



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Sandra Souza dos Santos

**DESIGN E TECNOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DO
PROCESSO DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER EM COURO
BOVINO ACABADO E SEMI-ACABADO**

Porto Alegre

2012



**ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Sandra Souza dos Santos

**DESIGN E TECNOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DO
PROCESSO DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER EM COURO
BOVINO ACABADO E SEMI-ACABADO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do Grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior
Co-orientadora: Profa. Dra. Mariliz Gutteres Soares

Porto Alegre

2012

Sandra Souza dos Santos

**DESIGN E TECNOLOGIA: ESTUDO DA APLICAÇÃO DO
PROCESSO DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER EM COURO
BOVINO ACABADO E SEMI-ACABADO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre em Design, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, 20 de dezembro de 2012.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wilson Kindlein Júnior
Orientador
UFRGS

Prof.^a Dr.^a Mariliz Gutterres Soares
Co-Orientadora
UFRGS

Prof.^a Dr.^a Miriam Cooper da Silva
UFRGS

Prof. Dr. Régio Pierre da Silva
UFRGS

Prof. Dr. Luis Henrique Alves Cândido
UFRGS

1 INTRODUÇÃO

O emprego de novas tecnologias em conjunto com a análise, caracterização de materiais e controle de qualidade, possibilitam a geração de produtos bem acabados e auxiliam na identificação e caracterização das camadas que produzem o couro. Para o caso de inserção de tecnologias de corte e gravação a laser em couro, estas características constituem um dos fatores que permitem tornar as empresas mais competitivas e sustentáveis, tendo em vista a possibilidade de aplicação tanto em peças grandes quanto em retalhos de tamanho menor que são gerados no chão de fábrica, onde estas podem ser reintroduzidas como acessórios ou adereços em diferentes produtos (Santos *et alli* 2011).

O couro constitui a pele curtida de animais empregada na fabricação de artefatos diversos para uso humano, desde calçados, carteiras, cintos, estofados de móveis e revestimento de banco de automóveis. É produzido a milhares de anos por diversos povos, havendo pedaços de couro curtido a cerca de três mil anos, no antigo Egito, conservados até o presente (Ganem, 2007). O mercado da indústria de couro participa de diferentes ramos manufatureiros e estes setores dependem da pecuária de corte e dos frigoríficos que fornecem sua principal matéria-prima. A cadeia produtiva compõe-se especialmente dos curtumes, que fabricam seu produto final (couro) e fornecem para diferentes indústrias, que o utilizam como um de seus insumos (ABDI, 2011). A indústria do couro e do calçado é uma das mais competitivas do Brasil, e os curtumes podem se dedicar a uma ou mais etapas do processamento do couro, como os casos de curtume de processamento da pele bruta ou salgada até curtimento para obter couro curtido *wet blue* (curtido com cromo em que *wet* significa úmido ou molhado; e *blue* que significa azul, que é a coloração apresentada pelos couros curtidos ao cromo), de curtume de beneficiamento do couro desde *wet blue* até o acabamento ou de curtume integrado que processa a pele desde o início até o couro acabado (Santos *et alli* 2011).

O mercado do couro está subordinado ao mercado de carne bovina, que por sua vez depende do nível de poder de compra, preço das carnes substitutas, demanda do mercado internacional, além de surtos de doenças, secas ou inundações em áreas de criação, que podem diminuir a oferta de couro com reflexos sobre o preço (BNDES, 2003). Segundo MDIC (2011), Ministério do Trabalho (RAIS, 2012) e ABQTIC (2012), o Brasil conta com mais de 800 empresas da Indústria Curtidora que geram em torno de 40.000 empregos segundo o Ministério do Trabalho (RAIS, 2012). No ano de 2011, o país produziu cerca de

43 milhões de peças dentre couros salgados 0,02 milhões de peças, couro *wet blue* 9,38 milhões de couros, *crust* (semi-acabado) 5,99 milhões, couros acabados 11,29 milhões, e consumo interno de couros para exportação que somam 1,80 milhões aliado ao consumo doméstico que fica num patamar de 14,99 milhões de peças. São exportados 26,68 milhões de artigos conforme Tabela 1, para cerca de 85 países, dentre as quais destacam-se China, Itália, Hong Kong, Estados Unidos, Alemanha, Coreia do Sul, México, Vietnã, dentre outros, conforme publicações do CICB (2012) e do SECEX (2012). Segundo a Secretaria de Comércio Exterior o Rio Grande do Sul chega a exportar 24,06% da produção nacional (ABQTIC, 2012).

