

# REDUÇÃO DO OVERCOATING NAS LINHAS DE ZINCAGEM DA CSN – USINA PRESIDENTE VARGAS

Nilton José Linhares <sup>1</sup>

Carlos Henrique Gonçalves Campbell <sup>2</sup>

Aristóteles dos Santos Mello <sup>3</sup>

Roberto Bergallo Bohrer <sup>4</sup>

## Resumo

O trabalho visa a redução do consumo de zinco, com garantia da camada de revestimento, através do controle do *overcoating*. Sendo o zinco um insumo de alto valor, o controle do revestimento aplicado a tira de aço é de fundamental importância para a obtenção de um produto que atenda ao mercado e que ao mesmo tempo seja competitivo. Neste trabalho foram desenvolvidos um sistema de gestão do consumo de zinco, juntamente com modelos de controle dos parâmetros de processo, visando a estabilidade dinâmica da pressão das cortinas de ar (navalhas) que removem o excesso de revestimento em função das seguintes variáveis: velocidade da linha; distância das navalhas à tira, altura das navalhas e o valor medido do revestimento, além de treinamento e conscientização das equipes de operação sobre a importância da produção de bobinas zincadas com revestimento bem próximo do especificado por normas.

**Palavras-chave:** Zinco; Consumo; Revestimentos; Navalha de ar.

## REDUCTION OF OVERCOATING AT CSN GALVANIZING LINES

### Abstract

This work aims the reduction of zinc consumption, keeping the warranty of the coating layer, doing the overcoating control. As zinc is a high value input, the control of the coating that is applied on the strip become very important in order to get a competitive product that satisfy the customers. In order to remove the zinc excess, a managerial system for zinc consumption and a control model for process parameters had been developed, aiming the dynamic stability of the air knives pressure, based on the variables line speed; distance between air knives and strip, knives height and coating mass measured. Training and team conscientization has been applied as well.

**Key words:** Zinc; Consumption; Overcoating; Air knife.

## I INTRODUÇÃO

O processo de zincagem por imersão a quente é uma etapa importante na siderurgia de produtos planos, principalmente, quando destinados a linha branca (eletrodomésticos em geral); indústria automobilística e construção civil, devido a sua elevada resistência a corrosão em relação aos aços não-revestidos e baixo custo em relação aos aços inoxidáveis.

Este processo consiste basicamente em depositar sobre a superfície da tira de aço limpa, geralmente recozida, uma camada de revestimento de uma liga a base de zinco, sendo que normalmente o processo de limpeza e recozimento ocorre na própria linha de zincagem e a deposição da camada ocorre pela passagem

submersa da tira em um pote de zinco líquido. Tal camada de revestimento é controlada através de um sistema de cortina de ar (ou um outro fluido gasoso) conjugada à medidores para a determinação de sua espessura. Outros equipamentos, acoplados a linha ou em outros processos posteriores, também são necessários para obtenção do produto zincado final.

A Figura 1 mostra um *layout* esquemático de uma linha de zincagem contínua, que é o objeto desse trabalho, e a Figura 2 mostra um esquema de um sistema típico de controle de revestimento de zinco.

<sup>1</sup>Engenheiro Metalurgista, MSc. Coordenador de Projetos Especiais – CSN. Rua Ver. Fernando Mario Neto, 220, Jd. Amália, Volta Redonda, RJ, CEP 27255197. linhares.nilton@gmail.com

<sup>2</sup>Engenheiro Eletrônico – Engenheiro Especialista – CSN. Rua 159 B, N°. 203, Laranjal, Volta Redonda, RJ, CEP: 25255050. ccampbell@csn.com.br

<sup>3</sup>Engenheiro Eletrônico – Engenheiro Sênior – CSN. Rua 33, N°.52, Vila Santa Cecília, Volta Redonda, RJ, CEP: 2726010. aristoteles@csn.com.br

<sup>4</sup>Engenheiro Mecânico – Gerente de Produção – CSN. 388, Settlers Lane, Terre Haute, IN47803, USA. rbohrer@csnllc.com

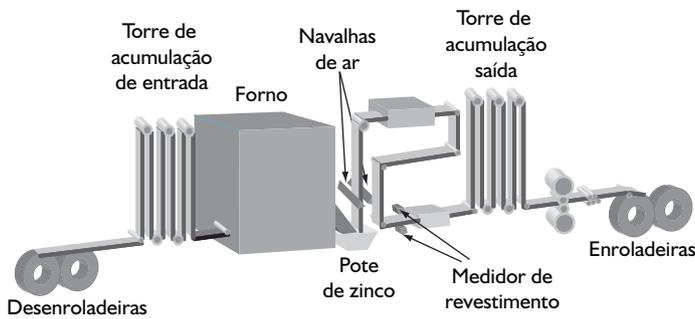


Figura 1. Layout típico de uma linha de zincagem por imersão a quente.<sup>(1)</sup>

