

APROVEITAMENTO DO Cr DA SERRAGEM DE COURO PELA ELABORAÇÃO DE UMA LIGA Fe-Cr A PARTIR DE CINZAS DA INCINERAÇÃO COM ALTO TEOR DE P¹

*Claudia Rosane Ribeiro Alves*²

*Pedro Jorge Walburga Keglevich de Buzin*³

*Nestor Cezar Heck*⁴

*Ivo André Homrich Schneider*⁵

Resumo

Os curtumes geram enorme quantidade de resíduos sólidos durante o curtimento de peles, que, por causa do método usado, contêm cromo na sua composição química. Foi realizada uma análise dos processos de tratamento dos resíduos sólidos dos curtumes e da utilização das cinzas da sua incineração. O objetivo geral deste trabalho é mostrar que é possível a utilização do metal contido nas cinzas das aparas incineradas, como matéria-prima na elaboração de uma liga Fe-Cr, mesmo com teores elevados do elemento fósforo.

Palavras-chave: Cromo; Ferroliga FeCr-AC; Serragem do couro.

Cr RECOVERY FROM LEATHER SHAVINGS BY MEANS OF A Fe-Cr-ALLOY PREPARATION FROM INCINERATION ASH WITH HIGH P CONTENT

Abstract

The tanning industry produces large amounts of solid residues during the process of leather tanning, which, because of the method used, have chromium in its chemical composition. A bibliographic analysis was done aimed at the compilation of the several leather shavings treatments and incineration ash uses. General aim of this work is to show that the recycling of the metal contained in leather shavings ash as raw material for Fe-Cr production is possible, even though the presence of high P contents.

Keys words: Chromium; Ferroalloy FeCr-HC; Leather shavings.

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *MSc., aluna de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais, PPGEM; UFRGS, (Porto Alegre-RS)*

³ *MSc., aluno de doutorado, Programa de Pós-Graduação em Eng. de Minas, Metalúrgica e de Materiais, PPGEM; UFRGS, (Porto Alegre-RS)*

⁴ *Dr.-Ing., professor, Núcleo de Termodinâmica Computacional para a Metalurgia, NTCm; Depto. de Metalurgia, UFRGS, (Porto Alegre-RS)*

⁵ *Dr., professor, Laboratório de Estudos Ambientais para Metalurgia, LEAMET; Depto. de Metalurgia, UFRGS, (Porto Alegre-RS)*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Resíduos Sólidos da Indústria Coureiro-Calçadista

O 'curtimento ao cromo' sabidamente confere ao couro propriedades importantes como, por exemplo, maior resistência e estabilidade. Isso se deve basicamente às ligações cruzadas em número adequado, estabelecidas por esse metal (na verdade, grupos hidroxila de compostos de cromo III, que dão uma coloração azulada ao couro, chamado, por isso, *wet blue*), que interligam – mas não limitam – o movimento das fibrilas de colágeno que constituem o couro.⁽¹⁾

Não bastasse isso, se comparado a outros tanantes, o 'curtimento ao cromo' ainda oferece à indústria um menor tempo de processamento. Assim, por esses e outros motivos, ele é praticamente insubstituível, e se constitui no método mais empregado nos curtumes do mundo – em cerca de 80-90 % dos estabelecimentos industriais.⁽²⁾

Infelizmente, há que se levar em conta o fato de que cerca de 40% do total do cromo adicionado ao processo de curtimento acaba por não se ligar ao colágeno, se perde e acaba alojando-se nos resíduos sólidos e líquidos do curtume.⁽³⁾ Isso faz com que, no Brasil, o resíduo sólido seja enquadrado como perigoso (classe I), pela ABNT (códigos de identificação: K193, K194 e K195⁽⁴⁾).

