

# RECICLAGEM DOS BANHOS RESIDUAIS DE CURTIMENTO AO CROMO, ATRAVÉS DA RECUPERAÇÃO DO MESMO POR SEDIMENTAÇÃO

Eliane Hermes, Fabio Orssatto, Marcos Roberto Hermes  
e-mail: [elianehermes@yahoo.com.br](mailto:elianehermes@yahoo.com.br).

Universidade Estadual do Oeste do Paraná/Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – Cascavel – PR.

**Palavras-chave:** clarificado, curtume, efluente final.

## Resumo:

O sistema de curtimento ao cromo é o mais empregado nas indústrias curtidoras, por proporcionar um produto final de melhor qualidade e por ter um custo mais baixo na aquisição deste insumo. Porém o seu grau de toxicidade para o meio ambiente é muito elevado e o tratamento desses banhos de curtimento, requerem cuidados especiais. Por isso a minimização na fonte é de grande importância, proporcionando um efluente final dentro dos padrões exigidos pela legislação. Este trabalho teve como objetivo, estudar uma forma de fazer essa minimização na fonte. A alternativa estudada foi à precipitação do cromo na forma de hidróxido, usando como precipitante o Hidróxido de Sódio 12M e Soda Cáustica Comercial Líquida 50%. Foram feitos testes de jarro e análise do clarificado com espectrofotômetro de Absorção Atômica para quantificar a concentração de cromo. Os resultados apresentaram uma média de cromo III no clarificado de 40.67 mg L<sup>-1</sup> em pH 8 e tempo de rotação de 2 horas, de 14.53 mg L<sup>-1</sup> em pH 8 e tempo de rotação de 4 horas, 1.38 mg L<sup>-1</sup> em pH 10 e tempo de rotação de 2 horas e 1.36 mg L<sup>-1</sup> em pH 10 e tempo de rotação de 4 horas, podendo este ser enviado para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) ou usado no banho de Píquel, etapa que antecede o curtimento.

## Introdução

A crescente conscientização ecológica mundial em vários segmentos da sociedade acabou impulsionando o setor industrial na busca de soluções para um problema até então colocado em segundo plano: a poluição, muitas vezes decorrente da atividade produtiva.

As indústrias na área química apresentam riscos potenciais ao meio ambiente, visto que trabalham com substâncias muitas vezes tóxicas e/ou inflamáveis, gerando posteriormente ao processo produtivo, lixo tóxico que precisa ser tratado como resíduo (SILVA et al., 2005)

A indústria do couro brasileiro é expressiva, com aproximadamente 600 empresas, compreendendo curtumes completos, seções de acabamento e afins, gerando segundo Coiado (1999) cerca de 10 a 20 milhões de m<sup>3</sup> de

efluentes anualmente, com características poluentes de DBO > 2.500 mg L<sup>-1</sup> e SS > 4.000 mg L<sup>-1</sup>.

Além das elevadas cargas orgânicas e inorgânicas que compõem seus despejos há ainda o cromo trivalente utilizado no seu processo de curtimento (CASTILHOS et al., 2002), já que cerca de 80 – 95% das fábricas do mundo utilizam o cromo nesta etapa.

O cromo é um elemento raramente encontrado em águas naturais não poluídas. O Cr III presente nas águas decorre principalmente do lançamento de curtumes. A presença do Cr VI é atribuída a despejos industriais que utilizam processos de piquelagem e cromagem de metais, galvanoplastias, indústrias de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel, etc, sendo este 100 vezes mais tóxico que os Cr III devido à sua solubilidade (CAVALLET et al., 2007)

Este elemento em excesso causa diversos danos, sendo que nas plantas diminui seu crescimento, atrofia seu desenvolvimento radicular e descoloração das folhas (BARROS & SOUZA AGUIAR, 2001). Nos seres vivos doses acima das adequadas podem provocar intoxicação e uma série de doenças. Em sistemas aquáticos não poluídos a concentração típica é de 50  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , mas o que se tem visto são concentrações de aproximadamente 4  $\mu\text{mol L}^{-1}$ .

