Copyright 2010, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Controle de Corrosão e Redução do Consumo de Água de Resfriamento

Osvaldo Benedito Dib Melo[1], Damián Serra[2], Domingos Savio[3]

Abstract

These cooling systems had a high consumption of water. The operation for the chemical treatment program did not meet existing requirements for corrosion and deposition, causing operational problems, frequent cleaning of the basin of the tower, and corrosion inside equipments critical to the production process. Besides generating a discharge with high levels of heavy metals (zinc content between 3 and 6 ppm). The values found in the corrosion rate ranged from 10 to 27mpy and deposition between 5 and 15 mpd, above the upper limit specified at 2.0 mpy and 0.5 mpd respectively. Results swings and manual control of discharges generated poor performance and high water consumption. The water tower dirtiness often required cleaning every six months, generating extra costs of resources and overtime. On the other side, the lack of an appropriate monitoring and operation of the program helped to maintain the high corrosion rates. A treatment program based on Continuum™ technology has been designed and implemented using AEC™ molecule as calcium carbonate scale inhibitor, orthophosphate as a corrosion inhibitor, zinc was eliminated to reduce the effluent impact on the environment and an azole was added to minimize copper alloys corrosion and the potential impact of galvanic corrosion.

Resumo

O sistema de resfriamento tinha um elevado consumo de água. A operação do programa de tratamento químico, não cumpria as exigências de corrosão e deposição, causando problemas operacionais, a limpeza freqüente da bacia da torre e corrosão no interior dos equipamentos críticos para o processo de produção da planta. Além de gerar uma descarga com altos níveis de metais pesados (teor de zinco entre 3 e 6 ppm). Valores encontrados de taxa de corrosão entre 10 e 27 mpy e de depósito de entre 5 e 15 mpd, acima do limite máximo fixado em 2,0 mpy e 0,5 mpd, respectivamente. Variação nos resultados e no controle manual das descargas gerou um desempenho ruim e um elevado consumo de água. O acúmulo de resíduos nas torres muitas vezes obrigou limpeza a cada seis meses, gerando custos de recursos adicionais e horas extras. Por outro lado, a falta de fiscalização e funcionamento do programa ajudaram a manter as altas taxas de corrosão. Um programa de tratamento químico com base na tecnologia Continuum ™ foi concebido e implementado com a molécula AEC™ como um inibidor para incrustações de carbonato de cálcio, ortofosfato como um inibidor de corrosão, o zinco foi removido para reduzir o impacto ambiental nos efluentes e um azol foi adicionado para minimizar a corrosão de ligas de cobre e reduzir o impacto potencial de corrosão galvânica.

Palavras-chave: corrosão, tratamento químico, Continuum™ AEC, consumo de água**.**

[1] Engenheiro Quimico – GE Water & Process Technologies
[2] Engenheiro Quimico – GE Water & Process Technologies
[3] Engenheiro Quimico – Vicunha Textil

Introdução

Em 2002, o sistema apresentava problemas de performance de corrosão via cupons de cobre e aço carbono aliado ao consumo de água elevado (220 m^3/dia – em média), conforme ilustração na Figura 1. Na região do Ceará temos escassez de água, custo elevado e qualidade inferior da água da concessionária, A Tabela 1 mostra a característica físico-química da água da concessionária.

Foi proposta a tecnologia Continuum™ para atingir uma redução do consumo progressiva ao longo de três anos. No primeiro ano de atuação, conforme ilustração nas Figuras A e B, julho/2002 a junho/2003, meta de redução de 20% (50 m^3/dia) com o uso das três (03) máquinas Unitop's, relacionadas nas Figura 2 , gráfico: make-up julho/2002 a junho/2003 e Figura 3- gráfico de meta proposta,

Após o conserto das Trane's , máquina com maior potencia de refrigeração, o consumo de água subiria, conforme Figura 4 – Gráfico make-up 2003, de julho a novembro de 2003. Para a nova meta buscamos o patamar teórico de 320 m^3/dia com ciclo baixo, conforme Figura 5 – Gráfico: comparativo do consumo teóricos das máquinas. Assim, foi apresentada uma meta de redução em 21% a partir do valor teórico, buscando obter um ganho de 70m^3/dia. Fez-se necessário fazer alterações no programa de tratamento e na qualidade de reposição das torres para garantir uma baixa taxa de corrosão no sistema.

