

## REDUÇÃO DO TEMPO DE RETORNO EM OPERAÇÃO APÓS UMA PARADA DE ENERGIA/VAPOR NO PROCESSO DE ELETRO-REFINO DE COBRE\*

Caio Vinicius Hereda Cirne<sup>1</sup>  
Roberto Fernando Muller Sobrinho<sup>2</sup>  
José Edson Guimaraes Junior<sup>3</sup>  
Bruno de Paulo Silva<sup>4</sup>

### Resumo

A temperatura do eletrólito tem uma função importantíssima na qualidade da deposição de cobre no processo de eletrorefino, uma temperatura baixa provoca cristalização do CuSO<sub>4</sub> e de impurezas contidas, podendo contaminar o catodo. Em situação de falta de energia e por consequência vapor, o eletrólito tende a esfriar, sendo necessário aquece-lo novamente para retorno da produção. Este trabalho tem por objetivo desenvolver um método, desde a elevação de temperatura do eletrólito, horas antes da parada de energia/vapor a cobrir células eletrolíticas com lonas reduzindo a troca térmica com ar, que reduza a taxa de resfriamento do eletrólito e por consequência reduza o tempo dos retificadores desligado, aguardando o aquecimento do mesmo, durante uma parada de energia/vapor. Como resultado do trabalho foi possível observar uma redução do tempo de aquecimento de 12hrs e um  $\Delta T_{\text{eletrolito}}$  de 15°C (quando descoberta as células) para 1,5h e um  $\Delta T_{\text{eletrolito}}$  de 5°C (quando coberta as células), concluindo que o fato de cobrir as células eletrolíticas durante uma parada de energia/vapor pode reduzir em mais de 10hrs o tempo total de parada de produção de catodo.

**Palavras-chave:** Eletrorefino de cobre; Temperatura eletrólito

### REDUCTION OF RETURN TIME IN OPERATION AFTER ENERGY / STEAM STOPPING IN COPPER ELECTROREFINING PROCESS

#### Abstract

The electrolyte temperature has a very important function in the quality of the copper deposition in the electrorefining process, a low temperature causes crystallization of CuSO<sub>4</sub> and impurities contained, which can contaminate the cathode. In a situation of lack of energy and consequently steam, the electrolyte tends to cool, being necessary to heat it again to return of the production. The aim of this work is to develop a method that reduces the cooling rate of the electrolyte and consequently reduces the time of the rectifiers off, waiting for the heating of the electrolyte during a energy / steam stop. As a result of the work it was possible to observe a reduction of the heating time of 12hrs and a  $\Delta T$  of 15 ° C (when the cells were discovered) to 1.5h and a  $\Delta T$  of 5 ° C (when covered cells), concluding that the fact of covering the electrolytic cells during a energy / steam shutdown can reduce the total cathode stoppage time by more than 10hrs.

**Keywords:** Copper electrorefining; Electrolyte temperature.

- <sup>1</sup> *Engenheiro Químico, Eng. de processo da eletrolise, departamento de produção de catodo, Paranapanema S.A., Salvador, Bahia, Brasil.*
- <sup>2</sup> *Engenheiro de produção, Chefe de departamento de produção de catodo, departamento de produção de catodo, Paranapanema S.A., Alagoinhas, Bahia, Brasil*
- <sup>3</sup> *Engenheiro Elétrico, Mestre, Gerente de Engenharia de Fábrica, Engenharia de Fábrica, Paranapanema S.A., Salvador, Bahia, Brasil.*
- <sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Gerente de produção de produtos acabados, produtos acabados, Paranapanema S.A., Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

O cobre eletrolítico, na forma de cátodo, é obtido através do processo de eletrorefino ou refino eletrolítico que promove a purificação do cobre metálico alcançando este a pureza de 99,99%. O processo é baseado na dissolução anódica e deposição catódica do cobre aplicando uma corrente elétrica contínua segundo a lei de Faraday.

Para fechar este circuito eletrolítico, o eletrólito é utilizado como meio onde ocorre a dissolução anódica e a deposição catódica. As características deste eletrólito, tais como concentração de impurezas, concentração de ácido e íons, temperatura são críticos no desempenho do processo eletrolítico.

A temperatura do eletrólito tem uma função importantíssima na qualidade da deposição de cobre no catodo. Temperatura alta aumenta a condutividade do eletrólito, (menor consumo de energia) e aumenta a solubilidade do  $\text{CuSO}_4$  permitindo que o cobre se deposite no cátodo; entretanto, tem seu limite condicionado às perdas de água por evaporação. Já uma temperatura baixa provoca cristalização do  $\text{CuSO}_4$  e de impurezas contidas, podendo fazer com que ocorra uma contaminação do catodo, impossibilitando a produção de catodo com temperaturas abaixo de  $62^\circ\text{C}$ .