Tabela 1 - Estimativas de Mercado Brasileiro de Couros Bovinos 2000/2011- (Em Milhões de Couros)

TIPO DE MOVIMENTO AO ANO	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010(+)	2011(**)
PRODUÇÃO DE COUROS - FAO	31,14	33,50	34,50	35,50	36,50	39,43	41,23	42,33	39,80	42,70	44,50	43,00
IMPORTAÇÕES DE COUROS	3,03	2,70	1,77	2,03	2,44	2,19	2,00	1,81	1,65	1,13	0,94	0,47
TOTAL DAS DISPONIBILIDADES	34,17	36,20	36,27	37,53	38,94	41,62	43,23	44,14	41,45	43,83	45,44	43,47
ESPORTAÇÕES DE COUROS	14,83	17,19	19,14	21,89	26,34	28,22	34,48	32,86	24,76	24,00	27,35	26,68
Couros Salgados	0,11	0,27	0,31	0,25	0,18	0,28	0,34	0,06	0,08	0,11	0,26	0,02
Couros Wet-blue	10,39	10,48	12,53	13,26	15,83	16,00	17,70	15,33	8,70	9,70	10,30	9,38
Couros Semi-Acabados	2,63	4,18	2,32	2,49	2,59	3,63	4,15	4,95	4,50	4,15	5,75	5,99
Couros Acabados	1,70	2,26	3,98	5,89	7,74	8,31	12,29	12,50	11,48	10,04	11,04	11,29
CONS. INT. P/ EXPORT DE COUROS EM MANUF.	8,43	8,36	8,36	8,50	8,79	7,43	6,36	5,36	3,93	3,00	2,30	1,80
CONSUMO APARENTE DOMÉSTICO DE COUROS	10,91	10,65	8,77	7,14	3,81	5,97	2,39	5,92	12,76	16,83	15,79	14,99

Fonte: Adaptado de ABQTIC (2012).

O setor calçadista brasileiro abriga mais de 8000 empresas e gera aproximadamente 800 milhões de pares de calçados ao ano (Global 21, 2009). Dentre os segmentos destacam-se: calçados sociais, atléticos, casuais, sintéticos que não são de couro, tecidos entre outros modelos. Só em 2011 foram exportados cerca de 82,2 milhões de pares de

calçados (MDIC, 2011). Destes são geradas 120 mil toneladas de resíduos dos quais 37.200 toneladas são restos de couro que pode ser aproveitados. Só na região Sul é gerada mensalmente uma média de 230 toneladas de resíduos da fabricação de calçados e acessórios em couro (Sindicato das Indústrias de Calçados do RS, 2011). Ressalta-se que no ano de 2002, na região do Vale do Rio do Sinos, no Rio Grande do Sul, distante a 40 km da cidade de Porto Alegre, as empresas eram responsáveis por cerca de 13.000 couros/dia e geravam em torno de 60 toneladas de resíduos/dia “1kg de resíduos/m² de couro acabado” (Moraes e Bidone, 2002).

Processos e métodos que possibilitem a utilização de resíduos são uma constante busca para reduzir os impactos gerados pela produção destes materiais. Assim, o emprego de novos processos de fabricação, tais como os que empregam equipamentos de corte e gravação a laser tornam possível a obtenção de produtos com formas variadas e complexas. Por meio do laser é feita a aplicação de marcação assim como corte de desenhos variados com detalhes definidos que podem ser ampliados ou reduzidos. Associados a estes fatores, esta tecnologia permite um processamento do couro menos impactante ao meio ambiente e com atendimento a quesitos de controle de qualidade, diversificação de produtos, rapidez e precisão de corte e gravação, o que contribui para a redução de falhas, auxilia na criação de novos desenhos e reduz o tempo de manufatura.

A tecnologia a laser em questão permite, também, o atendimento ao princípio dos 3R's, uma vez que diferentes tipos de couro constituem a base para a confecção de acessórios de moda a partir de um material nobre e natural e a seleção de aparas que podem ser reaproveitadas constitui uma importante maneira de reduzir os passivos ambientais desta natureza. Se o profissional dispuser de informações e características pertinentes a estes substratos poderá gerar um maior aproveitamento das peças e de possíveis aparas de produção na confecção de novos artefatos (MEDINA, 2005).

Contudo, para que se possam reutilizar aparas de produção faz-se necessário a realização de estudos para a criação de uma metodologia, que oriente o pessoal da área de criação e designers, para a seleção dos diversos tipos de couro, tendo como foco sua redução e reutilização. A busca de soluções que avaliem a redução e reutilização destes materiais, tanto na fase de projeto, quanto no processo de manufatura do produto contribui para aumento da qualidade deste e, tende a reduzir o impacto ambiental do mesmo.

