

REDUÇÃO DO CONSUMO DE ZINCO NAS LINHAS DE ZINCAGEM DA CSN UPV ¹

Nilton José Linhares ²
Carlos H. G. Campbell ³
Aristóteles dos Santos Mello ⁴
Roberto Bergallo Bohrer ⁵

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; Overcoating; Navalhas de ar.

REDUCTION OF ZINC CONSUPTION IN CSN UPV 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 costumers. , 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 knives and strip, knife height and coating mass measured. Training and team conscientization has been applied as well

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

¹ *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista, MSc. Coordenador de Projetos Especiais – CSN*

³ *Engenheiro Eletrônico – Engenheiro Sênior – CSN*

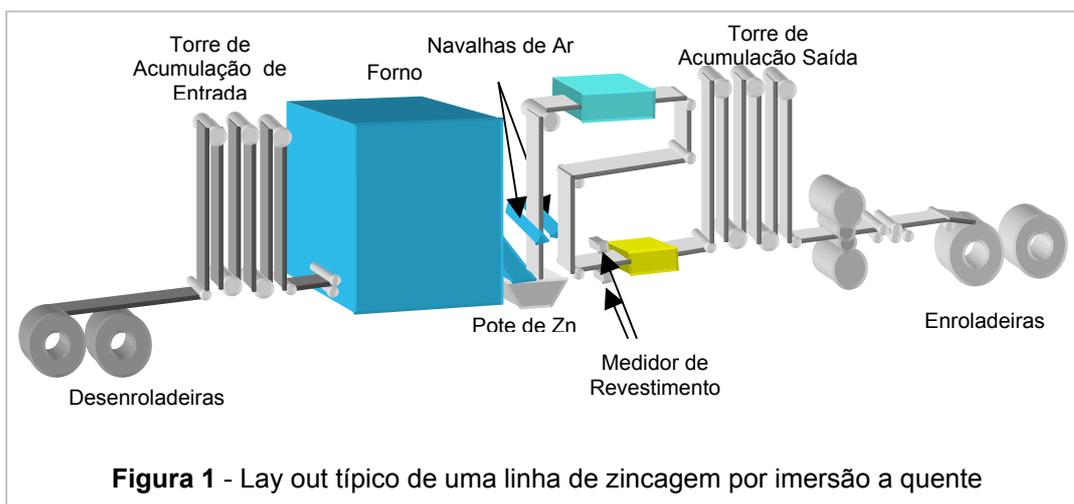
⁴ *Engenheiro Eletrônico. – Engenheiro Especialista– CSN*

⁵ *Engenheiro Mecânico. – Gerente de Produção – CSN*

1 INTRODUÇÃO

O processo de zincagem por imersão a quente é uma etapa importante na siderurgia de produtos planos, principalmente, quando são 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 a 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 lay out 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.

Os processos por imersão são capazes de produzir basicamente quatro tipos de produtos zincados, de acordo com a composição do banho e dos equipamentos capazes de alterar a estrutura de solidificação da camada de revestimento:

- Cristal Normal: A camada de revestimento é solidificada naturalmente, ficando os cristais de zinco à mostra sobre a superfície da tira. Esses produtos normalmente são destinados a construção civil e indústria de telhas e tapamentos em geral.
- Cristal Minimizado: A taxa de solidificação da camada é acelerada, de forma a produzir cristais minúsculos de zinco, invisíveis a olho nú. Este efeito também pode ser obtido alterando-se a composição do banho. São produtos destinados a indústria automotiva e, principalmente, a linha branca.
- Galvanealed: Após a solidificação da camada de revestimento é promovida a difusão do ferro em direção ao revestimento e do zinco em

direção ao aço base, de forma a se obter a transformação da camada de revestimento em uma liga Fe-Zn. É ideal para aplicação na indústria automotiva, devido a boa soldabilidade, sem perder a resistência a corrosão.

- Galvalume: O banho é constituído de uma liga com alto teor de alumínio. São produtos destinados a construção civil.

