

**HIDRÓLISE DOS RESÍDUOS SÓLIDOS CURTIDOS: O processo de implementação
de ecoinovação na indústria brasileira de couros**

Victor de Castro Alípio,
UFMS/CPNV,
victor.alipio@hotmail.com

Sibelly Resch,
UFMS/CPNV,
sibelly.resch@ufms.br

RESUMO

O Brasil tem um papel importante no fornecimento de matéria-prima para o setor coureiro devido ter um dos maiores rebanhos do mundo. Mas, o grande volume de resíduos curtidos ao cromo gerados nos curtumes durante as operações têm motivado a busca de alternativas tecnológicas para minimizar os custos com destinação, e quando possível, obter lucro com a geração de subprodutos. Os objetivos deste trabalho são: descrever o processo de hidrólise do cromo e analisar as características organizacionais e institucionais determinantes para a adoção dessa ecoinovação pelo setor coureiro a partir de um estudo de caso. O presente trabalho constitui-se como uma pesquisa de caráter descritivo e exploratório, de natureza qualitativa. Para atender aos objetivos propostos, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, visando subsidiar a construção de um quadro teórico que possibilitasse a análise dos fatores determinantes para a adoção de ecoinovação. A pesquisa bibliográfica somada à pesquisa documental subsidiou o desenvolvimento da descrição do processo de hidrólise para separação do cromo. Por fim, a partir de levantamento de informações primárias em empresa do setor coureiro, desenvolveu-se a análise dos fatores organizacionais e institucionais determinantes para a adoção dessa ecoinovação. Considerando os inúmeros fatores determinantes para a adoção do processo de hidrólise dos resíduos curtidos ao cromo e o potencial de aplicação dos subprodutos resultantes desse processo, conclui-se que o setor coureiro deve investir em tecnologia para a aplicação dessa ecoinovação.

Palavras-chave: Curtumes; Couros; Hidrólise; Ecoinovação; Resíduos Curtidos ao Cromo.

1 INTRODUÇÃO

O setor coureiro e seus produtos relacionados abrangem cerca de 36.000 empresas no mundo, gerando, de acordo com a União Europeia (2018) um volume de negócios de 48 bilhões de euros por ano. Trata-se de um produto industrial intermediário, com aplicações em diferentes setores a jusante da indústria de bens de consumo - calçados, móveis, indústria automotiva, artigos de couro e roupas são os principais produtos feitos com couro. Dados de 2016 apontam que a Itália e a Índia são os principais exportadores de couro com respectivamente 17,7% e 15,8% do mercado mundial.

O Brasil, detentor do segundo maior rebanho de bovinos do mundo (GUIA BRASILEIRO DO COURO, 2017), é um importante produtor e exportador de couro. Em 2017, o Brasil exportou 451.900,7 toneladas de couros e peles, sendo responsável por 0,87% das exportações totais nesse ano. Os principais mercados em 2017 foram a China (28%), a Itália (18%) e os Estados Unidos (15%) (MDIC, 2018).

A despeito do impulso que o setor representa à economia, também pode ser responsável pela poluição do meio ambiente em razão do volume e dos tipos de resíduos gerados (GODECKE, RODRIGUES e NAIME, 2012; HU et al., 2011; JACOMOSSI et al., 2016). Pode-se citar como resíduos que impactam o meio ambiente “gases, aparas, serragem, lodos da estação de tratamento de efluentes líquidos e aqueles provenientes de banhos” (ABDI, 2008, p. 54).

Dentre os resíduos produzidos, a indústria do couro é vulgarmente conhecida pelo seu grande potencial gerador de resíduos curtidos ao cromo (JACOMOSSI et al., 2016). De acordo com a ABDI (2008), 90 % das indústrias de couro utilizam o cromo trivalente em seus processos fabris de curtimento. Os resíduos curtidos ao cromo gerados pelas indústrias de couro representam um problema ambiental. Esses resíduos curtidos ao cromo são potencialmente perigosos devido à alta concentração de cromo ao redor de 4% como Cr_2O_3 , não permitindo o uso de seu componente principal, o colágeno ou proteína, que representam aproximadamente 80% das aparas curtidas ao cromo, dos farelos das rebaixadeira, o pó das lixadeiras e outros resíduos sólidos curtidos ao cromo produzidos diariamente pelas indústrias de couro.

Normalmente, esses resíduos são destinados aos aterros. Levando em consideração os problemas ambientais diretos e indiretos ligados ao descarte em aterros e os custos para construir e manter os aterros, o que implica na competitividade das indústrias do setor, as empresas estão atualmente direcionando suas atividades para processos ambientalmente mais

corretos e que, simultaneamente, possam reduzir os custos para o processo fabril.

Conforme destacam Jacomossi et al. (2016, p.103), “a ampliação do debate sobre a inclusão das variáveis ambientais nas decisões de estratégia e nos processos de inovação das empresas é recente na literatura”, englobando diferentes terminologias (“ecoinovação”, “inovação sustentável” e “inovação verde”) para definir o que seria o processo “inovativo” que integra também as questões ambientais e sociais” (idem, p.103). Neste trabalho, adotou-se o uso do termo ecoinovação.

A legislação ambiental é a maior motivação para tal estudo a fim de reduzir os impactos ambientais provenientes da indústria de couros. No Brasil, em âmbito nacional, temos a Instrução Normativa n° 27, de 5 de junho de 2006, que estabelece a quantidade anual ou sazonal de metais pesados que podem ser introduzidos nos solos cultivados. Segundo Pacheco (2005) a indústria de couro tem o dever de preservar o meio ambiente, para que o seu ciclo fabril se perpetue por longos anos.