O curtimento ao cromo é um estágio primário que gera 80% da poluição de um curtume completo, ou seja, incluindo a etapa de acabamento (CICB & APEX, 2003). Segundo Barros et al (2001), a substituição do cromo no curtimento não tem sido possível devido a sua versatilidade e eficiência, além de ser relativamente barato. No entanto, outros agentes estão sendo pesquisados, tais como glutaraldeído, alumínio e taninos vegetais.

Por isso técnicas como a reutilização do banho de curtimento é bem aceita pelos curtumes. Segundo Barros et al (2001), tanto o reciclo ou recuperação do cromo, que serão abordados neste estudo, tem vantagens de caráter econômico (na medida em que se deixa de gastar com um produto) e de natureza ambiental.

O método de recuperação do banho consiste em, após o esgotamento do fulão, o banho de curtimento é coletado em canaletas e destas, passa por uma grade grosseira, para a retirada dos sólidos, e após, segue para um tanque onde fica armazenado. Deste tanque retorna para o fulão, como complemento para o banho de píquel ou curtimento de raspas. Este reciclo é renovado quase todos os dias, pois recebe novos banhos.

Antes de retornar ao fulão, é feita a análise de óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), e este recebe o que falta do insumo químico e outros produtos necessários. O excesso desses banhos é descartado aos poucos para que não cause nenhum impacto na estação de tratamento de efluentes. Segundo Nunes (2001), esta operação poderá ser realizada com separação do banho composto (píquel e curtimento) com a vantagem de reduzir a salinidade ou com a separação do banho de curtimento.

A recuperação do cromo por precipitação consiste em que, após o esgotamento do fulão seja feita a precipitação do cromo sob forma de Hidróxido de Cromo III, com posterior sedimentação do precipitado formado.

Redissolve-se o precipitado com Ácido Sulfúrico, sob adição controlada, de forma a obter-se novamente o Sulfato de Cromo. O licor recém preparado é reutilizado como agente curtente no lote seguinte, sendo necessário dosar curtente adicional, bem como dosar novamente o sal (CLAAS & MAIA, 1994).

Este trabalho teve como objetivo, estudar uma forma de tratamento dos banhos de curtimento através da precipitação do cromo na forma de hidróxido, usando como precipitante o Hidróxido de Sódio 12M e Soda Cáustica Comercial Líquida 50%.

## **Materiais e Métodos**

As amostras foram obtidas de três curtumes diferentes na região Norte do Estado do Paraná, denominadas de curtumes 1, 2 e 3. No curtume 1 a coleta foi realizada no dia 02 de dezembro de 2003, nos curtumes 2 e 3 nos dias 14 e 15 de janeiro 2004 respectivamente, com um volume aproximado de 10 litros cada. A capacidade de produção foi obtida através da análise da documentação do processo, em cada um dos curtumes. Já as vazões dos banhos residuais de curtimento foram calculadas a partir de dados levantados por Claas & Maia (1994).

Para cada amostra coletada foi realizada a determinação do Potencial Hidrogeniônico (pH) e determinado o residual de Óxido Crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ). A determinação do pH foi realizado em laboratório com a utilização de um pHmetro digital Modelo NT PH2 e a quantidade de óxido crômico residual dos banhos de curtimento foi avaliada pelo método descrito na NBR 13341 (1995), sendo este realizado no laboratório do curtume 3.

Na preparação das amostras para os ensaios de recuperação do cromo foram realizadas a filtração e o teste de Jarro. Na filtração, os papéis filtro foram colocados em estufa, por cerca de uma hora à temperatura de  $100^\circ\text{C}$  para retirar a umidade. Foram retirados da estufa e colocados na dessecadora até esfriarem por aproximadamente 15 min e após esse tempo foram pesados. As amostras antes de serem filtradas foram agitadas, para evitar que os sólidos ficassem sedimentados no fundo do frasco. Com o término da filtragem, os filtros com os sólidos, foram levados para a estufa por aproximadamente 1 h à temperatura de  $100^\circ\text{C}$ . Estes foram retirados e colocados para esfriar em uma dessecadora e posteriormente pesados.

