

# Avaliação técnica, ambiental e econômica de quatro possibilidades de processos de ribeira e curtimento

AQUIM, Patrice Monteiro de<sup>1,2</sup>; SOARES, Mariliz Gutterres<sup>1</sup>;  
MANCOPES, Flavia<sup>1</sup>; TRIERWEILER, Jorge Otávio<sup>1</sup>

## RESUMO

O beneficiamento do couro requer diversas etapas de processamento, com adições sequenciais de produtos químicos, intercaladas por lavagens e processos mecânicos. Essas etapas de processamento caracterizam-se por gerarem um alto impacto ambiental, pela produção de grande volume de efluentes líquidos ricos em gordura e contendo muitas vezes metais pesados. Com intuito de avaliar itens importantes do processo, como formulação, custo de produtos químicos, demanda e custo de água, foi feita esta pesquisa com quatro tipos de processamento de peles nas etapas de ribeira e curtimento: (A) convencional, (B) com alternativas que minimizem o impacto ambiental (redução na quantidade de produtos químicos), (C) o menor impacto ambiental (sem cromo) e (D) alternativo, utilizando enzimas no caleiro para minimizar impacto ambiental. Os custos dos produtos químicos foram fornecidos pela indústria química. A caracterização dos banhos residuais de processos como o (A) e o (B) já é conhecida, uma vez que muitos curtumes a utilizam, já para a caracterização do processo (C), houve a necessidade de execução do processo em escala-piloto. Para avaliar o (D), efetuou-se o caleiro enzimático e verificou-se a qualidade da pele formada. Ao pesquisar as possibilidades de processos, verificou-se que é possível a realização dos processos mais ecológicos, no entanto, existe uma barreira cultural, que deve ser quebrada através de muitas pesquisas que mostrem a viabilidade dos processos.

**Palavras- chave:** Tipos de processos. Demanda de água. Avaliação de custos.

## ABSTRACT:

The leather manufacturing needs many process steps, there are chemical products, washings and mechanical operation. The steps from leather industry are characterized by generate a high environmental impact. For available the important items such as: formulation, water demand, water cost and chemical products cost were made this research with four different processes to transformed hide to leather in beamhouse and tanning steps: (A) conventional , (B) same alternatives to minimization environmental impact, (C) the less environmental impact and (D) alternative, it used enzymes in liming step. The products costs were provided from chemical industry. The characterization of wastewater for (A) and (B) processes are already known, since

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química. Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente. (LACOURO) – Porto Alegre - RS – Brasil.

<sup>2</sup> Centro Universitário Feevale. Grupo de Materiais - Campus II, Novo Hamburgo-RS

many tanneries already use them, the characterization of the process (C) there was made in pilot scale. To evaluate (d), made an enzymatic liming and available the hide quality. The research, with different possibilities to have leather, shows that it is possible to achieve more eco-friendly processes, however, there is a cultural barrier, which must be broken through many researches that show the feasibility of processes.

**Keywords:** Types of processes. Water demand. Assessment of costs.

## 1 INTRODUÇÃO

A gestão ambiental aplicada a curtumes é um desafio, contudo as exigências do mercado internacional fazem com que essa preocupação seja realidade nos curtumes também. Outro fator relevante para a aplicação de novas técnicas de gestão ambiental são as exigências feitas pelos órgãos ambientais, que estão cada vez mais severas, desde a outorga para o uso da água, que atualmente exige uma série de critérios antigamente não considerados, bem como a cobrança pelo seu uso em determinados locais, com tendência à expansão. Existem, também, padrões e limites para que os efluentes possam ser lançados nos corpos d'água.

Atendendo essa exigência, a demanda dos consumidores por produtos "ecológicos" aumentou, e essa premissa, negligenciada antigamente, tem as vendas subjacentes agora tornadas um princípio válido, ditadas pela realidade do mercado. As empresas sabem que devem usar produtos que permitem a redução drástica dos custos do tratamento ou da purificação da água, pois assim se dará o aumento da produtividade e a redução dos custos com menor impacto ambiental.

O presente trabalho pesquisou quatro tipos de processamento de peles em couro e comparou-os em nível de demanda de água, custo e impacto ambiental. Essa avaliação tem suma importância, pois muitas vezes há desconhecimento da possibilidade de alternativas para otimizar o processo e insegurança para realizá-las.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: GESTÃO AMBIENTAL, CUSTOS E TECNOLOGIAS LIMPAS

Gestão Ambiental é o sistema que inclui a estrutura organizacional, as atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental (NBR ISO 14001). É o objeto de manter o meio ambiente saudável, desenvolvimento sustentável, ou seja, o meio de

atuar sobre as modificações causadas no meio ambiente pelo uso e/ou descarte dos bens e detritos gerados pelas atividades humanas, a partir de um plano de ações viáveis técnica e economicamente.

Para Ribeiro (2002), os custos ambientais devem compreender todos aqueles relacionados, direta ou indiretamente, com a proteção do meio ambiente, como: todas as formas de amortização (depreciação, amortização e exaustão) dos valores relativos aos ativos de natureza ambiental possuídos pela organização, aquisição de insumos próprios para controle/ redução/ eliminação de poluentes, tratamento de resíduos dos produtos; disposição de resíduos poluentes, tratamentos de recuperação/ restauração de áreas contaminadas e mão de obra utilizada nas atividades de controle/ preservação/ recuperação do meio ambiente.

Drault (2004) fez a análise do ciclo de vida de um curtume na Argentina, analisando a pele e o processo. Primeiro realizou uma análise simplificada do ciclo de vida, que avalia apenas o produto dentro da fábrica (portão a portão), o que permitiu o conhecimento da problemática ambiental da indústria. Foi feita, também, uma avaliação do desempenho ambiental e, por último, foram sugeridas melhorias de desempenho ambiental. Com a realização do trabalho, nota-se que a empresa poderá, entre outros aspectos: implementar as propostas geradas e realizar um processo com maior produtividade e mais eficiente, utilizando a informação para implementar um sistema de gestão ambiental.

Alguns países, como o Chile e a Bolívia, elaboraram guias para curtumes com o enfoque de informar os danos ambientais causados. O do Chile é denominado de “Guia para El Control y prevencion de la contaminación Industrial”. Elaborado em 1999, esse apresenta medidas de prevenção da contaminação, controle e eficiência do processo; possibilidades de produção mais avançadas e limpas e possibilidades de minimização, de reuso e reciclo, etc. O guia também menciona a implementação de sistema de gestão ambiental através do desenvolvimento das seguintes medidas: política ambiental, definição de um programa ambiental com objetivos e metas, definição de funções e responsabilidades, integração da gestão ambiental nas operações, programa de capacitação, documentação do sistema, definição de ações preventivas e corretivas, auditoria, revisão e plano de comunicação interno e externo. O Guia da Bolívia tem um capítulo especial só para as medidas de produção mais limpas em curtumes desenvolvido pelo Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, nele, são destacadas as medidas que reduzem custos de produção e/ou melhoram a qualidade do couro. Dentro dessas medidas necessárias de

implementação, as mais custosas são as relacionadas com o tratamento de efluentes (Guia Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres, BOLÍVIA, 2002).