O presente trabalho visa demonstrar o estudo da variação dos parâmetros de velocidade e potência para o uso do laser nos processos de corte e gravação sobre o couro

acabado nas camadas flor e carnal, no processo de design de artigos em couro assim como a caracterização e identificação de amostras de couro do tipo semi-acabado e acabado de amostras provenientes de empresas e curtumes com o intuito também de prever o aproveitamento desta tecnologia em aparas da produção que possam ser reintegradas a novos produtos.

1.1 Problema da Pesquisa

Como aplicar e/ou utilizar o processo de corte e gravação a laser em couro do tipo acabado, visando inclusive o aproveitamento de retalhos (aparas) da produção de couro?

1.2 Objetivos

Não colocar título no final de página quando o texto tiver que ir para página seguinte.

O objetivo do trabalho é por meio do design e tecnologia estudar a utilização do laser para as rotinas de cortes e marcações em couro e avaliar os couros submetidos às incisões de corte e gravação a laser.

O desenvolvimento deste trabalho envolveu os seguintes objetivos específicos:

- identificar e caracterizar diferentes tipos de couro descartados pela indústria coureiro-calçadista que possam ser reutilizados na confecção de acessórios de moda e submetidos à aplicação de laser;
- realizar um estudo de caso em um curtume a partir da coleta de retalhos de couro;
- estudar a modificação estrutural das fibras do couro submetidas ao processo de corte e gravação a laser e verificar como tal ocorrência influencia no tipo de acabamento;
- determinar os principais parâmetros a serem considerados no caso de corte e gravação a laser;
- disponibilizar um material para auxiliar profissionais da área de criação para o setor coureiro-calçadista com informações relativas à aplicação deste processo em couros semi-acabados, raspas acabadas e acabados.

1.3 Justificativa

As ferramentas, técnicas e processos de produção do couro estão em constante desenvolvimento devido às pesquisas científicas aplicadas ao setor com o intuito de gerar o menor número de impactos ao meio ambiente, bem como atender aos quesitos de controle de qualidade, diversificação de produtos, rapidez, precisão de corte e gravação. Fatores estes de suma importância para a competição com outros países, visto que o Brasil é o segundo maior produtor e o quarto exportador de couros do mundo (CICB, 2011). Assim, o uso de novas tecnologias, permite a obtenção de novos produtos em um curto espaço de tempo e com características específicas, o que pode assegurar e manter consumidores de couros produzidos no Brasil, etc.

Outro fator que estimulou o desenvolvimento desta pesquisa é que não se encontram facilmente trabalhos que versem sobre parâmetros de aplicação para o corte e gravação a laser em peças de couro, disponíveis para a área de criação coureiro-calçadista. Com relação a estas afirmações, faz-se necessário o estudo dos parâmetros de aplicação para o corte e gravação a laser em couro. Outra característica para o estudo desta tecnologia é que ela pode contribuir na redução da quantidade de perdas de materiais, tendo em vista o não contato com o material o que difere do processo de corte convencional.

1.4 Delimitação do trabalho de pesquisa

O presente trabalho se aplica na introdução de métodos de avaliação, análise e caracterização de diferentes tipos de couros para a identificação de parâmetros intrínsecos a estes, correlacionados ao desenvolvimento de parâmetros de velocidade e potência empregada para a aplicação de feixes de laser para o corte, gravação ou ambos, que constituem o estudo de caso da pesquisa.

Assim, esta pesquisa delimita-se ao estudo do couro bovino semi-acabado e acabado submetido ao processo de corte e gravação a laser de couros obtidos diretamente de curtumes.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo versa sobre o contexto e tópicos relativos a presente pesquisa, quais sejam: definição de laser, historicidade, características específicas, principais aplicações, tipos de equipamentos a laser e, na sequência aborda os tópicos referentes ao material submetido a esta tecnologia, que nesta pesquisa teórico-prático-experimental é o couro bovino.

2.1 O laser

Quanto à tecnologia, o laser é luz, e este nome representa a sigla formada pelas letras iniciais das palavras *Light amplification by stimulated emission of radiation*, isto é, amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. Bagnato (2008) enfatiza que o laser nada mais é do que um feixe de luz com propriedades específicas, podendo-se afirmar que é um feixe de luz de alta potência com coerência transversal (qualidade espacial) focalizado e posicionado precisamente com velocidade de varredura controlada, cuja descoberta está rodeada de um acúmulo de conhecimento em diversas áreas como astronomia, engenharia e física. Os estudos e pesquisas do laser iniciaram a partir da procura de como a luz interage com os átomos e moléculas até o desenvolvimento de instrumentos para a compreensão da natureza atômica, cujas primeiras teorias foram propostas por Albert Einstein, em 1917. Ainda, Muzart (1984) reitera que as características destas radiações estimuladas são: intensidade, direcionamento e coerência.

