



22 a 24 de julho de 2013
Porto Alegre - RS

4 FORUM INTERNACIONAL
DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Estado Da Arte E Aplicações De Resíduos Do Setor Coureiro Calçadista Para Fins Energéticos

RIEHL, Alice
KIELING, Amanda Gonçalves
MORAES, Carlos Alberto Mendes
BREHM, Feliciane Andrade





Resumo: No decorrer dos anos, a preocupação do setor coureiro calçadista em relação às questões ambientais aumentou muito, tanto por exigências legais quanto pelo fato de ser apontado como um dos setores industriais mais impactantes negativamente ao meio ambiente. O desenvolvimento de uma tecnologia para eliminação de passivos ambientais em curtumes é de extrema relevância visto que a destinação destes em aterros industriais passou a ser uma problemática frente às consequências que esta prática causa. As disposições dos resíduos de couro e calçado em aterros, até então utilizadas, tem como consequência a contaminação das águas subterrâneas e poluição atmosférica pelas emissões de metano resultantes do processo de decomposição da matéria orgânica. Estes passivos ambientais, juntamente com a necessidade cada vez maior de áreas para ocupação destes aterros, vêm tornando essa alternativa para destino final destes resíduos limitada. Portanto, o objetivo deste trabalho consiste em apresentar o estado da arte de pesquisas referentes à aplicação de resíduos do setor coureiro calçadista e a possibilidade de utilizar estes para fins energéticos.

Palavras-chave: curtumes, passivo ambiental, resíduo, energia.

Abstract: *Over the years, environmental issues have been a growing concern of leather and footwear industries as result of legal requirements and their being considered the most damaging industries to the environment. The development of a technology to eliminate the environmental liabilities in tanneries is of utmost relevance since the destination of these in landfills has become a problem considering the consequences of this practice. The disposal of the footwear and leather wastes in landfills, which is still common, leads to groundwater contamination and air pollution caused by methane emissions, a product of the decomposition process of organic matter. The environmental liabilities, in addition to the increasing need for the occupation of landfills areas, have been limiting the alternatives to dispose these wastes. Therefore, the purpose of this paper is to present the state of the art of scientific research on the application of wastes from the leather and footwear industries and the possibility to use them for energy purposes.*

Key words: *tanneries, environmental liabilities, wastes, energy.*

1 OBJETIVO

As peles e os couros têm acompanhado o homem em toda a sua evolução, seja pela sua disponibilidade, ou por sua versatilidade, ou por ambas. São significativas e diversas as utilizações dadas às peles através do tempo, tais como: vestuário, artefatos, embarcações, estofamentos para móveis, náuticos, para veículos e aeronaves, em calçados, pergaminhos, para absorção de metais tóxicos, na regeneração de queimados e na alimentação (HOINACKI, 1989).

E o que é o couro? O couro é um material natural manufaturado, cuja matéria-prima base é a pele. Segundo Couto Filho (1999, p. 35) “a pele abandonada sem precaução é rapidamente vítima de bactérias que a destroem”. Para que ocorra a transformação da pele animal em um material durável, possível de ser utilizado na confecção dos mais diversos artefatos, aplica-se um processo chamado de curtimento e a partir daí o substrato passa a ser denominado couro.

Entende-se por couro, peles que tenham sido tratadas por processo químico chamado curtimento e cujas fibras de sua estrutura foram modificadas com auxílio de produtos químicos naturais ou sintéticos, denominados curtentes (ROSA, 2003).

O processo de manufatura do couro compreende várias etapas, desde a concepção da matéria prima, limpeza e extração de substâncias orgânicas indesejadas, substituição da água por agentes curtentes e óleos até o acabamento final, tornando o material imputrescível e conferindo características sensoriais e de resistência (FUCK, W. F.; GUTTERRES, M.; GRASSELLI, L. P., 2012). No decorrer deste processo, no entanto, ocorre a geração de um número elevado de resíduos, que acarretam num problemático passivo ambiental à saúde humana e ao meio ambiente.

O setor coureiro-calçadista gera uma quantidade elevada anual de resíduos e o índice de reaproveitamento destes resíduos ainda é muito baixo. O baixo reaproveitamento dos tem, dentre suas causas, a falta de segregação dos resíduos no estabelecimento gerador. Outro aspecto é que mesmo nas situações em que os materiais podem ser reciclados, a tributação sobre produtos originados de reciclagem é maior do que o dos materiais virgens (GODINHO, 2006).

