

Categoria

**Trabalho Acadêmico / Artigo Completo**

## **AVALIAÇÃO DO RISCO DO CROMO PRESENTE NO LODO DE INDÚSTRIAS DE CURTUME**

**Rachel de Moura Nunes**<sup>1</sup>

**Rafael Montanhini Soares de Oliveira**<sup>2</sup>

**Sandra Medina Benini**<sup>3</sup>

**RESUMO:** Tendo em vista a necessidade de se adequar a legislação ambiental, as indústrias atuais buscam medidas mitigadoras que possam reduzir, reciclar e reutilizar seus rejeitos. Dentre essas, a Indústria do Couro têm tido restrições cada vez mais rigorosas quanto à destinação final dos resíduos gerados. Estes são classificados como resíduos perigosos (Classe I), devido à presença de cromo, substância carcinogênica e de efeitos deletérios à saúde humana, o mesmo pode está presente no lodo das estações de tratamento, os quais poderão contaminar o solo e as águas superficiais e subterrâneas. Assim, o objetivo deste trabalho foi realizar um diagnóstico dos riscos possíveis referentes à presença do elemento cromo no lodo de curtume. A metodologia adotada foi a Análise Preliminar de Perigo (APP) que procura examinar as maneiras pelas quais a energia ou o material de processo pode ser liberado de forma descontrolada, levantando, para cada um dos perigos identificados, as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente.

**Palavras-chaves:** Resíduos, Cromo, Curtume, Análise de Riscos.

---

<sup>1</sup> Acadêmica do mestrado Profissional em Engenharia Ambiental – Universidade federal do Tocantins e-mail: [rachelnunes@mail.uft.edu.br](mailto:rachelnunes@mail.uft.edu.br)

<sup>2</sup> Professor da Universidade Federal do Tocantins no curso de Engenharia Ambiental.e-mail: [rmontanhini@uft.edu.br](mailto:rmontanhini@uft.edu.br)

<sup>3</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Geografia UNESP – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente e Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie. E-mail: [sandra@sigmaambiente.com](mailto:sandra@sigmaambiente.com)

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a preservação ambiental tem aumentado significativamente, principalmente, nas últimas décadas. Órgãos ambientais têm pressionado os governos para a aprovação de leis ambientais cada vez mais rígidas. Assim, a busca por alternativas para o reuso, a reciclagem, o tratamento e a correta destinação de resíduos têm sido alvo de inúmeros estudos (DETTMER, 2008).

As indústrias de couro são conhecidas por utilizarem grande número de substâncias químicas poluidoras em seus processos de secagem, curtimento e outras preparações de couros e peles (BERGESCH & COSTA, 2010).

O processo de transformação de peles em couros é normalmente dividido em cinco etapas principais, conhecidas por ribeira, curtimento e acabamento molhado, pré-acabamento e acabamento final. Estas etapas, em sua maioria, são processos químicos, nos quais as peles ou couros reagem com os produtos utilizados (BERGESCH & COSTA, 2010).

Na ribeira ocorre a limpeza da pele e a preparação da mesma para o curtimento. A mesma é reidratada, alcalinizada, retirada o pelo, a epiderme, a hipoderme, aparas não aproveitáveis (rabo, pescoço e patas) e depois acidificadas para que ocorra um melhor curtimento, os principais produtos químicos utilizados nesses processos são: tensoativos, sulfeto de sódio, cal, ácido fórmico e ácido sulfúrico (OGATA et al, 2010).

O curtimento é um processo a parte que torna o couro inerte e imputrescível, esse podendo ser mineral usando o cromo, vegetal usando extratos de casca de angico e sintéticos usando resinas. Na maioria dos curtumes brasileiros o curtimento mineral com cromo é o mais utilizado, pelo tempo relativamente curto de processo e pela qualidade que confere aos couros em suas principais aplicações. A fonte de cromo normalmente utilizada é o sulfato básico de cromo, onde este se encontra no estado trivalente, essa matéria-prima liga-se as proteínas acidificadas da pele impedindo sua biodegradação e gerando o couro, que é a pele já curtida. No entanto, esforços crescentes para sua substituição são verificados, devido ao seu impacto ambiental potencialmente negativo (PACHECO, 2005, OGATA et al, 2010).