Um agravante, neste caso, é reconhecer que uma tonelada de peles salgadas produz apenas 200 kg - 250 kg de couro acabado, mas cerca de 450 kg - 730 kg de resíduos sólidos (inclusive lodos da ETE), podendo chegar a 1.000 kg – com a metade, aproximadamente, contaminada por Cr.⁽⁵⁾

No Brasil, a produção de couro localiza-se principalmente nas regiões Sul – com 38% – e Sudeste – com 33% do número de couros curtidos e, respectivamente, 44% e 34% dos estabelecimentos curtidores.⁽⁵⁾

Os curtumes e estabelecimentos que efetuam acabamentos no couro, no estado do Rio Grande do Sul, que foram alvo prioritário das ações da FEPAM desde 1990, informaram ao órgão estadual que destinam 85% do seu resíduo sólidos perigoso para as centrais de resíduos ou aterros industriais próprios ou de terceiros.⁽⁶⁾

Essa postura deve-se a uma combinação da conscientização social com a legislação ambiental – cada vez mais rigorosa, e que penaliza todos os envolvidos em crimes ambientais, tanto as empresas que produzem resíduos quanto as que os recebem. Por uma série de razões, no entanto, é cada vez maior o interesse em não deixar um passivo ambiental elevado para as futuras gerações. Assim, resulta necessário o desenvolvimento de processos de tratamento que limitem ou eliminem a necessidade de aterros para resíduos deste ramo industrial.

Quanto aos tipos de resíduos sólidos, pode-se dizer que há muitos. Considerando-se também o setor calçadista, vão desde os poliméricos (ex.: SBR, EV, PU), passando pelos metálicos, até o próprio material couro. Contudo, vista isoladamente, a *indústria de curtumes* gera (apenas) três grupos de resíduos sólidos: resíduos não-curtidos; curtidos; e, lodo de ETEs. Neste trabalho, porém, apenas aqueles curtidos (ao Cr) terão destaque.

1.2 Alternativas de Aproveitamento

Pode-se dizer, a grosso modo, que um fator tão simples quanto o tamanho do resíduo sólido já pode ser o parâmetro capaz de definir a sua destinação. Pedacos

de couro curtido (aparas, retalhos etc.), por exemplo, – uma vez superada a eventual dificuldade de separação do restante dos resíduos – tende a ser ‘reciclado’ como tal. Assim, retalhos podem a ser unidos através da costura formando um ‘pano’ que serve, entre outros casos, para o revestimento de móveis, roupas etc.

Já, materiais pulverulentos (serragem da operação de rebaixamento e poeiras do lixamento e acabamento) – isoladamente ou misturados aos pedaços de couro – têm normalmente outro tipo de destinação (veja adiante). Contudo, a possibilidade de dar origem a um material usado na produção de calçados – por vezes denominado ‘couro regenerado’ ou ‘reconstituído’, fabricado pela aglomeração das fibras da serragem por meio de ligantes (plástico ou látex, por exemplo) e conformação – não deixa de ser surpreendente. Na indústria calçadista ele é utilizado na produção de solados, saltos, viras, palmilhas, forros, entresolas e tiras de cabedal de sandálias.⁽⁷⁾

Contudo, por mais interessante que isso pareça, como todos os outros produtos da nossa civilização, calçados e outros produtos de couro também apresentam um tempo de vida útil e acabam mais cedo ou mais tarde por engrossar a ‘pilha’ dos objetos descartados *pós-consumidor* – ainda sem preceitos para sua coleta e destinação. No dia em que uma destinação *específica* for necessária – especialmente para os materiais que contêm cromo –, certamente serão de grande valia os processos de tratamento abordados adiante.

1.3 Processos de Tratamento

Os parágrafos seguintes mostrarão algumas alternativas para o tratamento de resíduos sólidos curtidos, como opção para não se aumentar o passivo ambiental que se estabelece quando estes resíduos são enviados a aterros industriais de resíduos perigosos, ARIP(s).