As empresas do setor coureiro, por sua vez, têm buscado novas alternativas para o descarte dos resíduos curtidos visando minimizar os custos com destinação, e quando possível, obter lucro com a geração de subprodutos. Pacheco (2005) propõe que as indústrias de couro devem ter um propósito de tratar os resíduos a fim de obter novos produtos de alto valor agregado, pois os resíduos curtidos são ricos em proteína. O processo indicado para obter um novo produto, como a proteína, é uma extração dos resíduos curtidos realizados por uma hidrólise. Trata-se, portanto, do desenvolvimento de tecnologia capaz de separar o cromo e as proteínas dos resíduos de couro curtidos. Entende-se, portanto, que esse processo pode ser considerado como uma ecoinovação para as indústrias do setor no Brasil.

Considerando a importância do setor para o país e o potencial danoso dos resíduos curtidos ao cromo, o presente trabalho descreve o processo de hidrólise do cromo, que visa mitigar o problema do descarte dos resíduos potencialmente perigosos. Posteriormente, analisa as características organizacionais e institucionais determinantes para a adoção dessa ecoinovação pelo setor coureiro a partir de um estudo de caso.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DETERMINANTES DA ECOINOVAÇÃO

Ecoinovação emerge das discussões que relacionam inovação e sustentabilidade em uma perspectiva de reduzir os danos ambientais causados pelas externalidades negativas das

II Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação

20 a 23 de novembro de 2018 - Naviraí - MS



empresas. Compreender os fatores que influenciam o desenvolvimento e a adoção de inovações ambientais pelas empresas é cada vez mais relevante para integrar melhorias ambientais ao crescimento da produção industrial na perspectiva da sustentabilidade.

Portanto, as ecoinovações são inovações sustentáveis com ênfase na redução de riscos ambientais, da poluição e de outros impactos negativos em comparação às alternativas existentes (ARUNDEL; KEMP, 2009).

Em 2008, foi publicado o relatório final de um projeto co-financiado pela União Europeia, no qual os autores Kemp e Pearson fizeram uma ampla discussão sobre o conceito de ecoinovação, delimitando-o como

... a produção, aplicação ou exploração de um bem, serviço, processo produtivo, estrutura organizacional ou método de gestão ou negócio que seja novo para a firma ou para o usuário e que resulte, ao longo de seu ciclo de vida, em uma redução do risco ambiental, poluição e dos impactos negativos do uso de recursos (incluindo o uso de energia) em comparação com alternativas relevantes (KEMP ; PEARSON, 2008, p.8, tradução do autor).

Horbach, Rammer e Rennings (2012) apresentaram, a partir de diversos autores, quatro grupos de fatores determinantes para a ecoinovação: fatores específicos da empresa, tecnologia, mercado e regulação. Esses mesmos fatores foram utilizados por Pinsky e Kruglianskas (2017) para análise de projetos de ecoinovação em indústrias brasileiras, para os quais “a influência governamental é considerada um dos principais determinantes dos projetos de ecoinovação corporativos” (PINSKY ; KRUGLIANSKAS, 2017, p. 111). Tendo como base o clássico trabalho de Porter e Van Der Linde (1995), destacam a existência de uma “relação entre o nível de exigências de uma regulação ambiental e a competitividade das empresas” (idem, p. 125), pois o cumprimento da regulamentação leva ao desenvolvimento de produtos com melhor qualidade, redução de impacto ambiental e aumento de competitividade.

Horbarch, Rammer e Rennings (2012, p.113) também afirmam que a regulamentação ambiental é uma força motriz para a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) de soluções tecnológicas “verdes”. A pressão regulatória é identificada por Pinsky e Kruglianskas (2017) pela presença de regulamentação ambiental, por instrumentos econômicos baseados em incentivos, legislação relacionada à patente, acordos internacionais ou convenções e regulamentação esperada, ou seja, normas que provavelmente afetarão o setor ou segmento.

Quanto ao mercado, Horbarch, Rammer e Rennings (2012) baseando-se em Kammerer (2009) argumentam que há evidências empíricas de que os benefícios para o cliente

desempenham um papel fundamental nas ecoinovações quando um produto oferece valor agregado ao cliente. Além disso, os autores destacam a importância das ecoinovações para a imagem da empresa. Pinsky e Kruglianskas (2017) definem como fatores de demanda do mercado a redução de custo, a imagem, novos mercados e a influência dos *stakeholders*.

O fator tecnologia se relaciona às capacidades de P&D da empresa, ou seja, firmas com melhor capacidade tecnológica. De acordo com Ashford (2005) e Carrillo-Hermosilla, Gonzalez e Konnola (2009) os fatores impactantes na tecnologia das empresas são:

- Criação de mecanismos de melhoria por meio da educação para formar colaboradores e gestores para o desenvolvimento de ecoinovações;
- Criação de condições de instalação e adaptação de novas tecnologias limpas;
- Criação de relações e alianças estratégicas entre cliente e fornecedor, interno ou externo;
- Capacidade de analisar opções tecnológicas inerentes as questões ambientais.

Segundo Abramovay (2012), as políticas ambientais são importantes instrumentos para estabelecer limites de utilização dos recursos naturais, e ainda, promover incentivos em P&D por meio de inovações ou medidas que reduzem o custo do processo diretamente e indiretamente.

Jacomossi et al. (2016) desenvolveram um estudo dos fatores determinantes da ecoinovação em uma indústria gráfica brasileira. Os resultados da pesquisa apontaram que os fatores internos, compreendidos como liderança e estratégia constituem-se como fatores determinantes para o desenvolvimento de ecoinovações. Não encontraram evidências de demandas tecnológicas externas pelo desenvolvimento de produtos com menor impacto ambiental no caso. Noutra perspectiva, em relação à pressão legal, identificou-se que a legislação, especialmente a Política Nacional de Resíduos Sólidos, é indutora de ecoinovação. No caso estudado, a empresa utilizou recursos públicos (projeto financiado pelo FINEP) e estabelecimento de parcerias com universidades para desenvolvimento de ecoinovações.

