

## Disposição e Tratamento de Resíduos Sólidos de Curtumes em Aterros Sanitários - Aparas de Couros

**Beatriz Stoll Moraes**

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS - Caixa Postal 15029  
91501-970 Porto Alegre, RS - [bstoll@bol.com.br](mailto:bstoll@bol.com.br)

**Francisco Ricardo Andrade Bidone**

Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/UFRGS - Caixa Postal 15029  
91501-970 Porto Alegre, RS - Fone: (51) 3316-6662 - Fax: 3316-6565 - [bidone@if.ufrgs.br](mailto:bidone@if.ufrgs.br)

Recebido: 14/02/01 - revisão: 13/08/01 - aceito: 28/01/02

---

### RESUMO

Os efluentes líquidos e os resíduos sólidos de curtumes são responsáveis por grande parte da poluição provocada pelo lançamento de metais pesados nos rios que compõe a Bacia do Vale do Rio dos Sinos.

Hoje em dia, grande parte dos resíduos sólidos está sendo reciclada, mas ainda longe de ser uma solução definitiva para o problema. Devido a isso, este trabalho teve como objetivo principal estudar a viabilidade da disposição das serragens de couros "wet blue" e das aparas de couros acabados e semi-acabados excedentes em células de aterro sanitário, levando em consideração os prováveis efeitos atenuadores da matéria orgânica sobre os metais pesados presentes, com ênfase ao cromo. Como objetivos complementares, analisou-se os percolados gerados em lisímetros (simulação de disposição inadequada no solo) e o comportamento dos resíduos frente condições agressivas de temperatura e pH ("aquários").

Os resultados finais comprovam os riscos de contaminação quando os resíduos industriais em questão são dispostos em locais tecnicamente inadequados ("lixões") e a possibilidade de se tratar os mesmos em aterros sanitários utilizando-se a codisposição com a matéria orgânica.

**Palavras-chave: resíduos sólidos; aterros sanitários.**

---

### INTRODUÇÃO

A região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, distante 40 km da cidade de Porto Alegre, é considerada o pólo coureiro-calçadista mais importante do Brasil. Suas empresas são responsáveis por uma produção de 13.000 couros/dia, gerando, aproximadamente 60 toneladas de resíduos/dia (1 kg de resíduos/m<sup>2</sup> de couro acabado).

Os resíduos sólidos são constituídos de serragens, pós e aparas de couros "wet blue", couros acabados e semi-acabados e, também, pelos lodos provenientes dos ciclos de caleiro (etapa de retirada dos pêlos), banhos ao cromo (etapa de curtimento), das estações de tratamento de efluentes e outros tipos de resíduos, considerados menos perigosos. Estes resíduos podem ser dispostos em aterros particulares especiais, aterros coletivos particulares (como: FUNRESOLI, UTRESA) e aterros comuns, mais conhecidos por "lixões".

Além do cromo, outros metais também podem ser encontrados nestes resíduos, como alumínio, cádmio, ferro, chumbo e níquel, que fazem parte da composição das tintas e lacas utilizadas no tingimento e acabamento dos couros.

Nos resíduos em estudo foram realizados testes de lixiviação (NBR 10.005) e de solubilização (NBR 10.006), que forneceram a classificação como CLASSE I-PERIGOSOS (NBR 10.004 da ABNT, 1987). Caso estes resíduos sejam armazenados inadequadamente, em contato com a água da chuva geram efluentes (percolados) com características fora dos padrões de emissão estabelecidos pela Legislação (Portaria nº5 da Secretaria de Saúde e Meio Ambiente do Estado), podendo contaminar tanto as águas superficiais e subterrâneas como o solo.

Existe muita polêmica com relação aos efeitos que o metal cromo pode causar na natureza (solo e meio hídrico). Quando na forma trivalente, é considerado pouco tóxico, mas quando presente na

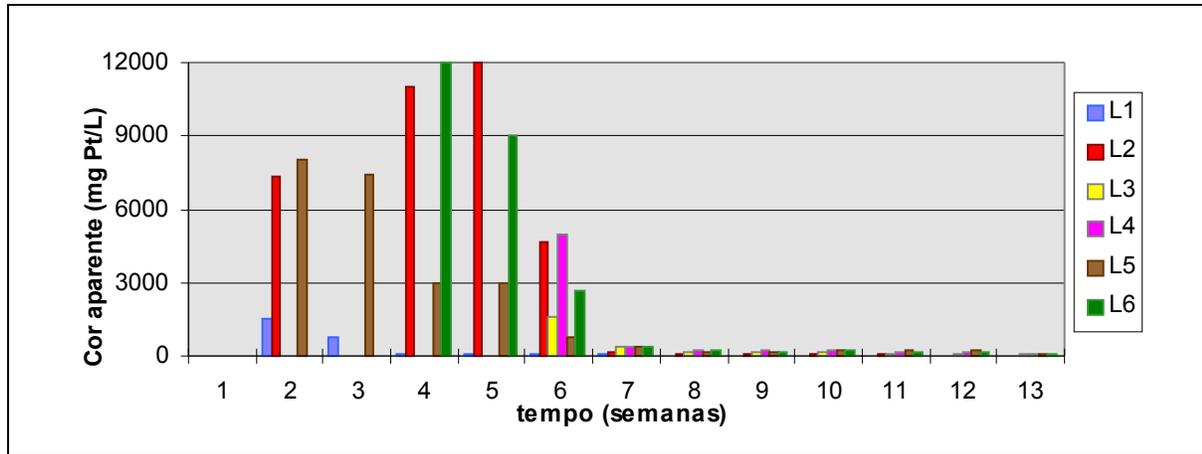


Figura 1. Variação da cor aparente (mg Pt/L) nos percolados dos lisímetros - Fase 1.

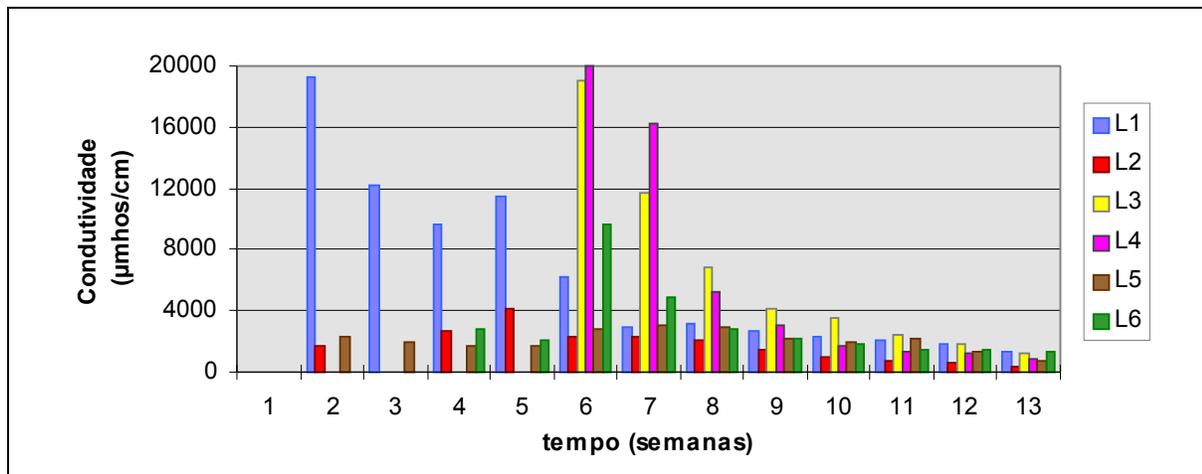


Figura 2. Variação da condutividade (µmhos/cm) nos percolados dos lisímetros - Fase 1.