O equipamento de teste de Jarro usado para a agitação é da marca Quimis, modelo 305D16, tendo como reagentes o hidróxido de sódio 12 M e soda cáustica comercial líquida 50%. O procedimento compreendeu a adaptação por meio de um agitador Fisatom MODELO 752, junto ao suporte do eletrodo do pHmetro, fazendo com que o eletrodo ficasse em contato com a amostra, enquanto essa estava em agitação, para que cada variação de pH fosse medida, conforme o precipitante ia sendo adicionado. Adicionou-se o precipitante até se atingir o valor de pH desejado. Em seguida mediu-se 500 ml da amostra.

Após as amostras terem sido quantificadas e identificadas, estas foram para o teste de Jarro. A rotação adotada foi de 50 rpm em média,

baseada em testes realizados no curtume 2. As amostras foram submetidas ao teste de Jarro, com duração de 2 h de agitação. Suspensa à agitação, as amostras foram retiradas e deixadas em repouso para sedimentarem. Novas amostras foram preparadas e submetidas aos procedimentos anteriores, diferenciando apenas o tempo de agitação, que foi de 4 h, para verificar a existência de influência do tempo.

O teste de sedimentação foi baseado em Foust et al. (1982), onde este diz que o mecanismo da sedimentação pode ser descrito, através dos efeitos que ocorrem num ensaio de sedimentação dos sólidos numa suspensão colocada numa proveta. Com o teste fez-se a caracterização do clarificado e a quantificação do precipitado. Antes da desidratação das amostras, estas foram colocadas em provetas de vidro. O papel milimetrado foi colado na proveta e numerado a cada 10 mm. Com o cronômetro foi sendo marcado o tempo e medido a altura da interface de sedimentação.

Foi observado segundo Foust et al. (1982), o ponto de sedimentação crítico, isto é, o ponto em que uma única interface nítida forma-se entre o líquido límpido e os sedimentos. Daí por diante ocorreu à compressão lenta dos sólidos, com expulsão do líquido retido entre os sólidos para a zona límpida. As velocidades de sedimentação são mínimas nesta fase. E a fase final é um caso extremo de sedimentação obstada.

Para a caracterização do clarificado foi utilizada a metodologia de espectrofotometria de Absorção Atômica realizada na Universidade Estadual de Maringá – UEM, no Departamento de Engenharia Química. Já a quantificação do precipitado foi realizada após a desidratação do sedimentado, utilizando uma bomba a vácuo e secagem do mesmo em estufa por 24 h a 100 °C.

## Resultados e Discussão

Através das análises apresentadas obtiveram-se os resultados da caracterização dos banhos de curtimento, quantificação do residual de óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) e recuperação do cromo residual dos banhos de curtimento.

Os curtumes 1, 2 e 3, têm a capacidade de processar 8.700, 43.480 e 92.750 Kg de pele por dia. Segundo dados levantados por Claas & Maia (1994), para um curtume que processa 8.000 Kg de pele por dia, necessita-se de 10m<sup>3</sup> de água. Portanto tem-se esse volume aproximado de 10.1 m<sup>3</sup> para o curtume 1, 54.5 m<sup>3</sup> para o curtume 2 e 116.0 m<sup>3</sup> para o curtume 3 de banho residual de curtimento por dia. Foram realizadas medições de pH das amostras, sendo que os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 1.

**Tabela 1 - Valores de pH das amostras de banho de curtimento ao cromo.**

Curtume	pH			Média	Desvio Padrão
1	3.45	3.34	3.30	3.36	0.72
2	3.16	3.23	3.20	3.20	0.58
3	3.42	3.22	3.43	3.42	0.53

Os valores de pH mostrados caracterizam a acidez dos banhos residuais de curtimento ao cromo e apesar de cada curtume usar uma

formulação própria para seus banhos, as faixas de pH são próximas. Segundo Hoinacki (1989), em tais condições de pH, a afinidade dos sais de cromo pela proteína é mínima, ocorrendo então a penetração do curtente na pele. Os resultados do residual de óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) dos banhos de curtimento ao cromo encontram-se descritos na Tabela 2.