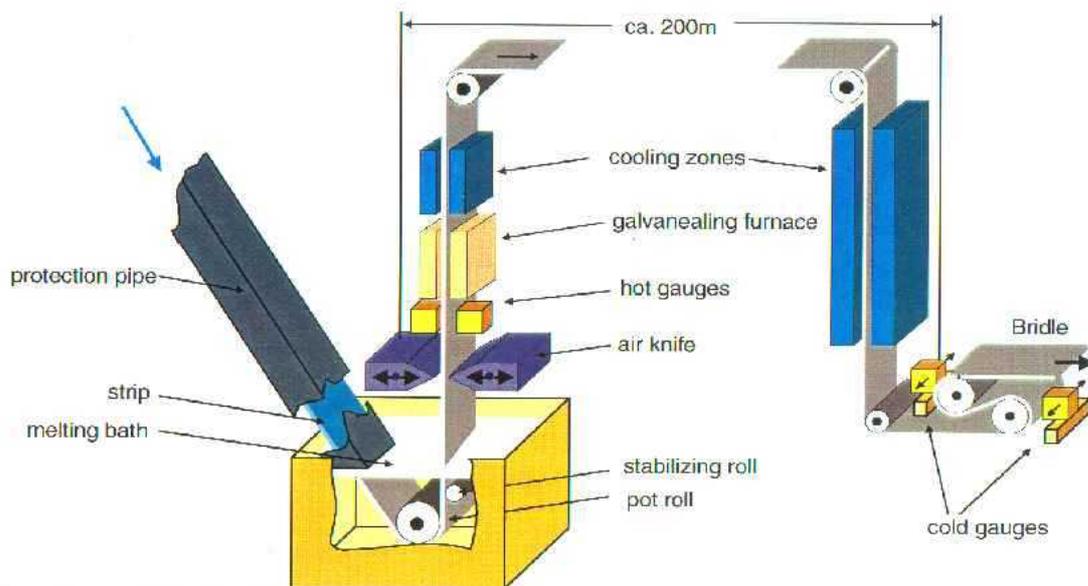


Figura 2 - Desenho esquemático dos componentes do pote e controle de revestimento

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 ao valor de US\$ 4.000/t em 2006, 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*.

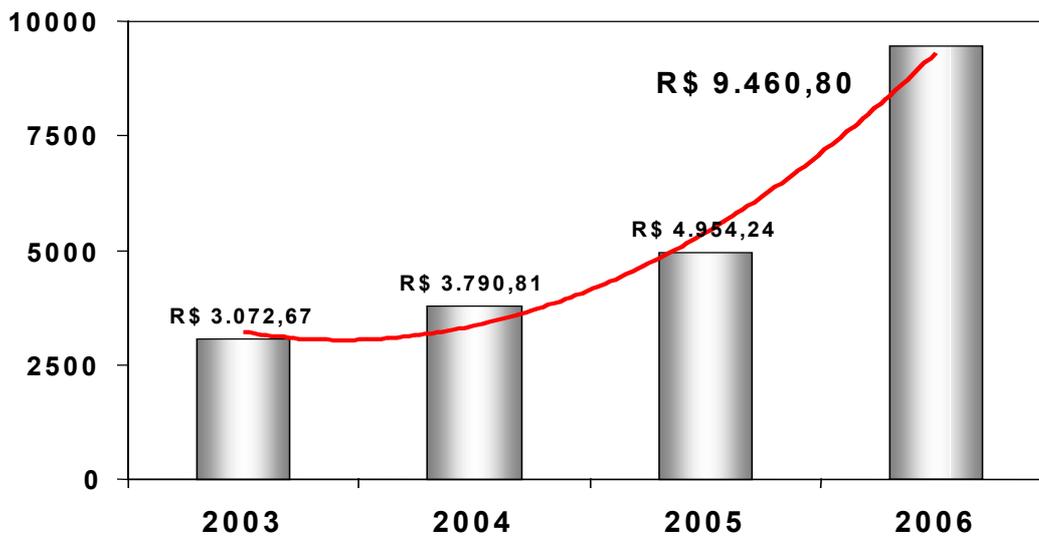


Figura 3 – Evolução do preço do zinco ao longo dos anos

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/m². 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 4 – Representação esquemática do *overcoating* na tira zincada

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

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

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:



Figura 5 – Benefícios obtidos com a redução do overcoating

4 HISTÓRICO

Os gráficos das Figuras 6 a 8 mostram o levantamento histórico nos mostra a evolução do overcoating praticado nas três Linhas de Zincagem da CSN UPV, de 2003 a 2005:

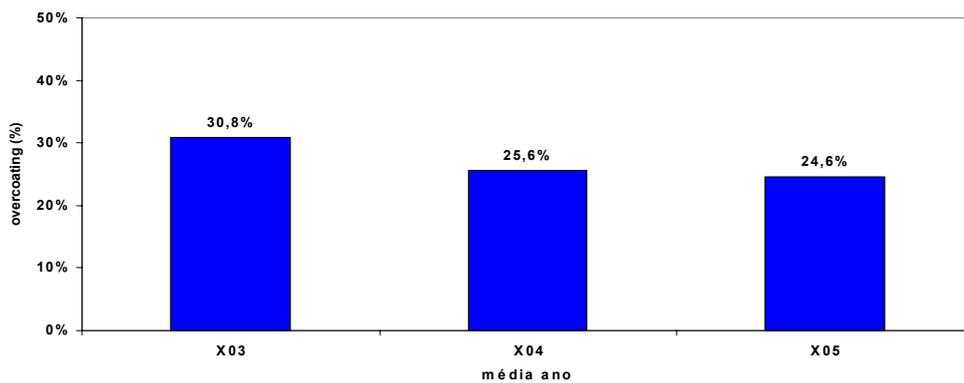


Figura 6 – Evolução do overcoating praticado na Linha de Zincagem Nº 1 da CSN UPV

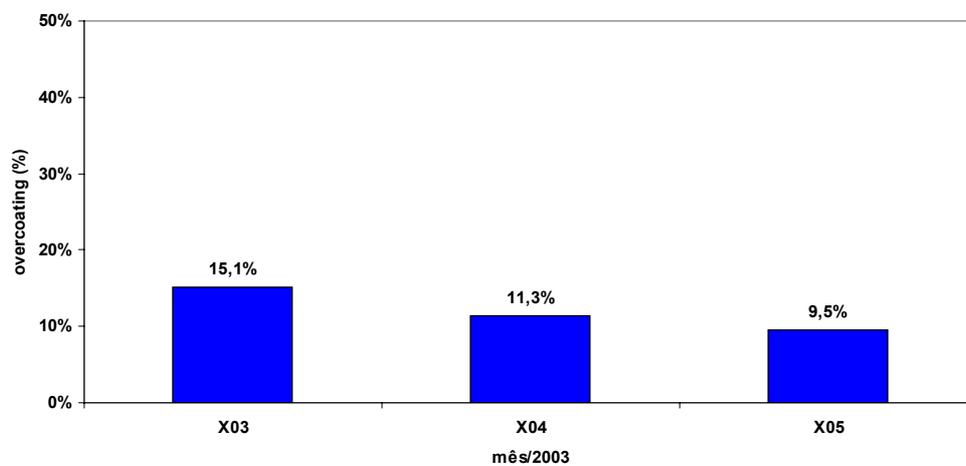


Figura 7 – Evolução do overcoating praticado na Linha de Zincagem Nº 2 da CSN UPV

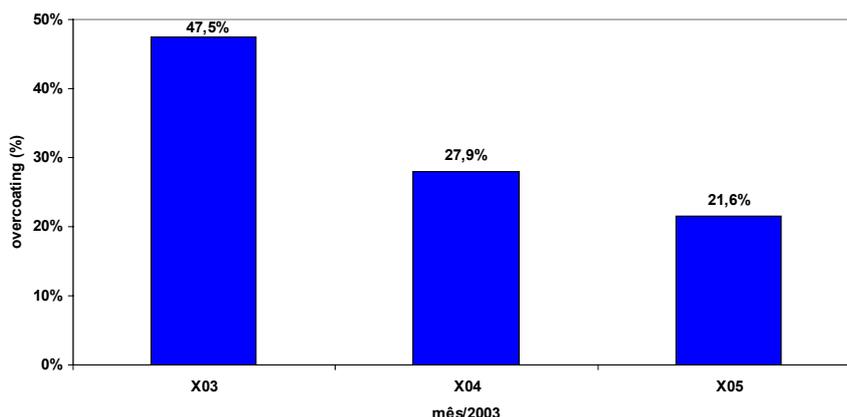


Figura 8 – Evolução do *overcoating* praticado na Linha de Zincagem Nº 3 da CSN UPV

4.1 Pontos Observados no Período de 2003 a 2004

- Faltava um modelo de gestão para o *Overcoating*;
- A redução no consumo de zinco não era considerada prioridade: Consumia-se mais zinco em função de atendimento ao programa de produção 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.