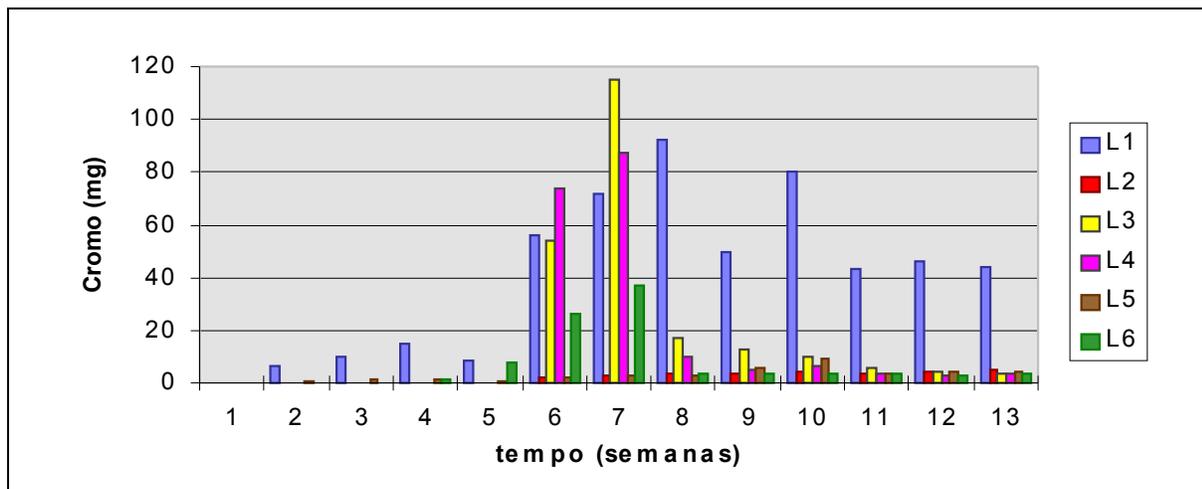


Figura 3. Variação da carga de cromo (mg) nos percolados dos lisímetros durante a Fase 1.

**Tabela 1. Resultados obtidos em concentração e carga de cromo - Fase 1 - rega com água destilada pH 6,7.**

semana	L1 - "wet blue" carga (mg)	L2 - preto semi-acab. carga (mg)	L3 - preto acab. carga (mg)	L4 - marrom semi-acab. carga (mg)	L5 - marrom acab. carga (mg)	L6 - verde e branco carga (mg)
2	6,4	0,1	x	x	0,5	x
3	10,4	x	x	x	1,1	x
4	14,6	x	x	x	1,3	1,4
5	8,8	x	x	x	0,8	7,7
6	55,7	2,1	53,7	73,6	2,0	25,9
7	71,5	3,0	114,8	86,8	3,0	37,1
8	91,6	3,3	16,6	9,6	3,1	3,4
9	50,1	3,6	13,2	4,9	5,4	3,9
10	79,5	4,3	9,7	6,6	9,5	3,7
11	42,6	3,5	6,0	3,9	3,6	3,7
12	45,6	4,1	4,5	2,8	4,3	2,8
13	44,3	5,0	3,6	3,4	4,3	3,7

forma hexavalente, pode causar graves danos à saúde, como hemorragias intestinais graves, anemia severa e pneumoconiose (Larini, 1993; Shivas, 1978; Macchi et al., 1991).

Hoje em dia, uma grande parte dos resíduos sólidos de curtume está sendo reciclada, como o lodo do reciclo de caleiro (rico em cálcio) utilizado como corretivo na acidez do solo. As aparas podem ser utilizadas em artesanatos para a confecção de bolsas e peças de vestuário ou, juntamente com as serragens de couro "wet blue", podem ser recicladas, utilizando tecnologia semelhante a do papel (recouro), na confecção de bolsas, cintos e palmilhas de calçados. Alguns curtumes recuperam o cromo utilizando hidrólise-ácida, processo que ainda não é economicamente atrativo, mas poderá ser uma solução para o futuro.

Algumas pesquisas na área de resíduos sólidos foram realizadas no próprio IPH, na tentativa de utilizar a serragem de couro "wet blue" como auxiliar no tratamento de efluentes.

Uma delas foi desenvolvida por Cotrim (1997), com o intuito de tratar percolados de aterro sanitário com baixa concentração de matéria orgânica, utilizando materiais baratos como recheio para filtros percoladores aeróbios. O filtro que apresentava o "wet blue" como recheio apresentou indícios de degradação passando de Classe I (perigoso) para Classe II (não inerte), além de apresentar maior porcentagem de redução dos parâmetros analisados, o que permitiria a sua disposição em aterros sanitários municipais.

Outra pesquisa foi realizada por Souza (1999), com o objetivo de estudar o desempenho de filtros biológicos aeróbios com meio suporte de "wet blue", em tratamento de esgotos sanitários à

baixa taxa de aplicação. Os resultados foram animadores com relação à remoção de coliformes fecais (redução de praticamente 100%). Da mesma maneira, o meio suporte de classificação Classe I passou à Classe II.

Este trabalho, agregado aos referidos anteriormente, fornece dados relativos ao comportamento das aparas de couro acabados e semi-acabados e "wet blue" quando:

- dispostos em lisímetros simulando situações comuns de disposição inadequada no solo;
- expostos a situações agressivas de pH e temperatura em testes realizados nos "aquários" e;
- codispostos em células piloto de aterros sanitários para a atenuação dos metais pesados através da complexação e adsorção pela matéria orgânica presente, utilizando a digestão anaeróbia como forma de tratamento prático e econômico para o resíduo em estudo.

A metodologia utilizada e os resultados obtidos serão descritos adiante.

## METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado em três etapas distintas. As duas primeiras serviram de subsídio para a terceira, ou seja, forneceram dados complementares com relação aos metais lixiviados

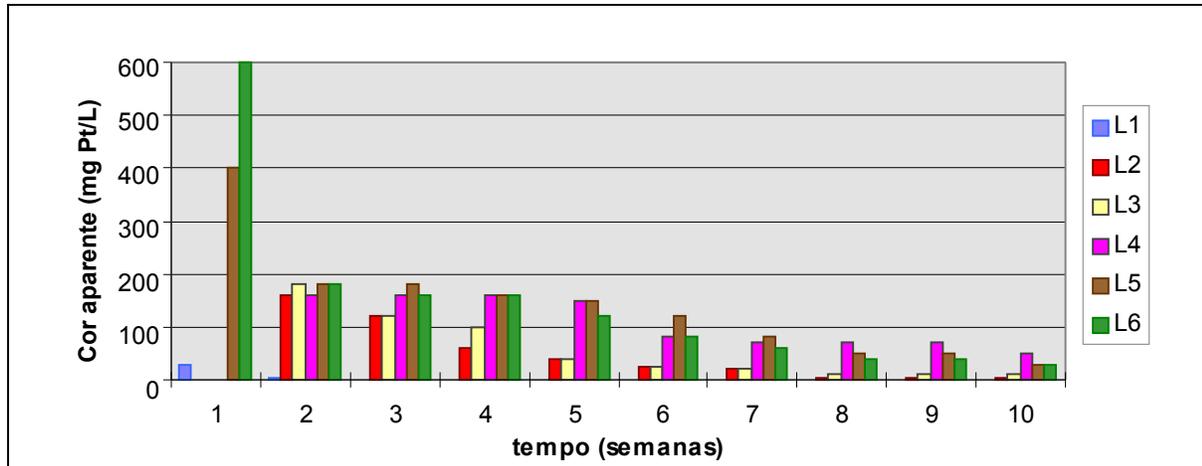


Figura 4. Variação da cor aparente (mg Pt/L) nos percolados dos lisímetros - Fase 2.

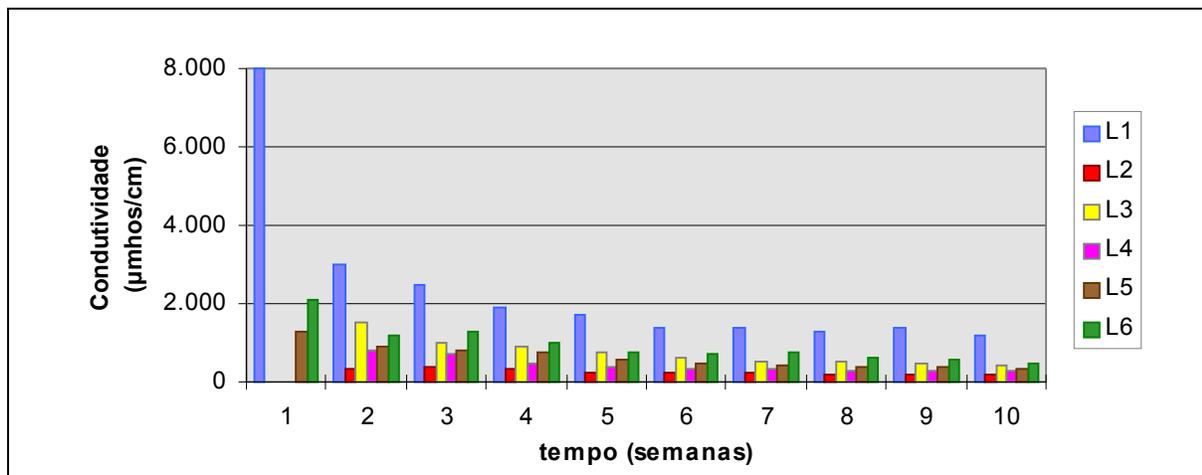


Figura 5. Variação da condutividade (µmhos/cm) nos percolados dos lisímetros - Fase 2.

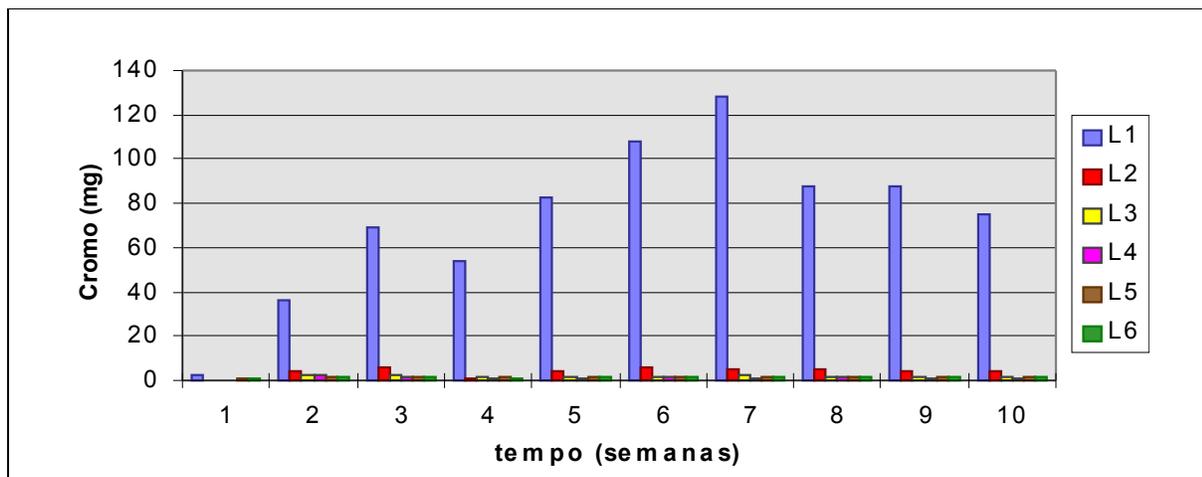


Figura 6. Variação da carga de cromo (mg) nos percolados dos lisímetros durante a Fase 2.

**Tabela 2. Resultados obtidos em concentração e carga de cromo - Fase 2 - rega com água destilada acidulada pH 3.**

semana	L1 - "wet blue" carga (mg)	L2 - preto semi-acab. carga (mg)	L3 - preto acab. carga (mg)	L4 - marrom semi-acab. carga (mg)	L5 - marrom acab. carga (mg)	L6 - verde e branco carga (mg)
1	2,4	x	x	x	0,7	1,2
2	36,2	4,4	2,7	2,5	1,6	1,7
3	68,7	5,6	2,5	1,5	1,5	1,9
4	53,9	1,1	1,3	0,7	1,3	1,1
5	82,8	4,1	1,6	0,9	1,6	1,3
6	108,0	5,7	1,9	1,3	2,1	1,4
7	127,6	5,3	2,3	1,2	2,0	1,6
8	88,3	5,4	1,8	1,3	1,8	1,4
9	88,2	4,5	2,1	1,0	1,4	1,3
10	75,4	4,6	1,3	0,9	1,4	1,3

e algumas características físicas do líquido percolado. Resumidamente as etapas foram as seguintes:

- 1ª etapa: foram construídos lisímetros que simularam a situação de disposição dos resíduos sólidos estudados *in natura* de forma tecnicamente inadequada. Esta etapa foi dividida em duas fases que se diferenciaram pelo pH de rega: Fase 1 - rega com água destilada pH 6,7 e Fase 2 - com água destilada acidulada a pH 3,0.
- 2ª etapa: foram montados recipientes com agitação e aquecimento denominados de "aquários" para a realização do estudo da liberação do metal cromo presente nas aparas, frente a condições mais agressivas de pH e temperatura.
- 3ª etapa: foram construídas células piloto de aterro sanitário, controlando-se o processo pela análise dos líquidos percolados. O líquido percolado na primeira célula foi gerado pelo processamento coadjuvado pela precipitação natural, enquanto que na segunda, este foi gerado pela simulação da precipitação média anual da cidade de Porto Alegre, RS com quantidades correspondentes a volumes diários, sistemática e diariamente aplicadas sobre os resíduos.