**Tabela 2 - Valores de óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) residual.**

Curtume	Residual $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ( $\text{g L}^{-1}$ )			Média	Desvio Padrão
	1	2	3		
1	2.40	2.46	2.41	2.42	0.53
2	3.12	2.98	3.10	3.07	0.54
3	1.70	1.71	1.75	1.72	0.72

Do mesmo modo como no fator pH, pode-se justificar as diferenças nas concentrações de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  e no curtimento ao cromo, as peles incorporam de 2,5 a 3,0% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (HOINACKI, 1989) e o restante é eliminado com o banho residual.

Para a realização da recuperação do cromo desses banhos, foram feitas respectivamente, as filtrações das amostras, os testes de Jarro e sedimentação, análises e caracterização do clarificado e quantificação do precipitado. Os resultados dos sólidos sedimentáveis, obtidos através da filtração se encontram na Tabela 3.

**Tabela 3 - Sólidos Sedimentáveis obtidos através da filtração.**

Curtume	Quantidade de Sólidos (g)		
	1	2	3
	1.01	0.50	1.01
	0.95	0.72	0.95
Amostras	0.82	0.92	0.82
	0.50	0.67	0.96
	0.72	0.83	0.88
	0.92	0.78	0.99
Média	0.82	0.74	0.94
Desvio padrão	0.18	0.14	0.11

No curtume 1 há 0.82 g de sólidos sedimentáveis e no curtume 2 e 3 tem-se 0.74 e 0.94 g respectivamente, em 500 mL de banho residual de curtimento ao cromo. Portanto no curtume 1, em  $10.1 \text{ m}^3$  de banho de curtimento tem-se em média 16.56 Kg de sólidos sedimentáveis, no curtume 2 em  $54.5 \text{ m}^3$  tem-se 80.66 Kg e no curtume 3 em  $116.0 \text{ m}^3$  tem-se 218.08 Kg de sólidos sedimentáveis.

Para a obtenção do Hidróxido de Cromo III ( $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ), foi elevada a faixa de pH para 8 e 10 e feita a quantificação do volume de precipitante usado. Os resultados obtidos utilizando como precipitado o hidróxido de sódio 12 M se encontram nas Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4 - Volume de NaOH 12M gasto na precipitação do cromo residual em pH 8.**

Curtume 1	pH						Média
	Inicial	3.27	3.25	3.25	3.16	3.18	
Final	8.02	8.00	8.00	8.00	8.00	8.03	8.01
Volume de NaOH 12M (ml)	3.10	3.30	3.40	3.80	3.90	3.90	3.57

**Tabela 5 - Volume de NaOH 12M gasto na sedimentação do cromo residual em pH 10.**

Curtume	pH						Volume de NaOH 12M (mL)		
	inicial			final			1	2	3
	1	2	3	1	2	3			
	3.23	3.58	3.38	10.02	10.02	10.01	6.70	6.20	6.80
	3.21	3.60	3.38	10.07	10.03	10.03	7.00	6.50	6.60
	3.20	3.61	3.38	10.00	10.01	10.00	7.10	6.20	7.10
Média	3.21	3.60	3.38	10.03	10.02	10.01	6.60	6.70	6.80

Verifica-se através da Tabela 4 que para a faixa média de pH inicial 3.22 usou-se em média 3.57 ml de NaOH 12M, para se elevar o pH para aproximadamente 8. Na Tabela 5 verificasse que para se elevar o pH para aproximadamente 10, usou-se em média 6.60, 6.70 e 6.80 ml de NaOH 12M para as amostras dos curtumes 1, 2 e 3 respectivamente. O valor de pH final das amostras como sendo 10 é devido a Barros & Souza Aguiar (2001) que afirmam que a elevação do pH intensifica a hidrólise do metal, diminuindo a sua solubilidade pela formação de macromoléculas, resultantes da união dos íons Cr III por meio de grupos de hidroxilas.