Considerando que a disposição em aterros para resíduos industriais perigosos (ARIP), é a forma mais utilizada pelas empresas do setor do couro e calçado para a destinação final dos seus resíduos, o volume armazenado destes resíduos vem aumentando a cada ano e a capacidade de armazená-los é cada vez mais limitada.

Neste sentido, existe uma forte demanda para a solução de um problema específico e de extrema importância que é referente à utilização destes resíduos, principalmente aqueles provenientes do processo de curtimento, cujo agente curtente na maioria dos casos é o cromo, o que confere-lhe características de resíduo Classe I - perigoso, e como tal deve ser tratado.

Para que estes resíduos possam ser reutilizados é necessário que tenham suas características estudadas. Estes resíduos podem ser caracterizados como biomassa, e por meio de conversão termoquímica, pelo processo pirolítico, pode-se obter produtos líquido e sólido aplicáveis para fins energéticos, contribuindo de maneira para a diminuição do passivo ambiental presente e futuro.

O objetivo deste artigo é apresentar uma revisão da literatura sobre o processamento do couro, os principais resíduos sólidos provenientes deste processo e as possibilidades de sua reutilização e reaproveitamento como biomassa e alternativa para conversão termoquímica.

2 MÉTODOS

2.1 Resíduos gerados na indústria do couro e calçado

Os resíduos são matérias-primas ou insumos não aproveitados ou desperdiçados nos processos produtivos. Podem apresentar-se sob forma sólida, líquida ou gasosa (CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS, 2003c).

Resíduos e rejeitos sólidos, de processo de produção do couro são classificados pela NBR 10004 (ABNT, 2004) - nas classes I, perigosos, e II não perigosos (classe II A – não inertes). Na classe I se enquadram os restos de couro atanado, couro cromo, pó de couro, materiais de varrição de fábrica, sapatos com defeitos, entre outros. Na classe II



estão incluídos os restos de poliacetato de etileno vinil (EVA), sola e, ou tecido poliuretano (PU), contraforte, borracha, papelão, palmilha rosa, telas de não/tecido, palmilha/papelão/PU, entre outros (RODRIGUES, 2008).

De acordo com a legislação brasileira estes resíduos sólidos gerados são classificados como perigosos devido à presença do cromo trivalente. Segundo o qual, a própria fonte geradora do resíduo é responsável pelo seu tratamento, transporte e disposição final. Como destino final para estes resíduos, em 85% dos casos são utilizadas centrais de resíduos e aterros industriais (RODRIGUES, 2008).

Mais de 40% da matéria-prima processada na indústria de curtimento é descartada como resíduo durante o processamento da pele, sendo que mais de 30% é gerada após o processo de curtimento ao cromo (GODINHO, 2006). Segundo Pereira (2006), os tipos de resíduos produzidos em indústrias de peles e couro, e que não estão presentes no efluente líquido, podem ser basicamente classificados em dois grandes grupos, que podem ser resíduos sólidos não curtidos e curtidos, descritos como segue:

Resíduos sólidos não curtidos

Carnaça: Obtida na operação de descarte que compreende a retirada de tecido adiposo, conjuntivo e muscular. Segundo Claas e Maia (1994) a carnaça é o resíduo sólido obtido do carnal, ou parte interna das peles, que não tem interesse para o curtimento propriamente dito, sendo obtida por meio das operações de pré-descarte e descarte.

Aparas não caleadas: As aparas não caleadas são os recortes efetuados nas peles verdes (peles que não são conservadas com sal e que geralmente entram em processo logo após a retirada do animal) ou no estado de conservação (peles salgadas). São aquelas aparas obtidas antes de qualquer contato com produtos químicos e, portanto, são os resíduos com menor chance de contaminação química.

Aparas e raspas caleadas: As aparas e raspas caleadas são oriundas de peles já submetidas às operações de depilação e caleiro (retirada dos pelos e intumescimento da pele para operações posteriores), originadas antes ou depois da operação de descarte, são recortadas de partes da pele do animal (testa, cabeça, garras, rabo, rebarbas de carnaça) que não interessam à industrialização ou que dificultam processos e operações posteriores.

Resíduos sólidos curtidos

Aparas de couro curtido: São denominados resíduos sólidos curtidos, aqueles obtidos após processo de curtimento, tais como: aparas de couro semi acabado e acabado, serragem (farelo) do rebaixamento e o pó do lixamento.

As aparas curtidas podem variar de composição de acordo com o processo de curtimento empregado, podendo ser mineral, vegetal ou sintético. Conforme o processo pode haver também resíduos de couros com pelo (couros para tapetes, sofás, almofadas) quando este não é removido na etapa de depilação.