Os resíduos utilizados na pesquisa foram: aparas de couros acabados e semi-acabados nas cores marrom e preto (cores da moda atual nacional); verde e branca (cores da moda atual internacional) e; serragem de couro "wet blue", considerado o resíduo de maior volume dentro de um curtume. O material foi doado por uma empresa da região.

As três etapas foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologias Ambientais do IPH.

## Montagem dos experimentos

**1ª etapa - lisímetros** - A simulação de células de aterros sanitários foi realizada em lisímetros, montados em tubos PVC (água) de 400 mm de diâmetro e 1 m de profundidade, com dreno ao fundo de 15 mm de diâmetro e 20 mm de camada drenante de brita nº02. Os resíduos foram separados por cor e acabamento e colocados 8 kg no lisímetro, conforme fornecido pelo curtume. Cada lisímetro recebeu uma identificação e foram assim relacionados:

1. *wet blue*;
2. preto semi-acabado;
3. preto acabado;
4. marrom semi-acabado;
5. marrom acabado;
6. verde acabado e branco semi-acabado (1:1 em peso).

Pela parte superior do lisímetro, foi feita a rega com água destilada em quantidade que simulava a precipitação média da cidade de Porto Alegre (1200 mm/ano), o que resultou na aplicação diária de 0,5 l/d. O líquido percolado foi coletado através de dreno de fundo e armazenado em garra-

fas plásticas e à baixa temperatura, obedecendo as técnicas de conservação para cada análise específica. Diariamente, foram coletadas amostras, compondo-se uma amostra semanal, que foi analisada DQO, NTK, sais ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) e metais (Cr, Cd, Fe, Pb, Ni, Zn, Al, Cu). As características físicas cor, pH, turbidez e condutividade, foram medidas diariamente. O procedimento analítico teve a duração de 13 semanas (na 1ª Fase) e 10 semanas (na 2ª Fase). As análises foram realizadas de acordo com APHA - Standard Methods.

**2ª etapa: “aquários”** - Nesta etapa, foram utilizados “aquários” propriamente dito, montados em vidro temperado com dimensões de 0,40 x 0,43 x 0,40 m e equipados com aquecedor elétrico e agitador eletromecânico. Em cada teste foi utilizado 250 g de aparas do couro em estudo, em 25 l de água destilada e submetidos à agitação e temperatura controlados. A cada uma hora foi retirada uma amostra do banho, analisando-se, em seis amostras coletadas ao longo do teste, pH (para constatar pH constante) e concentração do metal Cr.

Primeiramente foi mantida a temperatura constante e o pH variável e, após pH constante e temperatura variável. Os pH testados foram: 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 para a temperatura constante em 25°C e as temperaturas testadas (somente para a serragem de couro “wet blue”) foram de 40, 50, 60 e 70°C com pH constante em 2 (pH mais fácil de ser mantido e com boa solubilização de cromo determinado nos testes à temperatura constante).

Este ensaio teve a duração de 8 semanas.

**3ª etapa: células piloto de aterro sanitário** - Nesta etapa, construiu-se duas células de aterro sanitário, com dimensões de 2,0 x 2,0 x 1,20 m. As células foram preenchidas com volumes de aparas de couro e serragem de couro “wet blue” e aparas dos couros acabados e semi-acabados, e matéria orgânica (sobras do Restaurante Universitário), na proporção, em volume, de 1:1. Uma das células (Célula 2) foi submetida à situação de rega controlada (21 l/d), aplicando-se o volume correspondente à precipitação média anual de Porto Alegre (1.200 mm); a outra (Célula 1), foi deixada exposta integralmente à intempérie, a não ser do recobrimento normal do material com uma camada de 0,20 m de saibro. Os líquidos lixiviados/percolados de cada célula (amostras diárias e/ou semanais) foram analisados em termos de pH, cor, potencial redox, condutividade, DQO, Amônia, NTK e metais (Cr, Cd, Ni, Pb, Zn, Al, Cu, Fe). A observação teve a duração de 14 semanas (até 08/01/1999).

**Tabela 3. Concentração de cromo (mg/L) encontrada nos “aquários” para a serragem de couro “wet blue” para pH 2 e temperatura variável.**

hora	L1 - “wet blue”			
	40°C	50°C	60°C	70°C
1	4,3	7,3	11	25
2	12	15	29	32
3	20	30	42	72
4	32	46	48	64
5	38	57	65	72
6	41	65	73	98

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Lisímetros

Durante a operação de rega dos lisímetros, ocorreram diferenças no tempo de detenção hidráulico. Isto foi devido às diferenças no grau de acabamento que cada conjunto de aparas recebeu ainda na indústria, dificultando ou não o entumescimento do material. Observou-se que as 6ª e 8ª semanas foram as críticas durante o desenrolar da Fase 1 - rega com água destilada pH 6,7, onde ocorreram picos máximos de cargas, diminuindo abruptamente nas semanas seguintes para todos os parâmetros analisados, como pode ser observado na Figura 1 para o parâmetro cor aparente e na Figura 2 para o parâmetro condutividade.

O metal pesado cromo para a Fase 1, comportou-se igualmente aos outros parâmetros, sendo elevados até as 6ª e 8ª semanas, decaindo nas semanas seguintes a valores próximos aos permitidos pela Legislação do Estado do Rio Grande do Sul, com exceção para o Lisímetro 1 contendo “wet blue” que diminuiu em menor proporção (Tabela 1 e Figura 3).

Os valores apresentados nas tabelas e gráficos que estão expressos em termos de cargas, foram assim colocados para melhor expressar a redução dos parâmetros analisados.

Na Fase 2 (rega com água acidulada pH 3) os parâmetros analisados apresentaram valores altos somente nas duas primeiras semanas, decaindo rapidamente após este período, como pode ser observado nas Figuras 4 e 5 relativas a cor aparente e a condutividade. O mesmo aconteceu para o metal cromo (Tabela 2 e Figura 6).