Revisão bibliográfica / Resultados / Discussão

Sistemas de resfriamento remover o excesso de calor pela evaporação da água são encontrados em diferentes instalações industriais, comerciais e institucionais.

Os principais problemas que afetam estes sistemas de resfriamento são deposição inorgânica, corrosão e incrustação. A evaporação aumenta a concentração de sais dissolvidos e sólidos em suspensão introduzidos com água de reposição, resultando na deposição e corrosão sob depósito que é acelerada por altas temperaturas no processo e acarreta aumento de consumo de energia. Além disso, gases corrosivos podem ser absorvidos da atmosfera, como também microorganismos, nutrientes e poeira. O ambiente quente da região também incrementa o crescimento microbiológico.

Para manter os contaminantes dentro dos limites aceitáveis, parte da água de resfriamento de recirculação deve ser periodicamente removida, ou "purgada" do sistema e água fresca adicionada para manter o balanço hidráulico. A quantidade de "descarga" afeta os custos do tratamento operacional do sistema desde que os produtos químicos de tratamento da água também serão removidos.

Custos complementares são também o consumo da água fresca e o tratamento das vazões de descarga na ETE. Custos operacionais para o sistema de resfriamento podem ser minimizados com a redução do volume de descarga, mas isto, ocasiona aumento na concentração de matériais contaminantes e corrosivos no sistema de água de resfriamento.

A falta de controle dos problemas no sistema de resfriamentogera impacto direto na segurança, produtividade e rentabilidade, reduz as taxas de transferência de calor e vazão de operação,

obrigando a paradas não programadas e excessivo tempo de manutenção para limpeza e reparos, favorece o crescimento de organismos patogênicos como as bactérias Legionella e redução da vida útil dos equipamentos.

Os agentes de controle para incrustações mais comumente usados são materiais orgânicos de fósfato (fosfonatos). O cloro e o bromo destroem essas moléculas. A degradação dos fosfonatos elimina a sua capacidade de evitar que os sais minerais (incrustações) depósitem-se nas superfícies de transferência de calor. Os depósitos reduzem a eficiência de transferência do calor e pode levar a operação com reduzida eficiência ou forçar uma imprevista e prolongada parada para limpeza. Os subprodutos da quebra dos fosfonatos são relativamente insolúveis e podem formar depósitos adicionais. A maior dosagem de fosfonatos para compensar a degradação onera o tratamento de água e geralmente a um aumento do consumo de halogênios.

Um diferencial importante em todos os produtos da tecnologia sugerida foi compatibilidade com halogênios (por exemplo, cloro e bromo) a partir de qualquer fonte - cloro gasoso, líquido cloro, bromo sólido doadores, etc. A tecnologia para sistemas de água de refrigeração alcalina é chamado Continuum™ AEC. Os produtos Continuum™ AEC fornecem proteção anti-incrustante e proteção contra a corrosão. O ponto forte da tecnologia é molécula AEC.

Esta é uma molécula patenteada, estável em presença de halogênio, náo é base fosfato, é um inibidor de carbonato de cálcio que é capaz de suportar altos níveis de halogênio, altos níveis de dureza (> 2000 ppm Dureza de Cálcio), temperaturas elevadas (> 90°C) e longos tempos de retenção.

O programa de tratamento quimico, baseado na tecnologia Continuum AEC, foi recomendado para obter aumento gradativo dos ciclos de concentração dos sistemas das torres de resfriamento (água da condensação da planta) e reduzir o consumo de água de reposição. No primeiro ano foi acertado um aumento gradual do ciclos de concentração de 4,5 para 8,0. Em razão da boa performance da planta, autorizado no semestre seguinte aumentar para 10,0 ciclos. No início de 2004 foi elevado finalmente para ciclo 12,0 .

O programa foi proposto sem zinco e com excelente dispersão do ortofosfato que era dosado na linha de água industrial para proteger a tubulação da corrosão, e fornecia o teor necessário de inibidor de corrosão no sistema de resfriamento desde a água de reposição.

Implementado um controle rigoroso e diário do hidrômetro para garantir a meta de consumo de água. Iniciado a dosagem do inibidor para cobre, para obter melhor performance de proteção a este tipo de liga. Ligas de cobre são amplamente utilizados em sistemas de refrigeração devido às suas propriedades de transferência de calor. Azóis são comumente usados para protegê-los da corrosão. Toliltriazol (TTA), de longe o azol extensivamente mais utilizado, tornou-se a principal a proteção de liga de cobre.

