



# INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

"KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE"

## Tecnologias Ambientais para Curtumes e sua Adequação como Projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)

E. A. Ananias<sup>a</sup>, S. A. Pacca<sup>b</sup>

a. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, [edu.biouusp@gmail.com](mailto:edu.biouusp@gmail.com)

b. EACH - Universidade de São Paulo, São Paulo, [sapacca@gmail.com](mailto:sapacca@gmail.com)

---

### Abstract

This work identifies and describes residue treatment technologies for the tannery industry. The objective was considering each technology face to its potential to fulfill the requirements of a clean development mechanism (CDM) project. The CDM offers a source of revenues that might facilitate the adoption of environmental benign technologies by the industry, and therefore, aligns global and local benefits. Through a literature review we identified technologies that could be associated with CDM approaches and the CDM methods that already have been applied to the industry. Despite their high cost, low thermal conversion and gasification of residues are among the most promising technologies. Our next efforts consists of an emission inventory of the tanneries coupled to technical and economic feasibility studies of the most promising alternatives so that we propose a CDM road map for the sector.

*Palavras-Chave:* Curtumes, Alternativas de tratamento de resíduos, Mecanismo de Desenvolvimento Limpo.

---

### 1 Introdução

O Brasil possui uma das maiores áreas destinadas à criação de gado e o maior rebanho bovino comercializável do mundo, superior a 200 milhões de cabeças. Neste quadro, o setor de curtumes brasileiro apresenta uma posição de destaque mundial em relação ao número de couros produzidos por ano. O país era em 2001 detentor de aproximadamente 10 a 11% da produção mundial (AICSUL, 2001), totalizando aproximadamente 33 milhões de couros, com tendência de aumento anual como demonstrado na **Fig. 1**. Além de sua relevante produção, os curtumes brasileiros possuem outra importante contribuição à economia nacional, conforme dados da RAIS-MTE para 2004, a indústria brasileira de couros naquele ano era constituída por 813 curtumes e 2.818 empresas fabricantes de artigos de couro, gerando um montante de aproximadamente 175.000 empregos diretos, embora esse número possa ser muito maior devido à forte presença das condições de trabalho informais no setor e, vale destacar, que segundo o Centro das Indústrias de Curtumes do Brasil – CICB, apenas o setor de peles e couros bovinos gerou, no ano de 2001, aproximadamente US\$ 2,5 bilhões em divisas, exportando no ano de 2006 a quantidade de US\$ 1,6 bilhão e movimentando, em conjunto com as outras indústrias do setor, um aporte financeiro em torno de US\$ 21 bilhões anuais. Apesar dos bons indicadores financeiros o setor ainda é estigmatizado do ponto de vista ambiental. Sua produção gera uma grande quantidade de poluição orgânica e inorgânica, com impactos no solo, água e ar. Existem diversas iniciativas para melhoria das condições ambientais do setor, uma delas é a aproximação do setor

---

KEY ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE

São Paulo – Brazil – May 20<sup>th</sup>-22<sup>nd</sup> - 2009

produtivo com o poder público, como promove a Câmara Ambiental da Indústria do Couro, estabelecida em 1995 pela CETESB em parceria com a FIESP. Mas apesar dos esforços o formato deste setor industrial, geralmente constituído por unidades fabris de pequeno e médio porte, juntamente com as características complexas de seus efluentes, inviabilizam a utilização de novas tecnologias para o tratamento dos resíduos, do ponto de vista técnico e econômico (Cherchinaro et al, 1996). Com o enrijecimento da legislação ambiental, o setor enfrenta uma posição bastante delicada de planejamento futuro, fazendo da pauta ambiental um elemento chave para sua continuidade e competitividade. Neste contexto, o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), uma das estratégias de flexibilização do Protocolo de Kyoto, surge como uma das principais formas de aumento da viabilidade da aplicação de novas tecnologias para o setor, ao passo que a redução das emissões derivadas do tratamento dos resíduos pode gerar renda através dos créditos de carbono, diminuindo assim a lacuna econômica de acesso a algumas alternativas de melhoria da qualidade ambiental. Muitas são as aplicações do mecanismo e diversos setores da indústria nacional já se beneficiam de sua utilização conforme último relatório do Ministério da Ciência e Tecnologia produzido em setembro de 2008. Em paralelo a esta demanda atual, o presente estudo visa identificar quais as possibilidades de aplicação dos projetos de MDL na indústria de curtumes, visando principalmente à união das possibilidades com o tratamento dos resíduos, auxiliando o setor na melhoria de suas características ambientais.