Na Fase 2 o metal pesado cromo para os Lisímetros 2 a 6 praticamente se manteve inalterado

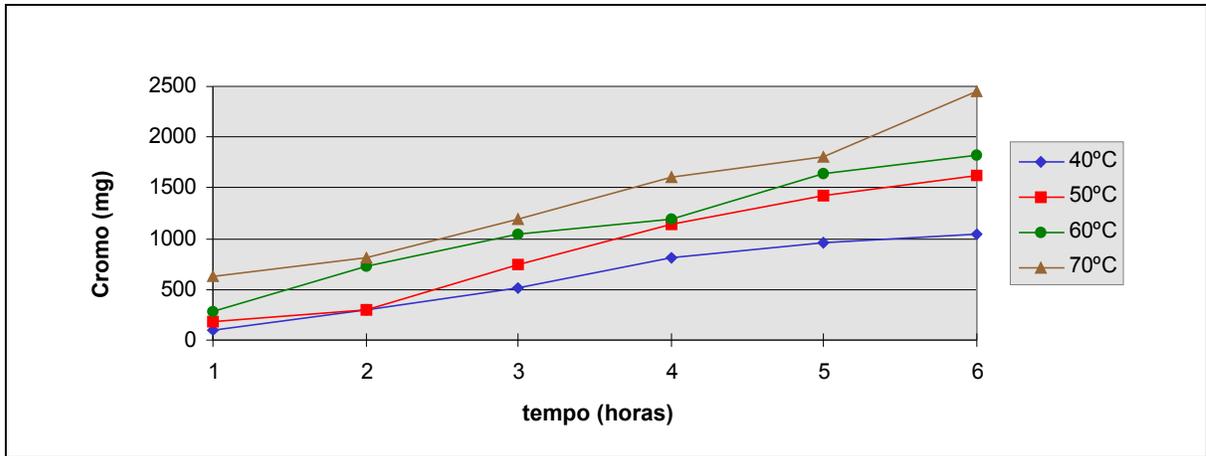


Figura 7. Cargas de cromo (mg) encontradas no teste em aquário para temperaturas diferentes - L 1 (“wet blue”).

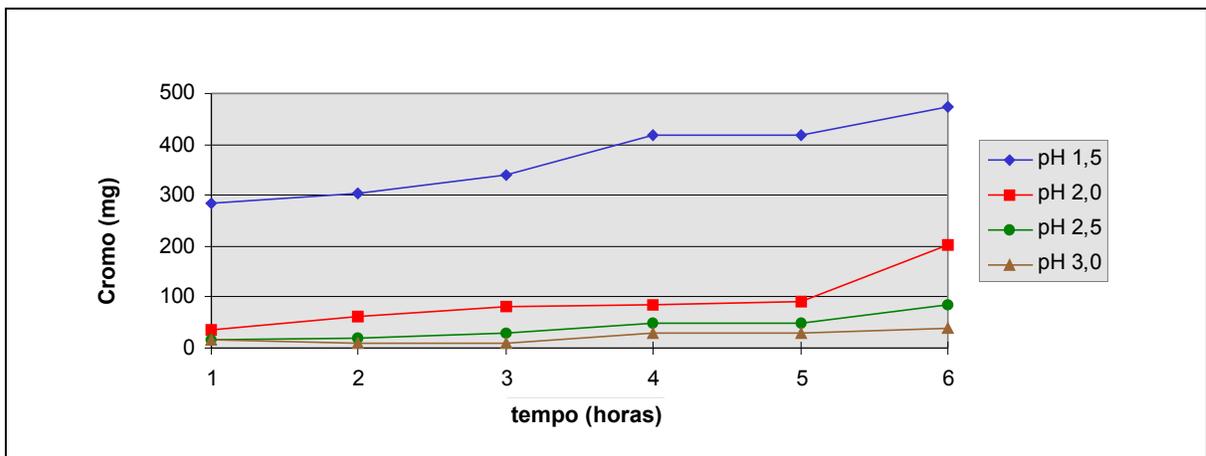


Figura 8. Cargas de cromo (mg) encontradas no teste em aquário para pH diferentes - L 1 (“wet blue”).

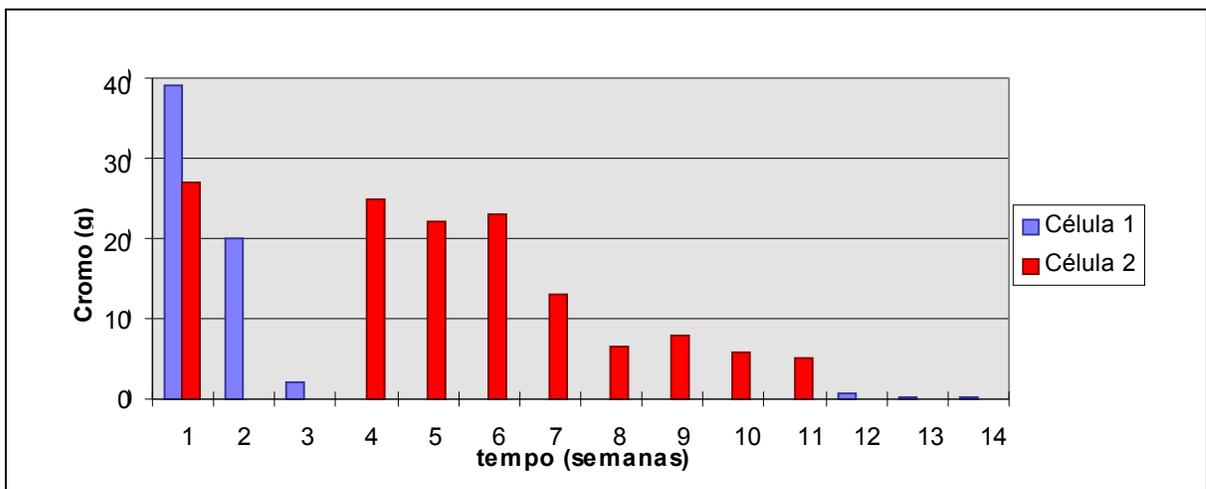


Figura 9. Variação da carga de cromo (g) nos percolados das células de aterro sanitário.