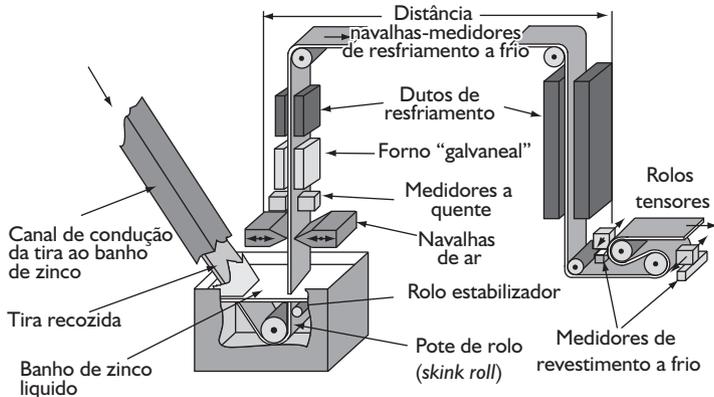


Figura 2. Desenho esquemático dos componentes do pote e controle de revestimento.<sup>(1)</sup>

## 2 OBJETIVO DO TRABALHO

Para as aplicações nos diversos segmentos é fundamental a obtenção de camadas de revestimento bem definidas, as quais são desenvolvidas e determinadas através das normas com tolerâncias cada vez mais restritivas. Além disso, para manter o produto zincado competitivo no mercado, é muito importante a otimização das matérias-primas e dos insumos. Sendo o zinco o principal insumo no processo de zincagem, chegando a um valor acima de R\$ 9.000/t em 2006, conforme mostra o gráfico da Figura 3, o controle cada vez mais preciso da camada de revestimento também é fundamental, de forma que o produto zincado seja sempre um atrativo em relação aos produtos alternativos existentes.

Dessa forma, o objetivo desse trabalho é a redução do custo pela otimização do consumo de zinco no processo, ou seja, redução do excesso de zinco depositado na tira também conhecido como *overcoating*.

## 3 DETERMINAÇÃO DO OVERCOATING

O valor nominal da camada de revestimento deve atender ao uso a que vai ser submetido o produto zincado e é definida em um valor mínimo de acordo com cada norma, que aqui no Brasil é traduzida para a unidade em g/m<sup>2</sup>. Dessa forma, podemos dizer que a camada de revestimento que ultrapassar esse valor é considerado zinco em excesso ou *overcoating*. A ilustração da Figura 4 mostra esquematicamente como seria esse excesso:

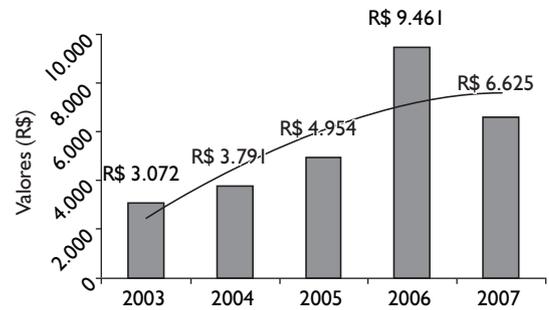


Figura 3. Evolução do preço médio do zinco em estoque CSN ao longo dos anos.<sup>(2)</sup>



Figura 4. Representação esquemática do overcoating na tira zincada.<sup>(3)</sup> (a) Overcoating (excesso); (b) Revestimento definido pela norma; e (c) Metal base (aço).

O *overcoating* passa então a ser definido pela seguinte expressão:

$$\text{Overcoating}(\%) = \frac{\text{Peso Zn na tira} - \text{Peso Zn Norma}}{\text{Peso Zn Norma}} \times 100 \quad (1)$$

O que se espera com a redução do *overcoating*:

Com a redução do *overcoating* automaticamente ocorre a redução do número de barras adicionadas ao banho de zinco e, com isso, temos outros fatores que contribuem positivamente para o processo produtivo, além da redução de custo, conforme ilustra a Figura 5.