Antes da sua apresentação, contudo, é interessante comentar que alguns tipos de resíduos ainda podem ter alguma utilidade *antes* de serem tratados. O emprego da serragem de couro como agente decolorante de soluções aquosas é um bom exemplo disso⁽⁸⁾. O material, depois de usado, entretanto, necessita – com mais motivos ainda – de um tratamento definitivo.

Grosseiramente, as iniciativas para o tratamento dos resíduos de couro podem ser vistas como pertencendo a uma de duas grandes correntes: (i) aquela em que o material acaba de alguma forma por se incorporar ao ambiente, tornando-se parte dele, e, outra, (ii) na qual ao menos a parte contendo o metal cromo é reciclada, retornando ao meio produtivo. Esta última classe leva em conta o fato de que o resíduo é, em última análise, um material orgânico *contaminado* por cromo. Ela pode incluir uma destruição por combustão da parte orgânica, ou então um processo que pode ser descrito como o inverso ao do curtimento. Nesse caso, uma vez que a separação Cr-orgânico esteja efetuada, cada uma das parcelas pode ter destinação ou utilização independente.

1.3.1 Uso *Direto* da Serragem

- **Codisposição**

O termo codisposição se refere à compostagem simultânea de resíduos sólidos industrial e resíduos domiciliares. O termo *atenuação* é utilizado associado a esta técnica e se refere ao ‘aprisionamento’ do metal cromo pela parcela orgânica, ou *bioestabilização*.

Uma atenuação de até ~60% do cromo presente foi observada experimentalmente, sob certas condições, na codisposição da serragem de couro e resíduos de feiras de frutas e legumes.⁽⁹⁾

- **Aproveitamento como componente de substrato para plantas**

A possibilidade de uso de resíduo de rebaixamento de couro *wet-blue* como um componente de substratos para plantas ornamentais de jardim foi avaliada e considerada viável, desde que a adição seja limitada a um volume menor que 50% na mistura.⁽¹⁰⁾

- **Incorporação em materiais do setor de construção civil**

A indústria da construção civil é uma grande consumidora de materiais e, por esse motivo, já foi foco de muitos experimentos que buscaram avaliar a incorporação de serragem – entre outros resíduos – aos materiais normalmente empregados por ela.

Questiona-se, contudo, a possível destinação dos restos finais desses materiais, que, sem controle adequado, poderiam contaminar o ambiente. Isso tem significado quando a serragem é utilizada sem estar impregnada ou encapsulada (estabilizada) – como acontece, por exemplo, quando é empregada no recheio de paredes divisórias, com a função de atuar como um material para isolamento térmico e acústico. De qualquer maneira, a maioria dos materiais produzidos que incorporam ou estabilizam a serragem são testados segundo normas da ABNT.

Alguns exemplos de aplicações serão mostrados a seguir.

A incorporação da serragem (e lodo) em materiais cerâmicos (cerâmica vermelha) foi testada com sucesso por Keller *et al.*⁽¹¹⁾.

Um trabalho foi realizado tendo em vista a obtenção de um material alternativo de construção voltado, exclusivamente, à produção de pisos. Os resultados obtidos mostraram a viabilidade técnica dessa aplicação⁽¹²⁾.

Experimentos também comprovaram ser possível a produção de placas para pisos, divisórias verticais e para forros, tendo como matéria-prima, a serragem cromada e fibras de bambu.⁽¹³⁾

A tecnologia da estabilização-solidificação de resíduos industriais tendo o cimento Portland como base, no entanto, é, de longe, a mais importante desse tipo de tratamento, pois esse material, pela sua larga utilização – entre outras características favoráveis –, se apresenta praticamente como uma solução natural quando se busca um ‘corpo’ receptor adequado.

Segundo avaliações, contudo, a utilização direta, sem nenhum tipo de tratamento, em concretos e argamassas, pode promover o aumento da porosidade e a perda de resistência,^(3,14) podendo, ainda, promover a lixiviação do cromo.