Mais recentemente, Pinsky e Kruglianskas (2017) publicaram um estudo com os fatores determinantes para adoção de ecoinovação em quatro casos: Grupo São Martinho (setor sucroenergético), Kimberly-Clark Brasil (bens de consumo), Oxiteno (químico) e Scania Brasil (transportes). Concluíram que os fatores determinantes para o desenvolvimento de projetos de ecoinovação são peculiares para cada setor e tipo de ecoinovação. Todavia, destacam que a disponibilidade de investimento em P&D com foco em ecoinovação e a

capacidade tecnológica apresentam-se como requerimentos básicos para projetos com essas características. Destacam também que a maturidade da gestão ambiental na empresa atua mais como um “fator facilitador da ecoinovação do que um indutor das iniciativas” (idem, p.121). Dentre os casos analisados, constataram que o bom desempenho de projetos de ecoinovação (K-C e Scania) se deve à viabilidade econômica e comercial dos produtos. Por outro lado, acreditam que “a baixa demanda de mercado, a ausência de subsídios a projetos de inovação orientados para a sustentabilidade, assim como a inexistência de políticas públicas” (idem, p. 121) se caracterizam como fatores para a descontinuidade de um dos projetos de ecoinovação (Neve Naturali). Nos casos da GSM e da Oxiteno, observam que o sucesso dos projetos ocorreu em função da melhoria na competitividade e redução de custos, com possibilidade de acesso ao mercado internacional.

2.2 A INDÚSTRIA DO COURO

A utilização de peles de animais é uma das atividades mais antigas da humanidade. Desde a pré-histórica o homem utilizava as peles dos grandes mamíferos para produzir roupas que os protegiam das variações sazonais. Mas, com o decorrer dos anos, na Revolução Industrial, surgiram vários procedimentos de curtimento, processos pelos quais as peles dos animais são transformadas em couro, utilizando elementos curtentes, como os sais de cromos (GONÇALVES, 2007).

A indústria de couro depende da pecuária de corte e dos frigoríficos, para fornecimento de matéria-prima. Levando em consideração que o Brasil possui um dos maiores rebanhos do mundo, se consolida como um fornecedor de matéria-prima para o setor coureiro.

No Brasil, a produção de couros iniciou com a chegada dos imigrantes alemães, com processos artesanais de curtimento. Atualmente, o processo de couro tornou-se mais industrial, com produção em grande escala, ocupando posições de destaque entre produtores mundiais de couros.

De acordo com o Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC, 2018), a indústria de couro no Brasil tem um portfólio de 800 plantas curtidoras. Ainda conta com mais de 2,4 mil indústrias de componentes para couro e calçados. Além disso, a indústria de couro origina uma demanda de fabricação de máquinas, equipamentos e insumos químicos para o processo fabril.

O couro é o principal insumo para a fabricação de inúmeros produtos, tais como

calçados, vestuários, móveis e estofamentos automobilísticos. Logo, a indústria de couro é um setor forte e fundamental para a economia do Brasil. De acordo com Gonçalves (2007), a indústria de couro tem um papel importante na economia de inúmeros países com um processamento anual de 5,5 bilhões de metros quadrados de couros, com receita de aproximadamente US\$ 70 bilhões. Segundo Gutterres (2004) o Brasil lidera mundialmente o cenário de exportação de couro, onde processa anualmente 42 milhões de unidades de couro.

Vale ressaltar que a indústria de couro no Brasil apresenta uma das maiores relações internacionais de comércio, quando comparada com outros setores. Segundo Gonçalves (2007) o Brasil tem uma vantagem sobre os demais países por possuir um dos maiores rebanhos comerciais do mundo, ou seja, grande oferta de matéria-prima.

2.3 RESÍDUOS SÓLIDOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE COURO

Segundo Pacheco (2005), todo resíduo é um produto não desejado oriundo de um processo fabril, e com grande chance de não ter valor agregado. Entretanto, todo resíduo pode gerar uma poluição direta ou indiretamente.

A poluição somente existe devido a capacidade limitada de absorção do meio por alguma substância pré-estabelecida, que são denominadas perigosos e não perigosos devidos a suas características (GUTTERRES, 1996). Embora algumas substâncias sejam degradáveis, ou não perigosas, possuem um limite de absorção pelo meio de assimilação.

De acordo com Gonçalves (2007), as estratégias de gestão ambiental adotadas referentes aos resíduos sólidos devem mudar, pois as mesmas não conseguem eliminar as substâncias poluidoras, apenas transferem os resíduos ou poluentes de um meio para o outro. Ressalta-se que todo processo de tratamento de resíduos gera um residual, que conseqüentemente necessita de um fim ambientalmente correto para não causar poluição em um determinado local.

A indústria de couro brasileira utiliza o método de curtimento de peles mais empregado mundialmente, onde utiliza sais de cromo em seu processo fabril. Mas, a aplicação deste método gera resíduos com a presença de metal pesado, como o cromo (GUTTERRES, 1996).

Os resíduos sólidos comuns da indústria de couro são divididos em três grupos:

- Resíduos não curtidos (aparas caleadas / não caleadas e carnaças);
- Resíduos curtidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras);

- Lodo da estação de tratamento de efluentes industriais;

De acordo com a norma ambiental brasileira NBR 10.004 da ABNT de 2004 e com a Norma Técnica para Indústria Coureiro Calçadista, os resíduos cromados são classificados como Classe I – Resíduos Perigosos e necessitam de tratamentos.

Segundo Oliveira *et al.* (2008), a principal destinação dos resíduos da indústria de couro ao cromo são os aterros industriais perigosos, embora existam outras formas de tratamento e destinação adequadas, tais como a incineração, coprocessamento, disposição em solos agrícolas ou a hidrólise. Vale ressaltar que os aterros industriais perigosos (Classe I) devem seguir criteriosamente todas as normas legais vigentes no Brasil, tanto para construção dos aterros, quanto para armazenamento dos resíduos.