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 as seguintes metas:

LZC#1: 15%

LZC#2: 5%

LZC#3: 15%

O que nos permite calcular o ganho financeiro anual da seguinte forma, conforme mostra a Tabela 1:

Tabela 1 – Ganho financeiro anual previsto com a redução do *overcoating*

Ano	LZC	Zn Norma	Overcoat	Zn Excesso	Meta	Novo Excesso	Ganho (Dif.)	Preço do Zn	Ganho anual
2005	1	7.389 t	24,6%	1.818 t	15,0%	1.108 t	709 t	4000	US\$ 2.837.465,24
2005	3	7.137 t	21,6%	1.542 t	15,0%	1.071 t	471 t	4000	US\$ 1.884.279,65

Ganho Total Anual = US\$ 4.721.745 /ano

5 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do trabalho foi baseado nos pontos observados anteriormente, traduzindo-os como problemas a serem eliminados.

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:

$$P_{\text{aço}} + P_{\text{Zn total}} = P_{\text{BZ}} + P_{\text{dross}}$$

e das equações:

$$P_{\text{aço}} = A_{\text{aço}} \times \text{esp} \times \rho_{\text{aço}}$$

e

$$P_{\text{Zn}} = A_{\text{aço}} \times P_{\text{rev}}$$

Chegamos à expressão:

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

Logo, podemos dizer que:

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

Ou ainda que:

$$P_{\text{Zn(norma)}} = \left(\frac{P_{\text{BZ}}}{(\text{esp} \times \rho_{\text{aço}} + P_{\text{rev}})} \times P_{\text{rev}} \right) + P_{\text{dross}}$$

Logo:

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

Onde:

P_{rev} - Peso do revestimento definido pela norma (g/m²)

P_{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

ρ_{aço} - Densidade do aço

- esp - Espessura da bobina a frio
- larg - Largura da bobina a frio
- comp - Comprimento da bobina a frio

A expressão acima é a básica para o modelo de gestão do *overcoating*. Se analisarmos atentamente, pode ser observado que existe um erro: a expressão acima considera que a bobina esteja carregando apenas o peso de revestimento da norma, o que não é verdade. Entretanto, existem correlações entre a diferença do *overcoating* calculado para o real e o peso de revestimento e a espessura da tira, conforme mostra o gráfico da Figura 9. Tais correlações permitem introduzir parâmetros no modelo que reduzem o erro a níveis ainda mais baixos, da ordem de 0,1%.

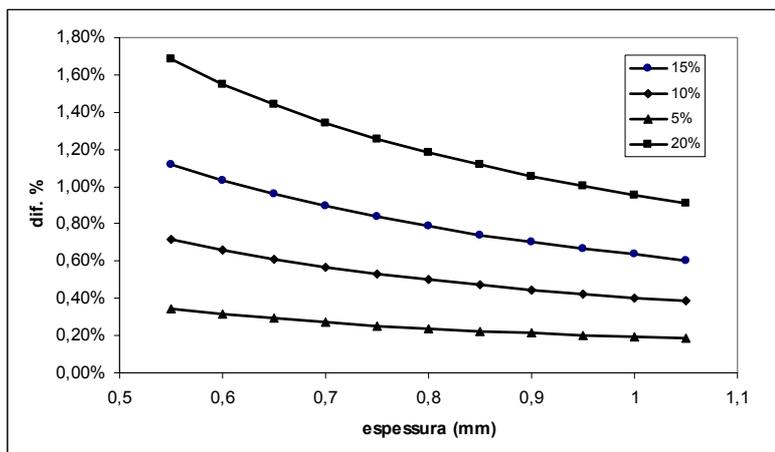


Figura 9: Variação do erro em função da espessura para vários níveis de overcoating calculado

