

# UTILIZAÇÃO DE SULFATO DE SÓDIO COMO ELETRÓLITO SUPORTE NO PROCESSO DE ELETROGALVANIZAÇÃO DA USIMINAS <sup>1</sup>

Carlaine Fonseca de Souza <sup>2</sup>  
Gileno Antônio de Oliveira <sup>3</sup>  
Luiz Carlos de Paiva <sup>4</sup>

## Resumo

O processo de eletrogalvanização demanda um significativo consumo de energia elétrica. Este trabalho apresenta as etapas envolvidas na viabilização do emprego de sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) como aditivo no eletrólito e os benefícios obtidos por sua utilização, principalmente com relação a economia de energia elétrica utilizada na deposição do zinco metálico. O resultado obtido superou a proposição de reduzir em 10% o consumo de energia elétrica. Além disso, foram observadas melhorias nas características do revestimento. Nenhum impacto negativo no processo e no produto foi observado.

**Palavras-chave:** Eletrogalvanização; Sulfato de sódio; Energia elétrica.

## SODIUM SULPHATE USED AS SUPPORT ELECTROLYTE IN THE PROCESS OF THE USIMINAS ELECTROGALVANIZING

## Abstract

The electrogalvanizing process demand a significant electric energy consumption. This work present the stages to make viable the use of sodium sulphate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) as additive in the electrolyte at electrogalvanizing process and its benefits, mainly electric energy economy used at the metallic zinc deposition. The results overcame the proposition of 10% reduction af electric energy consumption. Beyond, was observed improvements at covering characteristic. Was not observed any negative effect at process and product.

**Key words:** Electrogalvanizing; Sodium sulphate; Electric energy.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 43º Seminário de Laminação - Processos e Produtos Laminados e Revestidos - Curitiba - PR - 17 a 20 de Outubro de 2006.

<sup>2</sup> Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Gerência de Operação de Encruamento e Galvanização Eletrolítica da Usiminas, Ipatinga, MG.

<sup>3</sup> Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, M.Sc., Gerência Técnica da Laminação a Frio da Usiminas, Ipatinga, MG.

<sup>4</sup> Técnico em Metalurgia, Gerência Técnica da Laminação a Frio da Usiminas, Ipatinga, MG.

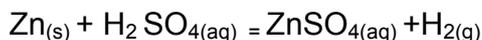
## INTRODUÇÃO

A fabricação de aços revestidos foi iniciada na Usiminas em 1992, com a aquisição da Linha de Galvanização Eletrolítica (EGL), tecnologia Gravitel, fornecida pela Andritz. A empresa se capacitou a fornecer este tipo de aço regularmente para a indústria automobilística, até então, sem acesso no mercado interno a produtos galvanizados com a qualidade requerida para painéis expostos.

Uma das características deste processo é o elevado consumo de energia elétrica, que é responsável pela eletrodeposição do zinco na superfície do aço.

Visando melhor eficiência energética, as equipes de operação e apoio técnico da EGL, desenvolveram um trabalho visando o aumento da condutividade do eletrólito, através da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , com conseqüente redução no consumo de energia elétrica.<sup>(1)</sup>

O eletrólito utilizado na EGL, à base de sulfato de zinco ( $\text{ZnSO}_4$ ), é obtido em um reator específico, através da dissolução de zinco granulado em solução de ácido sulfúrico, conforme a reação abaixo:



A composição básica deste eletrólito é:

$$\begin{aligned} [\text{Zn}^{2+}] &= 90 \text{ a } 100 \text{ g/L} \\ [\text{H}_2\text{SO}_4] &= 2 \text{ a } 5 \text{ g/L} \\ [\text{Fe}^{2+}] + [\text{Fe}^{3+}] &< 2,0 \text{ g/L} \end{aligned}$$

A temperatura do eletrólito usado na seção de revestimento é de  $50^\circ\text{C}$ , e o pH varia entre 1,2 e 2,5. As principais variáveis que afetam o processo de eletro galvanização são:

- concentrações de zinco e ácido sulfúrico,
- temperatura e condutividade do eletrólito,
- densidade de corrente usada nos eletrodos,
- distância entre os anodos e a chapa,
- a presença de contaminantes no eletrólito,
- velocidade/fluxo do eletrólito,
- a presença de eletrólito suporte.