Para garantir a aplicação do programa, um sistema de dosagem automática foi instalada para maior segurança no manuseio dos produtos químicos. Além disto, também foi automatizado o controle de pH e dos ciclos de concentração via equipamento para garantir pouca variação do limite de controle recomendado.

Um monitoramento das máquinas de troca térmica, com levantamentos frequentes de temperaturas e pressões foi implementado, visando garantir a limpeza anual. Além disto, o monitoramento do sistema foi feito com cupons de prova, visando garantir uma redução da corrosão, a medição da taxa instantánea diária com a utilização do equipamento *Corrater*™; mais o controle microbiológico mensal para garantir a limpeza do sistema.

Considera-se na Figura 02 – Gráfico referencial: Make-up de abril/2002 a junho/2002 - o funcionamento de 03 (três) UNITOP'S com capacidade total de 1200 TR's. O ciclo de concentração encontrava-se na faixa de 4 – 5 (Figura A) com consumo médio diário de 220m^3, significando assim uma freqüência maior de descargas (purgas) nas torres de resfriamento e, consequentemente condutividade menor que 2.500mS.

Conforme a Figura 2, a partir de julho de 2002, mudou a empresa responsável pelo tratamento químico. Neste período o ciclo de concentração foi elevado para a faixa entre 7 e 8 (Figura A – Gráfico: Evolução do ciclo de concentração nas torres de resfriamento) e a condutividade para 3500mS (Figura B – Gráfico: Evolução da condutividade nas torres de resfriamento), diminuindo assim a freqüência de descargas e o consumo médio diário para 159 m^3. Neste período estavam funcionando ainda as 03 (três) UNITOP'S com capacidade de 1200 TR'S.

A Figura 4 mostra a evolução do make-up no período de 2003, passando pelas seguintes fases:
1.- Período de transição: É possível observar um aumento de consumo de água no mês de julho, período este de execução de testes com a TRANE, além do uso das 03 UNITOP'S;
2.- Avaliação do sistema: No período de agosto a dezembro de 2003 funcionava 02 UNITOP'S e 01 TRANE, totalizando uma capacidade de 2000TR's.

Considera-se na Figura 5 o comparativo do consumo real das 03 UNITOP'S com o consumo teórico das 02 TRANE'S, gerando assim a META de 2004: Redução de 21% do valor teórico de consumo pelas 02 (duas) máquinas TRANE'S (2400 TR's), 250m^3/dia , 7500m^3/mês.

O consumo teórico das TRANE's foi calculado da seguinte forma, conforme dados do fabricante:

(5,6L x 24h x 30dias x 2400TR's)/1000 ≈ 9600 m^3/mês

Conforme o gráfico da Figura 6, a partir de janeiro de 2004, o ciclo de concentração ficou na faixa de 14 – 17 (Figura A – Gráfico: Evolução do ciclo de concentração nas torres de resfriamento), diminuindo a freqüência de descargas (purgas), e a condutividade em 5.500mS (Figura B – Gráfico: Evolução da condutividade nas torres de resfriamento), tendo por finalidade reduzir o consumo de água nas torres de resfriamento. Teoricamente este consumo dobraria, haja vista que a utilização das 02 (duas) TRANE'S gera uma capacidade total de 2400TR's, enquanto com o funcionamento das 03 (três) UNITOP'S a empresa tinha somente 1200TR's. No entanto, a equipe tem como objetivo reduzir o consumo de água de reposição nas torres de resfriamento de 9600m^3 para 7500m^3.

Conclusões

Descrição dos Resultados e Economia:
- O consumo de água foi reduzido no período de julho/02 a junho/03 em 5.300.908 galões (20.064 m^3). No segundo semestre de 2003 a redução foi de 2.072.120 galões (7.834 m^3) e no primeiro semestre de 2004 foi de 3.738.165 galões (14.149 m^3), resultando numa economia de água na ordem de 6.605.000 galões/ano (25.000 m^3/ano). Uma economia de US$16.667/ ano (R$ 50.000/ ano).
- A economia com redução de produtos químicos da torre em relação ao tratamento anterior foi de US$ 8000/ano (R$ 24.000/ano).