1.3.2 Uso após *processamento*

- **Aproveitamento como componente de adubo para plantas**

A hidrólise – ou seja, a digestão ou degradação da serragem por métodos físico-químicos – é usada para liberar as proteínas do couro e produzir uma solução aquosa contendo cromo. Ela pode ser usada como adubo, conforme mostra o trabalho de Ribeiro.⁽¹⁵⁾

- **Incorporação em materiais do setor de construção civil**

Uma investigação procurou avaliar a serragem de couro dissolvida em ácido fosfórico a quente e a *posterior* incorporação do produto líquido à argamassa de cimento Portland⁽¹⁶⁾ – ao contrário da simples incorporação física da serragem ao concreto, já mencionada.

Os resultados permitiram afirmar que a incorporação da *serragem tratada* (como foi referido o produto líquido) provoca uma hidratação mais lenta dos componentes do cimento. Isso se refletiu no aumento do tempo de pega para o desenvolvimento da resistência mecânica das argamassas. Ao final de 91 dias, os valores médios ficaram em 91% daquela daquelas sem resíduo aos 28 dias.

Fato importante: os resultados obtidos nos ensaios de lixiviação e solubilização mostraram que, para as dosagens preconizadas (10% da massa de cimento), o cromo permaneceu estabilizado quimicamente na matriz.

- **Separação Cr / orgânico**

A separação entre a fração orgânica e o cromo – utilizando bases, ácidos e enzimas – busca a liberação do cromo das proteínas que constituem o colágeno do couro.

Quando isso se dá pela via da *hidrólise* dos resíduos cromados, as proteínas que constituem o colágeno acabam na solução aquosa – mas, o cromo também.

Muitos métodos existem para a remoção de íons metálicos de soluções aquosas. Os principais são: precipitação física, química, extração por solvente, troca iônica, osmose reversa, eletrodialise e adsorção. A mistura entre a proteína e o cromo, no entanto, traz dificuldades e o processo, para que os métodos possam ser efetivos, requer algumas operações adicionais.

Contudo, é possível dissolver somente parte da fração orgânica, de modo que além da solução protéica ainda resta um material sólido contendo o cromo. A filtração da solução remove então o metal.⁽¹⁷⁾

Algumas técnicas tentam *contornar* a hidrólise – ou seja, não promover a digestão ou degradação da serragem – e são conhecidas pelo nome de *descromagem*. Recentemente, uma delas demonstrou experimentalmente ser possível reverter o mecanismo de fixação do cromo ao colágeno que ocorre por ocasião do curtimento com uma acentuada eficiência. O método, que ocorre em meio aquoso e tem a ajuda de um sal de potássio, é capaz de reduzir o teor de cromo da serragem, de 4 até 0,2%, deixando-a intocada, na cor branca. Sem a presença da solução de proteína, a remoção do metal fica, então, simplificada.⁽¹⁸⁾

Algumas patentes proclamam ser capazes de fazer isso e regenerar o cromo para o processo de curtimento do couro como, por exemplo, as brasileiras: PI 0402905-4⁽¹⁹⁾ e PI 9202408-4.⁽²⁰⁾

A matéria sólida ou líquida, livre de cromo, rica em colágeno pode ser utilizada como adubo, por causa do elevado teor de nitrogênio,⁽²¹⁾ ou servir como matéria-prima na produção de alimentos ou cola – como sugere a patente PI 0402905-4.⁽¹⁹⁾

A matéria orgânica livre de cromo também foi testada como alimento para ruminantes, mostrando uma elevada digestibilidade em suco gástrico *in vitro*. Contudo, quando a extração é de apenas 70% a 80% do cromo presente no couro, os efeitos em ratos Wistar mostraram-se danosos, aparentemente potencializados pelo processo de extração, produzindo lesões macro e microscópicas nos rins.⁽²²⁾

1.3.1 Incineração

É a degradação térmica total da fase orgânica. A incineração tem os objetivos de: (i) reduzir o volume e, ao mesmo tempo, (ii) aproveitar o conteúdo energético do resíduo sólido.