2.1.1 Histórico sobre a técnica de laser

Johannes Kepler realizou em meados de 1604 pesquisas para explicar como a luz se propaga em linha reta, assim como a formação de sombras dentre outros fenômenos. Ptolomeu (90-168 DC), pensador egípcio, foi um dos pioneiros a descrever o efeito da refração da luz através de vários experimentos que procuravam explicar o quanto a inclinação da luz muda ao passar de um meio transparente para outro. No Século XVII, Willibrord Snell formulou a lei de Snell que relaciona as inclinações dos feixes de luz ao se

propagarem por diferentes tipos de materiais. Esta lei revolucionou a óptica, pois possibilitou a manipulação dos feixes de luz de forma controlada, o que contribuiu para o desenvolvimento de lentes e a maioria dos instrumentos ópticos como o telescópio e o microscópio que abriram dois extremos para a investigação o macro-mundo das estrelas e o micro-mundo das células e microorganismos (Bagnato, 2008). Mas, historicamente o inventor do laser é Charles Hard Townes, físico americano que realizou inúmeros estudos, onde um deles pode ser observado na Figura 1. E, este físico durante a segunda guerra mundial, desenvolveu sistemas de radares para os laboratórios da Bell Telephone.

Em 1950, na Universidade da Columbia, fez sua maior descoberta por meio de pesquisas com radares, identificou a carência de um mecanismo que gerasse microondas de alta intensidade. Então, através do calor ou eletricidade podia dar as moléculas de amônia a energia necessária para a liberação de microondas, em que a partir de pequeno raio de microondas enviado através do gás amoníaco estimulava-as a liberar simultaneamente sua energia.



Figura 1 – Imagem do Prof. Dr. Townes realizando experimentos com o equipamento de emissão de radiação por microondas. Fonte: <http://physics.aps.org/story/v15/st4>.

Em 1953, Townes e seus alunos construíram um sistema capaz de excitar as moléculas de amônia e retirar delas a energia com um fraco feixe de luz, que incorporava em si mesmo a energia, conforme pode ser observado no exemplo da Figura 2. Este

dispositivo ficou conhecido como MASER – *Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, isto é, amplificação de microondas pela emissão estimulada de radiação. Em 1958 A. L. Schawlow produziu o MASER de luz visível, este invento seria mais tarde conhecido como Laser. Dois anos depois, o físico da Stanford *University* – T. Maiman construiu o primeiro Laser de Rubi embasado pelo postulado de Einstein (1916), citado por Farias (2005). Neste dispositivo, uma série de luzes estroboscópicas era utilizada como fonte de energia para bombear os átomos contidos no cristal de Rubi. A luz laser que emerge do sistema carregava toda a energia propagando-se na mesma direção e com menor divergência. Uma das características desta radiação eletromagnética é que ela apresenta monocromaticidade, energia esta que se relaciona ao comprimento de onda. Em 1964, Townes ganhou o prêmio Nobel de Física pelos estudos fundamentais que levaram a evolução do MASER para o LASER (Ion, 2005).

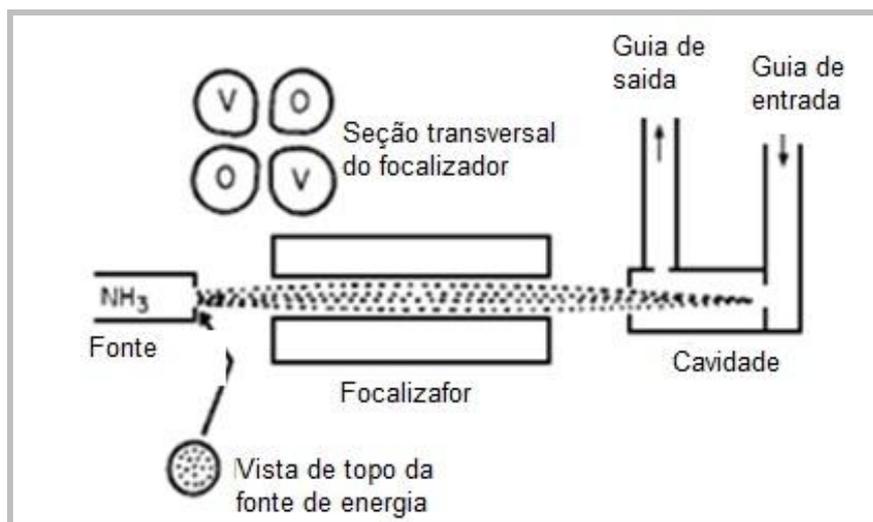


Figura 2 – Esquema de funcionamento do equipamento de amplificação de microondas pela emissão estimulada de radiação (Microwave amplification by stimulated emission of radiation “MASER”).