## 2 DESENVOLVIMENTO

Na parada de energia, devido à manutenção das linhas de transmissão que ocorreu em 2016 tanto a energia quanto o vapor ficaram indisponíveis para eletrólise localizada em Dias D'Avila - Ba. Isso fez com que tivéssemos que desligar os retificadores e retirar de operação os trocadores de calor que garantem o controle de temperatura do eletrólito, fazendo com que o mesmo esfriasse. Com objetivo de minimizar o tempo para retornar os retificadores após o reestabelecimento de energia, visto que não é possível liga-los com o eletrólito abaixo de  $62^\circ\text{C}$ , elaborou-se um plano para diminuir a perda de calor do eletrólito durante a parada de energia e vapor.

### 2.1 Balanço térmico de energia

A energia consumida numa eletrolise é basicamente composta pelo calor latente utilizado para aquecimento do eletrólito, através de vapor e pela energia elétrica necessária para deposição do cobre. Os dados utilizados nas equações abaixo, são os valores médios da Eletrolise de cobre localizada em Dias D'Avila-Ba, portanto temos:

- Energia fornecida pelo vapor

$$C_1 = m \times \Delta h = 14 \times 510 = 7.140 \text{ Mcal/h} \quad (1)$$

Onde:  $m = 14\text{t/h}$  (consumo de vapor médio eletrolise)

$\Delta h = 510\text{Mcal/t}$  (calor condensação)

- Energia elétrica convertida em calor

$$C_2 = I \times V \times n \times k = 25,7 \times 0,35 \times 1.227 \times 0,86 = 9.492 \text{Mcal/h} \quad (2)$$

Onde: I = 25,7 KA (corrente média retificadores)

V=0,35 (tensão média células eletrolíticas)

N=1.227 (número de células)

K= 0,86Kcal/W.h (fator de conversão)

$$C = C_1 + C_2 = 16.632 \text{Mcal/h} \quad (3)$$

O calor necessário para evaporar água proveniente do eletrólito das células será:

$$C_3 = m \times \Delta h = 12,75 \times 622 = 7.931 \text{Mcal/h} \quad (4)$$

Onde: m= 12,75t/h (taxa média de água evaporada)

$\Delta h$ = 622Mcal/t (calor de evaporação)

A diferença,

$$\Delta c = c - c_3 = 16.632 - 7.931 = 8.701 \text{Mcal/h} \quad (5)$$

é transferida da área da eletrólise pelo ar e por convecção. Considerando o eletrólito como água temos:

$$\Delta T = \frac{\Delta c}{m \times k} = \frac{8.701.000}{7000 \times 1000} = 1,24 \text{ } ^\circ\text{C/h} \quad (6)$$

Onde: m = massa de eletrólito (kg)

K = calor específico da água (Kcal/Kg.°C)

Ou seja, em condições de falta de energia/vapor a taxa de resfriamento do eletrólito é de 1,24°C/h.

## 2.2 Observações de campo

Com o objetivo de minimizar a perda de calor devido a convecção e contato com o ar, todas as células da eletrólise foram cobertas com uma lona preta (Figura 1), minutos antes da parada de energia/vapor.