Os resíduos gerados na indústria de couro, especificamente as aparas curtidas ao cromo, o farelo da rebaixadeira e o pó das lixadeiras constituem um volume de grande relevância para o negócio, e por muitas vezes, apresentam o maior custo de disposição final em relação aos quesitos ambientais legais.

Uma das possibilidades para aproveitamento dos resíduos do couro é a sua aplicação na agricultura. A quantidade de resíduos orgânicos aplicados na agricultura pelas empresas é cada vez maior devido aos seus nutrientes agrônômicos. De acordo com Melo e Marques (2000) a disposição dos resíduos em solo se torna uma alternativa viável na preservação da qualidade ambiental e essencial para a reposição de nutrientes. A aplicação dos resíduos curtidos é recomendada pelo alto valor corretivo e fertilizante que oferece, bem como pela capacidade macro e microbiota do solo em decompor os materiais orgânicos presentes.

Ademais, os resíduos orgânicos oriundos da indústria de couro, contendo cromo em quantidades agrônômicas ideais, não causam danos ao meio ambiente. Além disso, o alto custo dos fertilizantes comerciais, contendo compostos nitrogenados, leva ao uso dos resíduos orgânicos na agricultura pela eficiência, mostrando-se como uma alternativa viável tanto economicamente, quanto ambientalmente.

Uma tendência para o tratamento dos resíduos sólidos da indústria de couro é a hidrólise térmica ou enzimática, obtendo-se um fertilizante orgânico. Segundo Lisboa (2004) a hidrólise é a quebra de cadeias polipeptídicas em pequenos fragmentos peptídicos ou aminoácidos. Outra definição para hidrólise é a quebra das estruturas das substâncias em fragmentos menores ou pedaços na presença de água. Para ocorrer essa quebra é necessário realizar o aquecimento da proteína em soluções ácidas ou alcalinas.

A hidrólise ocorre quando existe uma quebra da substância em vários pedaços e essas moléculas livres complementam suas ligações químicas com os íons H^+ e OH^- até estabilizarem. Entretanto, é de suma importância operar em altas temperaturas (160 a 165 °C) e pressões (500 a 600 mil Pa) em autoclaves. A reação rápida e completa ocorrerá somente com um catalizador, ou seja, um agente acelerador.

Os resíduos cromados são indicados para o processo de hidrólise e apresentam uma boa alternativa comercial devido a sua diminuição de toxicidade (GONÇALVES, 2007). No processo de hidrólise com os resíduos cromados gera-se uma mistura líquida contendo proteína e cromo que podem ser separadas em duas fases distintas, pois suas densidades são diferentes.

Após esse processo de hidrólise, cria-se a oportunidade de realizar o reaproveitamento do cromo ou o tratamento somente do cromo. E o mais importante, realizar o reaproveitamento da fase rica em proteínas para fins agrícolas, tais como adubação em solos, foliar ou alimentação animal.

De acordo com Ribeiro (2006), o processo de aplicação da proteína em adubos para fins agrícolas deve ser considerado como uma alternativa viável, tanto ambiental, quanto pela eficiência na aplicação em solo, pois o adubo nitrogenado traz inúmeros benefícios para o mesmo.

A utilização do hidrolisado de couro oriundo dos resíduos curtidos foram eficientes como fontes de nitrogênio para várias culturas, tais como o milho (RIBEIRO, 2006; ABICHEQUER *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2008), capim-elefante (OLIVEIRA *et al.*, 2008), feijão (OLIVEIRA *et al.*, 2008; RIBEIRO, 2006) e trigo (CARY *et al.*, 1997; ABICHEQUER *et al.*, 2008).

Vale ressaltar que quando a aplicação é feita em taxas agronômicas ideais, sem saturação, os adubos com proteínas e residual de cromo não afetam a absorção de nutrientes pelas plantas e impactam positivamente no seu rendimento, aumentando sua produtividade.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

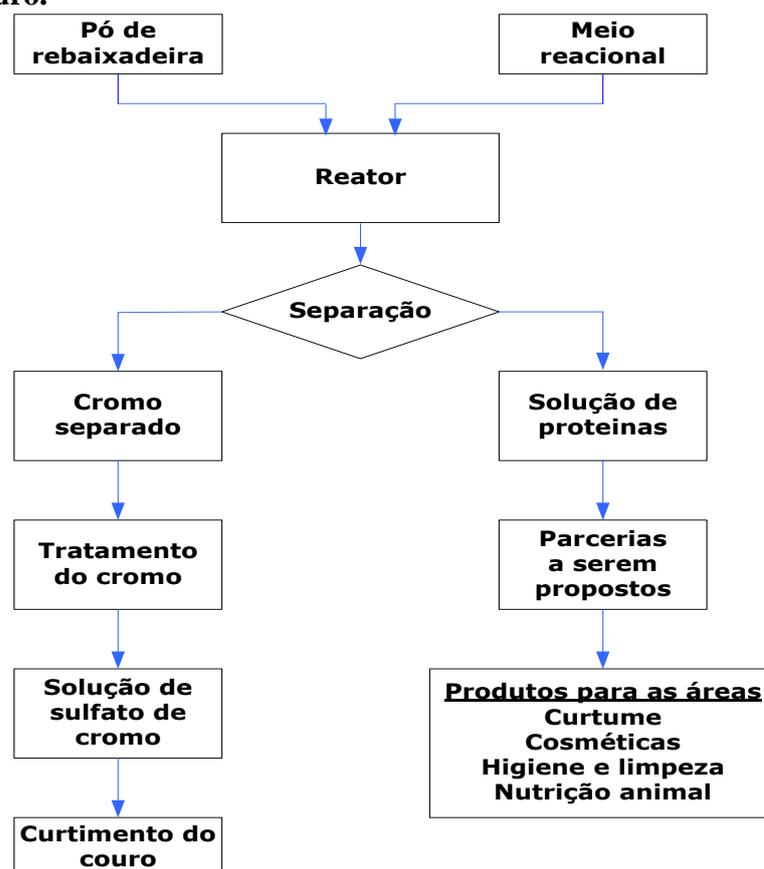
O presente trabalho constitui-se como uma pesquisa de caráter descritivo e exploratório, de natureza qualitativa. Para atender aos objetivos propostos, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, visando subsidiar a construção de um quadro teórico que possibilitasse a análise dos fatores determinantes para a adoção de ecoinovação. A pesquisa bibliográfica somada à pesquisa documental subsidiou o desenvolvimento da descrição do processo de