O curtume Fuga Couros Jales ganhou o prêmio FIESP de mérito ambiental (DALPRÁ et. al, 2006), com o trabalho Fuga Couros Jales e a busca da qualidade ambiental; o curtume estabeleceu uma política voltada a atingir novos paradigmas que o mantivessem em destaque como empresa exemplar do setor no que se refere à minimização de impactos ambientais decorrentes do processo produtivo. A fim de ser mantida essa política, o grupo estabeleceu como objetivo principal: otimizar o uso de recursos naturais empregados no processo produtivo. Inicialmente, o curtume utilizava a marca de 750 l por pele e hoje o consumo de água já se encontra abaixo de 250 l por pele, e a empresa tem como meta a marca de 150 l por pele, valor este que representa uma redução de 67% da quantidade de água usada no início das operações da indústria em apenas sete anos de atividades. Destacam-se entre as tecnologias adotadas para minimização do uso da água: colocação de hidrômetros em etapas-chave do processo, utilização de tecnologia para a redução da necessidade de água no remolho, reciclagem de banhos de depilação e caleiro, e reciclagem dos banhos de curtimento, sendo o licor de cromo reutilizado no processo de curtimento e o líquido sobrenadante na lavagem da desengalagem.

Springer (2006) aborda os conceitos de Consumo Sustentável e de Avaliação do Ciclo de Vida de um Produto. O autor mostra também uma listagem de tecnologias mais limpas para o processamento de couro *vacum*. Algumas das medidas citadas pelo autor são relacionadas a: otimização de processos, substituição de produtos químicos perigosos por outros menos agressivos, gerenciamento do consumo de água e energia, gestão e tratamento de efluentes líquidos, resíduos sólidos e emissões atmosféricas.

A União Internacional da Sociedade de Técnicos e Químicos em Couro, através da Comissão do Meio Ambiente, IUE (IUE RECOMMENDATIONS ON CLEANER TECHNOLOGIES FOR LEATHER PRODUCTION, 2004) também sugere medidas de tecnologias limpas para a indústria do couro.

O *Guia para el control y prevencion de lacontaminacion industrial - Curtiembres* (1999) apresenta indicadores de custos e os benefícios de tecnologias limpas e medidas de prevenção. Apresenta os custos iniciais de algumas medidas adotadas, como a aquisição de equipamentos. O guia mostra uma tabela na qual cita as medidas a serem tomadas para prevenir a poluição e constam a aplicabilidade, os custos e algumas observações perante a medida tomada. Por exemplo, mostra que o reciclo do banho de curtimento tem aplicabilidade imediata e gera

redução de custos com produtos químicos, contudo deve-se verificar a qualidade do couro. De acordo com o guia, Case nº 3 (1991), para: 120m<sup>3</sup>/dia, 29040m<sup>3</sup>/ ano são investidos 9500US\$ e o custo do tratamento médio é de 3,27US\$m<sup>3</sup>; para 250m<sup>3</sup>/dia, 60500m<sup>3</sup>/ ano são investidos 34000US\$ e o custo do tratamento médio é de 5,62US\$m<sup>3</sup>; e, para 2000m<sup>3</sup>/dia, 484000m<sup>3</sup>/ ano são investidos 2400000US\$ e o custo do tratamento médio é de 5US\$m<sup>3</sup>.

Segundo o *Guía de Producción Más Limpia de Lima* (2005), um melhor uso dos recursos reduz a geração de resíduos. Sugestões para redução do uso abusivo dos recursos são: reciclar, reutilizar ou recuperar. Consequentemente, reduzem-se os custos e simplificam-se as técnicas requeridas para o tratamento ao final do processo e para disposição final dos resíduos. O guia também mostra balanços para estimar os custos de operação do processo, ou seja, determina as entradas e as saídas não quantificadas. Ao identificar esse tipo de custo, é mais fácil convencer a gerência da empresa a mudar para uma produção mais limpa.

Caso se tome como base o período de retorno do investimento, geralmente, preferem-se os projetos com períodos mais curtos aos mais demorados. Uma regra empírica é que os períodos de retorno de investimento até três ou quatro anos são considerados aceitáveis e de baixo risco. Um exemplo de uma medida aceitável é o uso de arandelas metálicas (reduzidoras de fluxo) nas torneiras de água. Os resultados esperados são: economia estimada na água doméstica = 2 600 m<sup>3</sup>/ano (20% do consumo atual de água doméstica), economia de 5 000 US\$/ano, redução de 20% da descarga de efluentes domésticos.

No Guia Brasileiro de Produção mais Limpa (PmaisL) no Processamento de Couro Vacuum do Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL/SENAI (2003), é apresentada a metodologia para análise da viabilidade econômica de alternativas de PmaisL em processamento de couro. A viabilidade econômica é frequentemente o critério que pode determinar se uma opção será implementada ou não.

Em meados de 2003, um curtume no estado de São Paulo, por meio de um projeto de reciclagem de água para o processo e para a limpeza de pisos (entre outras medidas), chegou a um consumo declarado de cerca de 320 litros de água / pele (aproximadamente 13,3 m<sup>3</sup> / t pele salgada, assumindo-se 24,0 kg / pele). É um índice muito bom, comparando-se com uma média geral de cerca de 600 litros / pele salgada. Esse curtume declarou, ainda, ter metas de consumo de água ainda menores, com conseqüente redução de custos de tratamento e disposição de efluentes líquidos e resíduos sólidos (SINDICOURO, 2006).

É importante ressaltar que, em muitos casos, além dos benefícios ambientais, a aplicação dessas medidas traz benefícios econômicos para os curtumes. Reduções de custos com matérias-primas, no tratamento dos efluentes e na disposição dos resíduos, são muito comuns. De qualquer forma, é importante analisar caso a caso, sendo que é sempre recomendável verificar a relação custo-benefício e o grau de dificuldade para implantação de cada medida de PmaisL. A situação ideal ou ordem natural é começar pelas medidas economicamente viáveis que deem um bom retorno ambiental e que sejam mais simples de serem implementadas (SINDICOURO, 2006).

Para Pacheco (2005), o volume de efluente tratado em curtumes é normalmente similar ao volume de água captado para os processos.