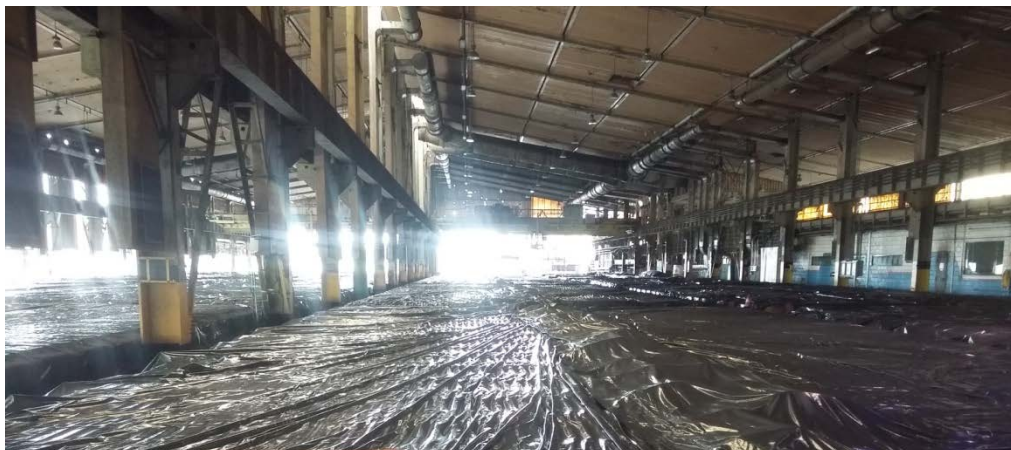


Figura 1. Células cobertas

### 2.3 Monitoramento temperatura eletrólito durante a parada

Com o objetivo de avaliar e analisar a temperatura do eletrólito nos 2 circuitos comerciais em operação existente na eletrolise: CCC I e CCC II (tabela 1), foi feita a medição de uma célula de cada grupo durante a parada de energia/vapor, sempre nas mesmas células.

Tabela 1. Lay-out eletrolise

Circuito	Quantidade de grupos	Quantidade de células eletrolíticas
CCC I	13	510
CCC II	12	479

A eletrolise é dividida em 2 circuitos comerciais independentes

Esta medição foi feita utilizando um termopar digital modelo fluke 17B<sup>+</sup>, 10cm abaixo da superfície do eletrólito.



Figura 2. Medição de temperatura

## 2.3 Perfil de temperatura

Com os dados coletados, foi plotado os gráfico 1 e gráfico 2 demonstrando o comportamento de temperatura de cada circuito.

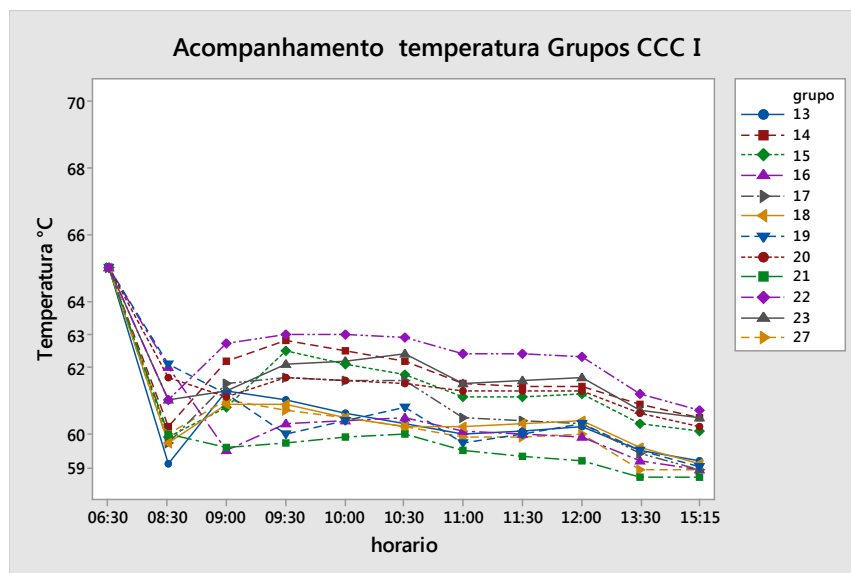


Gráfico 1. Perfil temperatura CCC I



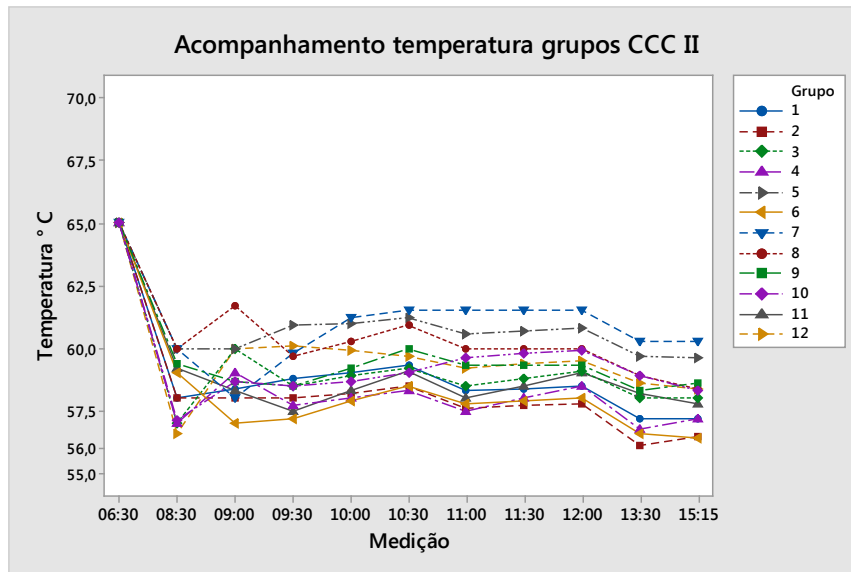


gráfico 2. Perfil temperatura CCC II

A temperatura em ambos circuitos reduziu para valores próximos a 59°C nas duas primeiras horas, porém ao decorrer do tempo se estabilizaram. Quando comparado a média de temperatura dos grupos em relação a taxa resfriamento teórico (equação 6) observa-se que a temperatura final é superior a teórica (gráfico 3)