Um processo de incineração em um ambiente controlado foi instalado junto à empresa Preservar Tratamento e Reciclagem de Resíduos Ltda., localizada no município de Dois Irmãos, RS. Considerado como uma solução importante, é o único

empregado, até o momento, em escala piloto, pela indústria coureiro-calçadista no estado do Rio Grande do Sul (todos os outros foram utilizados apenas em escala de laboratório). Por esse motivo, o processo de incineração terá destaque neste trabalho.

2 A INCINERAÇÃO E A DESTINAÇÃO DAS CINZAS

2.1 O incinerador e geração de cinzas⁽²³⁾

A unidade incineradora, com capacidade nominal de processar 100 kg/h de resíduos sólidos contendo cromo, dotada de um sistema de tratamento de gases, foi construída especialmente para testes operacionais em larga escala (Figura 1).



Figura 1: Vista do reator de oxidação denotando as zonas de combustão: secundária (1), terciária (2) e quaternária (3), além do queimador auxiliar (4).⁽²³⁾

O equipamento efetua a destruição dos resíduos orgânicos em etapas de gaseificação e combustão combinadas (método, por isso, denotado com a sigla GCC). A potência térmica nominal do gerador é de 350 kW (cerca de 200 toneladas do resíduo de curtumes já foram processadas neste equipamento, em 2.500 h de operação da usina).

Como é natural em processos de incineração, há a produção de gases e cinzas – além de material particulado (que é abatido no ciclone). Uma vez coletado, este material é juntado às cinzas. Os gases seguem para o tratamento específico.

As cinzas da incineração das aparas de couro, denominadas daqui em diante CIAC, são geradas na proporção de ~6,5 kg/t de resíduo. Elas são retiradas do incinerador em dois pontos: do fundo, abaixo da grelha de sustentação do resíduo em combustão, e do coletor do ciclone, onde são abatidas as volantes. Para distingui-las, usam-se as denominações CF e CC, respectivamente. A proporção (em massa), entre elas, é de aproximadamente CF:CC = 30:1.

Por sorte, as cinzas concentram o cromo do resíduo e, quando o teor dos metais é dado sob a forma de óxidos, o óxido de Cr III perfaz mais da metade da sua massa – conforme dada pela análise por fluorescência de raios-X, Tabela 1. Conforme se vê, os outros óxidos de importância são a sílica e a alumina.

Tabela 1. Composição das cinzas do incinerador, em base seca, dada pela análise por fluorescência de raios-X [% ponderal], para alguns óxidos escolhidos; CF= cinzas do fundo; CC= cinzas do ciclone⁽²³⁾

Óxido	CF	CC
Cr ₂ O ₃	55,91	32,24
SiO ₂	23,58	19,86
Al ₂ O ₃	7,35	7,10
Fe ₂ O ₃	2,59	15,48
TiO ₂	1,53	2,26

As cinzas, por causa do cromo, devem ter uma destinação ambientalmente correta. Por outro lado, o cromo é um metal valioso – fato que favorece a sua recuperação. Seu aproveitamento fecha o ciclo de tratamento do resíduo da indústria coureira-calçadista.

2.2 Alternativas de Aproveitamento do Cromo das Cinzas

O projeto da planta piloto não previu um aproveitamento específico para o cromo contido nas cinzas da incineração de aparas de couro, CIAC. Por ser um tema muito complexo, preferiu-se deixar que estudos futuro determinassem a melhor forma de sua utilização.

Uma série de possibilidades de utilização da CIAC, citadas na literatura, serão revistas a seguir.