Ao passar do valor de pH 7 a coloração da amostra passa de um verde bem escuro, característico dos banhos de curtimento, para um verde azulado, (CLAAS & MAIA 1994). Na Tabela 4 usou-se apenas amostras do curtume 1 porque as amostras dos curtumes 2 e 3 não haviam sido coletadas até a realização do devido teste. A Tabela 6 apresenta os valores de sedimentação obtidos através dos testes realizados com soda cáustica comercial líquida 50% para os curtumes 2 e 3.

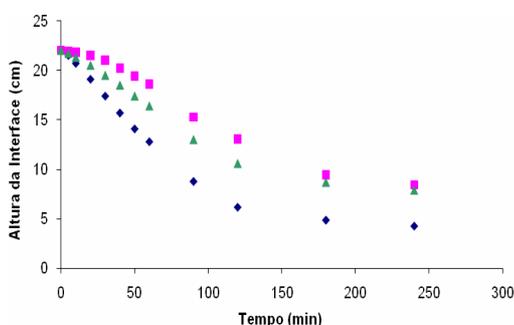
**Tabela 6 - Precipitação feita com soda cáustica comercial líquida 50% para pH final 10.**

Curtumes	pH				Volume de soda cáustica comercial (ml)	
	inicial		final		2	3
	2	3	2	3		
	3.59	3.42	10.05	10.03	3.60	3.60
	3.61	3.42	10.04	10.10	3.80	3.90
	3.61	3.43	10.00	10.03	3.50	4.50
Média	3.60	3.42	10.03	10.05	3.64	4.00

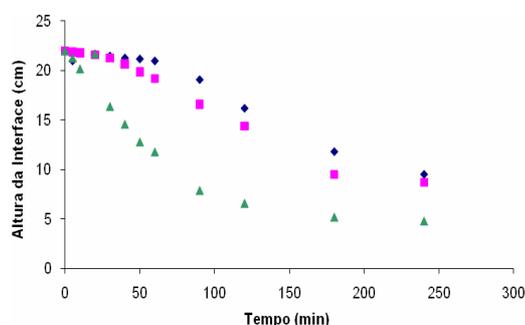
Foi utilizado em média 3.64 e 4.00 ml de soda cáustica para as amostras dos curtumes 2 e 3 respectivamente, para elevar o pH em

aproximadamente 10. Os valores de pH final como sendo todos 10 é porque no teste anterior, observou-se visualmente que o clarificado das amostras realizadas com faixa de pH 8 continham uma coloração azulada, o que nesse caso significa a presença de cromo, o que não ocorreu com as amostras com pH 10. Este teste foi realizado apenas com amostras dos curtumes 2 e 3, por não haver mais amostras do curtume 1. Uma característica que ficou muito evidente, foi à diferença do volume gasto de precipitante entre os dois testes. Notou-se que no teste que se usou soda cáustica, o volume gasto foi bem menor, em torno de 50% em relação ao hidróxido de sódio, o que torna o uso da soda cáustica mais interessante na prática industrial devido principalmente ao seu baixo custo.

A Figura 1 apresenta a curva de ensaio de sedimentação para o curtume 2 e a Figura 2 para o curtume 3, usando como precipitante o hidróxido de sódio 12M.

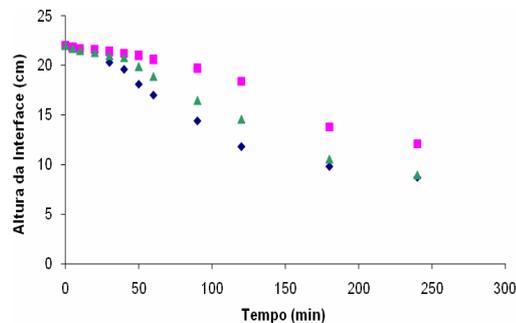
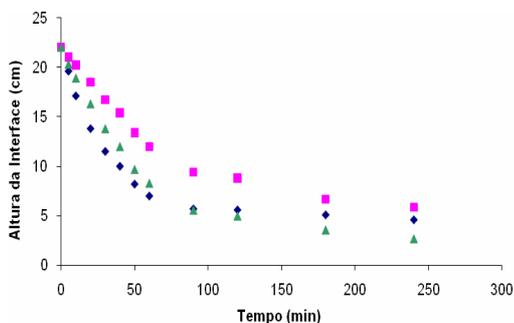