Para Class e Maia (1994, *apud* PACHECO, 2005), os processos de ribeira consomem 21,6 m<sup>3</sup>/t de pele, representando 67,6% de efluente gerado, para o pré-curtimento e o curtimento, são gastos 6,9 m<sup>3</sup>/t representando 21,7% do efluente e o acabamento demanda 3,43m<sup>3</sup>/t, resultando em 10,7% do efluente gerado.

Em um interessante trabalho feito em Minas Gerais, foram identificadas e priorizadas 31 oportunidades de melhorias, sendo que algumas delas foram selecionadas e implementadas por alguns dos 12 curtumes, que obtiveram benefícios ambientais e econômicos dessas ações. Como resultados, obtiveram-se reduções efetivas dos consumos de energia e de água, bem como da geração de resíduos curtidos (serragem e aparas). Quase metade das ações de melhoria identificadas e adotadas foram de organização e de maiores cuidados operacionais, o que reforça a recomendação geral de se iniciar por esse tipo de ação, que normalmente demanda menores mudanças e investimentos. Além da melhoria ambiental, os resultados econômicos foram muito bons. No caso de considerar todas as ações implementadas, o desenvolvimento do programa e os investimentos necessários para a aplicação das melhorias, aplicou-se um total de R\$ 82.715,00, sendo que o retorno contabilizado resultou em R\$ 636.243,00 / ano, o que dá um retorno simples do investimento em um mês e 17 dias (PACHECO, 2005)

### 3 METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DE PROCESSOS E SEUS CUSTOS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, pesquisou-se, através de visitas a curtumes e indústrias químicas especializadas em produtos para couro, quatro tipos de tecnologias de processamento de peles em couro e compararam-se essas tecnologias em nível de demanda de

água, custo e impacto ambiental. Essa avaliação tem suma importância, pois muitas vezes há desconhecimento da possibilidade de alternativas para otimizar o processo e insegurança para realizá-las.

As quatro possibilidades de processos de ribeira e curtimento estudadas foram:

(A) convencional: processo utilizado na maioria dos curtumes;

(B) com algumas alternativas que minimizem o impacto ambiental;

(C) buscando o mínimo impacto ambiental;

(D) alternativo, utilizando enzimas na etapa de depilação e caleiro; para minimizar o impacto ambiental.

A avaliação dos processos teve a colaboração da empresa química Basf, para os três primeiros processos, e da empresa Buckman, para o quarto processo. As indústrias químicas contribuíram emprestando espaço para os experimentos, doando produtos químicos e auxiliando, através de sua experiência, na escolha de produtos e na montagem das formulações.

Foram avaliadas as etapas até o curtimento, as demais não entraram no estudo devido ao fato de existirem inúmeras formulações de acabamento molhado e estas variarem muito de acordo com o produto final, tornando as formulações muito específicas para serem comparadas em nível de preços de produtos.

No estudo, foram avaliados as quantidades de produtos químicos e os custos desses produtos, também se calcularam o consumo e o custo da água dos processos. Os custos dos produtos químicos foram fornecidos no primeiro semestre de 2006. A avaliação do custo relacionado ao consumo de água foi baseada na fórmula de cobrança pelo uso da água da Bacia do Paraíba do Sul (Agência Nacional de Águas, 2006).

As formulações (A) e (B) elaboradas para calcular o consumo de água e de produtos químicos não foram testadas, devido ao fato de já terem sido empregadas em curtumes. A formulação (C) foi testada experimentalmente e o processo (D) foi executado também.

O processo (D) foi efetuado para verificar a qualidade do couro quando se empregam enzimas no processo de depilação e caleiro, as enzimas são utilizadas em todos os processos para a etapa de purga, além disso, a enzima também pode ser utilizada no remolho, como apresentado no processo (C). A depilação enzimática aumenta a área do couro, dando um melhor retorno financeiro, além de diminuir a quantidade necessária de água, bem como a contaminação do

efluente devido à minimização de produtos químicos adicionados. No processo (D), foi avaliada apenas a pele depilada e caleirada. Os banhos residuais não foram avaliados.

As quatro formulações estão apresentadas nas tabelas 1, para remolho e caleiro, e 2, para desescalagem, purga, píquel e curtimento.

**Tabela 1: Formulações de remolho e caleiro dos processos (A), (B), (C) e (D)**

(continua)..

Processos	(A)	B	C	D
	% Produtos/ Atividade	% Produtos	% Produtos /Atividades/ Banhos Residuais	% Produtos
Pré-remolho	200 Água	- -		
	100 Água (lavar/esgotar)	- -		
Remolho	200 Água	150 Água	100 Água recuperada	100 Água
	0,10 Biocida	0,20 Biocida	0,25 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	
	0,30 (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0,30 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,20 Enzima	
	0,10 Tensoativo	0,20 Enzima	0,05 Tensoativo biodegradável	
	200 Água (lavar/esgotar)	0,10 Tensoativo		
Depilação e Caleiro		100 Água		
	30 Água	Banho residual da lavagem	72 Água/Reciclo	50 Água/ Reciclo
	0,60 Sulfeto de sódio	Auxiliar de depilação e caleiro sem sulfeto e sem amina	2 Auxiliar de Depilação e caleiro, mistura de agentes orgânicos redutores	0,30 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
	0,50 Cal hidratada	0,40 Sulfeto de sódio	0,50 Cal	0,04 Enzima (lipase)
	0,10 Tensoativo	0,10 Tensoativo	0,02 Tensoativo biodegradável	0,08 Agente dispersante
	0,80 Sulfeto de sódio	0,40 Cal hidratada	0,70 Cal	0,80 Cal

Tabela 2: Formulações de remolho e caleiro dos processos (A), (B), (C) e (D)

Processos	(conclusão)			
	(A)	B	C	D
	0,70 Cal hidratada	0,50 Sulfeto de sódio	2 Auxiliar de Depilação e caleiro, mistura de agentes orgânicos redutores	0,06 (protease)
	0,70 Cal hidratada	0,80 Cal hidratada	0,05 Enzima proteolítica	0,50 Sulfeto de sódio (50%)
	0,80 Sulfeto de sódio	0,50 Sulfeto de sódio	0,70 Cal (Ca (OH)2)	0,60 Sulfeto de sódio (50%)
	30 Água	0,80 Cal hidratada	100 Água	0,60 Cal
	0,05 Tensoativo		0,05 Tensoativo biodegradável	20 Água
	1,80 Cal hidratada	140 Água	1,70 Cal (Ca (OH)2)	0,50 Cal
		140 Água		0,04 Enzima (protease)
		100 Reciclo do caleiro		100 Água
		0,10 Tensoativo		1,20 Cal
		1,60 Cal hidratada		0,30 Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
				100 Água
				1,50 Cal
Lavagem			100 Água para lavar	
			200 Água	
*Recaleiro foi feito apenas no processo piloto			0,50 Cal	
			0,20 Auxiliar de caleiro Policarboxílico melhora o atravessamento da cal* **	

(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) -> Carbonato de Sódio -> nome utilizado nas formulações de curtume: Barrilha Leve

(Ca(OH)<sub>2</sub>)-> nome utilizado nas formulações de curtume: Cal hidratada/ Cal

\*Recaleiro-> apenas no processo-piloto para avaliação do processo (C), ou seja, não foi utilizado para cálculos de demandas de água nem para custos.