hidrólise para separação do cromo. Por fim, a partir de levantamento de informações primárias em empresa do setor coureiro, desenvolveu-se a análise dos fatores organizacionais e institucionais determinantes para a adoção dessaecoinovação. A análise da presença ou ausência dos fatores condicionantes à adoção da ecoinovação foi realizada a partir da interpretação dos autores a partir dos dados obtidos.

4 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE HIDRÓLISE

O processo de hidrólise tem o objetivo de promover a separação do cromo e da proteína nos resíduos sólidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras) curtidos da indústria de couros conforme demonstrado na figura 01.

Figura 01: Fluxograma do processo de hidrólise nos resíduos sólidos curtidos na indústria de couro.



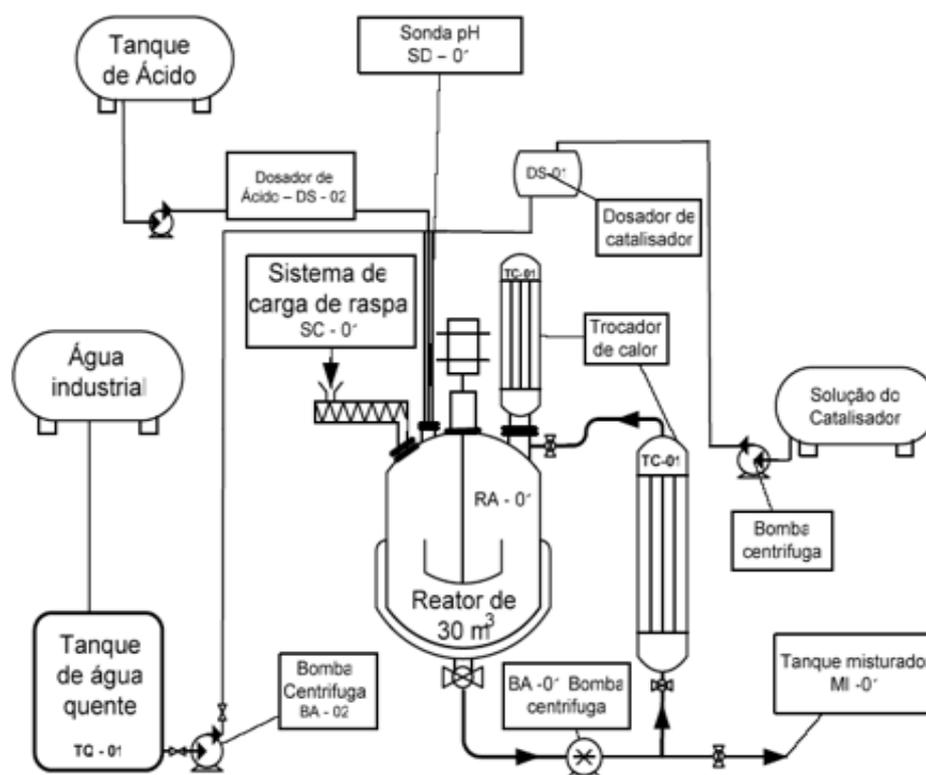
Fonte: elaborado pelos autores.

O processo de hidrólise dos resíduos sólidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras) curtidos da indústria de couros seguem a seguinte etapas:

1ª Processo Químico

Em um reator de aço inoxidável, serão adicionadas águas industriais ou limpa, solução de catalisador e os resíduos sólidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras), em quantidades previamente estabelecidas (Figura 02). Esta suspensão ficará por um tempo pré-determinado em reação química. Após esta fase, o produto resultante desta reação será transferido por bombeamento para um segundo vaso, também construído em aço inoxidável (Figura 03).

Figura 02: Processo químico da separação do cromo da proteína no processo de hidrólise nos resíduos sólidos curtidos na indústria de couro.