O  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é utilizado como eletrólito suporte, melhorando a condutividade e facilitando a deposição de zinco na chapa (menor resistência elétrica).

As interações íon-dipolo e íon-íon correspondem às condições de equilíbrio, em que o estado macroscópico do sistema não varia com o tempo. Não obstante, o equilíbrio nas soluções de eletrólitos é dinâmico e determinado com o tempo e volume. As partículas da solução (íons e dipolos do solvente) encontram-se em movimento caótico contínuo na forma de saltos periódicos de uma posição a outra, mas em média, estes deslocamentos das partículas se compensam e não levam à transição macroscópica orientada dos íons e dipolos em condições de equilíbrio. Os equilíbrios iônicos, que se observam na solução de eletrólitos, também têm caráter dinâmico, porém os fenômenos de desequilíbrio, ou transferência de massa, podem ocorrer pelos seguintes modos:<sup>(2,3)</sup>

- fazendo-se alterar as concentrações (ou seja, as atividades) do soluto numa parte da solução em relação à outra sem variar, ao mesmo tempo, a composição da solução;
- aplicando-se um campo elétrico que provocará um deslocamento orientado das partículas carregadas;
- fazendo-se variar a composição da solução em relação à concentração de equilíbrio das possíveis substâncias para o sistema dado;
- através do transporte hidrodinâmico ou ativo, ou seja, o movimento do líquido.

O eletrólito suporte altera a concentração do soluto e aumenta o número de saltos orientados das partículas no sentido do catodo (chapa a ser revestida). Isso ocorre devido a diferença de potencial químico e elétrico no sistema anodo/catodo, levando ao surgimento de um fluxo de difusão. O processo de desequilíbrio, que transcorre no sistema eletroquímico, é acompanhado pela alteração da concentração das substâncias reagentes nas proximidades da superfície dos eletrodos, em comparação com a concentração das mesmas substâncias no seio da solução, necessitando de renovação do íon a ser depositado, já que o eletrólito suporte é inerte (íons indiferentes ou não eletroativos) à co-deposição nas condições eletroquímicas do sistema.<sup>(3,4)</sup> Enfim, o eletrólito suporte tem como principal função a diminuição da resistência da célula eletroquímica, através do aumento do número de transportadores de carga da solução para a superfície do catodo.

## DESENVOLVIMENTO

Vários estudos foram conduzidos no centro de pesquisas da Usiminas antes de se iniciar os testes em escala industrial.

### Etapa 1

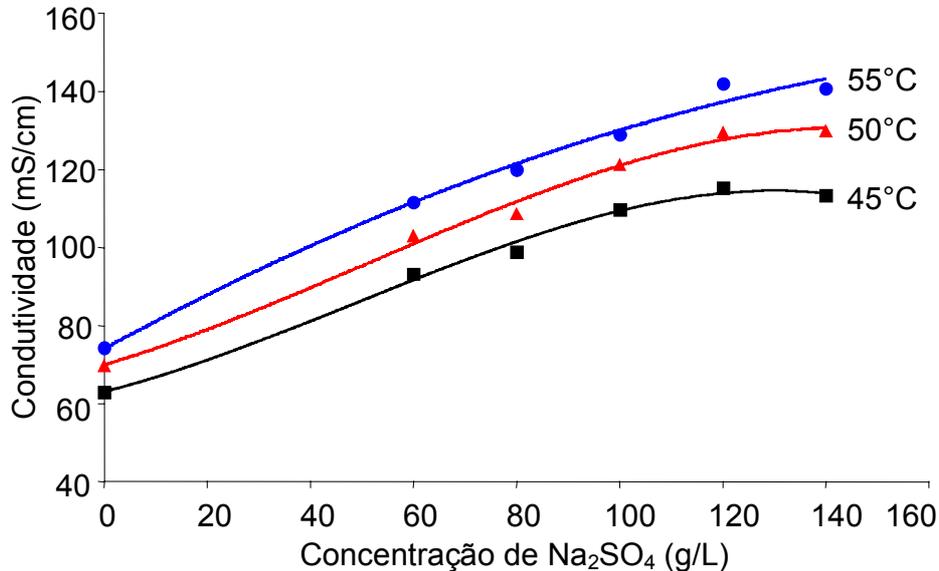
O objetivo desta etapa foi avaliar, em escala de laboratório, a influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  na condutividade do eletrólito e no consumo de energia elétrica, utilizando uma célula piloto de eletrogalvanização.