**Tabela 4. Concentração de cromo (mg/L) encontrada nos “aquários” para os diferentes tipos de couros para pH variável e temperatura ambiente.**

hora	L1 - “wet blue”				L2 - preto semi-acab.			
	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0
1	11,3	1,4	0,6	0,6	6,4	1,2	1,0	1,4
2	12,2	2,5	0,8	0,4	10,0	1,8	1,4	2,0
3	13,6	3,3	1,2	0,4	13,8	2,4	1,6	2,6
4	16,7	3,4	2,0	1,2	15,8	3,0	2,0	3,8
5	16,7	3,7	2,0	1,2	25,2	3,4	2,2	4,2
6	18,9	8,1	3,4	1,6	27,0	3,8	2,8	5,0
hora	L3 - preto acab.				L4 - marrom semi-acab.			
	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0
1	6,6	2,2	1,4	2,0	1,5	2,0	1,8	0,6
2	11,8	3,4	2,0	2,8	8,7	2,8	2,6	1,4
3	16,2	4,4	2,2	3,4	13,6	3,8	2,8	2,2
4	26,4	5,6	2,8	4,0	15,9	5,0	3,6	2,4
5	30,6	6,2	3,2	4,6	18,1	5,4	4,8	2,8
6	34,2	6,6	3,4	5,2	20,1	5,8	5,2	3,4
hora	L5 - marrom acab.				L6 - verde e branco			
	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0	pH 1,5	pH 2,0	pH 2,5	pH 3,0
1	2,6	0,8	0,2	0,4	4,4	1,6	1,4	0,6
2	4,1	0,6	0,2	0,3	9,5	2,4	1,8	1,5
3	8,5	0,6	0,4	0,3	11,3	2,6	2,6	1,7
4	8,6	0,6	0,4	0,3	12,4	3,2	2,8	2,0
5	9,4	0,6	0,6	0,3	12,9	3,4	3,2	2,4
6	10,4	0,6	0,6	0,4	17,8	3,6	3,6	2,5

(valores baixos), com exceção para o Lisímetro 1 (“wet blue”) que aumentou consideravelmente os valores de cromo lixiviados pela rega a pH baixo (Figura 6). Isto é devido a alta solubilidade dos sais de cromo em pH baixos (pH < 3,4) e a falta de acabamento deste material.

O cromo que é lixiviado, independente da fase, é aquele que está depositado na superfície do couro. Sem a cobertura (um acabamento), este é “lavado” pela água. O cromo que está no interior do couro, este não pode ser lixiviado. Ele está aprisionado no interior das fibras do colágeno. Da mesma forma que ocorre quando uma apara é depositada inadvertidamente na beira de um rio ou estrada, o excesso de cromo é lixiviado pela água da chuva. Se esta for ácida, o cromo carreado será ainda maior. É esta observação que foi comprovada com esta etapa e a seguinte do experimento.

### “Aquários”

Para a liberação do cromo aprisionado entre as fibras, é necessário baixos pH e altas temperaturas. Este processo é chamado de “hidrólise-ácida”. Esta hidrólise foi então realizada nos testes desenvolvidos nos “aquários”.

Podem ocorrer pH baixos na fase acidogênica em um aterro sanitário, mas temperaturas tão elevadas como as testadas, não foram encontradas naturalmente.

Nos testes realizados em “aquários” pode-se observar que para pH diferentes e a temperatura constante, quanto menor o pH, maior a carga de cromo solubilizada. Igualmente quanto maior a temperatura (pH constante), maior a carga de cromo solubilizada (Tabela 4).

Para temperaturas maiores que 70°C ocorre ainda, o fenômeno de hidrólise que provoca o desmantelamento das fibras de colágeno, liberando uma quantidade bem maior de cromo do que em temperaturas menores (Tabela 3).

### Células de aterro sanitário

Com o suporte do comportamento dos parâmetros nos experimentos anteriores, pode-se analisar os valores obtidos de forma mais conclusiva.

As células apresentaram comportamento bem diferenciado. A Célula 1, que foi deixada à intempérie, forneceu resultados bem interessantes com relação às cargas lixiviadas de cromo. Houve

uma redução drástica destes valores (Figura 9). Isto pode ser devido a uma geração de ácidos voláteis (Figura 10) em valores dentro do esperado para processos de digestão anaeróbia e pela presença de matéria orgânica, que é sabido possuir capacidade atenuadora sobre metais pesados.

O aumento rápido de pH ocasionado pela diminuição de acidez (geração de alcalinidade no meio), favoreceu o declínio das cargas de cromo lixiviadas na Célula 1.

A constante rega sobre a Célula 2, talvez de maneira não adequada, prejudicou o processo anaeróbio e a ação atenuadora da matéria orgânica presente. Houve geração demasiada de ácidos voláteis e manutenção por muito mais tempo de pH baixos, o que provocou uma carga de cromo lixiviada bem maior que a observada na Célula 1 (Figura 9).

Os demais parâmetros comportaram-se dentro do esperado para uma digestão anaeróbia, como pode ser exemplificado com alguns como os ilustrados nas Figuras 11 a 14.

Potenciais redox negativos como os observados nas Figuras 11 e 12, expressam ambientes anaeróbios.

Em ambas as células pode-se observar a inversão de valores de Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK-N) para amônia, mesmo sendo discretos como aqueles para a Célula 1.

## CONCLUSÕES

### Lisímetros

Na simulação de uma situação de disposição inadequada de resíduos sólidos de curtumes utilizando-se lisímetros, pode-se concluir que o grau de acabamento influi na lixiviação dos metais presentes, em especial o cromo. Por não apresentar qualquer tipo de acabamento, o L1 (*wet blue*) apresentou a maior carga de cromo lixiviada de todos os lisímetros, independente da fase. Os outros couros lixiviam em concentrações elevadas inicialmente (na fase com rega com água destilada a pH 6,7), decaindo rapidamente ao longo do período de estudo, mantendo-se em concentrações baixas.

Após a Fase 2, onde foi utilizado para a rega água destilada acidulada a pH 3,0, os valores analisados baixaram a níveis próximos aos permitidos pela legislação (Portaria nº5 da SSMA). Esta rega a pH 3,0 simulou uma condição extrema que normalmente não ocorre na natureza.

Comprovou-se, assim, que o couro *wet blue* lixivia, inicialmente, grandes quantidades de cromo quando exposto a uma simulação de precipitações na natureza, ainda mais se possuírem caráter ácido.

### Testes a pH e temperaturas diferentes

Nos testes realizados nos aquários, chegou-se à conclusão que quanto menor o pH (à temperatura ambiente) maior a carga de cromo solubilizada, exceto para os couros de coloração preta que, a pH 3,0 solubilizaram uma maior quantidade de cromo que a pH 2,5. Para o teste realizado com temperaturas variadas e pH 2,0 constante para a serragem de couro *wet blue*, concluiu-se que quanto maior a temperatura, maior a carga de cromo solubilizada, podendo ser utilizada como forma alternativa de recuperação de cromo, embora ainda não sendo economicamente atraente.

As solubilizações observadas durante os testes em aquários foram máximas, pois os valores utilizados de pH e temperaturas naturalmente não ocorrem na instância de um aterro sanitário.

### Células piloto de aterro sanitário

As duas células de aterro sanitário comportaram-se de forma diferente.

Com os resultados obtidos para a Célula 1 que foi exposta à intempérie natural, pode-se concluir que houve indícios de que o processo anaeróbio se desenvolveu de maneira satisfatória, atenuando consideravelmente a lixiviação do metal cromo.

