenas o reparo parcial dos tijolos.

Desde então, não houve nenhum evento extraordinário como reparo emergencial por desgaste da parede, queda de parede, desgaste prematuro das abóbodas ou qualquer reparo dos refratários com exceção de reparo da bica.

A eficiência das ações tomadas é reconhecida também pela empresa de refratários, pois a economia de material foi imediata, além da assistência técnica não haver sido requisitada nesses últimos meses. Vale ressaltar que não foram mudados os materiais e todas as melhorias devem-se a alterações de processos e procedimentos.

Agradecimentos

Agradeço à empresa Metso pela constante iniciativa de desenvolver e compreender os processos no sentido mais amplo e também pormenorizado, facilitando sua compreensão.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Proac – Procedimento Operacional da Aciaria – Empresa Metso – agosto de 2.006.