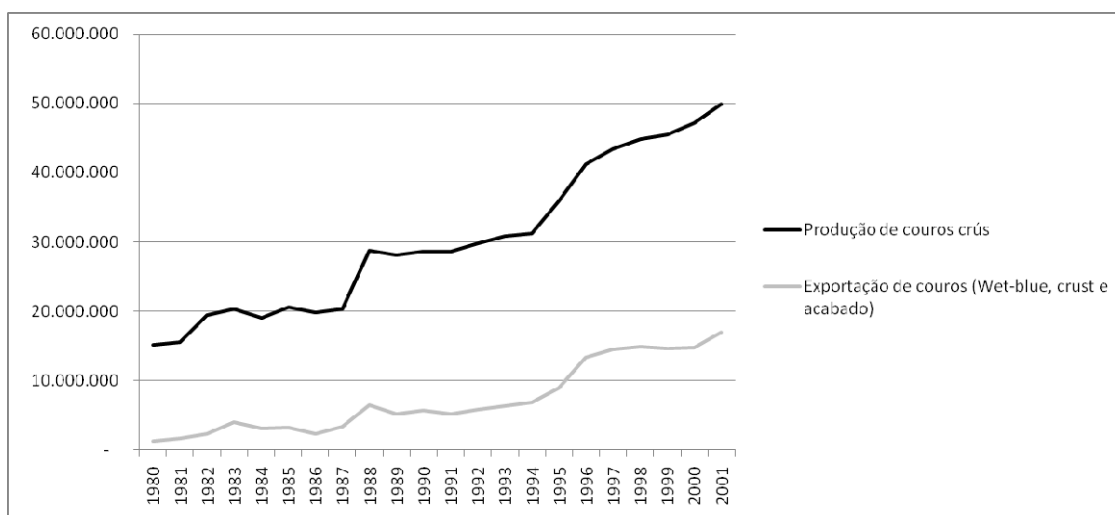


Fig. 1. Evolução da produção e exportação de couros no período de 1980 a 2001.

Fonte: Adaptado de CICB/AICSUL (2001).

## 2 Metodologia

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram realizadas coletas de informações sobre as tecnologias mais utilizadas para o tratamento de efluentes de curtumes no Brasil, as principais dificuldades associadas ao tratamento deste tipo de resíduo e as novas tecnologias que possuem grau de aplicabilidade neste setor. As fontes de informações foram: artigos acadêmicos nacionais e internacionais, material didático, instituições de pesquisa, pesquisadores da área e organizações do setor. Durante a busca foi realizado um direcionamento no sentido de utilizar para o trabalho apenas as alternativas que fossem aplicáveis do ponto de vista do MDL, através da análise em conjunto com as metodologias de projeto já aprovadas pela Convenção Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima UNFCCC.

A primeira parte do artigo faz uma revisão geral dos problemas ambientais do setor e das técnicas de tratamento de efluentes tradicionalmente utilizadas. Já a segunda parte trata das alternativas para gestão dos efluentes e resíduos do setor e faz uma breve análise da possibilidade de adequação dessas técnicas para produção de um projeto MDL.

### 3 Resultados

O processo produtivo do couro começa logo após o abate dos animais, a retirada da carne e a aplicação de conservantes nos abatedouros. A pele resultante é processada nos frigoríficos ou vendida para os curtumes, onde ocorrerá uma etapa seqüencial de processos químicos e físicos para que se obtenha o produto final, ou seja, o couro.

Os curtumes podem ser caracterizados de acordo com sua etapa de processamento da matéria-prima:

- Curtume de Wet Blue – Desenvolve o processamento de couro logo após o abate. O couro salgado ou em sangue é despelado, graxas e gorduras são removidas, aplica-se o primeiro banho de cromo fazendo o couro exibir um tom azulado e molhado.
- Curtume de Semi-Acabado – Utiliza como matéria-prima o couro wet blue e o transforma em couro crust (semi-acabado).
- Curtume de Acabamento – Transforma o couro crust em couro acabado.
- Curtume Integrado – Realiza todas as operações, processando desde o couro cru até o couro acabado.