Obs.: os percentuais são em relação à massa de peles (salgada ou verde) que serão processadas.

Tabela 3: Formulações de desengalagem, purga, piquel e curtimento dos processos (A), (B), (C) e (D)

(continua)

Processos	(A)		B		C		D	
	%	Produtos/ Atividade	%	Produtos/Atividade	%	Produtos /Atividades/ Banhos Residuais	%	Produtos
Desengalagem	200	Água	100	Água tratada reuso	100	Água	100	Água (lavar)
	0,04	Tensoativo	0,10	Tensoativo	0,05	Tensoativo biodegradável	100	Água
	0,30	Sulfato de amônio	0,30	Sulfato de amônio	0,10	Desengalante e **ácido de Piquelagem	0,05	Sulfato de amônio roda 20' e esgota
	1,50	Cloreto de amônio			0,20	Bissulfito de Sódio	20	Sobra LAVAGEM
	1,50	Sulfato de amônio			2	Desengalante	2,50	Sulfato de amônio
	0,10	Tensoativo					2	Cloreto de amônio
							0,10	(álcool graxo)
							0,70	(ác. carboxílicos)
Purga	30	Água	0,30	Desengalante e **ácido de piquelagem	30	Água	30	Água
	0,10	Tensoativo	1,50	Sulfato de amônio	0,05	Tensoativo	0,05	(álcool graxo)
	0,05	Enzima	0,10	Tensoativo	0,05	Enzima	0,05	Enzima de purga
	400	Água lavar 2 x	0,20	Desengalante e ácido de piquelagem	150	Água recuperada	100	Água (lavar)
	40	Água	30	Água 28°C	150	Água recuperada	100	Água (lavar)
			0,1	Tensoativo				
			0,10	Enzima				
			400	água Lavar 2 x				

Tabela 4: Formulações de desengalagem, purga, píquel e curtimento dos processos (A), (B), (C) e (D)

Processos	(conclusão)							
	(A)		B		C		D	
Píquel e Curtimento	5,5	Sal	40	Água tratada de reciclo de cromo	50	Água 25C	40	Água limpa
	0,6	Branqueador	1	Cloreto de sódio	3	Cloreto de sódio	4	Cloreto de sódio
	0,4	Ácido fórmico (diluído 1:10)	2,70	*mistura de ácidos arilsulfônicos	0,50	Formiato de Sódio	1	Ácido Fórmico
	1,10	Ácido sulfúrico (diluído 1:10)	0,60	Peróxido de hidrogênio desengalagem para alvejar	0,50	Ácido Fórmico	1,20	Ác. Orgânico
	0,50	Formiato de sódio	5	Sulfato básico de cromo	1,40	Ácido Sulfúrico	6	Sulfato básico de cromo
	6	Sulfato básico de cromo	0,10	Fungicida	2	Curtente de glutaraldeído	0,20	Busan 30L
	0,06	Fungicida	0,20	Neutralizante	1,50	Polímero com ação curtente	0,25	Formiato de sódio
	0,43	Neutralizante	0,10	Fungicida	1	Agente curtente Combinação de curtente sintético e ácidos orgânicos	0,30	Basificante
	0,06	Fungicida			2	Formiato de Sódio		
					1,50	Bicarbonato de Sódio		
				5	Curteses à base de sulfona e ácidos sulfônicos aromáticos			
				0,10	Fungicida			

\*mistura de ácidos arilsulfônicos, constituídos à base de ácidos sulfônicos aromáticos, com efeito não intumescente para uma píquelagem sem adição de sal e ácidos sulfúrico e fórmico

\*\*ácido de píquelagem. Mistura de ácidos dicarboxílicos alifáticos com agentes mascarantes

Obs.: os percentuais são em relação à massa de peles caleiradas que serão processadas.

O estudo do processo (C) foi necessário para validar o seu uso e verificar as concentrações do efluente gerado e a qualidade do couro formado, ou seja, garantir a possibilidade de processar

o couro com menos impacto ambiental. Os banhos residuais desse processo foram caracterizados através de análises químicas dos contaminantes residuais.

A pele utilizada no experimento foi uma pele verde oriunda do curtume Bom Retiro, com massa inicial de 27,8 kg. A pele foi utilizada logo após a esfolagem e possuía muito sangue, o qual poderia ser aproveitado para outros fins. Todavia, a pele verde era isenta de sal de conservação, o que possibilita a ausência de cloretos, proveniente do remolho, no efluente.

A Figura 1 mostra a pele verde sendo remolhada, na qual pode ser verificada a grande quantidade de sangue. Já na figura 2, encontra-se a pele após sofrer a operação de depilação e caleiro, no mesmo fulão.



**Figura 1: Operação de remolho da pele verde**



**Figura 2: Depilação e caleiro em fulão**

A formulação de remolho, depilação e caleiro (C) apresenta algumas vantagens em relação às formulações convencionais. Essas vantagens estão destacadas a seguir.

A primeira vantagem é o remolho da pele em estado verde ou bruta, pois, na maioria dos curtumes, a pele que entra no processo é a conservada com sal, causando uma alta concentração de cloreto de sódio no efluente. Os cloretos no efluente são de difícil remoção e podem ser

considerados um problema para curtumes, logo, ao processar a pele verde, elimina-se um causador de impacto ambiental do processo.

O uso de enzima no processo de remolho é vantajoso, pois possibilita uma reidratação mais eficiente devido à abertura das fibras, o que proporciona também a melhor penetração de reagentes e limpeza da pele. As enzimas substituem produtos químicos agressivos, proporcionando melhora na qualidade do produto final. Ainda, fazem o processo industrial ser mais seguro para os técnicos, mais rápido, mais eficiente e ambientalmente correto.