- O controle microbiológico e a corrosão instantânea (Corrater™) mantiverem valores dentro da faixa recomendada e proporcionou maior agilidade nos resultados e facilidade na tomada de decisão.
- As máquinas operaram doze meses sem problemas. As torres estão sendo limpas anualmente, o que gera uma economia de 24 homem/hora/ano nas limpezas das torre e redução de custo de US$ 4,000/ano (R$12,000/ano).
- Segurança: reduzido risco de acidente com produtos químicos. Há mais de sete anos sem acidente com produtos químicos.
- Melhoria na comunicação com a criação dos indicadores chaves de performance (KPI) do programa de tratamento e resultados enviados para todos via e-mail, numa linguagem fácil de entender, permitindo maior transparência, participação de todos os envolvidos com sugestões e críticas no processo de tratamento.
- Maior regularidade do sistema, pois opera com poucas oscilações e mais confiável.

Referências bibliográficas

Getting the Most Out of Halogens with Dianodic* PLUS - Capability Profile, GE Water & Process Technologies, Trevose/PA - USA 2001

RUBENS JÁCOME, JAIR CONRADO e DOMINGOS SÁVIO Proof Not Promises Award – Vicunha Textil Unidade V, 16 Junho 2004.

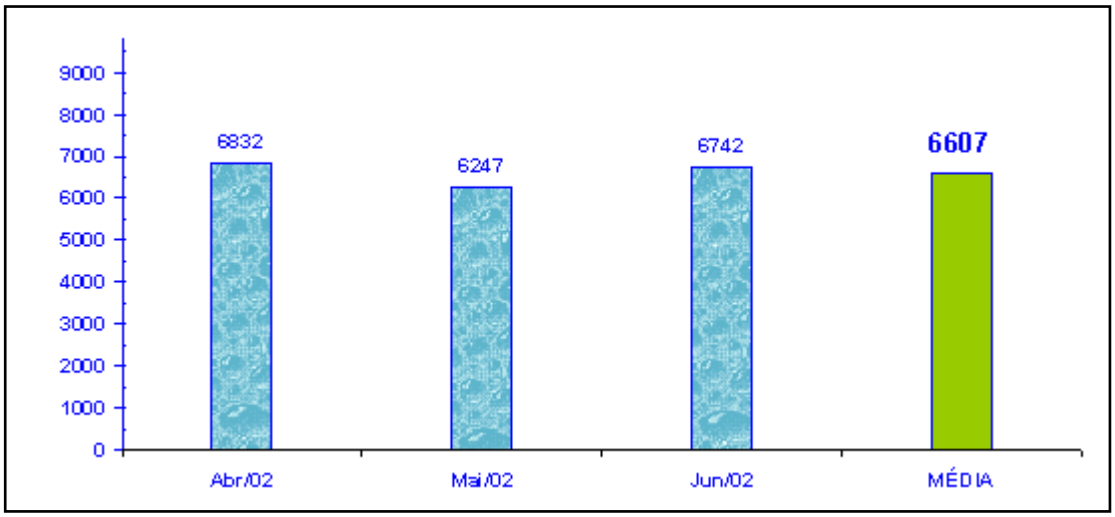

Figura 1 – Gráfico referencial: Make up de abril/2002 a junho/2002.

Parametros	unidades	minimo	média	máximo
PH	-	7	7.5	7.8
Alcalinidade Total	*ppm* $CaCO_3$	40	70	100
Dureza Total	*ppm* $CaCO_3$	6	15	25
Cloretos	*ppm Cl*	43	12	180
Fosfato	*ppm* PO_4	4	5	10
Sílica	*ppm* SiO_2	8	14	30
Ferro Total	*ppm Fe*	0.02	0.05	0.1
Condutividade	*uS/cm*	350	520	850
Custo	$R\$/m^3$		2.5	

Tabela 1 – Caractarísticas da água de reposição aos sistemas de resfriamento.