No interior dos curtumes o processamento completo da pele bovina, isto é, desde a pele crua até o couro com acabamento final, é dividido em cinco fases: ribeira, curtimento, acabamento molhado (ou recurtimento), pré-acabamento e acabamento (Pacheco, 2005). Estas etapas, em sua maioria, são processos químicos, em que as peles ou couros reagem com os produtos utilizados e consomem um grande volume de água, em torno de 30-40L de água por Kg de pele processada, sendo nas etapas de ribeira e curtimento onde ocorre o maior consumo de água (Rao, 2003).

#### 3.1 Principais impactos ambientais causados pela indústria de curtume

O curtume que proporciona a maior carga poluidora é o que realiza as operações de ribeira, ou seja, até a fase do couro *wet blue*, gerando no processo global uma grande quantidade de resíduos tanto líquidos como sólidos. A geração de efluente varia de acordo com cada etapa da produção, também há grande variação de curtume para curtume, dependendo dos processos industriais utilizados.

Durante a etapa de remolho, ocorre a dissolução do sal (cloreto de sódio). O sangue e outras substâncias provenientes do banho do caleiro residual contêm matéria orgânica em grande quantidade (proteínas), cal e sulfeto. As operações seguintes (depilação, purga, piquelagem e curtimento) produzem uma poluição salina e tóxica devido ao cromo. Foresti (1972) realizou um estudo dos diversos parâmetros de efluentes de curtumes, cujo resultado resumido está apresentado na **Tab. 1**.

Parâmetro	Valores	
	Mínimo	Máximo
pH	5,2	8,6
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (mg/l)	2.468	3.436
Demanda Química de Oxigênio - DQO (mg/l)	4.500	5.500
Materiais em suspensão - (mg/l)	40.210	59.070
Oxidabilidade - (mg/l)	4.254	6.208
Nitrogênio Total - (mg/l)	330	400
Nitrogênio Amoniacal - (mg/l)	367	518
Cloreto Cl - (mg/l)	6.000	8.800
Sulfato SO <sub>4</sub> - (mg/l)	3.054	4.458
Sulfeto S - (mg/l)	566	829
Substâncias Graxas - (mg/l)	1.798	2.620

Fonte: Foresti (1972).

As principais características dos efluentes líquidos gerados nos curtumes são:

- Presença de cromo potencialmente tóxico;
- Elevado pH;
- Presença de cal e sulfetos livres;
- Grande quantidade de matéria orgânica;
- Elevado teor de sólidos em suspensão (principalmente pêlos, fibras, sujeira e outros);
- Dureza das águas de lavagem;
- Elevada salinidade (sólidos dissolvidos totais)

Os resíduos sólidos gerados nos curtumes e nas indústrias de processamento do couro acabado compreendem: resíduos não curtidos como carnaça, aparas não caleadas, aparas caleadas e aparas do couro dividido; resíduos sólidos curtidos, constituídos por aparas do couro curtido, pó de lixadeira e serragem da operação de rebaixamento; e por fim o lodo gerado na estação de tratamento de efluentes (Hoianacki et al, 1994). A **Tab. 2** apresenta uma descrição dos principais resíduos sólidos gerados por etapa de processamento do couro.

Tab. 2. Principais resíduos sólidos gerados nos curtumes – distribuição pelas principais etapas geradoras do processo (Kg resíduos/ t pele salgada).

Macro Etapa do Processo	Etapa do Processo	Resíduos Gerados	
		Resíduo	Kg/t
Ribeira	Pré descarte e/ou Descarte	Carnaça	70-350
	Recortes e Divisão	Aparas caleadas e não caleadas	120
Acabamento	Rebaixamento	Farelo ou pó ou serragem de rebaixadeira e aparas curtidas	225
Estação de Tratamento		Lodo	500

Fonte: Adaptado de Claas e Maia (1994).

Além de efluentes líquidos e resíduos sólidos são gerados nos curtumes gases e vapores dos banhos que saem dos fulões, especialmente quando estes são abertos para retirada da carga após o curtimento. Entretanto o problema mais grave de poluição atmosférica produzida nas plantas de curtimento refere-se à geração de odores, que ocorre especialmente na decomposição de matéria orgânica presente nos resíduos e efluentes, e a emissão de gases de efeito estufa proveniente dos aterros de disposição final dos resíduos.