Fonte: <http://physics.aps.org/story/v15/st4>

2.1.2 Características básicas do laser e seu funcionamento

O laser é constituído por uma cavidade ótica que comporta no meio interno átomos excitados que são estimulados e amplificados por uma fonte de energia e limitados por dois espelhos que realizam a reflexão, um total e outro parcial cujo princípio de funcionamento do laser de CO₂ pode ser observado na Figura 3. Pascu (2000) *apud* Farias (2005). Os

fótons no interior deste se chocam contra ambos os espelhos, o que provoca uma reação de excitação progressiva à população de átomos contidas nesta cavidade cuja concentração de energia emerge 97% no segundo espelho e 3% no primeiro o que constituem o que conhecemos por raio laser, sendo este uma energia altamente concentrada Chavantes e Jatene (1990) *apud* Farias (2005).

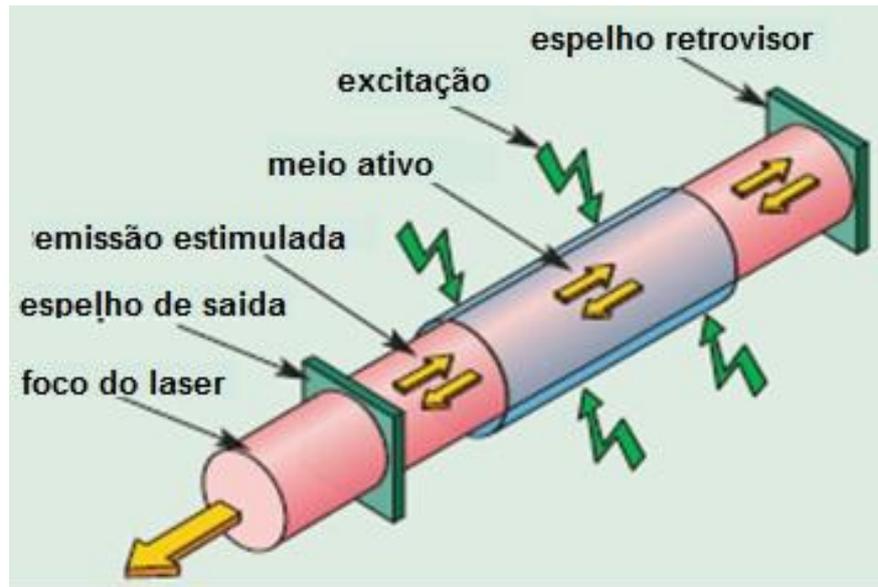


Figure 3 – Princípio de funcionamento do laser de CO₂. Adaptado de *Photonics Handbook* (2012).

O laser é uma fonte de luz com propriedades particulares que devido às suas características gera radiação eletromagnética que permeia a interação da radiação com os átomos ou moléculas que constituem os meios materiais. Portanto, o raio laser provém da emissão que ocorre quando os elétrons decaem de seus níveis energéticos de forma estimulada. É necessário manter os átomos excitados para que assim possa ocorrer a emissão. Segundo Bagnato (2008), o laser consiste de três partes principais. A primeira é o meio ativo que pode ser: sólido, líquido ou gasoso. Esta parte é a que contém os átomos ou moléculas, que devem ser excitados e que são constituídos por elétrons, cuja característica é promover os “saltos” de níveis de energia, emitindo a luz (fótons) que configura a luz do laser. Segundo para que os elétrons saltem para seus níveis mais energéticos é preciso fornecer energia, que ocorre por meio de uma fonte externa para que haja a produção de luz e esta constitui a segunda lei dos princípios do laser (Bagnato, 2008). No exemplo da Figura 4 é demonstrado um esquema de emissão e absorção de energia para um átomo.