Os trabalhos experimentais foram conduzidos em duas fases. Na primeira, avaliou-se a influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  na condutividade elétrica do eletrólito industrial, mantendo-se constantes os valores de pH (1,2 a 2,5) e da concentração de zinco na solução (90 g/L).

Na fase seguinte, utilizando a célula piloto de eletrogalvanização, procurou-se quantificar a redução do consumo de energia elétrica advinda do uso de eletrólitos com diferentes concentrações de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (60, 80, 100, 120 e 140 g/L). Os resultados de consumo de energia, calculados pelo produto dos parâmetros corrente e tensão, foram obtidos pela média de seis ensaios de eletrogalvanização, realizados com uma densidade de corrente constante de  $100 \text{ A/dm}^2$  por 18 s, visando uma camada de revestimento de  $60 \text{ g/m}^2$ .

A Figura 1 mostra a influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sobre a condutividade elétrica do eletrólito, dentro da faixa de temperatura praticada industrialmente na EGL ( $45^\circ\text{C}$  a  $55^\circ\text{C}$ ). Nota-se que a condutividade aumenta, quase linearmente, até concentrações de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  próximas de 120 g/L, passando a variar menos intensamente a partir dessa

concentração. Do ponto de vista de consumo de energia, a determinação desse ponto de saturação indica a concentração ideal de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  no eletrólito. Nota-se também, que a condutividade aumenta com a elevação da temperatura do eletrólito. No entanto, existem limitações operacionais na linha industrial que impedem um aumento da temperatura acima de  $55^\circ\text{C}$ .



**Figura 1.** Influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  na condutividade elétrica do eletrólito da EGL.

Verifica-se, na Tabela 1, a influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  no consumo de energia elétrica, durante o processo de galvanização eletrolítica, em célula piloto, a uma temperatura constante de  $55^\circ\text{C}$ . Nota-se que pequenas concentrações de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , próximas de 60 g/L, já são suficientes para promover uma significativa redução no consumo de energia elétrica (17%). Elevando a concentração de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  entre 100 e 140 g/L, esse potencial de ganho de energia é maximizado para valores próximos de 22%.

**Tabela 1.** Influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ao eletrólito da EGL no consumo de energia elétrica.

Concentração $\text{Na}_2\text{SO}_4$ (g/L)	Corrente (A)	Tensão (V)	Potência (W)	Energia (Wh)	Redução no consumo de energia (%)
0	171	11,4	1946	9,7	0
60	171	9,5	1623	8,1	17
80	171	9,4	1602	8,0	18
100	172	8,9	1534	7,7	21
120	172	9,0	1548	7,7	20
140	173	8,8	1514	7,6	22