O acabamento é outro macro-processo no qual o couro toma características mais elaboradas. O acabamento molhado visa complementar o curtimento principal anterior, bem como conferir a base de algumas propriedades físicas e mecânicas desejáveis aos couros, como cor básica, resistência à tração, impermeabilidade, maciez, flexibilidade, toque e elasticidade. Já o pré-acabamento tem a finalidade de dar algumas das propriedades físicas finais aos couros. O acabamento final é o conjunto de etapas que confere ao couro apresentação e aspecto definitivo. Os principais produtos químicos utilizados nos processos são: bicarbonato de sódio, ácido fórmico, cromo, óleos, resinas e pigmentos (PACHECO, 2005, OGATA *et al*, 2010).

Estima-se que da matéria-prima inicial, apenas 25% são transformados em couros o restante são resíduos gerados de diversas formas (DETTMER, 2008).

Estes resíduos, provenientes do setor Coureiro-Calçadista, são classificados como classe I (perigosos), devido à presença de cromo e constituem um grave problema ambiental devido às restrições cada vez mais rigorosas para sua destinação final. A opção mais utilizada pelas empresas do setor é dispor seus resíduos em aterros, o que apresenta vários inconvenientes, como possíveis contaminações ao solo, água superficiais, lençol freático (MORAES & BIDONE, 2002) e os metais pesados serem adsorvidos pelas plantas, contaminando a cadeia alimentar (BARBOSA & BIDONE, 1998, *apud* BRITO, 1999).

O lodo é guardado em recipientes, tanques de estocagem de material inerte, podendo ser incinerado ou deve ser guardado indefinidamente em condições ótimas, ao abrigo de intempéries, insolação e outros agentes que possam romper o recipiente e espalhar o resíduo na natureza. Porém os altos custos, decorrentes do armazenamento e/ou da incineração, induzem a comportamentos inadequados, como o descarte de resíduos em locais indesejáveis, no solo ou em cursos de água. Considerando também, que nem todos os Estados do Brasil possuem condições técnicas de fiscalizar (órgãos ambientais, como Secretarias de Meio Ambiente, IBAMA) o funcionamento de empresas que utilizam o cromo em seus processos, esta situação ocorre frequentemente (GIANNETTI *et al*, 2009).

Os resíduos da indústria de couro e de calçado comprometem o meio ambiente. O tempo considerável de degradação desses retalhos faz com que o solo fique sem uso por

várias gerações. Vale à pena lembrar que o processo de curtimento é feito justamente para retardar a putrefação do couro. Outro aspecto fundamental é o efeito de concentração do cromo no solo devido às grandes quantidades de retalhos depositadas nos aterros (GIANNETTI *et al*, 2009).

A presença do cromo nas águas, no solo e no ar, é prejudicial ao meio ambiente e a saúde dos seres vivos, este metal pesado em excesso pode causar inúmeras doenças, temos como exemplo o câncer. Para tanto se faz necessário uma maior conscientização por parte dos geradores deste resíduo, para com o correto tratamento do mesmo, com o intuito de minimizar os impactos causados por esse e outros metais pesados.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Fazer um diagnóstico dos principais riscos ambientais causados pelo cromo presente nos lodos de curtume.

### 2.2 ESPECIFICO

- ✓ Caracterização dos lodos da indústria de curtume;
- ✓ Levantamento das características do elemento Cromo;
- ✓ Quais destinações finais para o lodo a indústria de curtimento utiliza;
- ✓ Riscos ambientais

### 2.3 METODOLOGIA

Visando identificar os riscos existentes no uso do lodo proveniente da indústria de couro devido à presença de cromo, suas causas e consequências será aplicada a metodologia de Análise Preliminar de Perigos – APP, que terá como base uma pesquisa



bibliográfica de caráter qualitativo a cerca dos impactos ambientais oriundos do Cromo presente no Lodo proveniente de curtumes.

A Análise Preliminar de Perigo (APP) procura examinar as maneiras pelas quais a energia ou o material de processo pode ser liberado de forma descontrolada, levantando, para cada um dos perigos identificados, as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente (AGUIAR, 2004).

Após são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras dos riscos a fim de eliminar as causas ou reduzir as consequências dos cenários de acidente identificados.