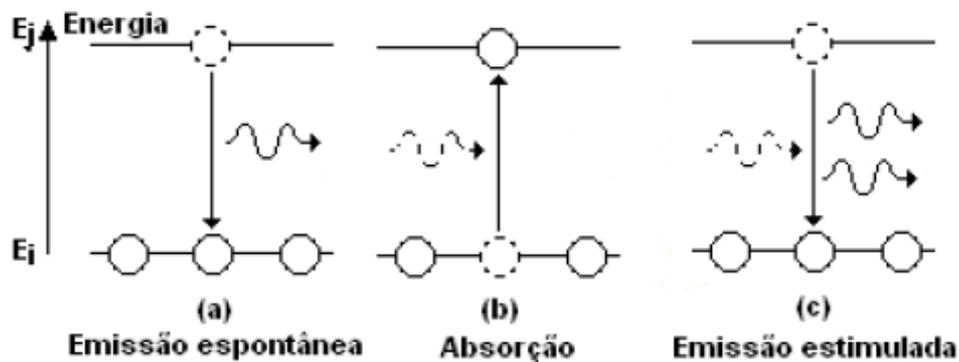


Figura 4 – Esquema de emissão – absorção de energia para um átomo com dois níveis de energia E_i e E_j . Em (a) Se o elétron se encontra no nível superior de energia E_j ele pode voltar espontaneamente para o nível mais baixo E_i de maneira aleatória e em qualquer direção. O pacote de luz ou fóton de luz emitido num dado instante terá características diferentes do fóton emitido antes ou depois. b) Se um fóton de luz de energia E igual à diferença $E_j - E_i$ incide em um átomo que tem elétrons no nível de energia E_i ele pode ser absorvido pelo átomo colocando um dos elétrons do nível de energia E_i no nível E_j . c) Se um elétron se encontra no nível E_j de energia e ainda incide um fóton de luz de energia $E = E_j - E_i$ este fóton pode "induzir" o elétron a descer para o nível E_i , gerando outro fóton que terá as mesmas características do fóton incidente, em particular direção, polarização e frequência – chamamos esta emissão de induzida ou estimulada. Fonte: Cad. Cat. Ens. Fis. Muzart (1984).

O terceiro princípio do laser é a cavidade óptica ou ressonadora cuja função é fazer com que os fótons emitidos retornem ao sistema produzindo e amplificando a emissão de luz. Tal efeito é conseguido através de colocação de espelhos posicionados nas extremidades destas cavidades e que estimulam a reflexão dos fótons a retornarem à amostra, conforme demonstrado na Figura 5, ressaltando que o tamanho destas cavidades influi no comprimento da onda e na cor desejada.

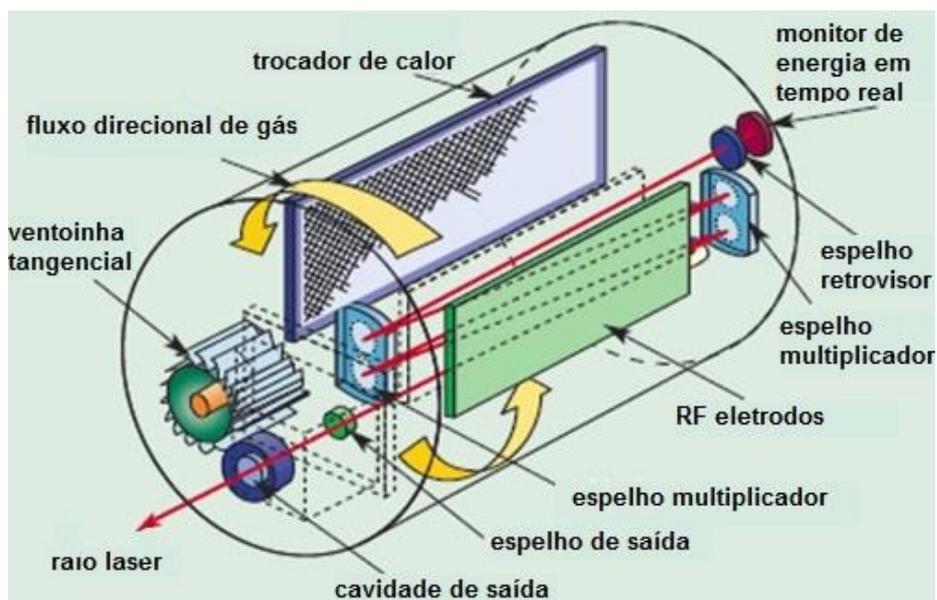


Figura 5 – Esquema de funcionamento e circulação do laser de CO₂ laser.

Adaptado de *Photonics Handbook* (2012).