**Figura 1 - Curva de ensaio do curtume 2, usando NaOH 12M.**



**Figura 2 - Curva de ensaio do curtume 3, usando NaOH 12M.**

De acordo com os resultados apresentados na Figura 1, constata-se que após um tempo de, aproximadamente, 120 min não ocorrem mudanças significativas na altura do material sedimentado. Para as operações industriais contínuas, o tempo de permanência no decantador para se obter uma altura de interface igual a 12 cm, deve ser igual a 60 min e o comportamento apresentado para o curtume 3 é semelhante ao apresentado pelo curtume 2. A Figura 3 apresenta a curva de ensaio de sedimentação para o curtume 2 e a Figura 4 para o curtume 3, onde ambas utilizam como precipitante a soda cáustica comercial líquida 50%.



**Figura 3 - Curva de ensaio do curtume 2, usando soda cáustica comercial líquida 50%.**

**Figura 4 - Curva de ensaio do curtume 3, usando soda cáustica comercial líquida 50 %.**

Quando o precipitante utilizado foi a soda cáustica a curva de sedimentação indica que após, aproximadamente, 80 min a altura do sedimentado não sofre variação significativa. Dessa forma, para um processo em batelada, espera-se um menor tempo para descartar o clarificado e remover a umidade do lodo sedimentado. Para o curtume 3 em relação ao curtume 2, conclui-se que o tempo de sedimentação, usando-se a soda cáustica é superior. Isso mostra a importância da determinação do precipitante de acordo com o processo industrial, não podendo generalizar os resultados obtidos.

Na análise e caracterização do clarificado determinou-se o pH final, a interferência do tempo de agitação e a concentração de Cr III no clarificado, usando uma rotação de 50 rpm e os resultados podem ser observados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Caracterização do clarificado.**

Curtume 1					
Amostras	pH final	Rotação (rpm)	Tempo de agitação (h)	pH clarificado	Concentração de Cr III (mg L <sup>-1</sup> )
A	8	50	2	5.90	40.53
B	8	50	2	6.21	36.96
C	8	50	2	6.40	44.52
A1	8	50	4	7.98	12.28
B1	8	50	4	6.79	16.31
C1	8	50	4	6.73	14.99
D	10	50	2	8.17	1.46
E	10	50	2	8.45	1.37
F	10	50	2	8.49	1.32
D1	10	50	4	8.69	1.40
E1	10	50	4	8.99	1.13
F1	10	50	4	8.89	1.55

As médias das concentrações de Cr III para as amostras foram às seguintes:

- faixa de pH 8 e tempo de rotação de 2 h: 40.67 mg L<sup>-1</sup> de Cr III;
- faixa de pH 8 e tempo de rotação de 4 h: 14.53 mg L<sup>-1</sup> de Cr III;
- faixa de pH 10 e tempo de rotação de 2 h: 1.38 mg L<sup>-1</sup> de Cr III;
- faixa de pH 10 e tempo de rotação de 4 h: 1.36 mg L<sup>-1</sup> de Cr III.

As amostras D a F referentes ao curtume 3 apresentaram valores ainda um pouco acima do CONAMA 357 (2005) que limitam a concentração de cromo em 0.5 mg Cr L<sup>-1</sup>. Freitas & Melnikov (2006) compararam dois curtumes sendo que o curtume que não utilizava reciclo do curtimento apresentou concentrações que variaram de 3.47 a 28.10 mg Cr L<sup>-1</sup> e o curtume que utilizava o reciclo manteve concentrações menores entre 0.74 a 7.55 mg Cr L<sup>-1</sup>, semelhantes às obtidas neste trabalho e também superiores

às permitidas. Mesmo com essas concentrações no efluente tratado, o sistema apresentou maior eficiência. Pode-se observar que ocorreram grandes variações dos dados sendo que as emissões de cromo no meio ambiente não apresentam estabilidade. Os valores obtidos da quantificação do precipitado podem ser visualizados na Tabela 8.