Assim, será feita uma descrição das características mais importantes como:

- Propriedades físicas e químicas
- Características de inflamabilidade
- Características de toxicidade

Na APP são levantadas as causas que podem promover a ocorrência de cada um dos eventos e as suas respectivas consequências, sendo, então, feita uma avaliação qualitativa da frequência de ocorrência do cenário de acidentes, da severidade das consequências e do risco associado. Portanto, os resultados obtidos são qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas (AGUIAR, 2004).

## **2.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.4.1 Caracterização do Lodo**

Os curtumes produzem resíduos com elevadas cargas orgânica e inorgânica, além do cromo trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ), utilizado no processo de curtimento (CASTILHOS *et al.*, 2002 apud TEIXEIRA *et al.*, 2005). As características químicas do lodo de curtume, determinadas conforme metodologia descrita por Tedesco *et al.* (1995), são apresentadas na Tabela 1, segundo Teixeira *et al.* (2005) e na Tabela 2 por Costa *et al.* (2001).

**Tabela1.** Características químicas do lodo de curtume.

Determinação	Lodo de curtume
Ph(água)	7,7
Matéria Orgânica	407,4 g/Kg
N	22,9 g/Kg
Ca <sup>2+</sup>	46,4 g/Kg
Mg <sup>2+</sup>	27,2 g/Kg
Na <sup>+</sup>	4,2 g/Kg
K <sup>+</sup>	6,4 g/Kg
P	1,3 g/Kg
Cr	43 g/Kg

**Fonte:** TEIXEIRA, K.R.G. *et al*, Efeito Da Adição De Lodo De Curtume Na Fertilidade Do Solo, Nodulação E Rendimento De Matéria Seca Do Caupi.

**Tabela 2.** Características químicas do lodo de curtume.

Determinação	Lodo de curtume
Ph(água)	7,1
Matéria Orgânica	595
N	34,1
Ca <sup>2+</sup>	31,0
Mg <sup>2+</sup>	1,5
Na <sup>+</sup>	5,9
K <sup>+</sup>	1,0
P	2,5
Cr	36,0

**Fonte:** Costa *et al*. Efeito da Adição de lodos de curtume sobre as Alterações Químicas do solo, rendimento de matéria.

#### **2.4.2 Periculosidade do Lodo**

Os resíduos, provenientes do setor Coureiro-Calçadista, são classificados como classe I (perigosos), devido à presença de cromo e constituem um grave problema ambiental devido às restrições cada vez mais rigorosas para sua destinação final.

Assim, segundo NBR 10004, resíduo perigoso possuem a característica que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar:

- a) risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada.

Para os efeitos desta Norma, os resíduos são classificados em:

- a) resíduos classe I – Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade ou uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, patogenicidade e toxicidade.
- b) resíduos classe II – Não perigosos: se subdividem em inertes e não inertes:
  - resíduos classe II A – Não inertes: não estão na classe I e na classe IIB.
  - resíduos classe II B – Inertes: não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

#### **2.4.3 Caracterização do Cromo**

O cromo é um metal de transição, que não ocorre livre na natureza, mas na forma de seus compostos, podendo ser tóxico para o ser humano dependendo da sua forma de oxidação. As formas oxidadas encontradas são: cromo (0), cromo (III) e cromo (VI).

O Cromo (III) é natural no meio ambiente, o cromo (VI) e cromo (0) são geralmente produzidos por processos industriais, principalmente, na fabricação de ligas metálicas.

As funções bioquímicas e os efeitos do cromo são dependentes de seu estado de oxidação, pois enquanto o cromo (VI) é tóxico por ser um agente carcinogênico, o cromo

(III) é considerado um nutriente essencial para os humanos (MANZOORI et al 1996, apud SUSSULINI, 2006).

Estão presentes na água na forma solúvel, cromo (VI) e complexos de cromo (III), e insolúveis. A maioria é depositada nos sedimentos, mas podem também ser adsorvidos ao material particulado ou formar complexos polinucleares de baixa solubilidade, permanecendo em suspensão quando estiver na forma trivalente.

A maioria do cromo hexavalente existente no meio ambiente é derivado de atividades humanas. As principais fontes antropogênicas que liberam o cromo e seus compostos no meio ambiente são: emissões decorrentes da fabricação do cimento, construção civil, resíduos provenientes do cimento, soldagem de ligas metálicas, fundições, manufatura do aço e ligas, indústria de galvanoplastia, lâmpadas, minas, lixos urbano e industrial, incineração de lixo, cinzas de carvão, curtumes, preservativos de madeiras, fertilizantes. (HSDB, 2000; ATSDR, 2000; WHO, 1988 apud SCHIRMER, 2009)

Os principais mecanismos de contaminação ambiental são através da difusão por ar, água e solo. O Cr (VI) forma Cr (III) quando adsorvido a materiais particulados ou poluentes gasosos do ar, já o cromo (III) e o cromo (0) normalmente não são reativos na atmosfera (WHO, 1988 apud SCHIRMER, 2009).