Nos resíduos de aparas acabadas existem diversos tipos de acabamento, dentre os quais pode-se utilizar acabamentos com filmes metálicos, ceras, anilinas, pigmentos. Conforme o tipo de acabamento a caracterização do couro pode sofrer variações.

Na indústria calçadista são gerados resíduos como restos de EVA (poliacetato de etileno vinil), sola e/ou tecido poliuretano, contraforte, borracha, papelão, palmilha entre outros (RODRIGUES, 2008).

Segundo Martins (2001) o destino final destes resíduos envolve aspectos ecológicos e econômicos e de acordo com Conte (1982 apud MARTINS (2001) os resíduos sólidos



curtidos são os de maior interesse, pois os resíduos de peles e couros constituem, incontestavelmente, a maior tonelagem existente e sua eliminação torna-se, por isso, um problema cada vez mais delicado.

2.2 Caracterização dos resíduos

De acordo com Hoinacki (1994) a caracterização dos resíduos, gerados durante o processo de transformação da pele em couro, auxilia na escolha do tratamento, disposição final, bem como o aproveitamento econômico dos mesmos.

Segundo Órgiles (1994 apud PEREIRA, 2006) o couro curtido ao cromo tem como característica um elevado poder calorífico (4500 kcal/kg) baixo conteúdo de enxofre (menos de 2%) e cinzas que apresentam alto teor de óxido de cromo (40-50%).

A verificação da possibilidade de incinerar um resíduo, bem como das condições operacionais para sua destruição, é feita com base em uma caracterização efetiva deste resíduo. Desta caracterização resulta a definição do tipo de incinerador e do sistema de controle da poluição de ar a serem utilizados (ROCCA et. al, 1993 apud MARTINS, 2001).

Segundo Gutterres (2008), os resíduos do couro possuem substâncias putrescíveis, sais, sulfitos e principalmente metais pesados. Para que se tenha um aproveitamento efetivo destes resíduos, como biomassa, é de grande importância estudar a fundo suas características. As informações necessárias para a caracterização dos resíduos de couro e posterior utilização como biomassa englobam a análise calorimétrica, quantidade de resíduo, necessidades de beneficiamento e adequação do coproduto para cogeração, análise química elementar, pH, umidade, densidade, dentre outros.

De acordo com Godinho et al (2002 apud PEREIRA, 2006) a incineração de resíduos sólidos da indústria coureiro calçadista tem como vantagem a redução em torno de 90% do volume total do resíduo, podendo ainda possibilitar a recuperação do cromo após o tratamento das cinzas, além de gerar energia que pode ser aproveitada na própria indústria.

2.3 Possibilidades de destinação dos resíduos

O volume de couros produzidos no Brasil aliado à disposição de resíduos em aterros acarreta em um grande problema de passivos ambientais para empresas e sociedade (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2013).

A Lei 12.305 define em seu artigo 9º a seguinte ordem de prioridade no gerenciamento dos resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Portanto, a disposição final em aterros é a última opção e deve ser realizada somente quando não há outra destinação ambientalmente adequada (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2013). Como destinação final ambientalmente adequada o mesmo documento inclui ainda a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético de resíduos (BRASIL, 2010).

A reutilização do resíduo é a forma mais nobre de aproveitar um material, evitando que o mesmo seja descartado como rejeito, reintegrando-o ao ciclo produtivo, sem a sua transformação biológica, física ou físico-química (BRASIL, 2010). A reciclagem trata-se de um processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas



propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos (BRASIL, 2010).

A recuperação energética dos resíduos sólidos pode ser aplicada desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica, ambiental e a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental (BRASIL, 2010). Podem ser aplicadas tecnologias como a digestão anaeróbia, a incineração e o coprocessamento nos processos de recuperação de energética de resíduos.

O produto utilizado como fonte na incineração é a biomassa, que vem a ser o objeto de estudo deste trabalho.

2.4 Biomassa

A biomassa é a fonte de energia mais antiga e seu uso foi quase totalmente dominante até meados do século XIX. A partir daí, a participação da biomassa tem diminuído no suprimento de energia no mundo todo, em decorrência do crescente aumento da demanda total de energia obtida de combustíveis fósseis e energia nuclear (RODRIGUES, 2008). No entanto, a busca crescente por fontes alternativas fez com que o estudo da biomassa, como uma boa opção para substituição aos combustíveis fósseis fosse retomado.