Os principais tipos de equipamentos à laser variam em função do meio ativo (Babichak, 1998) utilizado para a geração de Luz de laser e do processo de operação que pode ser contínuo ou pulsado e também com relação ao tipo de meio ativo utilizado para excitar os elétrons que pode ser sólido, líquido ou gasoso para o funcionamento do laser, como aponta a Tabela 2.

Tabela 2 – Características dos principais tipos de laser.

Tipo de laser	Meio ativo	Comprimento de onda de operação
Gasoso	Hélio-Neônio (He-Ne)	0,63 μm, 1,15 μm
	Gás carbônico (CO ₂)	10,6 μm
	Argônio (Ar)	0,488 μm, 0,514 μm
	Nitrogênio (N)	0,337 μm
	Álcool	
Sólido	Rubi (Al ₂ O ₃ – Cr ₂ O ₃)	0,694 μm
	Neodímio-YAG	1,06 μm
	Érbio-YAG	2,94 μm
	Neodímio-YAG – dobrado	0,532 μm
	Hólmio-YAG	2,10 μm
	Arseneto de gálio (Ga-As)	0,6 – 1.1 μm
Líquido	Corantes	Todo espectro

Fonte: Ciência Hoje (Bagnato, 2005).

Há lasers químicos que realizam suas funções através das reações químicas, a exemplo o Laser de Fluoreto e dióxido de Carbono (DF-CO₂). Ainda um dos lasers gasosos mais importantes e de maior potência é o de dióxido de carbono (CO₂), que abriga uma ampola com dois gases, o N₂ e o CO₂. A característica fundamental destes modelos de laser é que têm como fonte de energia a presença de descargas elétricas no meio ativo (Bagnato, 2008).

Sendo o laser uma luz, cabe definir alguns fundamentos sobre a luz, a qual é uma radiação eletromagnética com propriedades duais de onda e partícula, isto é, uma energia em deslocamento que se propaga por meio de uma trajetória ondulatória cuja energia motora é emitida através de pacotes de fóton. Salientando que a radiação eletromagnética possui: frequência (número de cristas de onda que passam por um ponto estacionário, que é medido em Hertz “Hz”); amplitude (altura da crista de onda e a concavidade da próxima onda, também indica a força da onda); comprimento da onda (distância entre duas cristas de ondas sucessivas obtidas por meio de nanômetros “nm”), a exemplo a Figura 6.

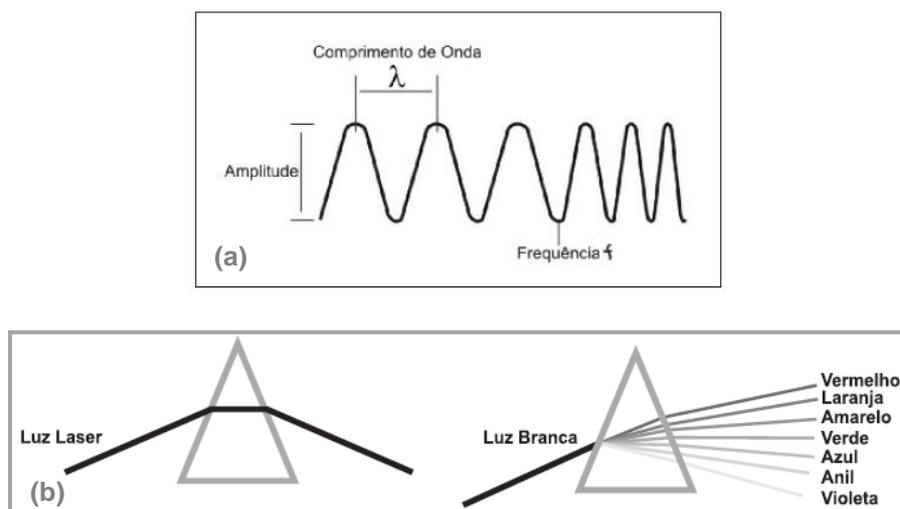


Figura 6 – Espectro eletromagnético em (a) e esquema comparativo do espectro eletromagnético da luz de laser com a luz branca em (b). Fonte: Manual Laserterapia. Werneck (2007).

Outra característica da luz de laser é a sua coerência, isto é, possui uma mesma frequência de onda com comprimentos idênticos, fase com cristas de ondas coincidentes e mesma polarização uma vez que todas percorrem a mesma direção, o que pode ser observado no esquema representativo da Figura 7.