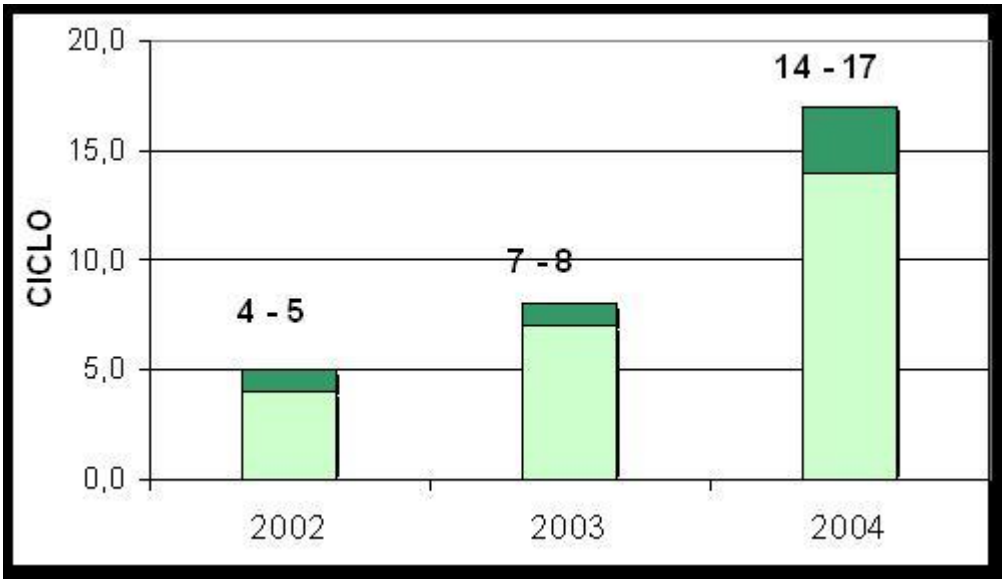

Figura A – Gráfico: Evolução do ciclo de concentração nas torres de resfriamento

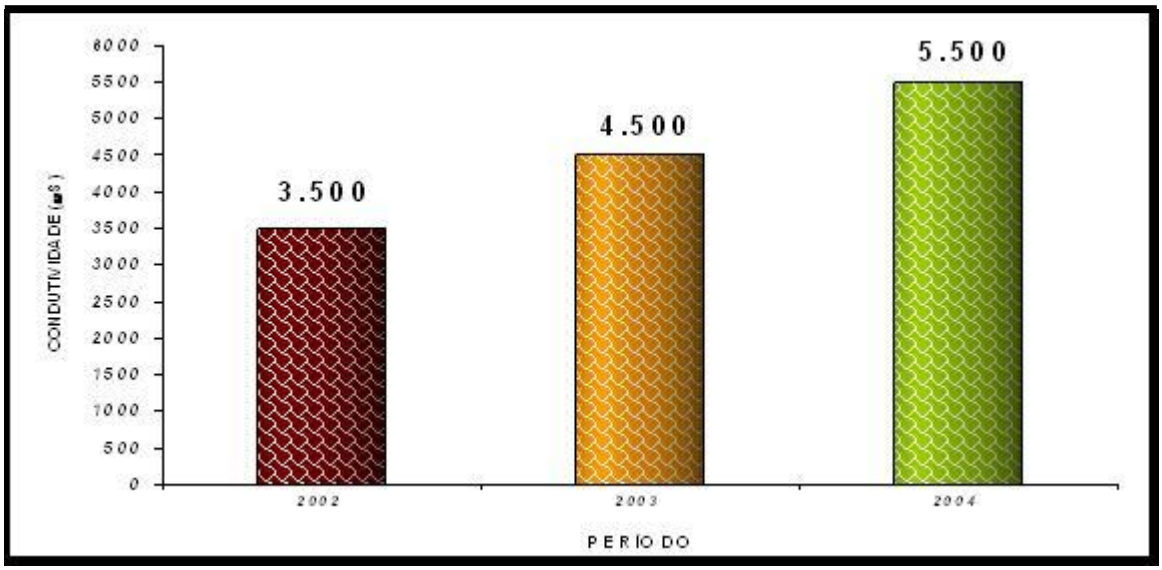

Figura B – Gráfico: Evolução da condutividade nas torres de resfriamento.