Segundo Kieling (2006) a biomassa pode ser definida como todo recurso natural, seja de origem animal, vegetal ou mesmo microbiana que se apresenta como fonte de matérias-primas e energia mediante a aplicação de processos tecnológicos.

De acordo com Gómez (1996 apud RODRIGUES, 2006), são quatro as razões fundamentais que tornam atrativa a utilização da biomassa para fins energéticos:

1. Constitui uma riqueza natural própria e renovável, com elevada disponibilidade e relativa facilidade de uso;
2. Representa uma fonte renovável e segura de energia não sujeita às variações de preços e suprimento do mercado externo;
3. O seu uso permite aos países em desenvolvimento diminuir sua dependência externa de petróleo;
4. Do ponto de vista energético, é um combustível limpo quando comparado com os combustíveis fósseis.

O aproveitamento da biomassa pode ser feito através de processos termoquímicos (combustão, gaseificação, pirólise, liquefação); processos biológicos (aeróbios e anaeróbios) e processo químico (transesterificação) (DERMIBAS, 2000 apud KIELING, 2006).

2.5 Incineração

Frente à problemática de resíduos dos curtumes, várias alternativas para seu tratamento estão sendo estudadas, entre elas a incineração das aparas e retalhos gerados durante o processo produtivo (GUTTERRES, 2008).

A incineração é um processo químico utilizado como um método de tratamento de resíduos, que consiste na utilização da decomposição térmica via oxidação com o objetivo de tornar o resíduo menos volumoso, menos tóxico ou atóxico, ou ainda eliminá-lo, em alguns casos (ROCCA et. al., 1993 apud MARTINS, 2001).



Gutterres (2008) cita que por meio da incineração obtém-se uma cinza rica em óxido de cromo, entre 50 - 60% em massa. Considerando a necessidade de uma destinação apropriada para essa cinza, uma das alternativas é a de aproveitar o grande potencial econômico do cromo contido por meio de sua reinserção no ciclo produtivo, em um processo que o utiliza como matéria-prima. Assim, a incineração torna-se uma alternativa ecológica economicamente mais atrativa (GUTTERRES, 2008).

Godinho et al (2005 apud ALVES, 2007) mostram que devido a alta concentração de óxido de cromo, Cr_2O_3 , presente nas cinzas geradas no processo de incineração de resíduos da indústria coureiro-calçadista, outras formas de recuperação do cromo podem ser viáveis, dentre elas: a sua redução a cromo metálico; rota química para obtenção do sal curtente sulfato básico de cromo; a sua utilização na indústria de tintas e pigmentos; ou ainda, como inibidor de corrosão.

Gutterres (2008) identifica os subprodutos da combustão: calor e gás liberado com cromo, lodo com cromo, cinza com cromo. Aloy (1984 apud GUTTERRES, 2008) conduziu experiências de incineração em sistemas de dois estágios, relatando a ausência de odores tóxicos na exaustão dos gases. O autor publicou estudo comparativo sobre testes de incineração com diversos tipos de equipamentos, salientando que o aproveitamento do cromo tornava o processo economicamente atrativo.

3 RESULTADOS

O setor coureiro-calçadista gera uma quantidade elevada anual de resíduos e o índice de reaproveitamento ainda é muito baixo. A pesquisa demonstra que existe uma forte demanda para a solução de um problema específico e de extrema importância que é referente à utilização dos resíduos provenientes do processamento de couro e calçado. Considera-se que a destinação em aterros de resíduo perigoso está cada vez mais limitada, além dos crescentes riscos ambientais e de saúde que essa prática representa.

Conforme demonstrado nos estudos, estes resíduos podem ser caracterizados como biomassa, e por meio da conversão termoquímica é possível obter produtos aplicáveis para fins energéticos, além de compostos de cromo para uma reutilização industrial. Por meio de processos de incineração consegue-se uma importante redução do volume e do peso do resíduo. A cinza obtida a partir da incineração de resíduos de couros tem sido objeto de estudo em dissertações de mestrado e teses de doutorado, objetivando a recuperação do cromo e obtenção de diferentes compostos como o sulfato básico de cromo e ligas ferrocromo.

Uma vez redirecionados como matéria-prima, seja para a própria indústria, seja como coproduto para outros fins, os resíduos de couro tornam-se economicamente mais atrativos em termos de reintegração na cadeia produtiva, tendo como consequência uma produção de couro mais sustentável, contribuindo para a diminuição do passivo ambiental.