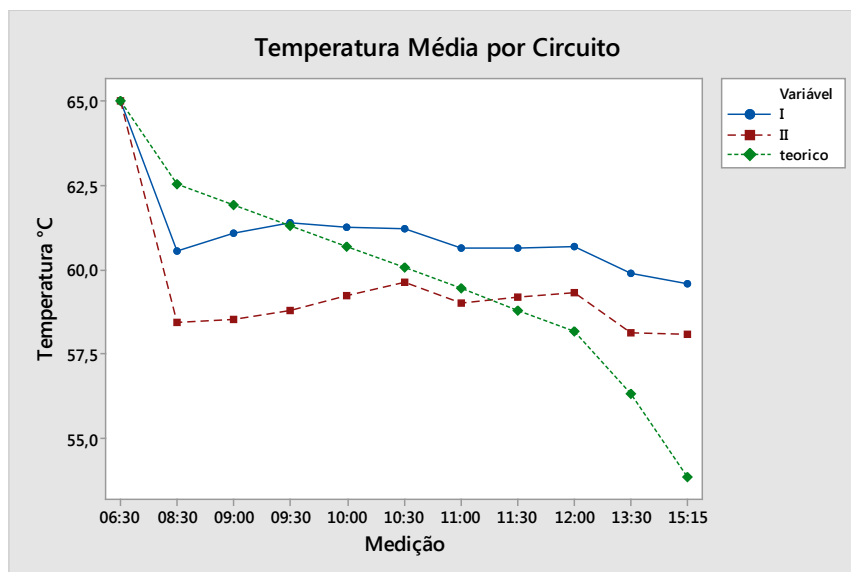
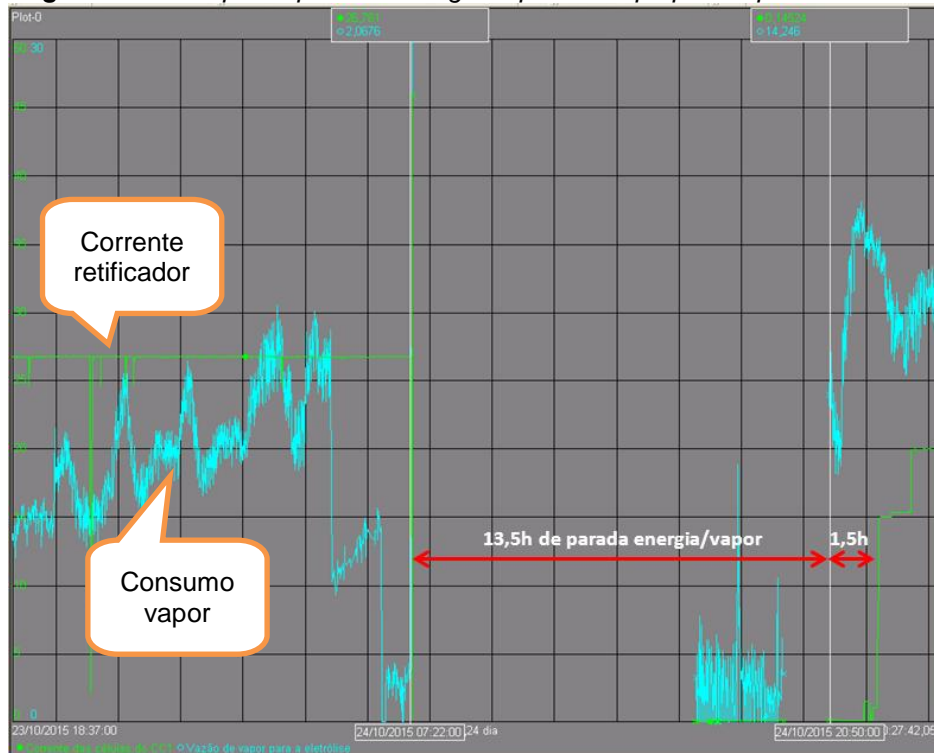


gráfico 3- Comparativo temperatura real x teórico

## 2.4 Tempo de retorno de operação após retorno de energia/vapor

Nesta parada de energia/vapor, onde as células foram cobertas, e o eletrólito atingiu a temperatura de 59 a 60°C, valor muito próximo da temperatura mínima para operação sem contaminar o catodo, voltamos com os retificadores 1,5 horas após o vapor está disponível, esse tempo foi o necessário para aquecer o eletrólito até os 62°C (gráfico 4)