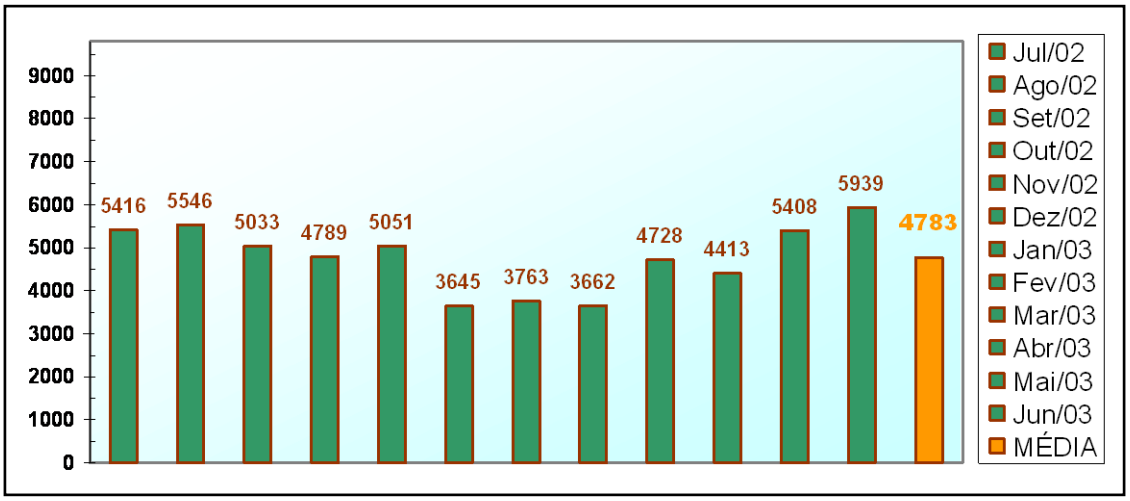

Figura 2 – Gráfico: Make up Julho/2002 a Junho/2003.