4 CONCLUSÕES

O desenvolvimento e aplicação de resíduos de couro como fonte energética é um processo complexo que envolve conhecimentos em diversas áreas e uma caracterização detalhada deste resíduo, bem como das cinzas geradas pelo processo de incineração.

As referências demonstram que existe uma forte tendência na utilização da



22 a 24 de julho de 2013
Porto Alegre - RS

4 FORUM INTERNACIONAL
DE RESÍDUOS SÓLIDOS

biomassa como fonte de energia. A fim de se ter uma melhor otimização de todo ciclo de análise dos resíduos de couro e calçado, desde a sua caracterização inicial até sua utilização como biomassa é necessário que se tenham conhecimentos multidisciplinares que englobam desde processos químicos do couro, conhecimentos de sua estrutura até processos de bioengenharia.

Por fim, o estudo de alternativas para utilização de resíduos de couro pode ser uma alternativa de destinação desses resíduos e até mesmo um grande avanço para a eliminação dos passivos ambientais relacionados.

REFERÊNCIAS

ABNT, **NBR 10004**: resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004. 71 p.

ALVES, Claudia Rosane Ribeiro. **Obtenção de uma liga de Ferro-Cromo de alto teor de carbono a partir das cinzas da incineração de aparas de couro**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais – PPGEM) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 13 maio 2013.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS. **Questões ambientais e a PmaisL**. Porto Alegre: CNTL/SENAI-RS/UNIDO/UNEP, 2003c. (Manuais de Produção mais Limpa).

CLAAS, Isabel Cristina; MAIA, Roberto Augusto Moraes. **Manual básico de resíduos industriais de curtume**. Porto Alegre: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (RS). Centro Tecnológico do Couro SENAI, 1994.

COUTO FILHO, Cândido. **O Couro: História e Processo**. Fortaleza: Edições UFC, 1999. 136 p.

FUCK, W. F.; GUTTERRES, M.; GRASSELLI, L. P. **Estado da arte e desenvolvimento de biocorantes produzidos por fungos para tingimento de couro**. In: CONGRESO DE LA FEDERACIÓN LATINOAMERICANA DE QUÍMICOS Y TÉCNICOS DE LA INDUSTRIA DEL CUERO, 18., 2012, Montevideo. Anais... Montevideo: FLAQTIC, 2012.

GODINHO, M. **Gaseificação e combustão combinadas de resíduos sólidos da indústria coureiro – calçadista**. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GUTTERRES, Mariliz. **A Ciência Rumo à Tecnologia do Couro**. 1 ed. Porto Alegre: Tríplice, 2008. 505 p.



22 a 24 de julho de 2013
Porto Alegre - RS

4 FORUM INTERNACIONAL
DE RESÍDUOS SÓLIDOS

HOINACKI, Eugênio; KIEFER, Carlos Guilherme; MOREIRA, Marina Vergílio. **Manual básico de processamento do couro**. Porto Alegre: SENAI-RS, 1994. 402 p.

HOINACKI, Eugênio. **Peles e couros**: origens, defeitos e industrialização. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: SENAI-RS, 1989. 319 p.

KIELING, Amanda Gonçalves. **Influência de condições operacionais de reator pirolítico de casca de arroz no rendimento de bioprodutos**. Trabalho de Conclusão de Curso. São Leopoldo: UNISINOS, 2006.

MARTINS, Clauren Moura. **Determinação das espécies de cromo nas cinzas da incineração de couro wet-blue em reatores de leito fixo e leito fluidizado**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química – PPGEQ) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PEREIRA, Samanta Vieira. **Obtenção de cromato de sódio a partir das cinzas de incineração de resíduos do setor calçadista visando à produção de sulfato básico de cromo**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química – PPGEQ) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

RODRIGUES, R. **Modelagem e simulação de um gaseificador em leito fixo para tratamento térmico de resíduos sólidos da Indústria Calçadista**. Tese (mestrado) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RODRIGUES, 2006; SECCHI Argimiro Resende; MARCÍLIO Nilson Romeu; GODINHO Marcelo; **Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química Simulação de um reator em leito fixo para incineração de resíduos da indústria coureiro-calçadista** V-Oktober Fórum – PPGEQ, 2006.

ROSA, Marcelo Furrier. **Couro: História e Arte**. Ipirorã: Althaprint, 2003. 127 p.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Comprador De Sobra Residual Do Couro**. Resposta elaborada por: Lisiane Emilia Grams Metz. Porto Alegre: SENAI-RS, 2013. (Código da Resposta: 4710). Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br>>. Acesso em: 20 maio 2013.