Fonte: Elaborado pelos autores

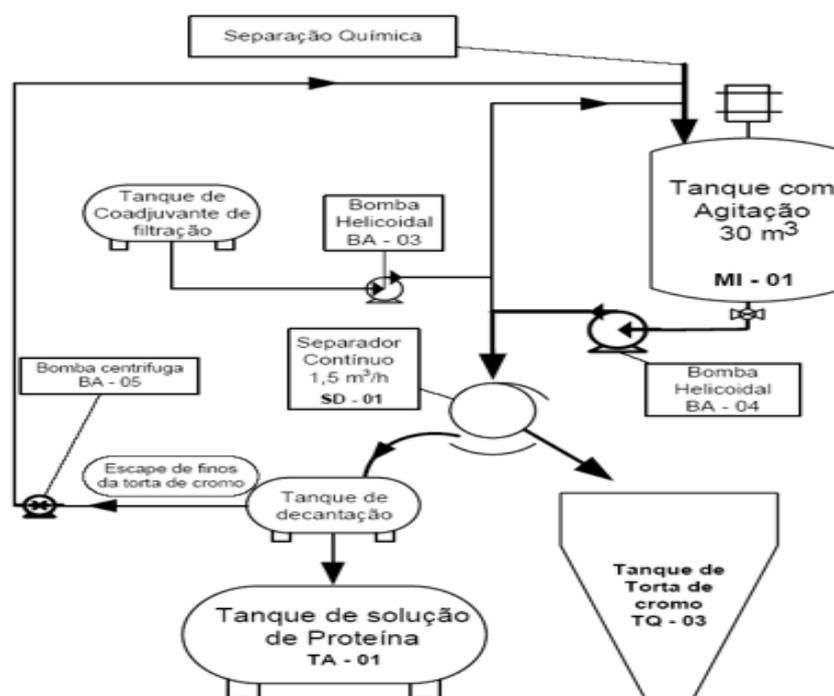
2ª Processo Físico

O produto recebido no segundo vaso será direcionado, por meio de bombeamento para um equipamento que irá separar a fase semi-sólida da fase líquida (Figura 03). A fase semi-sólida (torta de cromo) será coletada em container de aço carbono e, aguardará a sequência do processo. A fase líquida (solução proteica), será coletada em tanques de polietileno e, aguardará a sequência do processo.

3ª Processo Químico Final - Cromo

Um reator de aço vitrificado receberá, por meio de bombeamento, uma quantidade pré-estabelecida da fase semi-sólida (torta de cromo). Também em quantidade pré-estabelecida será recebida neste mesmo reator, uma solução de acidificante. A suspensão ficará neste vaso, por tempo pré-determinado e será descarregada em container de polietileno de 1000 litros (IBC) ou outro vasilhame. Este produto está pronto para ser enviado a consumidores para reciclagem dentro do processo de curtimento (Figura 04).

Figura 03: Processo físico da separação do cromo da proteína no processo de hidrólise nos resíduos sólidos curtidos na indústria de couro.



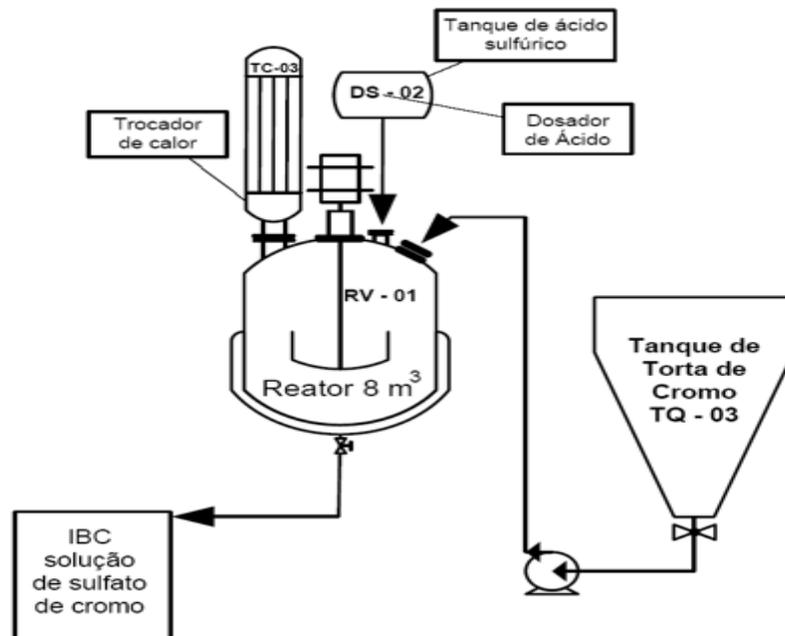
Fonte: elaborado pelos autores

4ª Processo Químico Final - Proteína

Em outro momento o mesmo reator de aço vitrificado receberá, através de bombeamento, uma quantidade pré-estabelecida da fase líquida (solução proteica) (Figura 05). Também em quantidade pré-estabelecida, será recebida neste mesmo reator, uma solução de acidificante. A solução ficará neste vaso, por tempo pré-determinado e será descarregada em container de polietileno de 1000 litros (IBC) ou outro vasilhame. Este produto está pronto para ser enviado a terceiros para reutilização em aplicações agrícolas possíveis com esse

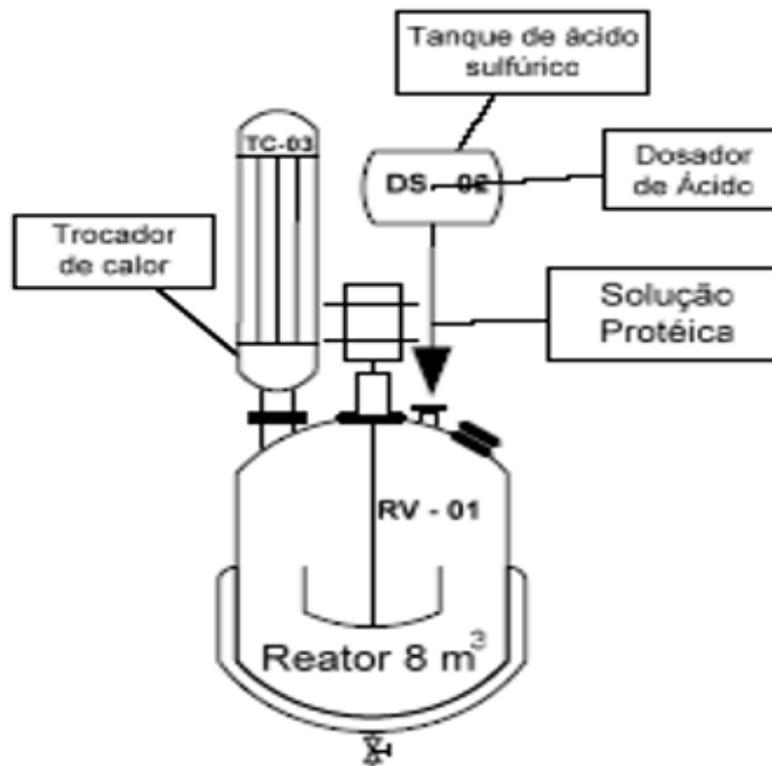
produto.