### 3.2 O processo de tratamento dos efluentes

O tratamento dos efluentes de curtumes atualmente empregado consiste basicamente na separação dos efluentes por tipo, retirada do material sólido de maior tamanho e uma seqüência de processos químicos e biológicos empregados com a finalidade de aumentar o reuso da água no processo produtivo e adequar o lançamento dos resíduos finais, tanto sólidos como líquidos, aos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental vigente. Estes procedimentos são utilizados por uma grande quantidade de curtumes e se bem empregados e monitorados, são efetivos na adequação dos efluentes à legislação. Mas é importante citar que ainda existe o relevante problema da disposição final dos resíduos das estações de tratamento, os quais, com o enrijecimento das normas ambientais, se tornarão um

grande problema na gestão ambiental dos curtumes. Um fluxograma simplificado das etapas de tratamento dos efluentes é apresentado na **Fig.2**.

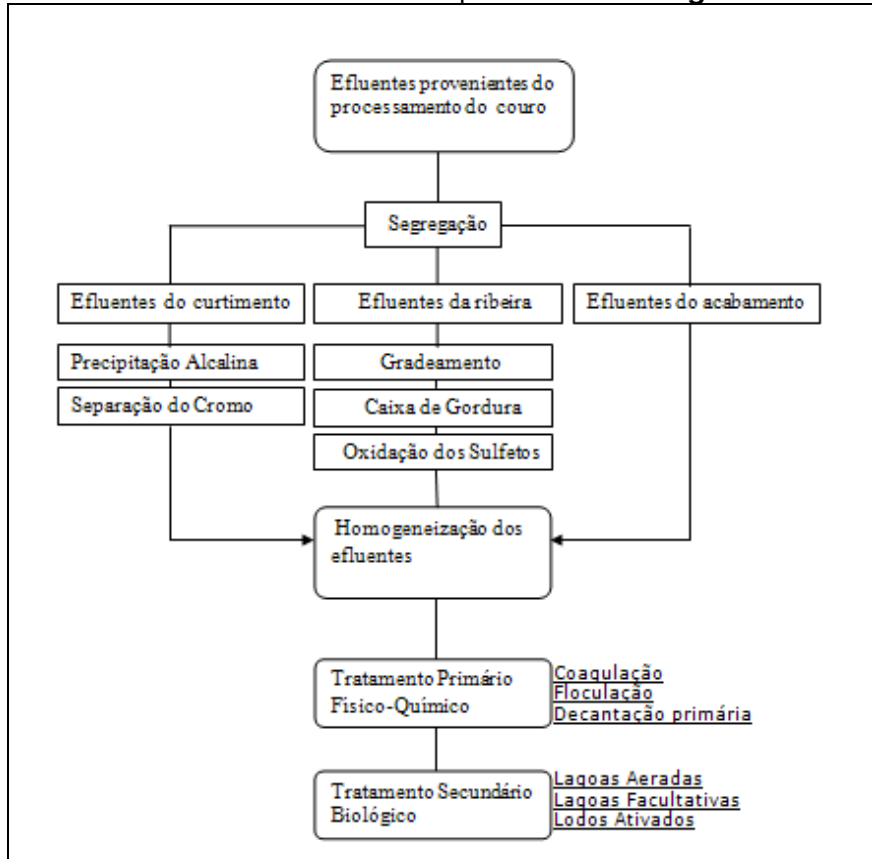


Fig. 2. Etapas do tratamento de efluentes usualmente empregadas em curtumes.

Fonte: Produzido pelo autor.

### 3.3 Novas tecnologias na gestão de efluentes e resíduos de curtumes

Dentre as principais tecnologias alternativas citadas na literatura, temos:

- Processo de gaseificação dos resíduos de curtumes, que consiste na gaseificação dos resíduos e sua posterior utilização como combustível, tendo como principal resultado a diminuição drástica da quantidade de resíduos a serem dispostos em aterros e conseqüente diminuição das emissões geradas. Existem diversas referências na literatura citando a utilização de resíduos da indústria coureiro calçadista como substrato para gaseificação (Bahillo, 2004; Dalla zen, 2000).
- Produção de biodiesel através da utilização do sebo proveniente do descarte, que além da possibilidade de produção do biodiesel ainda existe a alternativa de utilizar a glicerina proveniente do processo para produção de biogás através de biodigestão, e sua posterior utilização para geração de energia térmica ou elétrica.
- Tratamento dos efluentes através de processo de anaerobiose cujo tratamento apresenta as vantagens de redução da quantidade de lodo gerado e a possível produção de biogás. (Bailey, 1984; Léo, 2002).
- Conversão a Baixas Temperaturas: uma nova tecnologia de patente australiana, tecnicamente viável no emprego para o tratamento de efluentes de curtume. Testes se mostraram bastante promissores, reduzindo em até 90% os resíduos sólidos gerados e gerando subprodutos principalmente de classe II e III, como carvão e óleo combustível (Pacheco, 2005).