Escolheu-se para formulação um tensoativo biodegradável. Outra importante vantagem é a realização da depilação sem sulfeto, pois praticamente todos os curtumes utilizam o sulfeto devido à depilação cal-sulfeto ser a mais econômica e apresentar bons resultados. Contudo, o uso de sulfetos deve ser cada vez menor, pois, segundo a Resolução CONSEMA N° 128/2006, os efluentes líquidos de fontes poluidoras somente podem ser lançados em corpos d'água superficiais, direta ou indiretamente, com concentração máxima de sulfeto de 0,2 mg S<sup>2</sup>/L.

Os processos de remolho e caleiro sofridos pela pele geraram três banhos residuais para serem analisados: de remolho, caleiro e lavagem de caleiro. Ao serem descartados, esses banhos foram coletados para a realização de ensaios físicos e químicos. As medidas feitas foram: pH, condutividade e turbidez. As análises químicas foram DQO, nitrogênio, cálcio e sólidos totais.

A Figura 3 ilustra o banho residual de remolho, no qual pode ser visualizado o sangue oriundo da pele. A Figura 4 ilustra o banho residual de depilação e caleiro, que possui coloração branca devido à presença de cálcio.



Figura 3: Banho residual de remolho da pele verde



Figura 4: Banho residual de depilação e calceiro

A pele calcirada e depilada denominada de tripa foi levada ao curtume para ser dividida, ela retornou com espessura de 3,5 a 4,0 mm e foi pesada, resultando em 15,8 kg. Assim, a pele calcirada dividida passou para as próximas operações do tratamento da pele até o curtimento. Como o processo de curtimento é “cromo-free” (isento de cromo), essa formulação vai dar origem a um couro denominado *wet-white*.

As operações seguintes que precedem o curtimento e o próprio curtimento geraram os seguintes banhos residuais para serem analisados: recalcirado, lavagem, desencalagem e purga, lavagem 1 e lavagem 2. A Figura 5 apresenta o processamento e as figuras 6 e 7 mostram, respectivamente, o banho residual de desencalagem e o banho residual de purga. A coloração desses banhos é esbranquiçada devido à presença de compostos com cálcio. As análises às quais esses banhos foram submetidos também são: pH, condutividade e turbidez, DQO, nitrogênio, sólidos totais e cálcio.

Esse processo de píquel utilizado apresenta como vantagem a redução da adição de sal, pois a operação que antecede o curtimento geralmente utiliza 5,5% de sal e, nesse caso, foi 3%.



Figura 5: Processo de desencalagem e purga



Figura 6: Banho residual de descalcagem



Figura 7: Banho residual de purga

A pele purgada é preparada para receber o agente curtente, no caso, os curtentes são taninos vegetais e taninos sintéticos. O processo em questão origina um couro isento de cromo.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 PROCESSO (A)

O processo realiza a depilação com cal (hidróxido de cálcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ )) e sulfeto de sódio em escamas ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) e curte com sulfato básico de cromo ( $\text{Cr}(\text{OH})\text{SO}_4$ ), resultando na geração de compostos tóxicos (cromo e sulfeto) que requerem tratamento para minimizá-los e ou eliminá-los do efluente antes do descarte.

É o mais utilizado pelos curtumes até os dias atuais, com poucas alternativas voltadas para proteção do meio ambiente, apenas com reciclo parcial do processo de depilação e caleiro e com tratamento de efluentes.

O reciclo do caleiro foi solicitado pelo órgão ambiental, na década de 80, e teve certa resistência pelos curtumes no início de sua implementação. Hoje, é aceito por eles como um grande beneficiador devido à economia de água e produtos químicos. Percebeu-se que o reciclo trouxe benefícios financeiros comprovados pelo setor econômico da indústria. Contudo, ainda existe resistência de mudanças nos demais processos.

## 4.2 PROCESSO (B)

É um processo misto, que utiliza algumas alternativas ambientalmente corretas. Nele, é realizado o reciclo, no processo de depilação e caleiro, e reciclo parcial do banho de curtimento após tratamento e já introduz o uso de enzimas na sua formulação.

O percentual utilizado de sal de cromo é reduzido de 6% do processo (A) para 5%, e diminui, também, o sal (cloreto de sódio) empregado no píquelo de 5,5% para 1%, por meio de emprego de ácido não inchante.

Esse processo é uma espécie de “degrau”, uma alternativa intermediária para uma transição para processos ambientalmente corretos. E já mostra que as técnicas requerem investimentos, porém trazem muitos benefícios.

## 4.3 PROCESSO (C)

Busca ser ambientalmente correto e faz uso de produtos menos impactantes ao meio ambiente. No processamento da pele verde, é feita a depilação sem sulfeto, são utilizadas enzimas e o curtimento é realizado sem cromo.

Esse processo, como já mencionado, foi testado em escala-piloto, para poder caracterizar o efluente através de análises nos banhos residuais e comprovar a qualidade do couro produzido, uma vez que não é uma formulação praticada em curtumes da região.

## 4.4 PROCESSO (D)

Esse processo também foi avaliado e pode-se perceber uma diminuição do volume de efluente gerado em relação aos processos (A) e (B). Empregaram-se enzimas na realização de

remolho, de depilação (o que possibilitou a redução do sulfeto de sódio) e purga (em que já são convencionalmente usadas).

A avaliação do processo (D) foi em função da qualidade da pele formada, através da avaliação de rede de fibras por MEV (microscopia eletrônica de varredura) e testes de resistência mecânica, que constataram que o processo (D) forma um couro de qualidade semelhante ao convencional.

A Figura 8 apresenta a abertura das fibras que o processo de depilação enzimática proporciona, importante para a etapa de curtimento e recurtimento, para que os insumos sejam mais bem absorvidos. A Figura 9 mostra as amostras de peles que sofreram o caleiro convencional e enzimático, percebe-se que as aberturas são semelhantes.