2.2.1 Uso direto

- **Incorporação à materiais do setor de construção civil**

A incorporação da CIAC aos materiais da indústria da construção civil é novamente lembrada. Um trabalho realizado com cinzas provenientes da incineração da serragem de couro mostrou que é possível a sua incorporação em corpos cerâmicos vitrificados.⁽²⁴⁾

- **Produção de sal curtente**

Uma investigação avaliou experimentalmente a obtenção de cromato de sódio com vista à produção de sulfato de sódio – o sal curtente empregado na maioria dos curtumes –, e concluiu que a sua obtenção, a partir das cinzas da incineração da serragem, é possível.⁽²⁵⁾

- **Produção de sais para eletrodeposição**

O cromo contido na CIAC poderia dar origem a sais empregados na eletrodeposição de cromo na superfície de peças, – tanto para a melhoria estética quanto o aumento da sua dureza (cromo duro). Esta rota, no entanto, ainda não foi avaliada experimentalmente.

2.2.2 Recuperação do cromo sob a forma metálica

O cromo tem aplicações na metalurgia que podem ser tomadas como metas para processos de recuperação do metal da CIAC.

Na produção dos aços – ou siderurgia – é onde se dá o maior consumo deste metal. Dentre os aços, as variedades denominadas *inoxidáveis* são as mais importantes (em massa de cromo contido), contudo, muitos aços têm na sua composição esse metal.

O metal cromo é introduzido no processo de produção do aço inoxidável tipicamente sob a forma de ferro-liga Fe-Cr (~50%Cr) de alto ou de baixo teor de carbono. Conforme indicado por um balanço de massa, a quantidade de cromo

contida em 100 kg de CIAC seria suficiente para a produção de cerca de 5 kg da ferro-liga citada.

A produção industrial da variedade FeCr-AC (ferro-liga de alto carbono, a mais fácil de ser obtida) se dá em fornos elétricos de redução (FER) revestidos com refratários magnesianos ou uma pasta carbonosa. A produção de FeCr-AC a partir da CIAC já foi testada com sucesso através do uso da redução carbotérmica.⁽²⁶⁾

Tal ferro-liga, surpreendentemente, também pode vir a servir como uma matéria-prima para a obtenção de sal curtente, num processo novo, de menor complexidade e potencialmente menos agressivo ao meio ambiente que o método tradicional. A parte inicial do processo já foi realizada experimentalmente com sucesso.⁽²⁷⁾

Um último empecilho, para a produção de Fe-Cr, contudo, está no *fósforo* contido na CIAC.

As cinzas da incineração de aparas de couro contêm fósforo num teor que varia entre 1-2%. O P é um elemento prejudicial, pois torna o aço frágil. Ele pode ser eliminado no chamado 'refino oxidante', sob condições 'básicas' – ou seja, com escórias de teores elevados de *óxidos básicos* (tais como a CaO e MgO) e *potencial de oxigênio elevado*. Contudo, no caso do cromo – ou dos aços inoxidáveis –, este tipo de refino é inibido pelo caráter muito *ativo* do cromo – que tende a se oxidar preferencialmente e se perder. O fósforo da CIAC – por causa das condições redutoras – tende a passar integralmente ao Fe-Cr e deste ao aço inoxidável. Assim, torna-se importante eliminar o fósforo da CIAC, antes da produção da ferro-liga.

3 ELIMINAÇÃO DO FÓSFORO DAS CINZAS

3.1 Experimentos

Por estar em um estágio preliminar, os detalhes do processo (teores da solução, tempo etc.) serão descrito apenas em um trabalho futuro.

O método contempla, basicamente, o tratamento da CIAC com um ácido inorgânico e sais, variando-se o tempo de tratamento. Na sequência, o material tratado é lixiviado com água.

A meta consiste, basicamente, na transformação do fósforo presente – na verdade, da fase em que ele se encontra – de insolúvel a solúvel em um meio aquoso.

A solubilidade do cromo – por motivos ainda não bem conhecidos, provavelmente por causa da forma (ou fase) em que ele se apresenta na CIAC – é baixa, não favorecendo a sua dissolução. Assim, mantendo-se estritamente dentro das condições experimentais, sua presença na água não foi notada.