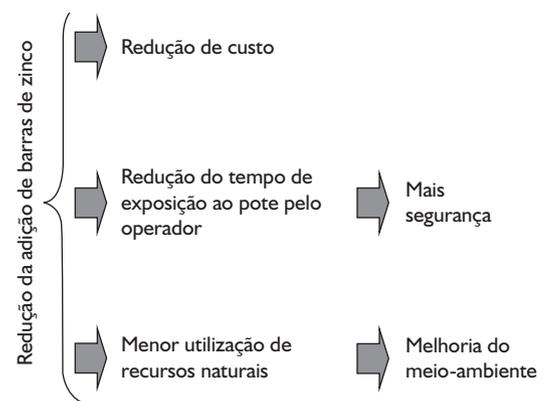
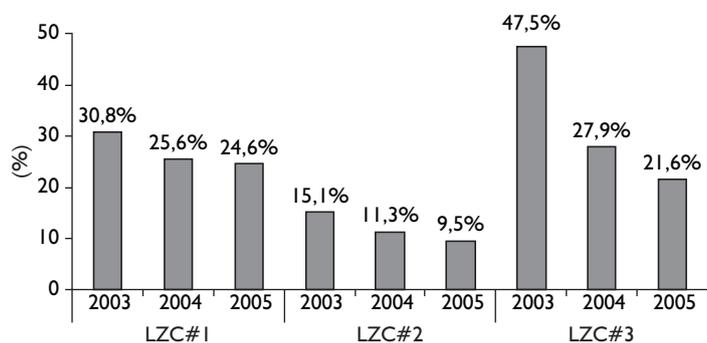


Figura 5. Benefícios obtidos com a redução do *overcoating*.<sup>(3)</sup>

## 4 HISTÓRICO

O gráfico da Figura 6 mostra a evolução do overcoating praticado nas três Linhas de Zincagem da CSN, de 2003 a 2005:



**Figura 6.** Evolução do overcoating praticado nas 3 Linhas de Zincagem da CSN UPV.(2)

### 4.1 Pontos Observados no Período de 2003 a 2004

- Faltava um modelo de gestão para o overcoating praticado pelas equipes;
- A redução no consumo de zinco não era considerada prioridade: Consumia-se mais zinco em função de atendimento ao programa de produção, aumentando-se a velocidade da linha, ou para encobrir defeitos leves de superfície;
- LZC#1 e #3 com pouca ou nenhuma instrumentação nas navalhas;
- Faltava um sistema de controle do resultado de revestimento *on line*;
- Faltava um sistema de controle dos parâmetros das navalhas;
- Faltava informação dos resultados das equipes de operação; e
- Liberação do resultado revestimento sendo realizada através de ensaio gravimétrico em laboratório.

Os gráficos anteriores mostram que as Linhas de Zincagem 1 e 3 tem um histórico de overcoating bem mais elevado do que a Linha de Zincagem 2. Isso se deve ao fato desse último equipamento possuir um sistema de controle de revestimento dotado de mais recursos em relação aos outros dois. Portanto, nesse trabalho foi dado um tratamento diferenciado de acordo com as necessidades de cada linha.

Baseado nesse histórico; no atual preço do zinco e nos pontos observados, pudemos estabelecer metas escalonadas que nos permitiriam atingir os valores:

- LZC#1: 10%;
- LZC#2: 5%; e
- LZC#3: 15%.

Atingindo-se essas metas estima-se uma economia no consumo de zinco equivalente a R\$10.000.000/ano.

## 5 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do trabalho foi baseado nos pontos observados anteriormente, traduzindo-os como problemas a serem eliminados, o que não implicou na necessidade de se fazer algum grande investimento.

### 5.1 Implantação de um Sistema de Gestão para o Controle do Overcoating

Baseando-se no peso da bobina zincada, sua espessura e o tipo de revestimento, é possível construir-se um modelo capaz de prever a quantidade de zinco a ser depositada para atender à norma contratada. Conseqüentemente, podemos calcular, com boa precisão, o zinco em excesso num determinado período de tempo, uma vez que conhecemos o peso de zinco carregado no pote da linha de zincagem.

Sendo assim, partindo do seguinte balanço de massa:

$$P_{\text{aço}} + P_{\text{Zn total}} = P_{\text{BZ}} + P_{\text{dross}} \quad (2)$$

e das equações:

$$P_{\text{aço}} = A_{\text{aço}} \times \text{esp} \times \rho_{\text{aço}} \quad (3)$$

e

$$P_{\text{Zn}} = A_{\text{aço}} \times P_{\text{rev}} \quad (4)$$

Chegamos à expressão:

$$A_{\text{aço}} = \frac{P_{\text{BZ}}}{(\text{esp} \times \rho_{\text{aço}} + P_{\text{rev}})} \quad (5)$$