### 3.4 Novas tecnologias e o mecanismo de desenvolvimento limpo

Podemos definir duas grandes áreas na aplicação do MDL no processo produtivo dos curtumes: o aumento da eficiência energética e o tratamento de resíduos. Através destes dois eixos principais são apresentadas a seguir algumas propostas de projetos de acordo com os moldes do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo e com grande potencial de se tornarem viáveis perante sua utilização conjunta com outras medidas de produção mais limpa.

O processamento das peles gera um gasto energético considerável, principalmente no aquecimento da água dos banhos e nos equipamentos da estação de tratamento de efluentes. É claro que o montante energético é bastante variável dependendo da qualidade das instalações e de práticas de redução do consumo de energia vigentes. Seguindo as metodologias de projeto aprovadas pelo UNCCC, algumas alterações possíveis no processo de geração de energia seriam:

- Substituição dos combustíveis utilizados por outro que reduza o nível de emissões em relação ao combustível anterior. Ex: Gás natural ou madeira de reflorestamento.

Contudo o ideal seria se o curtume fosse capaz de extrair toda a energia por ele consumida de seus próprios resíduos. Desta forma tecnologias de tratamento dos resíduos que também produzem energia podem ser atraentes.

- Utilização do biogás produzido a partir do tratamento de efluentes ou resíduos para geração de energia térmica, dando possibilidades também para geração de energia elétrica.

Dentre as metodologias aplicáveis ao processo de tratamento dos resíduos podemos citar:

- Recuperação de gás metano através do tratamento de efluentes, que apesar de dependente das características originais do local de implantação, abre um amplo leque de alternativas. A **Tab. 3** apresenta as possibilidades de alteração no processo de tratamento dos efluentes de acordo com as características prévias do local de implantação.

Tab. 3. Alternativas para o tratamento de efluente de curtumes de acordo com o sistema previamente utilizado.

Sistema de tratamento utilizado	Alternativa
Tratamento aeróbico	Tratamento anaeróbico + recuperação e queima de metano
Tratamento de lodo no local sem recuperação de metano	Introdução de sistema de recuperação e queima do metano
Tratamento anaeróbico sem recuperação de metano	Introdução de sistema de recuperação e queima do metano

Fonte: Produzido pelo autor.

Na impossibilidade de se realizar o tratamento anaeróbio dos efluentes líquidos, ainda podemos utilizar a técnica para uma grande parte dos resíduos sólidos com a possibilidade de utilização do biogás como descrito abaixo:

- Utilização dos resíduos sólidos em sistema de compostagem ou digestão anaeróbia evitando sua disposição em aterros sanitários, empregando nesse processo carnaças (pré-descarne e descarne), raspas (verdes, caleadas) gorduras, graxas e óleos, material de gradeamento e peneiramento dos efluentes.
- Aproveitamento térmico dos resíduos, utilizando gorduras, graxas, misturas de solventes não-halogenados e óleos para produção de energia térmica.

É interessante notar que dentre as opções citadas tanto as novas tecnologias quanto as alternativas possuem uma metodologia de pequena escala aprovada no âmbito do MDL pela UNFCCC conforme demonstrado na **Tab. 4**.

Tab. 4. Metodologias de pequena escala aprovadas de acordo com cada alternativa tecnológica.

Alternativa Tecnológica	Metodologia de pequena escala aprovada
Substituição de combustíveis fósseis	AMS-I.C
Utilização do biogás proveniente do tratamento de resíduos	AM0036 ou AMS - III.H
Tratamento por compostagem ou anaerobiose evitando deposição em aterros	AM0025
Aproveitamento térmico dos resíduos	AM0036
Gaseificação dos resíduos	AM0025
Produção de Biodiesel através do sebo proveniente do descarte	AM0025
Conversão a baixas temperaturas (LTC)	AM0025

Fonte: Produzido pelo autor.