Portanto, é possível acompanharmos graficamente o *overcoating* tendo apenas os dados de produção normais da linha, conforme mostram a Tabela 2 e a Figura 10, usando as expressões abaixo:

$$\text{Peso Revest. Real} = \text{Peso Zn adicionado ao banho} - \text{Dross} - \text{Outras perdas}^*$$

$$\text{Overcoat (\%)} = \frac{\text{Peso Zn adicionado ao banho} - \text{Dross} - \text{Peso Zn Norma}}{\text{Peso Zn Norma}} \times 100$$

- Paradas de Linha (sucata)
- Trocas de rolos do pote

Consumo de Zinco Diário											Real sem Dross/Norma	Turno	1	2	3	Total	
Num.	Item	Bob	Peso (kg)	Espessura (mm)	Revestimento	Turno	Equipe	Esp. Ent.(mm)	Norma (g/m ²)	PZn(norma) (kg)		Unid	Equipe	D	A	C	
1	xxxxxx	xxxx	8675	0,43	Z275	1	D	0,39	275	711,05	Zn Real	kg		23111	20131	2532	45774
2	xxxxxx	xxxx	9000	1,43	Z276	2	D	0,39	275	737,69	Dross	kg		1525	1500	595	3620
3	xxxxxx	xxxx	9000	2,43	Z277	3	D	0,39	275	737,69	Total Norma	kg		19505	17178	1810	38493
4	xxxxxx	xxxx	8665	3,43	Z278	4	D	0,39	275	710,23	Diferença	kg		2127	1498	145	3770
5	xxxxxx	xxxx	8970	4,43	Z279	5	D	0,39	275	736,05	Overcoating	%		10,9%	8,7%	8,0%	9,8%
6	xxxxxx	xxxx	8980	5,43	Z280	6	D	0,39	275	714,33	Percentual de Zn na Dross 97%						
7	xxxxxx	xxxx	8715	6,43	Z281	7	D	0,39	275	737,69							
8	xxxxxx	xxxx	9000	7,43	Z282	8	D	0,39	275	734,00							
9	xxxxxx	xxxx	8285	8,43	Z283	9	D	0,39	275	715,14							
10	xxxxxx	xxxx	8725	9,43	Z284	10	D	0,39	275	736,46							

Tabela 2: Acompanhamento do Overcoating turno a turno

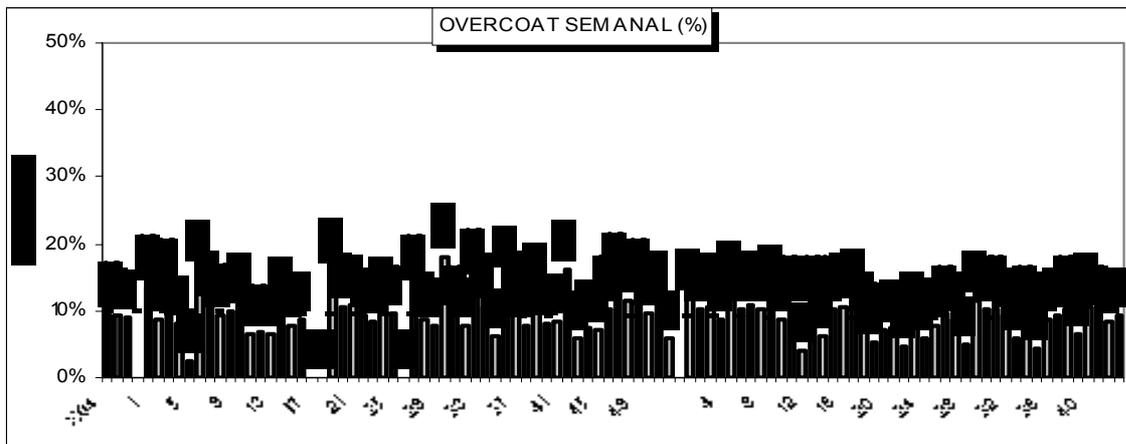


Figura 10: Acompanhamento gráfico do Overcoating

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 dos vários parâmetros do processo, tais como velocidade da linha, pressão de ar nas navalhas, distância e altura das navalhas, etc. A Figura 11 mostra uma tela do sistema onde a pressão de ar é calculada em função desses parâmetros.