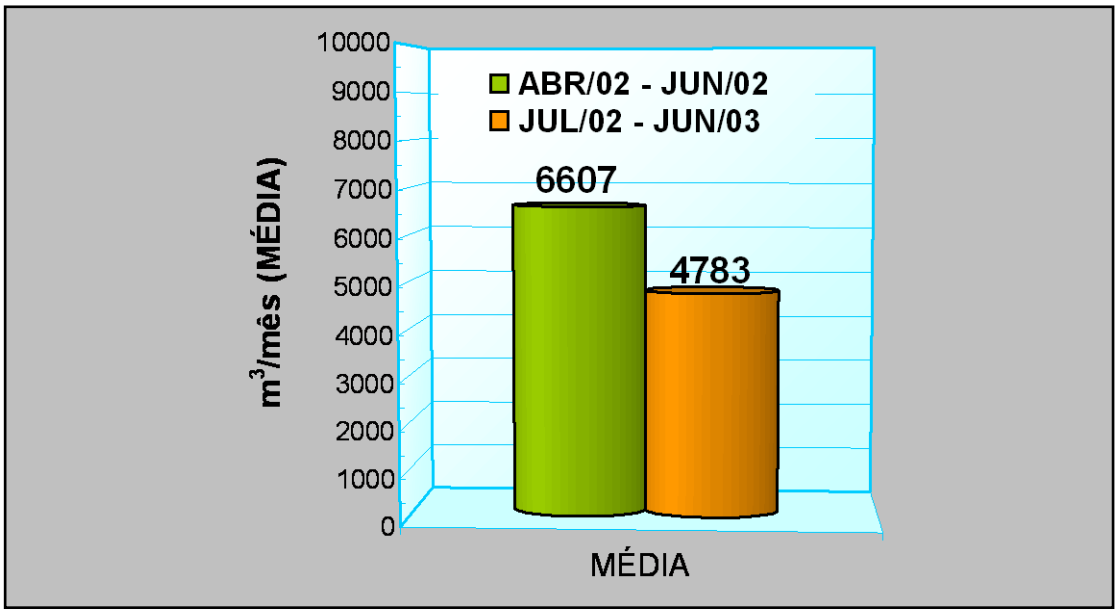

Figura 3 – Gráfico: Meta 2003 proposta

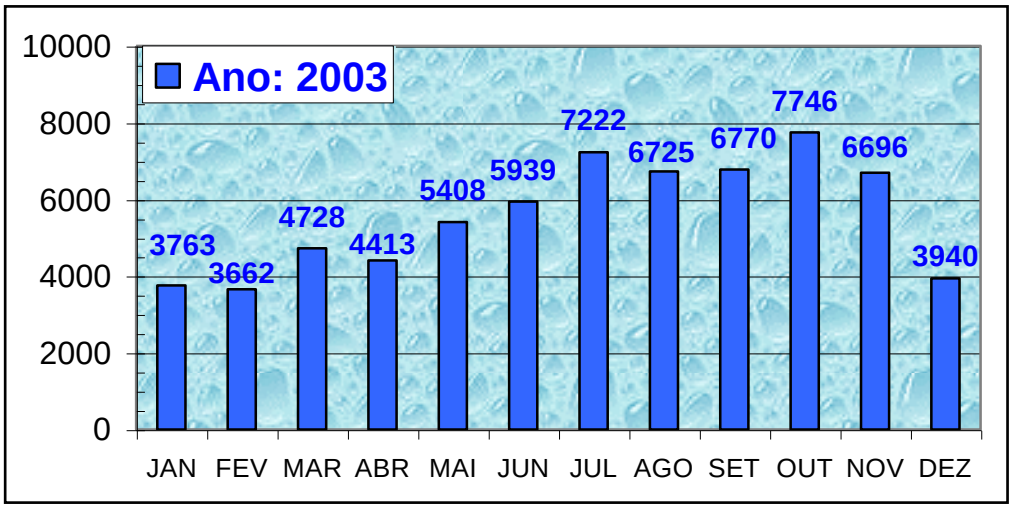

Figura 4 – Gráfico: Make-up 2003.

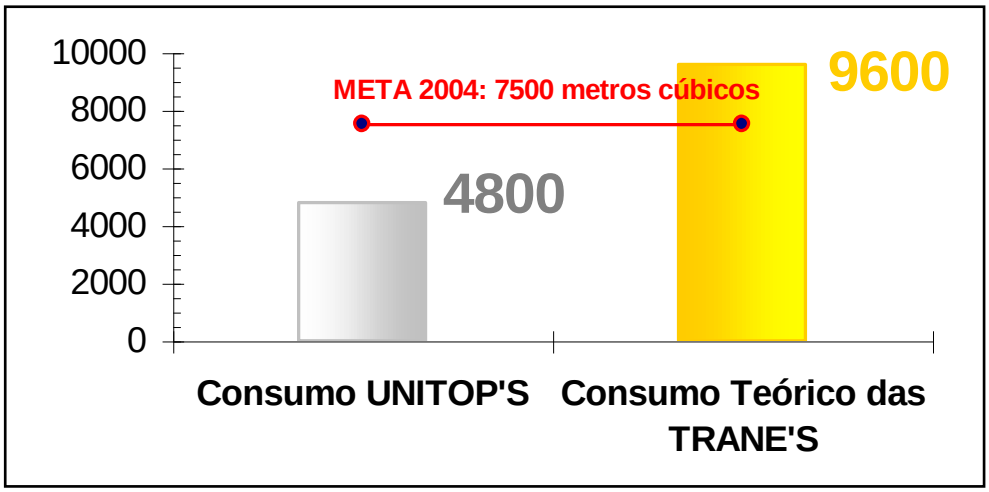

Figura 5 – Gráfico: Comparativo Consumo das UNITOP'S (1200 TR'S) X Consumo Teórico das TRANE'S (2400 TR'S)