No Brasil a concentração máxima permitida de lançamento de efluente em corpo receptor, de acordo com CONAMA, Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011, para o cromo hexavalente é 0,1 mg/L e cromo trivalente é 1,0 mg/L.

Contudo o maior problema está relacionado com a concentração de cromo, que na sua forma trivalente é muito estável, mas quando oxidado para a forma hexavalente é muito prejudicial, sendo assim, ele bioacumula e biomagnifica aumentando sua concentração durante a cadeia alimentar.

#### **2.4.4 Destinação Final do Lodo**

Em decorrência do acúmulo de resíduos derivados da atividade humana no meio urbano e rural, foi evidenciada, na década de 80, a necessidade de dar destino adequado aos resíduos urbanos e industriais, principalmente o lodo de esgoto, o lixo urbano e os



resíduos de curtume devido aos problemas gerados pela crescente população e pelo seu acúmulo no ambiente (COSTA et al, 2000).

Dentre as alternativas de descarte do lodo da indústria do couro a maneira mais comum para gerenciar estes resíduos sólidos é de eliminá-los em terrenos controlados (SEMPERE et al, 1996). Não é conveniente dispor os resíduos em aterros comuns, pois a decomposição que ocorre depois de um tempo, liberta o cromo que fica então disposto inadequadamente no meio ambiente (KELLER et al, 1996).

Assim, várias alternativas atrativas do ponto econômico e ambiental estão sendo estudadas para que os impactos ambientais sejam ao menos minimizados.

A utilização desses resíduos em áreas agrícolas tem trazido benefícios, bem como preocupações, devido à presença de cromo e do acúmulo de nitrato na água e no solo. O uso de resíduos em áreas agrícolas, como condicionadores das propriedades do solo e como fontes de nutrientes para as plantas deve ser uma ação muito bem definida, de modo a não causar prejuízos ao meio ambiente, ao homem e aos animais.

Na incorporação em materiais cerâmicos a componente orgânica é queimada contribuindo positivamente ao balanço de energia do processo de queima. E o cromo torna-se indisponível dentro do sólido. Neste trabalho é estudada a adição de resíduos sólidos de curtumes a massas cerâmicas. A incorporação da serragem cromada aumenta a porosidade dos produtos acabados. Com 6% de aditivo a resistência mecânica à compressão se mantém dentro das exigências da norma.

#### **2.4.5 Riscos Ambientais**

Para elaboração da APP foram levantados os perigos existentes com o aumento da concentração do elemento Cromo. As categorias de severidade, frequências e risco são apresentados no Quadro 1.

**Quadro1-** Planilha de Riscos

PERIGO	CAUSA	EFEITO	CATEGORIA			MEDIDAS CORRETIVAS
			Sev	Freq	Risco	
Aumento nas concentrações de cromo	Descarte no Solo	Afeta crescimento morfológico e metabólico dos microorganismos	III	D	4	<ul style="list-style-type: none"><li>- reciclagem do efluente dos banhos para diminuição da concentração de Cr no lodo</li><li>- uso do lodo em solo como fertilizante</li><li>- extração do cromo do lodo para reuso</li></ul>
Aumento nas concentrações de cromo	Descarte na Água	<p>Incidem principalmente sobre espécies aquáticas, cerca de 10 a 30 vezes mais</p> <p>Bioacumula</p> <p>Carcinogênico</p>	III	D	4	<ul style="list-style-type: none"><li>- reciclagem dos banhos para diminuição da concentração de Cr no efluente final.</li><li>- não descarte próximo ou diretamente em corpos d'água.</li></ul>

A análise preliminar de Riscos (APR), também conhecida como Análise Preliminar de Perigos (APP), é uma técnica qualitativa para identificação de possíveis cenários de acidentes em uma dada instalação.