## Etapa 2

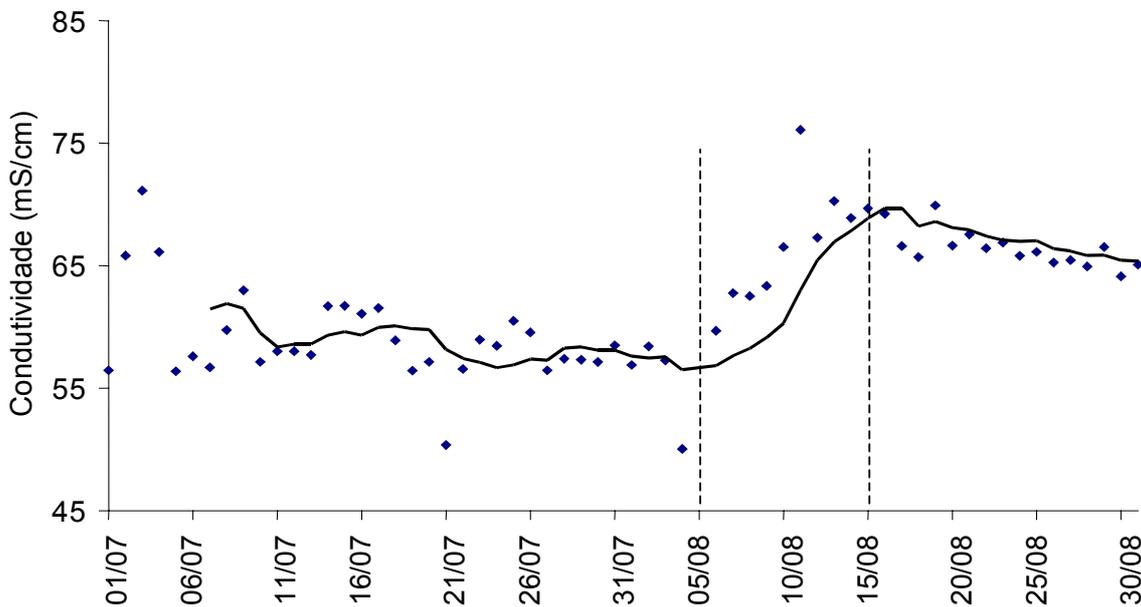
Nesta etapa foi avaliada a influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ao eletrólito na microestrutura, composição química, textura superficial e resistência contra a oxidação do revestimento eletro galvanizado.

Todos os testes realizados indicaram a não influência da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  no eletrólito nos parâmetros avaliados.

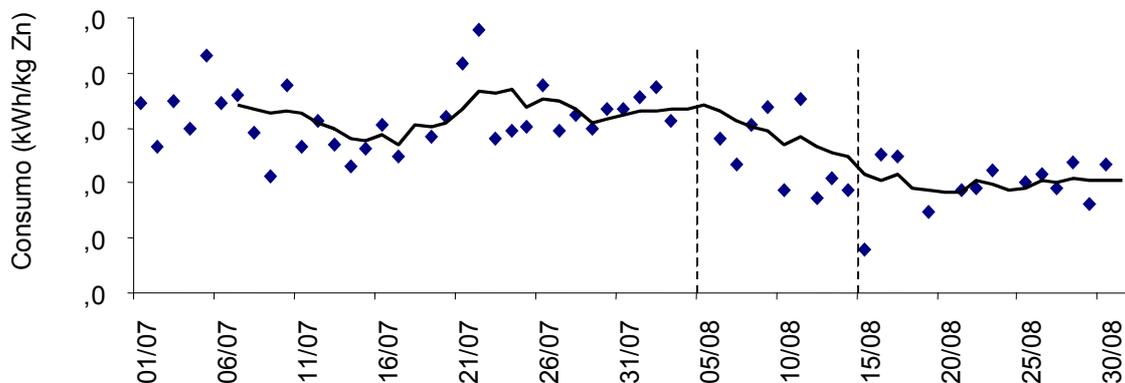
### Etapa 3

Com base nos testes em escala piloto que evidenciaram ganhos promissores e baixo risco operacional envolvido, iniciou-se no dia 05/08/2004 a adição de 20 t de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  em  $300 \text{ m}^3$  de eletrólito no processo, visando a concentração de 67 g/L.