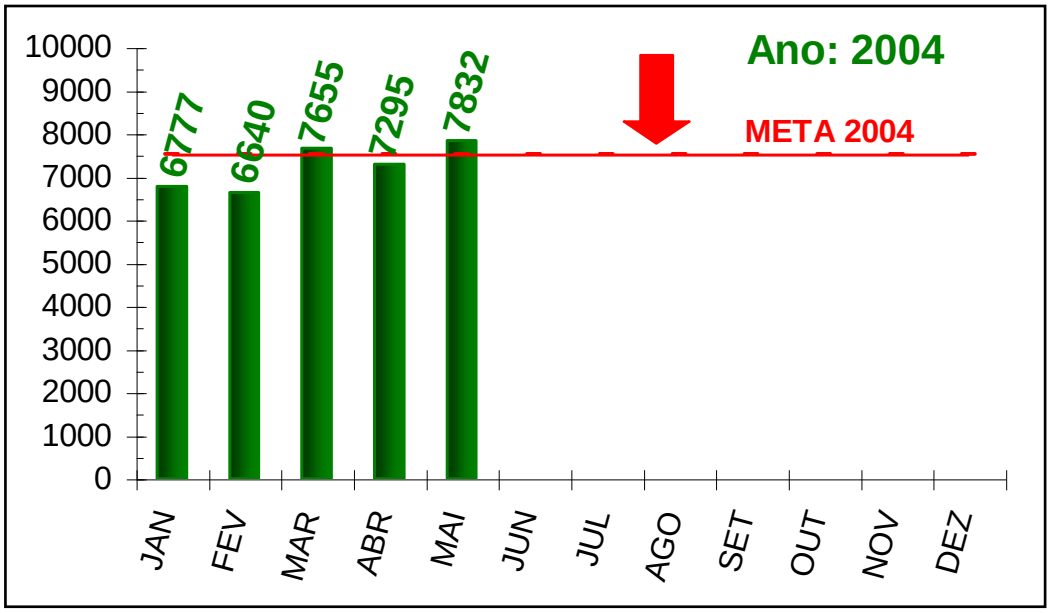

Figura 6 – Gráfico: Make-up 2004

RESULTADOS CUPOM DE PROVA DATA : de 26 / 06 /02 à 11/07/02

SISTEMA : TORRE DE RESFRIAMENTO e GELADO

	DADOS	TORRE	TORRE	TORRE	TORRE
	No de Ordem	1	2	3	4
	Material	ACO1020	COBRE	ACO1020	COBRE
D	Densidade da Liga (g/cm3)	7,86	8,96	7,86	8,96
A	Area do Corpo de Prova (pol2)	3,2832	3,2832	3,2832	3,2832
Pi	Peso Inicial (g)	11,2755	12,2721	11,4118	12,2224
Pd	Peso com Depósito (g)	11,3192	12,2744	11,4270	12,2249
Pf	Peso Final (g)	11,0124	12,2636	11,1196	12,2095
(Pd -Pf)	Peso do Depósito (g)	0,3068	0,0108	0,3074	0,0154
(Pi - Pf)	Perda de Peso (g)	0,2631	0,0085	0,2922	0,0129
	Data da Instalação	27/06/2002	27/06/2002	27/06/2002	27/06/2002
	Data da Remoção	04/07/2002	04/07/2002	11/07/2002	11/07/2002
T	Tempo de Exposição (DIAS)	8	8	15	15
TD	Taxa de Deposição (MPD)	11,68	0,41	6,24	0,31
TC	Taxa de Corrosão (MPY)	28,42	0,81	16,83	0,65

CUPON 1:

CUPON 2:

CUPON 3:

CUPON 4:

Analista : Sabrinna Gomes

Gerente Território : Osvaldo Dib

Taxa de corrosão via cupons de provas antes do tratamento da GE Betz

RESULTADOS CUPONS DE PROVA

Out/02

SISTEMA : TORRE DE RESFRIAMENTO E ÁGUA GELADA

	DADOS	TORRE	TORRE	GELADO	GELADO
	No de Ordem	1	2	3	4
	Material	ACO1020	COBRE	ACO1020	COBRE
D	Densidade da Liga (g/cm3)	7,86	8,96	7,86	8,96
A	Area do Corpo de Prova (pol2)	3,2832	3,2832	3,2832	3,2832
Pi	Peso Inicial (g)	11,2842	11,9865	11,3417	11,9949
Pd	Peso com Depósito (g)	11,1995	11,9886	11,2720	11,9972
Pf	Peso Final (g)	11,1942	11,9709	11,2658	11,9870
(Pd -Pf)	Peso do Depósito (g)	0,0053	0,0177	0,0062	0,0102
(Pi - Pf)	Perda de Peso (g)	0,0900	0,0156	0,0759	0,0079
	Data da Instalação	16/09/02	16/09/02	16/09/02	16/09/02
	Data da Remoção	15/10/02	15/10/02	15/10/02	15/10/02
T	Tempo de Exposição (DIAS)	30	30	30	30
TD	Taxa de Deposição (MPD)	0,05	0,18	0,06	0,10
TC	Taxa de Corrosão (MPY)	2,59	0,39	2,19	0,20

CUPON 1:

CUPON 2:

CUPON 3:

CUPON 4:

Analista : Carvalho Júnior

Gerente Território : Osvaldo Dib

PARÂMETROS:

	AÇO TC	AÇO TD	COBRE TC	COBRE TD
TORRE	**< 2,0**	**< 1,0**	**< 0,5**	**< 0,25**
GELADO	**< 2,0**	**< 1,0**	**< 0,5**	**< 0,25**

Taxa de corrosão via cupons de provas depois do tratamento da GE Betz