De acordo com a metodologia da APR, os cenários de acidentes devem ser classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa das frequências esperada de ocorrência de cada cenário identificado. Conforme Quadro 1

a frequência de nível “D”, classificada como provável, ou seja, esperada uma ocorrência durante a vida útil do sistema (FEPAM, 2001).

Ainda de acordo com a metodologia da APR, os cenários de acidentes devem ser classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada cenário identificado. Conforme Quadro 1 a severidade nível “III”, classificada como Crítica com potencial para causar uma ou algumas vítimas fatais ou grandes danos ao meio ambiente ou às instalações. Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe (FEPAM, 2001).

As categorias de frequência e severidade podem ser combinadas para se gerar categorias de risco. Para este estudo obtivemos nível 4, classificado como sério.

### 3 CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, pode-se afirmar que o risco do cromo presente nos lodos de curtume é de elevado nível, em todas as ramificações da Análise Preliminar de Perigo, tanto ambiental como para os seres humanos.

Estudos são necessários para determinação de medidas de descarte ou alternativas de reuso menos impactantes no âmbito ambiental e econômico, visto que alguns estudos já possibilitam o reuso deste rejeito como fertilizantes e aditivos em cerâmicos e concretos, embora ainda com algumas restrições.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004 – Resíduos sólidos: classificação**. São Paulo, 2004.

BARROS, Maria Angélica Simões Dornellas de. **O Elemento Cromo e Suas Características** -, Departamento de Eng. Química/UEM, Maringá-PR-Brasil. Disponível em: <<http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capituloI.pdf> >. Acesso em 27.11.2009.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357**. Classificação de Corpos de Água e Padrões de Lançamento, 2005.

\_\_\_\_\_. **Portaria 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004**.

GALVÃO, L. A. C.; COREY, G. . **Mercurio**. *Metepec: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud* (ECO/OPS), 1987.

JORDÃO, C.P.; SILVA, A.C.; PEREIRA, J.L.; BRUNE, W. Contaminação por cromo de águas de rios provenientes de curtumes em Minas Gerais. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 47, 1999. Disponível em: < <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capitulo1.pdf> >. Acesso em 26.11.2009.

MUNIZ, Karen Pereira Marmello Santos. Bioensaio de toxicidade aguda com o oligoqueta Eisenia foetida utilizando o Cromo (VI) como substância-teste. Iniciação Científica, Ciências Biológicas, CEDERJ- UFRJ. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie\\_anais\\_XIV\\_jiv\\_2006/Karen%20Muniz.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/serie_anais_XIV_jiv_2006/Karen%20Muniz.pdf) >. Acesso em 28.11.2009.

OHLWEILER, O.A., **Química Inorgânica**, vol. II, Ed. Edgard Blücher LTDA, São Paulo-SP, 1973.

RICHARD, F.C., BOURG, A.C.M. **Aqueous Geochemistry of Chromium**, *Wat. Res.*,25, 7, 807-816, 1991. Disponível em < <http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capitulo1.pdf> >. Acesso em 28.11.2009.

RUSSEL, J.B. **Química geral**. 2ed. São Paulo: Mc Graw Hill Ltda 1994, v.2.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION **Chromium**. *Environmental Health Critéria*, 61-P, GENERA,1998. Disponível em < [http://intertox.com.br/index.php?option=com\\_docman&task=cat\\_view&gid=66&Itemid=98](http://intertox.com.br/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=66&Itemid=98) >. Acesso em 26.11.09.

## Sites Consultados

<[http://bdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2138](http://bdtd.bce.unb.br/tesdesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2138) >. Acesso em 26.11.2009.

<<http://portal.alert-nline.com/?key=680B3D50093A6A002E42140A321A2A5C0B683E0A7607527D62587E>>. Acesso em 28.11.2009.

<[http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/tec\\_trat\\_agua.html](http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/tec_trat_agua.html)>. Acesso em 29.11.09.

<[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao\\_limpa/casos/caso48.pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/casos/caso48.pdf)>. Acesso em 26.11.2009.

<<http://www.hottopos.com.br/regeq8/biaggio.htm>>. Acesso em 29.11.09.

<<http://www.hottopos.com.br/regeq8/biaggio.htm>>. Acesso em 28.11.2009.

<<http://www.icp.csic.es/cyted/Monografias/MonografiasTeneria/capitulo1.pdf>>. Acesso em 28.11.2009.

<<http://www.mundodoquimico.hpg.com.br/>>. Acesso em 29.11.09.