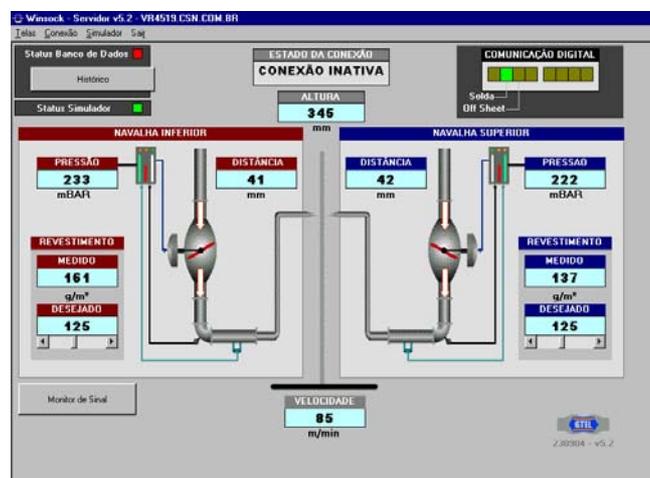


Figura 11: Tela do sistema desenvolvido para controle automático do revestimento

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. A Figura 12 mostra um sistema de medição de distância a laser, possibilitando a aplicação do sistema acima.



Figura 12: Sistema de medição de distância a laser para as navalhas de

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 13.

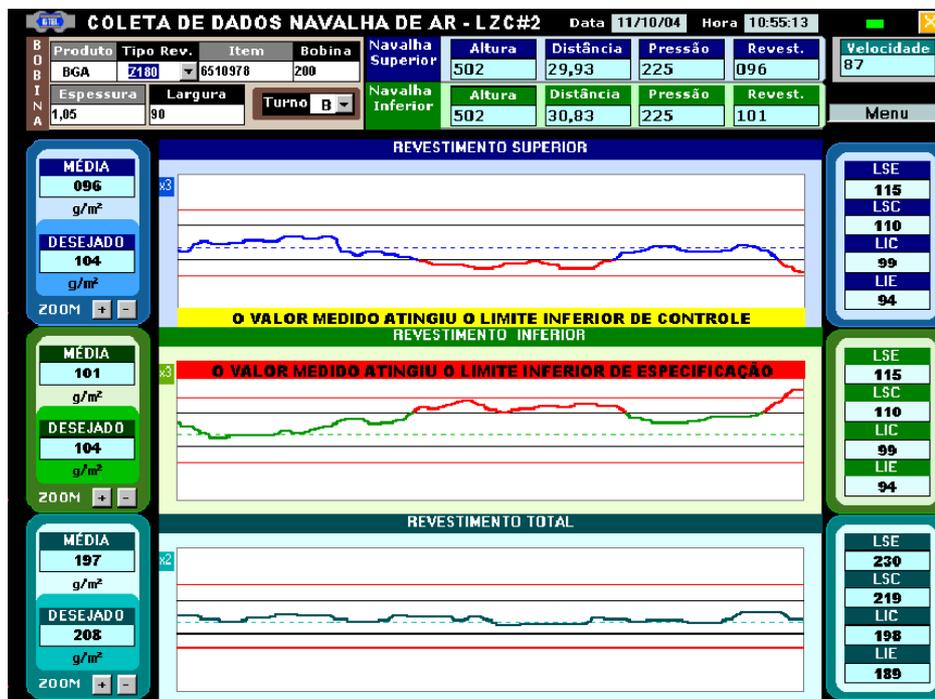


Figura 13: resultado do revestimento on line através da carta de controle

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
- 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 em quadros de gestão a vista nas áreas de produção, criando, dessa forma, uma competição saudável entre as equipes, o que contribuiu bastante para a redução das perdas. A Figura 14 é um exemplo dos quadros de gestão a vista, onde os resultados podem ser comparados entre as equipes de operação.