Figura 04: Processo de preparação da solução de sulfato de cromo oriundo do processo de hidrólise nos resíduos sólidos curtidos na indústria de couro.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 05: Processo de tratamento da proteína oriunda do processo da hidrólise nos resíduos sólidos curtidos na indústria de couro.



Fonte: Elaborado pelos autores

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os fatores condicionantes que influenciam o desempenho dos projetos deecoinovações propostos por Pinsky e Kruglianskas (2017) a partir de Rennings (2000), Horbach (2005), Kemp e Pearson (2009), Horbach, Rammer e Rennings (2012), desenvolveu-se a análise das características organizacionais e institucionais determinantes para a adoção de tecnologias que possibilitem a utilização da proteína hidrolisada no setor coureiro a partir de um caso específico, conforme Quadro 01.

Quadro 01 - Fatores determinantes para adoção deecoinovação por meio das proteínas hidrolisadas no setor coureiro

FATORES	INDICADOR	PROTEÍNA HIDROLISADA
Tecnologia	Qualidade do produto	–
	Eficiência material	Sim
	Eficiência energética	–
	Dependência tecnológica	Sim
	Percepção social - demanda por produção limpa	Sim
Pressão Regulatória	Regulação ambiental	Sim
	Instrumentos econômicos baseados em incentivo	–
	Legislação de patente	–
	Acordos internacionais ou convenções	–
	Regulação esperada	–
Demanda de Mercado	Redução de custo	Sim
	Imagem	Sim
	Novos mercados (nacional e/ou internacional)	Sim
	Influência de <i>stakeholders</i>	Sim
Fatores Específicos da Empresa	Cultura organizacional voltada para a sustentabilidade	Sim
	Disponibilidade de capital de risco paraecoinovação	–
	Investimento em P&D paraecoinovação	Sim
	Capacidade tecnológica	Sim
	Existência de sistema de gestão ambiental	Sim

Fonte: elaborado pelos autores

Por meio da análise comparativa foi possível identificar que os fatores demanda de mercado e fatores específicos da empresa são os que mais se sobressaem, e influenciam positivamente o desenvolvimento e a adoção dessaecoinovação. Além disso, o fator tecnologia apresenta indícios de disponibilidade em investimentos de P&D focado em

ecoinovações.

Os resultados encontrados corroboram com a afirmação de Pinsky e Kruglianskas (2017) de que os fatores determinantes para o desenvolvimento de ecoinovação dependem do setor analisado. A partir do caso estudado, ficou evidente que a hidrólise do cromo a partir dos resíduos do setor coureiro pode contribuir com a redução de custos e com a melhoria da competitividade da empresa.

Corroborando com os resultados de Jacomossi et al. (2016), a legislação ambiental tem papel relevante para o setor coureiro. Além disso, a demanda de mercado mostrou-se importante no caso estudado, tal como apontado por Jacomossi et al. (2016) e em dois, dos quatro casos estudados por Pinsky e Kruglianskas (2017).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dias atuais, as indústrias de couro assumem cada vez mais as obrigações ambientais, e isso se torna um diferencial no negócio, tornando-o mais competitivo. Lembrando que a prevenção dos agentes poluidores na indústria de couro traz vários benefícios, tais como: economia em custos com autuações dos agentes fiscalizadores, redução do custo com disposição de resíduos, ganho na venda de subprodutos e outros.

Portanto, os resíduos sólidos curtidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras) são indicados para o processo de hidrólise por apresentarem uma boa alternativa para geração de um subproduto ou diminuição do volume para destinação.

Considerando as características físico-químicas, econômicas e ambientais dos resíduos sólidos curtidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras) podemos afirmar que a produção de adubo ou fertilizantes a base da proteína hidrolisada pode trazer vários benefícios para fins agrícolas. No caso, a proteína hidrolisada é rica em nitrogênio e carbono, onde ambos desenvolvem papéis fundamentais e críticos no crescimento e respiração das plantas ou culturas devido a sua dupla função de fonte de energia e estruturação para outros compostos orgânicos no meio.

Além disso, a aplicação da proteína hidrolisada para fins agrícolas apresenta as seguintes vantagens:

- Correta destinação dos resíduos sólidos curtidos evitando um passivo ambiental;
- Diminuição dos custos com destinação dos resíduos sólidos curtidos;
- Receita com a geração de um novo subproduto;

- Obtenção de um licor de cromo que pode ser reutilização no processo de curtimento;
- Obtenção de um hidrolisado proteico com ótimo potencial para ser utilizado como fertilizante

Vale ressaltar que o aproveitamento dos resíduos sólidos curtidos significa uma diminuição da carga poluidora lançada no meio ambiente e, conseqüentemente, reduz os impactos ambientais das indústrias de couro. Vários estudos, já citados no decorrer deste trabalho, comprovam que a proteína hidrolisada apresenta características de fertilizantes orgânicos. Contudo, o fertilizante a base da proteína hidrolisada atende a Instrução Normativa nº 27, de 5 de junho de 2006.

Assim, concluímos que a hidrólise tem um potencial de decomposição dos resíduos sólidos curtidos (aparas curtidas ao cromo, farelo da rebaixadeira e pó das lixadeiras) podendo produzir uma solução proteica com baixo teor de cromo e ser reutilizado em processos agrícolas.

Considerando os inúmeros fatores determinantes para a adoção do processo de hidrólise das aparadas curtidas ao cromo e o potencial de aplicação dos subprodutos resultantes desse processo, conclui-se que o setor coureiro deve investir em tecnologia para a aplicação dessaecoinovação, seguindo o exemplo de outros países que já adotam tal procedimento.

Recomenda-se como estudo futuro, a análise dos resultados em termos financeiros e mercadológicos da adoção desse processo pelo setor coureiro brasileiro.