Logo, podemos dizer que:

$$P_{\text{Zn}} = \frac{P_{\text{BZ}}}{(\text{esp} \times \rho_{\text{aço}} + P_{\text{rev}})} \times P_{\text{rev}} \quad (6)$$

Ou ainda que:

$$P_{\text{Zn}}(\text{norma}) = \quad (7)$$

$$\frac{P_{\text{BZ}}}{(\text{esp} \times \rho_{\text{aço}} + P_{\text{rev}})} \times P_{\text{rev}} + P_{\text{dross}}$$

Logo:

$$\text{Overcoating}(\%) = \quad (8)$$

$$\frac{P_{\text{Zn total}} - P_{\text{dross}} - P_{\text{Zn}}(\text{norma})}{P_{\text{Zn}}(\text{norma})} \times 100$$

Onde:

- $P_{\text{rev}}$  - Peso do revestimento definido pela norma ( $\text{g/m}^2$ );
- $P_{\text{aço}}$  - Peso da bobina a frio após desponte e descarte;

- $P_{BZ}$  - Peso da bobina zincada;
- $P_{Zn}$ (norma) - Peso do zinco calculado, definido pelo peso do revestimento;
- $P_{Zn}$  - Peso do zinco na tira;
- $P_{dross}$  - Peso da dross;
- $P_{Zn\ total}$  - Peso do zinco carregado no pote;
- $A_{aço}$  - Área da bobina a frio a ser revestida de zinco;
- $\rho_{aço}$  - Densidade do aço;
- esp - Espessura da bobina a frio;
- larg - Largura da bobina a frio; e
- comp - Comprimento da bobina a frio;

A expressão acima é a básica para o modelo de gestão, sendo possível acompanharmos graficamente o overcoating tendo apenas os dados de produção normais da linha, fazendo ainda a seguinte consideração:

$$P_{rev\ real} = P_{Zn\ total} - Dross - outras\ perdas^* \quad (9)$$

\*Paradas de linha (sucata); Troca dos componentes do pote etc.

## 5.2 Implantação de um Sistema para Controle dos Parâmetros do Processo

Um modelo matemático foi desenvolvido para controle automático da camada de revestimento em função de vários parâmetros do processo, tais como velocidade da linha, pressão de ar nas navalhas, distância, altura das navalhas, etc. <sup>(1,4,5)</sup>

Para as linhas que não possuíam uma instrumentação adequada à aplicação de um sistema de controle de parâmetros do processo, foram feitos alguns desenvolvimentos para implantação de equipamentos que pudessem suprir essa deficiência.

## 5.3 Implantação do Resultado do Revestimento on Line

Também foi desenvolvido um sistema para a visualização do revestimento *on line* pelos operadores, mas que também pode ser monitorado pelos supervisores, staff e gerentes, através da carta de controle, conforme mostra a Figura 7.

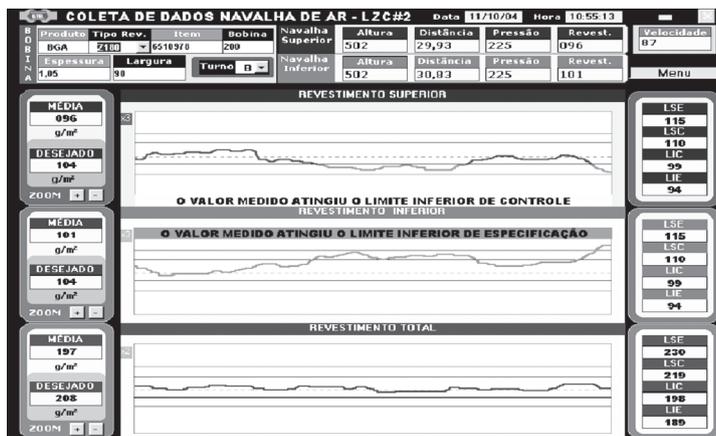


Figura 7. Resultado do revestimento *on line* através da carta de controle.<sup>(1)</sup>

## 5.4 Redução do Overcoating como Prioridade para as Equipes de Operação e Manutenção

Tanto as equipes de operação como as de manutenção foram conscientizadas e treinadas para combater o desperdício do zinco, tomando como base os seguintes pontos principais:

- Total prioridade para redução do consumo de zinco;
- Melhoria da utilização e revisões nas Tabelas de produtividade das linhas para atendimento aos programas de produção; e
- Defeitos de superfície passaram a ser combatidos na sua origem.