#### 4 Discussão

A quantidade de resíduos gerados nas indústrias de curtimento é quase sempre bastante elevada. Dentre os principais poluentes presentes nos despejos de um curtume destacam-se a elevada DBO e DQO, sólidos em suspensão, amônia, sulfetos e cromo, todos estes presentes em elevadas concentrações. A tecnologia de tratamento dos efluentes mais frequentemente adotada, a nível nacional, é suficiente para adequar as emissões às normas vigentes da legislação ambiental, mas ainda existe o problema das grandes quantidades de produtos químicos utilizados e o considerável gasto energético e lodo gerado pelas estações de tratamento aeróbio associados à elevada dificuldade de alternativas para sua disposição final em aterros. Os custos de disposição são altos variando de R\$ 15,00 a R\$ 180,00/m<sup>3</sup> dependendo da classificação do resíduo (UNISINOS, 2003), o que aumenta a demanda por novas tecnologias que consigam diminuir tanto a quantidade de reagentes quanto o montante de resíduos derivados do processo. No entanto, dado o perfil típico dos curtumes brasileiros, o grande investimento financeiro para depuração de efluentes não se afigura como uma possível realidade, tornando o MDL uma excelente ferramenta de promoção de acesso econômico a tecnologias mais avançadas de tratamento, ainda pouco abordadas, a nível nacional e algumas vezes mundial. Dentre as alternativas citadas nos resultados podemos realizar a seguinte análise básica: as medidas que envolvem aumento da eficiência energética são de fácil aplicação, mas possuem a desvantagem da baixa redução na quantidade de resíduos e o não investimento em novas tecnologias de tratamento dos mesmos.

A aplicação de métodos de tratamento, já consagrados para outros efluentes, como a digestão anaeróbica, aparece como alternativa bastante interessante e testes com este modelo de tratamento são frequentemente citados na literatura, tanto em escala de laboratório como em projeto piloto (Bailey, 1984; Léo, 2002). Os resultados demonstram uma boa redução dos poluentes, mas ainda são necessários diversos ajustes, principalmente devido às características peculiares do efluente, que difere em composição dos efluentes ricos em carbono, tradicionalmente tratados por esta técnica. A principal diferença consiste na elevada presença de substâncias tóxicas para o processo anaeróbico como os curtentes, anilinas, sulfatos, cromo, sódio entre outros, reduzindo consideravelmente a vantagem adicional da produção de biogás pela inibição do crescimento de bactérias metanogênicas (Beal et al, 1985). Uma outra alternativa eficaz para o destino dos resíduos é seu tratamento térmico, o que reduz substancialmente o seu volume final e estabiliza a fração de cromo nociva ao meio ambiente. Além do que, a cinza gerada como subproduto deste processo contém um teor de cromo maior que o próprio minério do qual se extrai o cromo (cromita), podendo ser utilizadas como matéria prima na produção de ligas Fe-Cr, como fonte de cromo para produção de sulfato básico de cromo, usado no curtimento de peles, ou ainda para a produção

de ácido crômico, insumo da indústria de galvanoplastia (Vieira, 2004; Pereira, 2006).

São duas as principais alternativas de tratamento térmico dos resíduos de curtume: a Conversão a Baixas Temperaturas (LTC) e a Gaseificação dos Resíduos. O processo de Conversão à Baixa Temperatura trata-se de um processo pirolítico, em atmosfera inerte de nitrogênio com a temperatura oscilando entre 380°C e 450°C, sem adição de catalisadores. Foi desenvolvido com o objetivo inicial de reaproveitar lodo industrial de Estação de Tratamento de Efluentes urbanos e industriais (ETE) para obtenção de quatro produtos: óleo, carvão, gás e água com potencial de reutilização comercial (Vieira et al, 2001). A composição química do óleo e a qualidade do carvão são derivadas da composição de origem do resíduo usado como matéria prima. O óleo obtido por LTC pode ter diversas aplicações industriais dependendo da sua composição química e em geral pode ser utilizado na fabricação de sabão, graxas, e para obtenção de biodiesel. Uma das principais vantagens deste processo está relacionada com a estocagem e o transporte, tanto do óleo como do carvão, já os gases e a água tratados podem ser recirculados num sistema de co-geração de energia, diminuindo o custo final da operação (Vieira et al, 2001), que se apresenta como um dos maiores limitantes na adoção desta tecnologia.