3.2 Resultados preliminares e discussão

Os resultados preliminares (o elemento P foi determinado via espectrometria da faixa visível) mostraram que é possível alcançar uma boa eficiência na remoção do P. Com o método empregado, uma extração do fósforo da CIAC de cerca de 80% pode ser alcançada.

Um balanço aproximado de massa ajuda a compreender a grandeza dessa redução – supondo-se o pior caso, ou seja, aquele no qual o fósforo da CIAC passa integralmente à ferro-liga e desta ao aço.

Teoricamente, com 146 kg de CIAC poder-se-ia produzir 100 kg de Fe-Cr com um teor de 50% de Cr e 0,35 % de P – desde que a CIAC sofresse um tratamento que efetuasse a remoção de 80% de seu fósforo. Considerando-se a produção de um aço com o teor de 5% em Cr, 100 kg de Fe-Cr bastariam para uma tonelada de aço. Simultaneamente, o teor de P do aço se ajustaria para 0,035% - o suficiente para a maioria dos aços.

4 CONCLUSÕES

Uma série de possíveis tratamentos para os resíduos sólidos curtidos de curtumes, apresentados na literatura, foi revista brevemente.

Dentre eles, o destaque foi dado ao processo de incineração – pelo fato de ser o único em funcionamento, em escala piloto, no estado do Rio Grande do Sul.

Tendo por base as considerações externadas no texto, pode-se afirmar que é possível a elaboração de aço contendo Cr a partir de uma ferro-liga FeCr-AC produzida com as cinzas do processo de incineração.

Para que o aço tenha um nível adequado de fósforo – contido nas cinzas com um teor entre 1-2% –, contudo, é necessário que o teor de P seja rebaixado. Um processo – em nível preliminar – de desfosforação da matéria-prima provou ser capaz de eliminar 80%, na média, do P desse material.

Este resultado consolida favoravelmente as perspectivas para a eliminação de resíduos sólidos curtidos, dos curtumes, considerando o aproveitamento da energia neles contida e a utilização do cromo das cinzas na indústria metalúrgica.

Agradecimentos

Um dos autores (Claudia Rosane Ribeiro Alves) agradece ao CNPq pelo auxílio recebido (bolsa de doutorado).

REFERÊNCIAS

- 1 VARNALI, T. *What is leather?* Disponível em: <http://www.p2pays.org/ref/09/08854.htm>. Acesso em 16 nov. 2007
- 2 BASEGIO, T.M. *Imobilização do Íon Cromo Oriundo de Cinzas da Incineração de Serragem de Couro em Corpos Cerâmicos Vitrificadas*. Tese (Doutorado), PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004
- 3 PINTO, C.A. *Estabilização por solidificação em cimento do resíduo do curtimento do couro contendo cromo*. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, São Paulo (SP), 2001
- 4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004: Resíduos sólidos: classificação*. Rio de Janeiro, 33 p., 1987
- 5 FARIA, P.J.W. *Curtumes (Série P+L)*. CETESB, São Paulo, 76 p., 2005
- 6 SILVA, R.C.; SANGOI, R.F.; ESPINOZA, M.W. *Relatório sobre a Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Estado do Rio Grande do Sul*. FEPAM, 2003
- 7 VELHO, S.R.K. *Reciclagem de Calçados: Atualidades e Oportunidades*. *Tecnicouro*. maio e junho, p.50-52, 2007
- 8 DALLAGO, R.M.; SMANIOTTO, A.; ALVES DE OLIVEIRA, L.C. *Resíduos Sólidos de Curtumes como Adsorventes para a Remoção de Corantes em Meio Aquoso*. *Quim. Nova*, Vol. 28, Nr. 3, 433-437, 2005
- 9 BRITO, A.L.F. de.; MUNIZ, A.C.S.; LOPES, W.S.; LEITE, V.D.; PRASAD, S. *Processo de Codisposição de Resíduos Sólidos Industriais de Curtume*. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, vol.7, nr. 3 - jul/set e nr. 4 - out/dez 2002, p.144-150