O desenvolvimento do processo anaeróbio para a Célula 2, que sofreu simulação da precipitação média anual da cidade de Porto Alegre, através de rega sistemática, foi menos perceptível que na célula anterior. Poderá ter ocorrido uma possível "lavagem" da Célula 2. O parâmetro potencial redox mostra a presença do processo anaeróbio pela

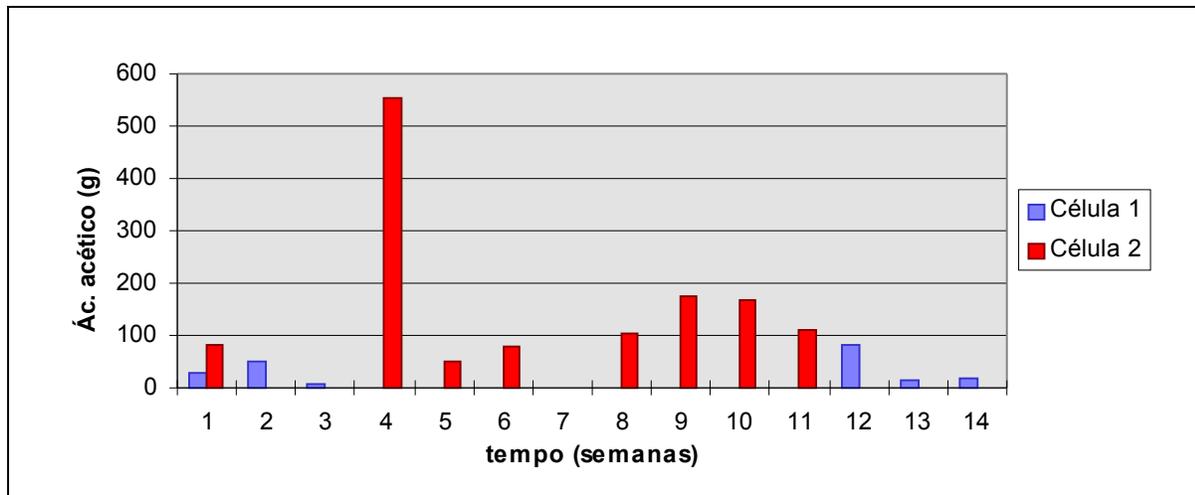


Figura 10. Variação da carga de ácidos voláteis (g ác. acético) nos percolados das células de aterro sanitário.

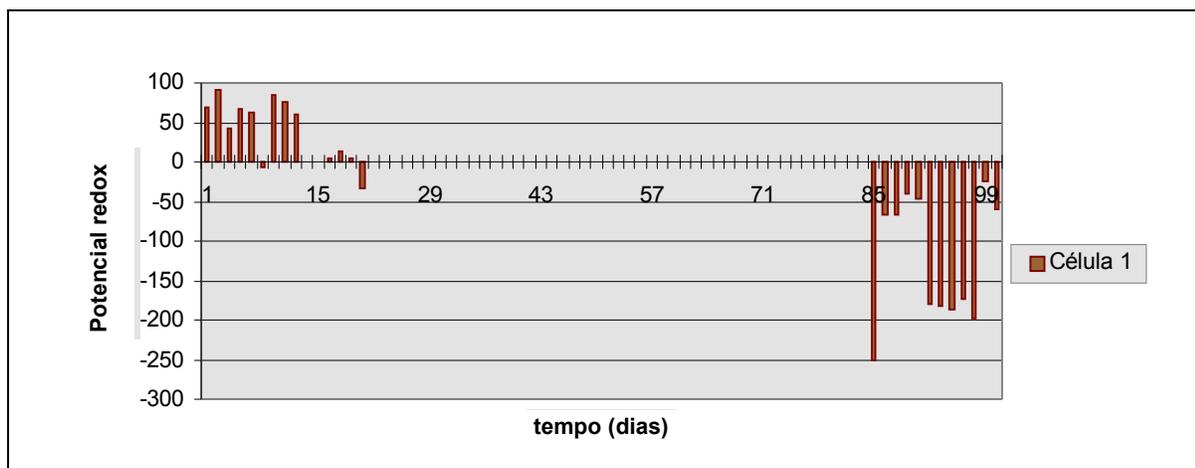


Figura 11. Comportamento do potencial redox do percolado na Célula 1.

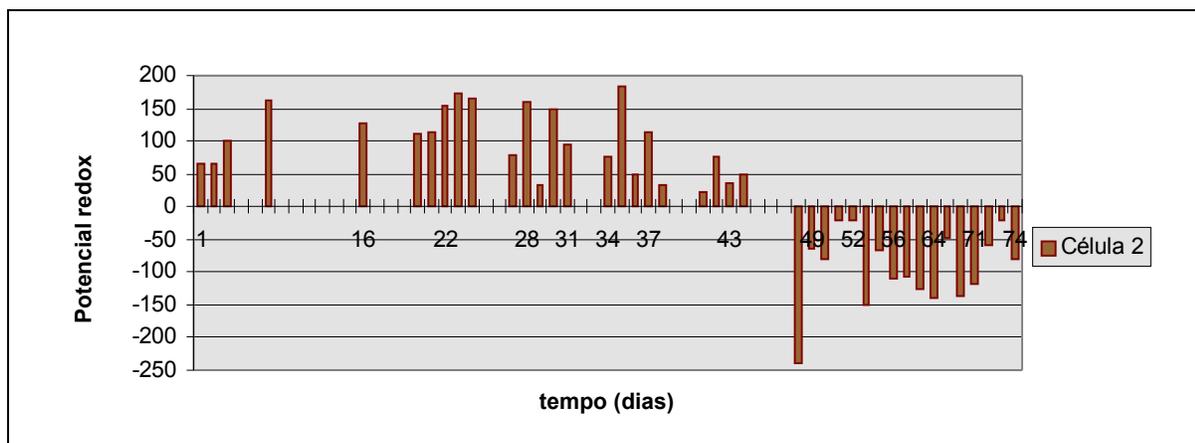


Figura 12. Comportamento do potencial redox do percolado na Célula 2.

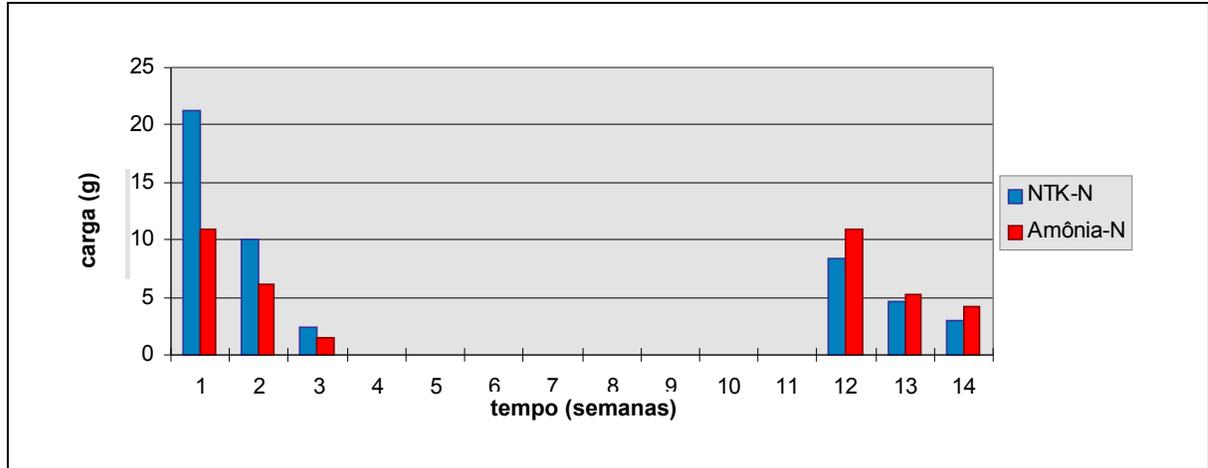


Figura 13. Variação das cargas (g) de NTK-N e amônia-N nos percolados da Célula 1.