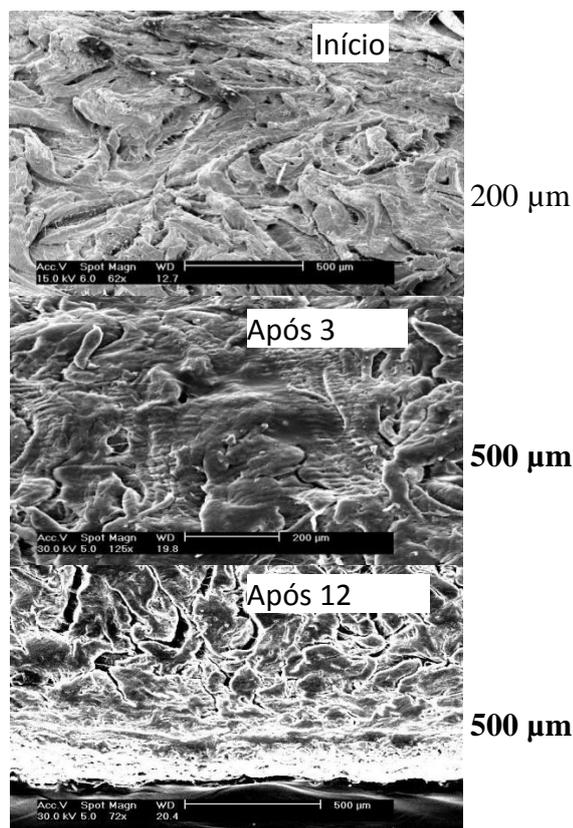


Figura 8: Amostras de pele durante o processo de depilação enzimático

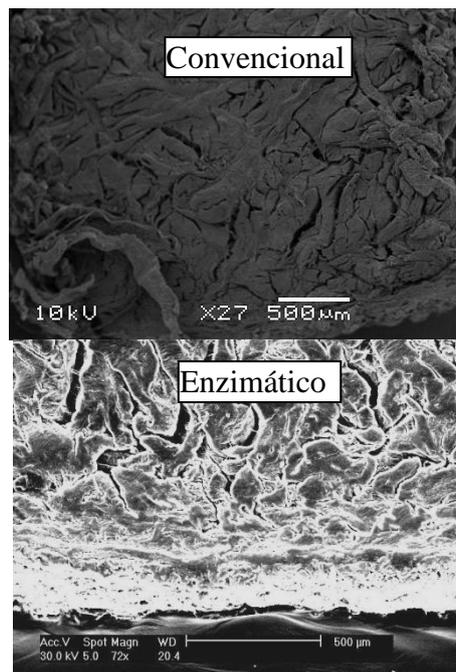


Figura 9: Amostras de pele após o calceiro convencional e enzimático

Os testes físicos de tração de pele calceirada, ao final do processo, mostraram que não há diferença significativa entre as amostras dos processos convencionais e enzimáticos. As tensões de ruptura de uma pele que sofreu o processo convencional e uma que sofreu o enzimático são, respectivamente, 42,12 MPa e 39,00 MPa, o que indica que não há perdas de resistência mecânica do material no processo enzimático, os resultados de resistência Mecânica podem ser conferidos na Tabela 3.

Tabela 3 - Ensaio de tração da amostra de pele calceirada do processo convencional e do processo enzimático

	Corpo de prova	Espessura (mm)	Comprimento Base (mm)	Força (N)	Tensão (N)	Def. específica (%)
Convencional	Média de 6 provas	4,13	44,17	1187	42,12	51,91
	Desvio-padrão	0,29	0,98	185,41	5,46	4,75
Enzimático	Média de 6 provas	4,41	43,50	1172,02	39,00	49,98
	Desvio-padrão	0,59	0,84	72,75	2,95	6,09

## 5 CONSUMO DE ÁGUA

Para calcular o volume de água em nível industrial, considerou-se que, para cada processo, seriam processadas três toneladas de peles; esse valor foi determinado por ser a capacidade do fulão de um dos curtumes de médio porte visitados durante o trabalho. Os consumos de água limpa e de reuso de água tratada ou de reciclo nos processos são apresentados na tabela 4. Percebe-se que os processos diferem entre si e que, além da minimização na fonte, técnicas de reciclo e reuso são importantes para reduzir a demanda de água.

**Tabela 4: Os consumos de água limpa e de reuso de água tratada ou de reciclo**

Processo	Consumo de água limpa para processar 3 toneladas de peles (L)	Água tratada de reuso e/ ou reciclada para processar 3 toneladas de peles (L)	Total
A	42000	900	42900
B	28800	7200	36000
C	11400	14160	25560
D	23700	1500	25200

## 6 CUSTOS DOS PROCESSOS COM BASE NO EMPREGO DE PRODUTOS QUÍMICOS E DA ÁGUA

Os custos dos processos avaliando os produtos químicos das formulações apresentadas para processar três toneladas de pele seriam: R\$ 1.448,34 no (A), R\$ 1.520,49 no (B) e R\$ 3.382,10 no (C). Esses valores foram fornecidos pela indústria química e são relativos ao ano de 2006.

Quanto aos custos dos produtos químicos do processo D, foi repassado que o custo para processar 1 kg de pele verde na ribeira era de U\$ 0,0098/kg e, para o curtimento ao cromo, era de U\$ 0,0508/kg de tripa descarnada, considerando apenas os produtos da empresa química parceira, estabelecimento onde foi feito o processo.

Para comparar os quatro processos, considerou-se o dólar valendo R\$ 2,00, logo, o valor por kg de pele seria: U\$ 0,24/kg para o (A), U\$ 0,25/kg para o (B), U\$ 0,56 para o (C) e para o (D), somando os valores fornecidos pela indústria mais os produtos químicos convencionais também utilizados nos outros processos, estimou-se em U\$ 0,34.

A tabela 5 apresenta como ficaria a situação de cobrança da água para os curtumes (A), (B), (C) e (D), caso fosse cobrado o uso da água conforme critérios estabelecidos para a bacia

hidrográfica do Paraíba do Sul (05/2006). Foi considerado  $K1=K2=K3=0,5$ . A tabela informa, também, as parcelas de cobrança para os quatro processos de curtume processando três toneladas/dia e processando as três toneladas /dias no período de 20 dias.

Tabela 5: Cobrança pelo uso da água em reais

Processo	Consumo de água por dia para 3 toneladas de peles	Consumo de água por 20 dias (mês)
A	42000	840000
B	28800	576000
C	11400	228000
D	23700	474000
<b>1ª parcela = Q cap X Ko X PPU</b>		
	Para 3 t (um dia) R\$	Para 60 t (20 dias) R\$
Processo A	R\$ 0,34	R\$ 6,72
Processo B	R\$ 0,23	R\$ 4,61
Processo C	R\$ 0,09	R\$ 2,78
Processo D	R\$ 0,19	R\$ 3,79
<b>2ª parcela= Q cap X K1 X PPU</b>		
Processo A	R\$ 0,42	R\$ 8,40
Processo B	R\$ 0,29	R\$ 5,76
Processo C	R\$ 0,11	R\$ 3,48
Processo D	R\$ 0,24	R\$ 4,74
<b>3ª parcela= Q cap X (1-K1) X (1-K2K3) X PPU</b>		
Processo A	R\$ 0,32	R\$ 6,30
Processo B	R\$ 0,22	R\$ 4,32
Processo C	R\$ 0,09	R\$ 2,61
Processo D	R\$ 0,18	R\$ 3,56
<b>Somatório</b>		
Processo A	R\$ 1,07	R\$ 21,42
Processo B	R\$ 0,73	R\$ 14,69
Processo C	R\$ 0,29	R\$ 8,87
Processo D	R\$ 0,60	R\$ 12,09

**Onde:**

**K0:** expressa o multiplicador de preço unitário para captação (inferior a 1,0 e definido pelo CEIVAP). Foi estabelecido em R\$ 0,40.