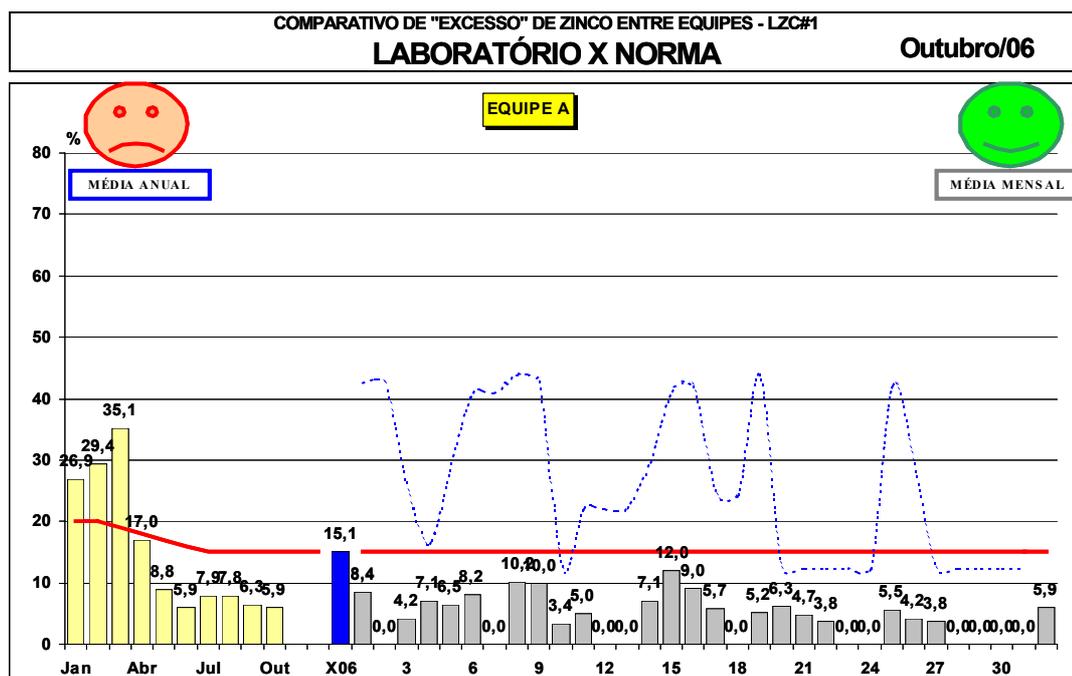


Figura 14: Quadro de gestão a vista mostrando a diferença entre os resultados de laboratório (gravimétrico) e norma

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. Como a linha de zincagem 2 foi a que possuía melhores condições de controle de parâmetros de processo, esta foi escolhida para ser a linha piloto para liberação dos resultados diretamente do medidor de revestimento. Com isso, os revestimentos

praticados ficam mais próximos da norma, uma vez que a rotina de ensaios em laboratório é eliminada. A próxima etapa visa contemplar as outras duas linhas de zincagem.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Figura 15 e 16 mostram os resultados de overcoating das linhas de zincagem 1 e 3, com as implantações das melhorias no processo.

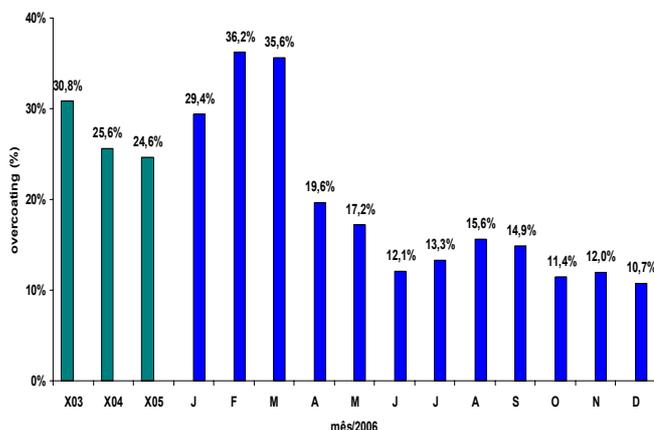


Figura 15: Resultado do overcoating da linha de zincagem 1 da CSN.