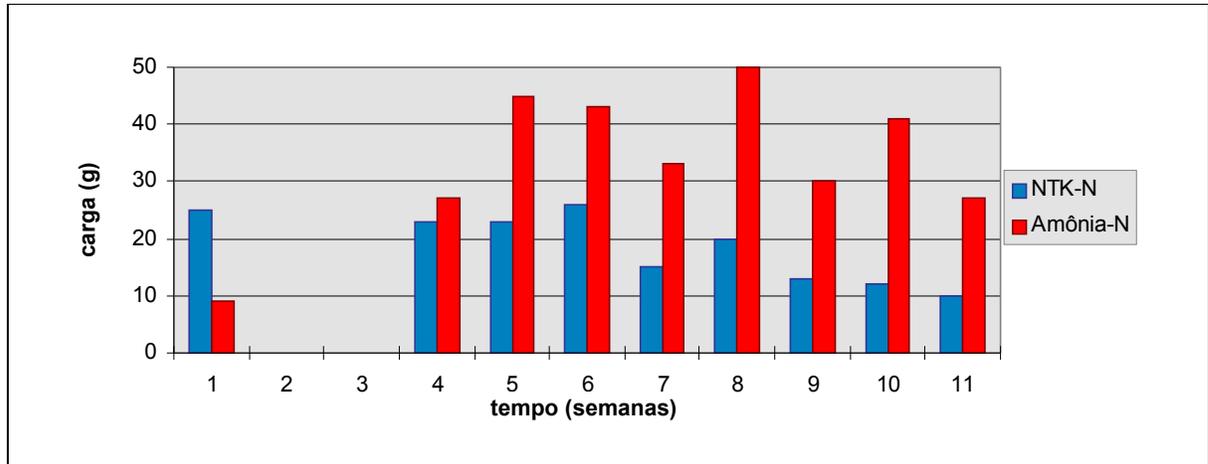


Figura 14. Variação das cargas (g) de NTK-N e amônia-N nos percolados da Célula 2.

presença de valores negativos (Figuras 11 e 12), mesmo que estes ainda não sejam estritamente anaeróbios (valores próximos a 600 e estáveis ao longo do tempo).

O volume de rega dificultou o desenvolvimento natural dos microrganismos anaeróbios através do aumento da quantidade de ácidos voláteis. O pH manteve-se baixo por quase todo período de estudo, facilitando a lixiviação do metal cromo. Para esta célula, a porcentagem de cromo lixiviada foi de 2,6% durante o período de estudo, enquanto que para a célula anterior a porcentagem foi de 1,3%, ou seja, a Célula 1 obteve o dobro de atenuação da lixiviação do metal cromo em relação à Célula 2.

Os resultados das células foram satisfatórios no que diz respeito a possível complexação do metal cromo pela matéria orgânica, já que foi simulada uma condição extrema de grande volume de

aparos para uma mesma quantidade de matéria orgânica.

Em uma célula de aterro sanitário com dimensões reais, o processo deverá reduzir nas primeiras semanas bruscamente as concentrações e cargas de cromo, e este líquido lixiviado poderá ser tratado, conjuntamente com chorume de outras células, sem afetar o desenvolvimento do processo escolhido para tratamento. Em curtumes onde cargas lixiviadas de cromo são mais elevadas que nos aterros, lodos ativados são comumente utilizados.

Com base nos resultados obtidos, viabiliza-se o tratamento das aparos de couros acabados, semi-acabados e serragens de couros "wet blue" em células de aterro sanitários.

Como sugestão para enriquecimento do trabalho seria interessante a realização de novos testes em células de aterros sanitários agora com variação de volumes de matéria orgânica utilizada, para otimização do processo (maior atenuação de cargas de cromo lixiviadas) e período de estudo mínimo de 18 meses (1 ano e 6 meses de sobreposição de resultados para comparação da evolução do processo).

## REFERÊNCIAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1987). *NBR 10.004 - Resíduos Sólidos - Classificação*. Rio de Janeiro, setembro de 1987, 63 p.
- APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (1989). *Standard methods for examination of water and wastewater*. 17 ed., New York, 1268 p.
- COTRIM, S. L. S. (1997). *Filtros aeróbios percoladores aplicados ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários antigos*. Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 120 p.
- LARINI, L. (1993). *Toxicologia*. 2ª Ed. São Paulo: Editora Manole LTDA, 281 p.
- MACCHI, G. et al. (1991). A bench study on chromium recovery from tannery sludge. *Water Research*, vol. 25, n°8, p.1019-1026.
- SHIVAS, STEVEN A. J. (1978). The environmental effects of chromium in tannery effluents. *JALCA*, Cincinnati, Canadá, vol. 73, p.370-377.
- SOUZA, L. F. (1999). *Serragens de couro curtido tipo "wet blue" utilizadas como meio suporte de filtros biológicos destinados ao tratamento de esgoto sanitário*. Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 250 p.

## ***Disposal and Treatment of Solid Waste from Tanneries in Sanitary Landfills – Leather Remnants***

### **ABSTRACT**

*Liquid effluents and solid wastes from tanneries are responsible for much of the heavy metal pollution in rivers of the Rio dos Sinos drainage basin.*

*Although a large part of the solid waste is now reclaimed, there is still far to go before a definitive solution to the problem is achieved. The main objective of the work here reported was therefore to study whether it is feasible to dispose of cut remnants of "wet blue" leather, and of finished and semi-finished leathers, in landfill cells, taking into account the probable attenuating effects of organic matter on the heavy metals present, and of chromium in particular. Secondary objectives were to analyze percolates obtained from lysimeters (simulating inadequate disposal in the soil) and to study the behavior of wastes subject to aggressive temperature and pH conditions.*

*The final results have shown the risk of contamination when industrial wastes are deposited in technically inadequate sites ("rubbish-tips"), and the possibility that they may be treated in sanitary landfills by mixing the leather fragments with organic material.*

*Keywords: solid waste; sanitary landfills.*