REFERÊNCIAS

ABICHEQUER, A. D. et al. . **Rendimento de grãos, crescimento e teor de N na folha de milho fertilizado com adubo orgânico de resíduos de couro** In: Anais de Reunião Sulbrasileira De Ciência Do Solo, Santa Maria, 2008

ABRAMOVAY, R. Desigualdades e limites deveriam estar no centro da Rio+20. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.26, n.74, p.21-33, 2012.

Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). Estudo Prospectivo. Cadeia Coureiro, Calçadista e Artefatos. **Série Cadernos da Indústria ABDI**. Volume IV. Brasília, 2008.

ARUNDEL, A.; KEMP, R. Measuring eco-innovation. UNO-MERIT, **Working Paper Series**, 2009. Disponível em www.merit.unu.edu/publications/wppdf/2009/wp2009-017.pdf. Acesso em: 16 jun. 2010.

ASHFORD, N. A.. Pathways to sustainability: evolution or revolution? In: GEENHUIZEN, M.; Gibson, D. V.; Heitor, M. V. (Eds.). **Regional development and conditions for innovation in the network society, international series on technology policy and innovation**. Ohio: Purdue University Press, p. 35-59, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Instrução Normativa nº 27 de 05 de junho de 2006**. Diário Oficial, Brasília, DF, 2006.

CARRILLO-HERMOSILLA, J., GONZÁLEZ, P. DEL R. & KÖNNÖLÄ, T.. Barriers to eco-innovation. In: Carrillo-Hermosilla, J.; González, P. del R.; Könnölä, T. **Ecoinnovation: when sustainability and competitiveness shake hands**. New York: Palgrave Macmillan, p. 28-50, 2009.

CARY, E. E.; ALLAWAY, W. H.; OLSON, O. E. Control of chromium concentrations in food plants. II Chemistry of chromium in soils and its availability to plants. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Easton, v. 25, n. 2, p. 305-309, 1997.

CLASS, I. C.; MAIA, R. A. M. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: SENAI, 1994, 664.p.

GODECKE, M. V.; RODRIGUES, M. A. S.; NAIME, R. H. Resíduos de curtumes: estudo das tendências de pesquisa. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, n.7, p.1357-1378, Mar./Ago., 2012.

GONÇALVES, E. **Efeito de diferentes curtentes sobre as propriedades de couros isentos de cromo**. 2007. 111 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade Ambiental), Centro Universitário Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2007.

GUIA BRASILEIRO DO COURO. Rebanho de bovinos por países .2017. Disponível em: <http://www.guiabrasileirodocouro.com.br/arquivos/estatistica/pdf/168-rebanho-de-bovinos-por-pa-ses-top30-milh-es-de-cabe-as,-exclu-ndo-b.pdf>. Acesso em 07 de outubro de 2018.

GUTTERRES, M. Alternativas para destinação dos resíduos do rebaixamento do couro wet-blue. **Revista do Couro**, Estância Velha, v. 113, n. 22, p. 49-54, 1996.

GUTTERRES, M. Desenvolvimento sustentável em curtumes. In: **Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química**, 2004.

HORBACH, J. Indicator systems for sustainable innovation. Heidelberg, Germany: **Physica-Verlag**, 2005.

HORBACH, J.; RAMMER, C.; RENNINGS, K. Determinants of eco-innovations by type of environmental impact – The role of regulatory push/pull, technology push and market pull. **Ecological Economics**, v.78, p.112-22, 2012.

HU, Jing et al. Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model, **Journal of Cleaner Production**, Volume 19, Issues 2–3, 2011, Pages 221-228, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.09.018>.

JACOMOSSI, R. et al.. Fatores Determinantes da EcoInovação: um Estudo de Caso a Partir de uma Indústria Gráfica Brasileira . **Gestão & Regionalidade**, v. 32, n. 94, p. 101-117, 2016.

KEMP, R., PEARSON, P., 2008. Final report MEI project about measuring eco-innovation,

II Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação

20 a 23 de novembro de 2018 - Naviraí - MS



Maastricht. Disponível em: <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf> (acesso em 08/07/2018).

LISBOA, C. C. **Nitrogênio e adubação orgânica: lixiviação, efeito homeopático, mineralização e métodos de determinação de nitrato.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariuna: EMABRAPA, Meio Ambiente 2000. P. 109-141

MIDIC. Estatísticas de comércio exterior. 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-ppe?ppe=2028>. Acesso em 07 de outubro de 2018

OLIVEIRA, D. Q. L. et al.. Utilização de resíduos da indústria do couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 417-424, 2008.

PACHECO, J. W. F. **Curteumes.** Série P + L. São Paulo: CETESB, 2005.

PINSKY, VANESSA; KRUGLIANSKAS, ISAK. Inovação tecnológica para a sustentabilidade: aprendizados de sucessos e fracassos. **Estud. av.**, São Paulo, v. 31, n. 90, p. 107-126, May 2017.

PORTER, M. E.; VAN DER LINDE, C. Green and competitive: ending the stalemate. **Harvard Business Review**, Cambridge, v.73, n.5, p.120-34, Sept./Oct. 1995.

RENNINGS, K. Redefining Innovation: Eco-innovation Research and the Contribution from Ecological Economics. **Ecological Economics**, v.32, n.2, p.319-32, 2000.

RIBEIRO, E. M. P. **Produção e análise físico-química do adubo de descarte de couro bovino com ênfase no impacto ambiental e energético.** Porto Alegre, 2006.

Top exporters of leather worldwide in 2016, by country. 2016. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/861394/top-exporters-of-leather-worldwide>. Acesso em 07 de outubro de 2018.

União Europeia. **The leather industry in the EU.** 2018. Disponível em: https://ec.europa.eu/growth/sectors/fashion/leather/eu-industry_en. Acesso em 07 de outubro de 2018.