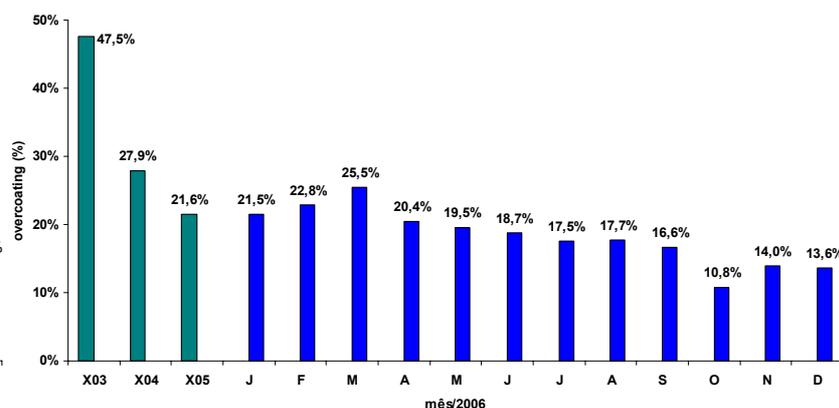


Figura 16: Resultado do overcoating da linha de zincagem 3 da CSN

A Figura 17 mostra os resultados da Linha de Zincagem 2. Podemos observar uma sensível redução no overcoating a partir de novembro de 2006. Essa redução se deve ao fato de que a partir desse mês as bobinas passaram a ser liberadas diretamente da linha, através do medidor de revestimento, após a utilização de amostras certificadas para calibração e aferição do mesmo.

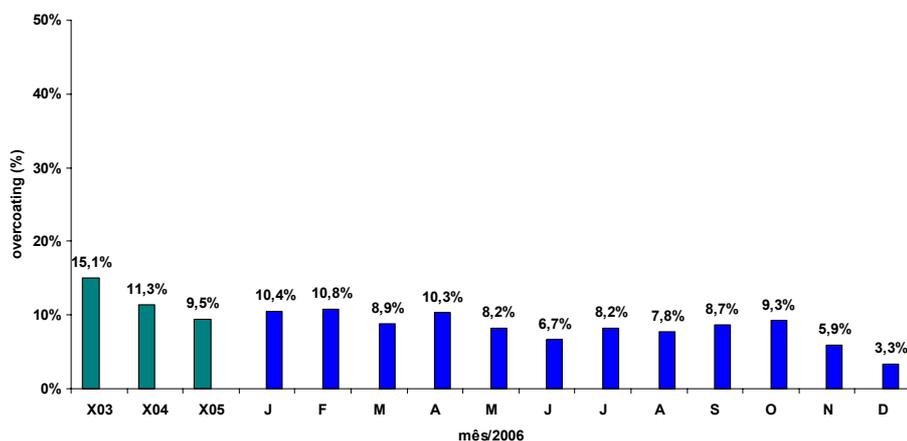


Figura 17: Resultado do overcoating da linha de zincagem 2 da CSN

6.1 Ganhos Obtidos

A Tabela 3 mostra os ganhos obtidos em 2006, em relação a 2005, baseados nos resultados e no preço do zinco de US\$ 4,000.00/t. A Tabela 3 mostra também uma projeção de ganho anual, mantendo-se os resultados obtidos.

Tabela 3 – Projeção de ganho anual com os resultados de redução do *overcoating*

Ganhos obtidos em relação à 2005

Período 2006	Zn Norma (t)	Zn Excesso 24,6% (t)	Overcoat 2006	Zn Excesso 2006 (t)	Diferença (t)
Jun	1002	246	12,1%	121	125
Jul	900	221	13,3%	120	101
Ago	1146	282	15,6%	179	103
Set	1122	276	14,9%	167	109
Out	1087	267	11,4%	124	143

Total = 582 t

US\$ 2.327.362,91

Período 2006	Zn Norma (t)	Zn Excesso 21,6% (t)	Overcoat 2006	Zn Excesso 2006 (t)	Diferença (t)
Jun	574	124	18,7%	107	17
Jul	848	183	17,5%	149	34
Ago	854	184	17,7%	151	33
Set	896	194	16,6%	149	45
Out	982	212	10,8%	106	106

Total = 235 t

US\$ 939.411,14

Ganho no período em relação a 2005 = US\$ 3.266.774,05

Projeção = US\$ 7.840.258 /ano

7 CONCLUSÕES

- A meta de overcoating máximo de 15% no segundo semestre de 2006 foi atingida, conseguindo-se valores ainda melhores para as Linhas de Zincagem 1 e 3.
- Com esses resultados, obteve-se um ganho, em relação à 2005 de mais de US\$ 3 milhões em 2006, no período de junho a dezembro.
- Projeta-se um ganho de mais de US\$ 7 milhões por anos, em relação à 2005.
- 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;
 - As equipes de operação demonstraram estar mais motivadas, principalmente com os bons resultados atingidos - Moral