Já a gaseificação é definida como a conversão da biomassa, ou de qualquer combustível sólido, em um gás energético, através da oxidação parcial a temperaturas elevadas. Esta conversão pode ser realizada em vários tipos de reatores, tais como reatores de leito fixo e de leito fluidizado (Belgiorno, 2003). Ao longo das últimas duas décadas, a gaseificação de biomassa vem sendo intensivamente estudada como processo alternativo de conversão da energia química, contida em materiais de origem orgânica, em gases para aproveitamento como combustível, ou como matéria-prima para processos químicos. Apresenta-se como uma das soluções para eletrificação rural (principalmente eletrificação dispersa) e para aproveitamento energético de resíduos. A gaseificação dos resíduos tem como principal vantagem a redução drástica da quantidade de resíduos ao final de seu processo, além da produção de energia. O método consome um volume muito menor de ar e oxigênio comparado a outros processos de incineração, e testes realizados indicam o enquadramento de todas as emissões atmosféricas abaixo dos limites máximos previstos pela resolução Conama 316/02 que regulamenta o tratamento térmico de resíduos perigosos no território nacional (Godinho, 2006). Este é um dos principais motivos pelo qual a gaseificação tem sido apontada como o meio seguro de redução de grandes volumes iniciais de resíduos. Além disso, quando realizada em sistemas pressurizados, e, em temperaturas superiores à de fusão de cinzas, formam aglomerados vitrificados inertes ao meio ambiente, que podem ser empregados como matérias-primas na fabricação de outros materiais como cimento, tijolos, cerâmicas ou serem empregados como substrato de fundações de obras civis prediais ou de estradas de rodagem (Werther, 1999). Experimentos de gaseificação de resíduos de curtume já foram conduzidos com bons resultados e dentre os materiais que podem ser utilizados estão o pó da rebaixadeira, lodos da ETE, material curtido, pêlos etc. (Bowden, 2003).

Tanto a LTC como a gaseificação de resíduos apresentam a melhor aplicação do ponto de vista da redução dos resíduos, embora necessitem de um maior aporte financeiro para implantação. Por outro lado nos últimos anos, em particular nos países mais desenvolvidos, políticas tarifárias e leis têm procurado restringir ou mesmo proibir o emprego de algumas tecnologias e processos tradicionais de disposição de resíduos tais como: o aterramento, a reciclagem agrícola. Além destas medidas, a falta de áreas disponíveis para a realização destas práticas, tem aumentado os custos de disposição dos grandes volumes de lodo gerados em estações de tratamento de efluentes, tornando cada vez mais competitiva a construção de grandes instalações para destruição térmica dos mesmos.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo tem como objetivo principal diminuir o custo global de redução de emissões de gases que produzem o efeito estufa e, ao mesmo tempo, também apoiar iniciativas que promovam o desenvolvimento sustentável em países em desenvolvimento. Para que um projeto de MDL seja creditado e possa emitir créditos de carbono, deve comprovar que contribuiu, de forma adicional, para a redução de emissões ou para o seqüestro de carbono da atmosfera. A forma imprecisa com o que a definição da adicionalidade foi estabelecida pelos textos legais tem levado a literatura a identificar tanto seu aspecto ambiental, respeitante à comprovação das reduções de emissões de gases de efeito estufa, quanto seu aspecto financeiro, como as barreiras ao investimento e a viabilidade econômica do projeto com ou sem os recursos oriundos do MDL, como opções válidas na demonstração deste pré-requisito. A possibilidade de aplicação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no tratamento de resíduos de curtumes se torna interessante ao passo que agrega valor econômico aos resíduos anteriormente não valorizados ou melhora a possibilidade de utilização de técnicas de tratamento inacessíveis anteriormente do ponto de vista econômico, além disso aumenta a quantidade dos resíduos que podem ser tratados no próprio local diminuindo, assim, sua disposição em aterros.

## 5 Conclusão

A problemática ambiental associada aos resíduos de curtume é bastante extensa, envolve desde o tratamento e disposição destes resíduos até as barreiras tecnológicas e econômicas de acesso a novas alternativas para o setor. No caso dos curtumes em especial apesar da grande quantidade de resíduos gerados, apenas uma pequena parcela produz gases de efeito estufa durante o processo produtivo, portanto a viabilidade de implantação de um projeto MDL fica muito melhorada ao se integrar vários projetos menores ou utilizar tecnologias que promovam a maior redução possível de emissões, técnica que é aceita como válida no caso de projetos de pequena escala. Dentre as tecnologias levantadas pela pesquisa, a gaseificação de resíduos é a que possui a maior probabilidade de produção de um projeto MDL que realmente seja creditado e possa emitir as reduções certificadas, principalmente devido ao incremento tecnológico derivado de sua implantação e a maior viabilidade econômica se comparada à conversão a baixas temperaturas. O presente trabalho teve como objetivo identificar alternativas para a aplicação de um projeto MDL associado ao tratamento de resíduos do setor de curtumes. A próxima etapa visa realizar um inventário de emissões do processo produtivo de couros e promover uma profunda análise da viabilidade técnica e econômica da alternativa mais promissora, para posterior produção de um projeto MDL para o setor.