**Tabela 8 - Quantidade de hidróxido de cromo sedimentado.**

Curtumes	1	2	3
Quantidade de Cr(OH) <sub>3</sub> Sedimentada (g)	6.382	4.819	5.392
	5.964	4.659	6.788
	5.924	5.968	6.768
	5.710	5.384	6.741
Média	5.881	5.320	6.357
Desvio Padrão	0.281	0.594	0.687

A quantidade média de hidróxido de cromo sedimentado é de 5.881, 5.320 e 6.357 g para as amostras dos curtumes 1, 2 e 3 respectivamente, sendo que o resultado da amostra do curtume 3 apresentou uma quantidade maior de sedimentado que pode ter como explicação o fato de ter sido usada a soda cáustica que em contato com o ar forma carbonato, que também sedimentou, proporcionando uma quantidade de sedimentado maior em relação às outras amostras. Este também pode ser o motivo de se ter gastado um volume menor desse precipitante nos testes.

## Conclusões

Os melhores resultados foram obtidos com o pH 10, pois a formação de cromito foi pequena, havendo uma maior sedimentação e a concentração de Cr III no clarificado, nesta faixa de pH foi menor. O tempo de agitação para o pH 10 não interferiu na concentração de cromo presente no clarificado, já para a faixa de pH 8 essa interferência foi bem significativa. O clarificado obtido na precipitação não pode ser descartado diretamente no corpo receptor, levando-se em consideração o padrão de lançamento determinado pelo CONAMA 357 (2005).

## Agradecimentos

A Capes e ao CNPq pelo apoio financeiro.

## Referências

- Barros, M.A.S.D. et al. *Problemas Ambientais com Soluções Catalíticas*. 1. ed. Madrid, España, 2001.
- Barros, M.A.S.D.; Souza-Aguiar, E.F. *O Processamento de Peles*. Departamento de Engenharia Química da UEM, Maringá, 2001.
- Castilhos, D. D.; Tedesco, M. J.; Vidor, C. Rendimento de culturas e alterações químicas do solo tratado com resíduos de curtume e crômio hexavalente. *Ciência do Solo*, v. 26, p. 1083-1092, 2002.

Cavallet, L. E.; Selbach, P. A.; Gianello, C. Concentração de crômio no sistema solo-planta-percolado em função da aplicação de resíduos de curtume em um argissolo de Estância Velha (RS). *Scientia Agraria*, v.8, n.1, p.87-93, 2007.

Centro das Industrias de Curtumes do Brasil – CICB e a Agência de Promoções de Exportações – APEX, Couro brasileiro. Disponível em: <<http://www.brazilianleather.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2005.

Claas, I. C.; Maia, R. A. M. *Manual básico de resíduos industriais de curtume*. Centro Tecnológico do Couro - SENAI. Ed. SENAI/FIERGS/CNPq; Estância Velha, 1994.

Coiado, M. F. L.. Caracterização e disposição final dos resíduos sólidos gerados em curtume (estudo de caso). In: 20º Congresso da ABES, Rio de Janeiro, 1999. Anais eletrônicos do 20º Congresso da ABES, 1999.

Foust, A. S. *Princípios das Operações Unitárias*. LTC - Livros Técnicos e científicos. S.A: Rio de Janeiro, 1982.

Freitas, T. C. M.; Melnikov, P. O uso e os impactos da reciclagem de cromo em indústrias de curtume em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol.11, n. 4 p.305-310, 2006.

Hoinacki, E. *Peles e Couros: origens, defeitos, industrialização*, Serviço Nacional de Aprendizado Industrial-Departamento regional do Rio Grande do Sul, 1989.

Nunes, J. A. Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais. 3. ed. Triunfo Ltda, 2001.

Silva, F. M. da; Lacerda, P. S. B de; Junior, J. J. Desenvolvimento sustentável e química verde. *Química Nova*, v.28, n. 1, p. 103-110, 2005.