**K1:** expressa o coeficiente de consumo para a atividade do usuário em questão, ou seja, o índice correspondente à parte do volume captado que não retorna ao manancial.

**K2:** expressa o percentual do volume de efluentes tratados em relação ao volume total de efluentes produzidos.

**K3:** expressa o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na Estação de Tratamento de Efluentes.

**PPU:** é o Preço Público Unitário correspondente à cobrança pela captação, pelo consumo e pela diluição de efluentes, para cada m<sup>3</sup> de água captada (R\$/m<sup>3</sup>). Segundo CEIVAP, O PPU para saneamento e indústria é de R\$ 0,02. Avaliação do custo relacionado ao consumo de produtos químicos

A Tabela 6 retrata o somatório dos custos considerados. Verifica-se que o processo (C) é o mais caro, entretanto a demanda por processos menos impactantes é uma tendência de necessidade mundial e, quando houver uma grande procura desses produtos químicos pelo mercado, provavelmente os custos irão baixar associados à produção em maior escala.

Tabela 6: Custos Totais

Para processar 3 t	A -> Consumo de água = 42000L	B-> Consumo de água = 28800L	C-> Consumo de água = 17400L	D -> Consumo de água = 23700L
Custo com processo (R\$)	1448,34	1520,49	3382,10	2040,00
Gasto com a água (R\$)	1,07	0,73	0,29	0,60
Somatório (R\$)	1449,41	1521,22	3382,39	2040,60
Para processar 60 t (R\$)	173929,32	182546,93	405886,28	244872,52

## 7 VANTAGENS DO PROCESSO (C) E CARACTERIZAÇÃO DOS SEUS BANHOS RESIDUAIS

O processo (C) surgiu como uma alternativa para minimizar o impacto dos curtumes. A proposta de formulação desse processo utiliza produtos de custo mais elevado, mas apresenta vantagens, como um menor volume de água fresca consumida, entre outras apresentadas na sequência.

A formulação de remolho é para pele verde, ao passo que, na maioria dos curtumes, a pele que entra no processo é a conservada com sal, causando uma alta concentração de cloreto de sódio no efluente, curtumes que processam a pele verde já estão evitando esse problema. Foram usadas, também, enzimas e tensoativos biodegradáveis. Outra importante alteração é a realização da depilação sem sulfeto, pois praticamente todos os curtumes utilizam o sulfeto devido à depilação cal e sulfeto ser a mais econômica e apresentar bons resultados. Contudo, o seu uso impossibilita a utilização desse efluente para outros fins, por exemplo, o solo do estado do Rio Grande do Sul necessita de cálcio presente no lodo desses efluentes, que poderia muito ser usado como corretivo de solos, caso não fosse a presença de sulfeto. Os processos de remolho e caleiro sofridos pela pele geraram três banhos residuais que foram analisados em laboratório: o de remolho, caleiro e lavagem de caleiro.

A pele caleirada e depilada denominada de tripa foi levada ao curtume para ser dividida e retornou com 15,8 kg de massa. Assim, a pele caleirada dividida passou para as próximas

operações do tratamento da pele até o curtimento. Como o processo de curtimento é “cromo-free”, curtimento isento de cromo, essa formulação vai dar origem a um couro denominado *wet-white*. Esses processos geraram mais seis banhos residuais para serem analisados.

As análises realizadas nos banhos residuais do processo (C) são colocadas a seguir nas tabelas 7, 8, 9 e 10. Os valores de pH são similares aos do processo convencional, estudos preliminares em que foram realizados controles de pH por Aquim (2004) e Passos (2007) apresentaram valores de pH variando de 8,0 a 8,5 para remolho; 12,0 a 12,35 para o caleiro; de 11,5 a 12,0 para lavagens de caleiro; em torno de 8,0 para purga e 4,0 para curtimento, ou seja, comprovaram que, em termos de pH, o processo (C) permanece semelhante aos convencionais.

Na análise de condutividade, já começam a aparecer algumas vantagens do processo (C), por exemplo, remolhos convencionais apresentam condutividade variando de 12,7 mS/cm a 30 mS/cm e, no (C), devido à ausência de sal de conservação, esse valor baixa para 5,92 mS/cm. Nas demais etapas, não foram verificadas reduções.

A turbidez do remolho resultou em coloração vermelho pastoso devido à grande presença de sangue da pele. Outro fato observado foi que, devido a manter o emprego de cal, não foi observada a diminuição da turbidez.

**Tabela 7: Análises físicas dos banhos residuais do processo (C)**

Banho Residual	Processo	pH	Condutividade mS/cm a 25°C	Turbidez (NTU)
1	Remolho	8,49	5,92	vermelho pastoso
2	Depilação e Caleiro	12,05	11,13	branco leitoso
3	Lavagem de Caleiro	11,95	7,90	447
4	Recaleiro	11,97	8,82	387
5	Lavagem	11,82	6,00	335
6	Desencalagem e Purga	8,74	10,92	450
7	Lavagem 1	8,68	3,73	61,30
8	Lavagem 2	8,53	1,83	6,50
9	Final de curtimento	4,30	41,50	9,85

As concentrações de nitrogênio e DQO também mostraram uma alta redução, se comparadas com processos utilizados frequentemente por curtumes. Em estudo feito por Aquim (2004), os resultados de NTK foram: remolho = 0,51g/L, caleiro = 3,01g/L. Essa é uma redução importantíssima, tendo em vista que o nitrogênio causa eutrofização nos corpos d'água, além da exigência de uma concentração menor que 20mg/L de NTK constante na resolução 128 do CONSEMA (2006). As análises de DQO feitas por Aquim (2004) de processos convencionais deram valores mais elevados: para remolho = 11968mg/L, para o caleiro = 46464mg/L e para o curtimento >50000.

**Tabela 8: Análises de nitrogênio e DQO dos banhos residuais do processo (C)**

Banho Residual	Processo	Nitrogênio (mg/L)	DQO (mg/L)
1	Remolho	2,0	10276
2	Depilação e Caleiro	2,1	14776
3	Lavagem de Caleiro	0,5	7356
4	Recaleiro	0,8	7240
5	Lavagem	0,4	6065
6	Desencalagem e Purga	2,3	9770
7	Lavagem 1	1,1	22833
8	Lavagem 2	1,7	417
9	Curtimento	1,0	19070

As análises de cálcio mostraram que ainda existe excesso, mas esse poderia ser reutilizado. Nos banhos, o cálcio encontra-se como hidróxido, cloretos e sulfatos de cálcio, mas é determinado como óxido de cálcio. A maior concentração foi na lavagem, o que significa que no final foi bem removido. O banho residual de depilação e caleiro também apresentou um valor semelhante. Os testes, em processo convencional, mostraram valor semelhante de 2,76 g/L para o caleiro e menor para lavagem, de 1,45 g/L (AQUIM, 2004).