## 5.5 Implantação de um Sistema de Gestão a Vista para os Resultados de Overcoating

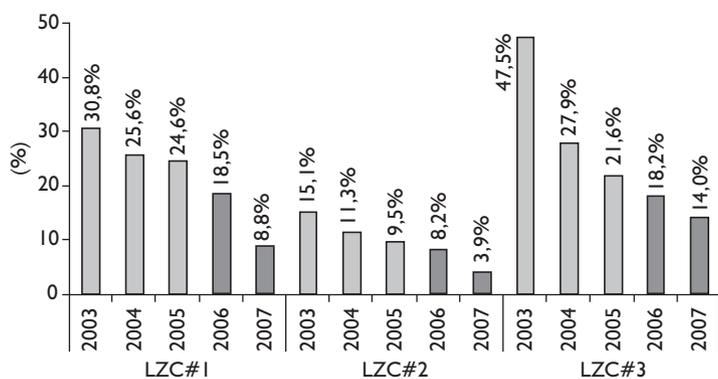
Gráficos de acompanhamento da diferença entre os ensaios gravimétricos de laboratório e norma foram instalados e são atualizados, semanalmente, em quadros de gestão a vista nas áreas de produção. Dessa forma é criada uma competição saudável entre as equipes de operação através da comparação dos resultados, o que contribuiu bastante para a redução das perdas.

## 5.6 Liberação dos Resultados Diretamente do Medidor de Revestimento

Um processo envolvendo coleta de amostras, ensaios gravimétricos e análises estatísticas foi realizado para a obtenção de amostras certificadas para ajuste das curvas e aferições periódicas dos medidores de revestimento. Com isso, os revestimentos praticados ficam mais próximos da norma, uma vez que a rotina de ensaios em laboratório é eliminada e os operadores têm os resultados do revestimento em tempo real.

## 6 RESULTADOS

A Figura 8 mostra os resultados de overcoating das linhas de zincagem com os trabalhos realizados. Como podemos observar as linhas tiveram resultados melhores do que os esperados, consequentemente os ganhos financeiros também foram melhores.



**Figura 8.** Resultado do overcoating das linha de zincagem após as melhorias no processo.<sup>(2)</sup>

## 7 CONCLUSÕES

As metas de *overcoating* foram atingidas, conseguindo-se valores ainda melhores para as três Linhas de Zincagem. Vale ressaltar que esses resultados foram alcançados sem nenhum investimento considerável.

Com esses resultados, obteve-se um ganho, em relação a 2005 de mais de US\$ 7 milhões em 2007, no período de janeiro a outubro.

## REFERÊNCIAS

- 1 CAMPBELL, C.H.G.; ANDRADE, A.S.; LINHARES, N.J.; BRASIL, R.G. Controle automático de revestimento em linhas de zincagem contínua por imersão. In: SEMINÁRIO AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS, 8., 2005, Belo Horizonte, MG. **Anais...** São Paulo: ABM, 2005. p. 336-45.
- 2 Relatórios Gerenciais CSN, 2003 a 2007
- 3 LINHARES, N.J.; CAMPBELL, C.H.G.; BOHRER, R. B.; MELLO, A. S. Redução do Consumo de Zinco nas Linhas de Zincagem da CSN UPV - SETEC 2006. (Seminário Interno da CSN).
- 4 Sang Joon Kim; Joon Won Cho; Ki Jang Ahn; Myung Kyoong Chung. Numeric analysis of edge over-coating in continuous hot-dip galvanizing. **ISIJ International**, v. 43, n.10, p. 1495-501, 2003.
- 5 CORSON, R.C. Model-based coating weight control systems for galvanizing. Columbus, Ohio: Corson Manufacturing Consulting, 2002.

Recebido em: 07/12/07

Aceito em: 31/07/08

Proveniente de: CONGRESSO ANUAL DA ABM, 62., 2007, Vitória, ES. São Paulo: ABM, 2007.

Através de um modelo de gestão é possível prever a quantidade de zinco a ser depositada na tira, de forma a atender as normas contratadas pelos clientes, tendo como dados de entrada apenas o peso da norma do revestimento, a espessura e o peso da bobina zincada.

Além dos ganhos tangíveis, obtivemos outros ganhos importantes, tais como:

- Menor exposição dos operadores ao banho para adição de barras de zinco (segurança);
- Menor utilização de recursos naturais (meio-ambiente)
- Melhor satisfação do cliente por receber materiais com revestimento mais próximos da especificação e, portanto, com menor espessura final (maior área por bobina); e
- As equipes de operação demonstraram estar mais motivadas, principalmente com os bons resultados atingidos (o moral das equipes de produção fica elevado).