A adição durou 10 dias; neste período foram monitorados o consumo de energia elétrica e a concentração de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , calculada através de um modelo matemático. O efeito desta adição na condutividade e no consumo de energia pode ser observado nas Figuras 2 e 3, respectivamente.



**Figura 2.** Efeito da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  entre os dias 05 e 15 de agosto de 2004 na condutividade do eletrólito do processo .



**Figura 3.** Efeito da adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  entre os dias 05 e 15 de agosto de 2004 no consumo de energia elétrica da EGL.

Os resultados apresentados na Figura 3 são estimados, tendo em vista que a medição do consumo é feita através de uma chave que alimenta além da linha de galvanização, mais dois equipamentos independentes de baixo consumo, agregando assim um pequeno erro a esta medição. Isto não prejudicou a análise.

## RESULTADOS

O consumo de energia elétrica por tonelada de aço revestido não é um bom indicador devido às variações das especificações de revestimento produzido. O melhor indicador para evidenciar a efetividade a adição de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é o consumo de energia elétrica por tonelada de zinco eletrodepositado.

Conforme a Figura 4 observa-se a redução no consumo de energia elétrica obtida a partir de 2004, sendo que neste ano verificou-se uma redução de 4% em relação ao ano anterior. Destaca-se que a adição de sulfato de sódio foi iniciada em agosto de 2004 e a média apresentada é referente ao ano. Em 2005 a redução observada foi de 9% e em 2006 foi de 12%, considerando de janeiro a maio.

A melhoria nos resultados obtidos em 2006 em relação ao ano anterior se deu em função da regularização do fornecimento do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e da estabilização do seu uso no processo.

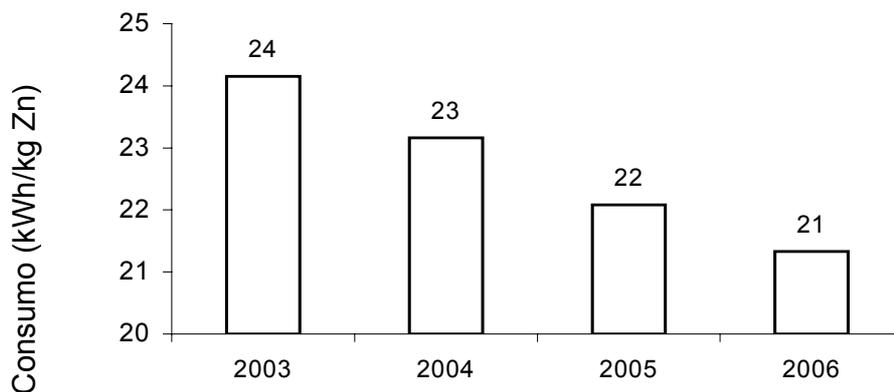


Figura 4. Consumo de energia elétrica no processo de eletro galvanização

## CONCLUSÃO

O projeto superou o objetivo de reduzir em 10% o consumo de energia elétrica do processo de galvanização, atingindo em 2006 uma redução de 12%, ou seja, em torno de 750 MWh/mês.

O custo com a aquisição do  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  é bastante inferior aos valores ganhos com a economia de energia elétrica e produtividade.

Não houve nenhum impacto negativo ao meio ambiente, em equipamentos, produto e processo.

## REFERÊNCIAS

- 1 GERDENITSCH, J.; KOSTERS, K.; MASCHEK, M.; WIESINGER, S. - 10 Years of Experience with the Gravitel Process at Voest-Alpine Stahl Linz, Galvatech 1995, p. 173-179.
- 2 BARD, A.J.; FAUKNER, L.R; Electrochemical Methods - Fundamentals and Applications, John Wiley & Sons, 1981.
- 3 DAMASKIN, B.; PETRI, O.; Fundamentos da Eletroquímica Teórica, Editora Mir, Moscou, 1978.
- 4 VETTER , K.; Electrochemical Kinetics, Academic Press, New York, 1967.