## 6 Referências Bibliográficas

AICSUL, 2001. Boletim estatístico do couro. Novo Hamburgo: Associação das indústrias de curtume do rio grande do sul.

Bahillo, A., Armesto, I., Cabanillas, A., Otero, J., 2004. Thermal Valorization of Footwear leather wastes in bubbling fluidized bed combustion. *Waste Management*, v.24; p. 935-944.

Bailey, D.G., 1984. Anaerobic treatment of tannery wastewater. In: *INDUSTRIAL WASTE CONFERENCE*, 38., Purdue University. Boston.

Beal, L. L., Furtado, J. L. F., Monteggia, L. O., 2000. The effects of tannery products on methanogenic activity. In: *AQUA ENVIRO TECHNOLOGY TRANSFER*. Leeds: Terence Dalton Publishers. V.2, p.139-141.

Belgiorno, V., Feo, G. D., Rocca, C. D., Napoli, R. M. A., 2003. Energy from gasification of solid wastes. *Waste Management*, v.24, p. 1-15.

Bowden, W., 2003. Gasification-achieving zero waste. *Journal of American Leather Chemists Association*, v. 98, p. 19-25.

Cherchinaro, C.A.L., Von Sperling, M., da Silva, P.C., Gonçalves, R.F., 1996. Tratamento de Efluentes de Curtumes Através de Filtros Anaeróbios seguidos por Biofiltros Aerados. UFMG – DESA/UFMG. 10 p.

Class, I. C., Maia, R. A. M., 1994. Manual básico de resíduos industriais de curtume. Porto Alegre: SENAI/RS, 664 p.

Dalla Zen, L., 2000. Aproveitamento energético de resíduos de couro curtido ao cromo através do processo de combustão em leito fluidizado. Porto Alegre. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia UFRGS.

Foresti, E., 1972. Estudos Preliminares das Características e Tratamento das Águas Residuárias de Curtumes. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Godinho, M., 2006. Gaseificação e combustão de resíduos sólidos da indústria calçadista. Porto Alegre. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia, Curso de pós graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalúrgica da UFRGS.

Hoianacki, E., Moreira, M.V., Kiefer, C.G., 1994. Manual Básico de Processamento o Couro. SENAI/RS.

Léo, L. F. R., 2002. Avaliação do comportamento de um reator UASB com separador de fases simplificado no tratamento de efluentes de curtumes. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 124 p.

Pacheco, José Wagner Faria. 2005. Curtumes. São Paulo. Série produção mais limpa – CETESB. 30 p.

Pereira, S. V., 2006. Obtenção de cromato de sódio a partir das cinzas de incineração de resíduos do setor calçadista visando a produção de sulfato básico de cromo. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da UFRGS.

Rao, J., Chandrababu, N. K., Muralidharan, C., Nair, Balachandran. 2003 Recouping the wastewater: a way forward for cleaner leather processing. *Journal of Cleaner Production* Volume 11, Issue 5, August 2003, Pages 591-599.

UNISINOS, 2003. Couro e calçados: Sustentação econômica do Vale dos Sinos. Responsabilidade ambiental – UNISINOS, v. 160. Janeiro/Fevereiro.

Vieira, Glauca E. Gama, Romeiro, Gilberto A., Damasceno, Raimundo N, Pedroso, Albari Gelson, Bayer, E., Kutubuddin, M. 2001. A Tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura - LTC e o Reaproveitamento do Lodo Residual da Indústria Petroflex, IBP 15600. 2o. Congresso da Indústria Química do Mercosul.

Vieira, M.S., 2004. Recuperação de cromo contido nas cinzas provenientes da incineração de resíduos sólidos da indústria coureiro-calçadista visando a obtenção de cromato de sódio (VI). Porto Alegre. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da UFRGS.

Werther, J., Ogada, T., Sewage sludge combustion. 1999. *Progress in Energy and Combustion Science*, Volume 25, February, Pages 55-116.