**Tabela 9: Análises de cálcio dos banhos residuais do processo (C)**

Banho Residual	Processo	Cálcio (g/L)
2	Depilação e Caleiro	2,80
3	Lavagem de Caleiro	1,10
4	Recaleiro	1,37
5	Lavagem	3,00

As análises mostraram que houve redução de sólidos no processo (C), quando comparado com processo convencional. A maior diferença entre os processos foi no remolho, principalmente no teor de sólidos fixos, devido à presença do sal.

**Tabela 10: Comparação das análises de sólidos dos banhos residuais do processo (C) e do convencional**

Banho Residual	Processo	SDT (mg/L) (C)	SDT (mg/L) Convencional*	SDF (mg/L) (C)	SDF (mg/L) Convencional*	SDV (mg/L) (C)	SDV (mg/L) Convencional*
1	Remolho	15074	52644	3086	49118	11988	3526
2	Depilação e Caleiro	29110	85358	8584	45008	20526	40350
3	Lavagem de Caleiro	6596	18826	2320	11884	4276	6942
4	Recaleiro	7092	-	3006	-	4086	-
5	Lavagem	3898	-	1482	-	2416	-
6	Desencalagem e Purga	6538	49240	2506	16564	4032	32676
7	Lavagem 1	3294	19260	1370	6648	1924	12612
8	Lavagem 2	1366		286		1080	
9	Curtimento	74548	78912	63792	68570	8636	10342

\* Os resultados dos testes convencionais foram retirados do trabalho de Passos (2007), que realizou na mesma escala de trabalho (piloto).

Outro importante fato é que, em processos semelhantes ao (A), a concentração de óxido de cromo, no banho residual de curtimento, é em torno de 1,22 g/L (AQUIM, 2004). Já o processo (C) é totalmente isento de cromo.

## 8 CONCLUSÕES

Ao pesquisar as possibilidades de processos, verificaram-se pontos positivos e negativos nos processos. O processo (A) é o mais utilizado pelos curtumes, é um processamento que vem sendo utilizado há tempos e tem seu custo menor quando comparado com os demais, contudo gera uma maior quantidade de efluente para ser tratada. O processo (B) já apresentou algumas vantagens perante o (A), como reciclo do curtimento e diminuição de produtos, como o sal de cromo. E, por fim, o processo (C) resultou em menor impacto.

Foi verificada a possibilidade de realização do processo mais ambientalmente correto, contudo existe a barreira cultural, que deve ser vencida através de muitas pesquisas que mostrem a viabilidade dessas novas técnicas de processo.

A possibilidade de redução do consumo de água fresca no processo (C) ficou bem clara, contudo essa ainda possui um custo insignificante, mas que tende a aumentar, e as medidas a serem tomadas devem ser estudadas para as empresas estarem preparadas para essa realidade.

Os custos dos produtos químicos do processo (C) são mais elevados, mas, se forem consumidos em maior escala, a tendência é diminuir. Além disso, ao verificar a caracterização dos banhos residuais do processo ambientalmente mais correto, verificou-se que esse é menos prejudicial do que o de um processo convencional.

A pesquisa mostrou-se relevante, ao apresentar possibilidades de transformação de peles em couros usando diferentes insumos e quantidades destes, pois, muitas vezes, as indústrias temem em modificar o processo e perder qualidade no produto formado, necessitando de mais estudos como este, o qual apresenta que há alternativas de processar um couro mais sustentável.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPQ, à empresa Basf, à empresa Buckman e ao Grupo Bom Retiro.

## REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/CobrancaUso/default2.asp>>. Acesso em: 05 nov. 2007.

AQUIM, P. M. **Balço de Massa**: uma ferramenta para otimizar os processos de ribeira e Curtimento. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) - UFRGS, Porto Alegre, 2004.

CENTRO DE PROMOCIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES. **Guia Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres BOLIVIA**. La Paz, Bolívia, feb. 2003.

CNTL/SENAI-RS - Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS. **Guia brasileiro de produção mais limpa (PmaisL) no processamento de couro vacum do Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL/SENAI**. 2003.

CLAAS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Manual Básico de Resíduos Industriais de Curtumes**. SENAI/RS, Porto Alegre, 1994.

COMISSION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE - REGION METROPOLITANA. **Guia para El Control y prevencion de la contaminación Industrial**: Curtiembre. Santiago do Chile, 1999.

Dalprá A. et. al. **Fuga Couros Jales E A Busca Da Qualidade Ambiental**. Prêmio Fiesp De Mérito Ambiental, 2006.

Drault, N. Ing. Análisis Del Ciclo de vida de uma curtiembre. In: CONGRESO FLAQTIC, 16., 2004., Buenos Aires, 6-8 outubro, 2004. p. 105-178,

Gutterres, M. **Tendências Emergentes na Indústria do Couro**. 2007. Disponível em: <[http://www.enq.ufrgs.br/ppgeq/projetos/curtumes/Arqs/WPM\\$6F4A.pdf](http://www.enq.ufrgs.br/ppgeq/projetos/curtumes/Arqs/WPM$6F4A.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2013.

IULTCS: International Union of Leather Technologists and Chemists Societies. **IUE Recommendations on Cleaner Technologies For Leather Production**, 2004.

Pacheco, José Wagner Faria. **Curumes - São Paulo**: CETESB. 76 p. (1 CD) : il. ; 30 cm. (Série P + L). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 30 out. 2013.

Passos, J. B. **Reuso de água**: uma proposta de redução do consumo de água em curtumes. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química) - UFRGS, 2007.

Ribeiro, M. S.; Gonçalves, R. C. M.; Lima, S. A. Aspectos de contabilização do passivo e ativo ambientais nas termelétricas brasileiras. **Revista de Contabilidade do Conselho Regional de São Paulo**, São Paulo, SP: ano VI, n. 20, p. 04-12, jun. 2002.

SINDICOURO - Sindicato Patronal dos Curtidores de Couros do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.sindicouro.org.br>>. Acesso em: dez. 2006

Springer, Hugo. A produção mais limpa no contexto do desenvolvimento sustentável da indústria do couro. In: ENCONTRO NACIONAL DE QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO DO BRASIL, 17., 2006.