**gráfico 4:** Tempo de para de energia/vapor X tempo para aquecimento



Já numa parada que ocorreu 30 dias antes, onde as células não foram cobertas, a temperatura do eletrólito atingiu 53°C, sendo necessário 12 horas de aquecimento do eletrólito para o mesmo atingir 62°C e podermos ligar os retificadores ( gráfico 5).



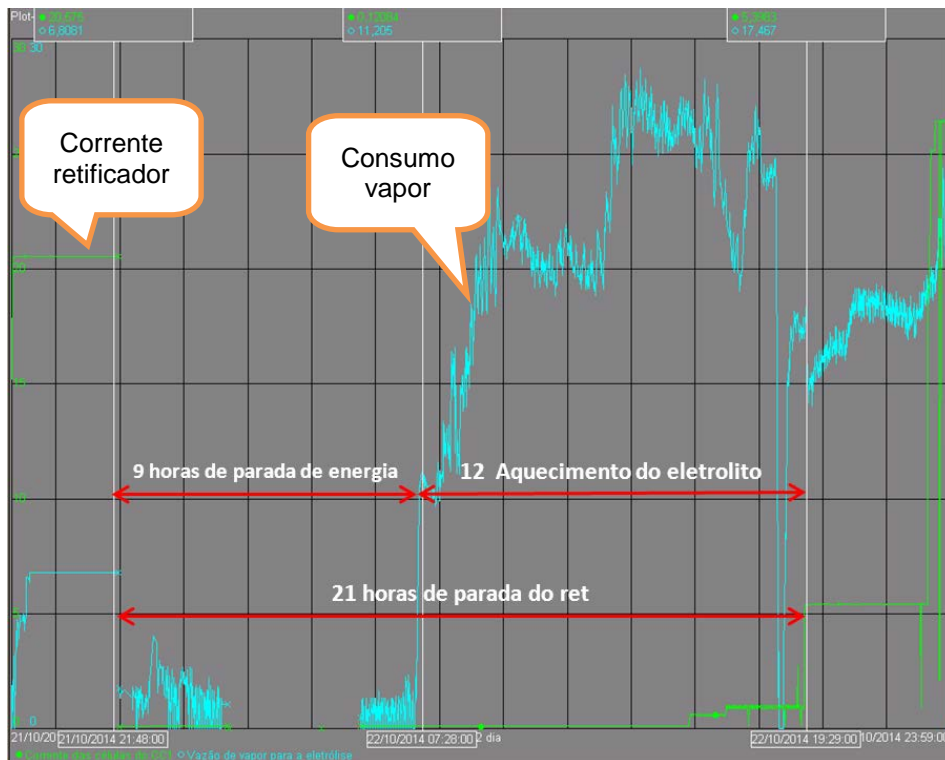


gráfico 5: Tempo de para de energia/vapor X tempo para aquecimento

### 3 CONCLUSÃO

Conclui-se a partir deste relatório que cobrir as células com lona plástica é fundamental para minimizar a perda de temperatura do eletrólito. Desta forma reduz o tempo para retorno de operação após o restabelecimento de energia/vapor.

Comparando uma parada onde as células foram cobertas com uma onde as células ficaram descobertas, verifica-se uma redução de aproximadamente 800% em relação ao tempo necessário para aquecimento do eletrólito e restabelecimento do processo, constatando a eficiência da redução da perda de calor entre o eletrólito e meio quando cobertas as células

### REFERÊNCIAS

- 1 BRAVO, J. L., SILVA, P. Estudos para atendimento das condições para operação do refino eletrolítico com as cubas cobertas por tecido sintético. 2001. 50 f.– Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001.
- 2 CEPED Manual de Operação – Eletrólise, Salvador. 1980;
- 3 DAVENPORT, W. G., KING, M., SCHLESINGER, M., BISWAS, A. K., Extractive Metallurgy of Copper, fourth edition. Pergamon. 2002
- 4 CONARD, B. R. "Cooper, Nickel and Cobalt Electrometallurgy", A short course on fundamentals and practice of aqueous electrometallurgy, Montreal 1990
- 5 CHAGAS, H.C. Introdução à Engenharia Eletroquímica. Processos Metalúrgicos, Édile Serviços Gráficos e Editora, São Paulo 1982