- 10 DAUD, R.H.S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A.N. Uso de resíduos de couro *wet-blue* como componente de substrato para plantas. *Ciência Rural*, vol. 37, nr.1, p.91-96, 2007
- 11 KELLER, W.; CHERNICHARO, C.A.; LAUFFER, J.; MOREIRA, R.V. O Cromo nos Resíduos Sólidos de Curtumes - Imobilização em Materiais Cerâmicos. In: *Anais*, 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz de Iguaçu, p.1759-1772, 1997
- 12 PERES, J.G.M. *Viabilidade de utilização da serragem de couro para fins de obtenção de um material alternativo de construção*. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UNICAMP, 2005
- 13 BARRA, B.N.; RENOFIO, A.; ALVES, V.C. Aproveitamento da Serragem Cromada Associada à Fibra de Bambu para a Produção de Pisos e Divisórias. In *Anais: XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, ENEGEP, Foz do Iguaçu, 2007
- 14 FUJIKAWA, E.S. *Incorporação do resíduo serragem cromada em materiais de construção civil*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, 2002
- 15 RIBEIRO, E.M.P. *Produção e Análise Físico-Química do Adubo de Descarte de Couro Bovino com Ênfase no Impacto Ambiental e Energético*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006
- 16 SILVA, A.L.R.T. *Argamassas de Cimento Portland Contendo Serragem de Couro Tratada em Meio Ácido*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, 2006
- 17 Ribeiro, K.C.R. *Hidrólise de resíduos de couro curtido ao cromo*. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003
- 18 MALEK, A.; HACHEMI, M. Effect of the Detoxification on the Shrinkage Temperature and pH of Chromium Leather Waste, Another Promising Way for the Tannery Pollution. *American J. of Applied Sciences*, Vol.5, nr.10, p.1329-1335, 2008
- 19 OLIVEIRA, L.C.A. de. *Processo de Reciclagem dos Resíduos Sólidos de Curtumes por Extração do Cromo e Recuperação do Couro Descontaminado*. PI 0402905-4 de 12/07/2004
- 20 COMPASSI, M.K. *Processo de dissolução termo-química de serragem e/ou retalhos e aparas de couros curtidos ao cromo*. Patente PI 9202408-4, de 23/06/1992
- 21 OLIVEIRA, D.Q.L.DE; CARVALHO, K.T.G.; BASTOS A.R.R.; OLIVEIRA L.C.A.DE; J.J.G.DE S.M.M.; NASCIMENTO, R.S.M.P. Utilização de Resíduos da Indústria de Couro como Fonte Nitrogenada para o Capim-Elefante. *R. Bras. Ci. Solo*, vol.32, p.417-424, 2008
- 22 SILVA, R.C. *Utilização de Rejeitos de Couro Wet Blue na Alimentação de Ruminantes: Potencialidades Nutricionais e Patológicas*. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Lavras, 2007
- 23 GODINHO, M. Gaseificação e combustão de resíduo sólidos da indústria calçadista. Tese (Doutorado), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006
- 24 BASEGIO, T.M. *Imobilização do Íon Cromo Oriundo de Cinzas da Incineração de Serragem de Couro em Corpos Cerâmicos Vitrificadas*. Porto Alegre, 2004, Tese (Doutorado), PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 25 PEREIRA, S.V. *Obtenção do Cromato de Sódio a Partir das Cinzas de Incineração de Resíduos do Setor Calçadista Visando à Produção de Sulfato Básico de Cromo*. Porto Alegre, 2006, Dissertação (Mestrado), PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 26 ALVES, C.R.R. *Obtenção de uma liga de ferro-cromo de alto teor de carbono a partir das cinzas da incineração de aparas de couro*. Dissertação (Mestrado), PPGM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007
- 27 WENZEL, B.M. *Redução carbotérmica do cromo contido nas cinzas do processo de incineração de couro visando a obtenção de ligas ferrocromo e sulfato básico de cromo*. Dissertação (Mestrado), PPGEQ, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008