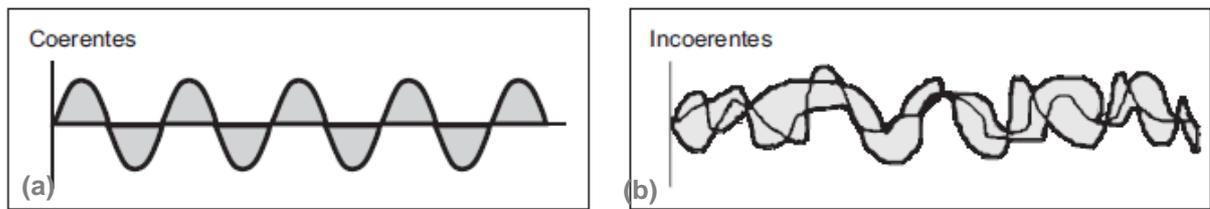


Figura 7 – Esquema comparativo de luz coerente (a) e incoerente (b).

Fonte: Manual Laserterapia. Werneck (2007).

A luz laser apresenta unidirecionalidade, isto é, percorre uma única direção, sendo paralela ao tubo que a produz com uma divergência angular pequena. A Figura 8 ilustra comparativamente luz laser com a luz comum.

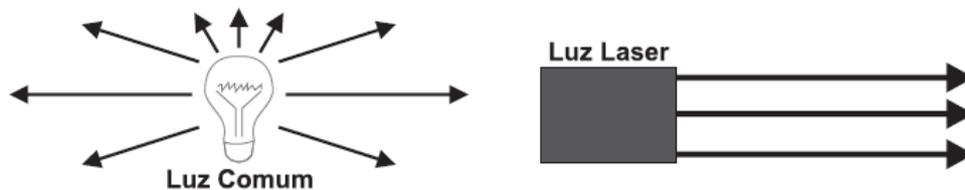


Figura 8 – Comparativo de direcionalidade da luz de laser com relação à luz comum. Fonte:

Manual Laserterapia. Werneck (2007).

Em resumo, para que ocorra a emissão de luz estimulada em qualquer tipo de laser faz-se necessário a presença de quatro elementos básicos, que são:

- meio líquido, sólido ou gasoso, que possa ser excitado;
- uma fonte de energia externa para excitar o meio;
- espelhos no interior da cavidade do laser;
- dispositivo para a concentração de energia (as lentes para realizar o foco no material a ser processado).

O processo de funcionamento ocorre quando uma fonte externa de energia excita o meio e faz com que os elétrons saltem de uma órbita para outra e cada vez que retornam ao nível anterior estes emitem um fóton de luz que oscilam de um espelho 100% reflexivo para outro 99% refletivo e 1% translúcido, fazendo com que haja a liberação do feixe de luz de laser, que em seguida é colimado “concentrado” pelas lentes sobre o material. Ressaltando que este feixe varia em função da potência, cuja intensidade de energia é o que

provoca o aquecimento promovendo as reações (fusão, sublimação, oxidação) que ao mesmo tempo são vaporizadas, conforme demonstra a Figura 9.

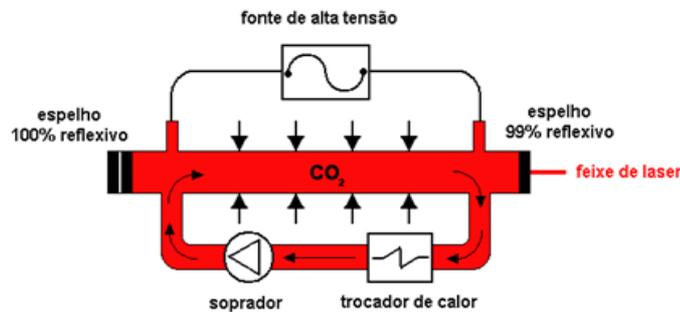


Figura 9 – Síntese do princípio de funcionamento do laser. Esquema do processo de funcionamento do laser. Fonte: Photonics.

Segundo Muzart (1984), o funcionamento de um laser decorre a partir de dois fatores: a inversão da população de fótons e a cavidade ressonante que pode ser observada na Figura 10. A característica da cavidade ressonante depende da frequência da luz a ser emitida pelo laser. A obtenção da inversão da população de fótons depende do tipo de laser. Lembrando que há diversos tipos de lasers: os pulsados ou contínuos, sólidos, líquidos e gasosos e cada qual apresenta suas próprias características. Contudo, para a geração de luz de laser os equipamentos obrigatoriamente devem ter: meio ativo (átomos para a realização da geração de luz podendo ser sólidos, semi-sólidos, líquidos, gasosos, semicondutores entre outros), mecanismo de bombeamento (sistema que fornece energia aos átomos do meio ativo para ficarem excitados), cavidade ressonante (responsável por abrigar o meio ativo e direcioná-lo).

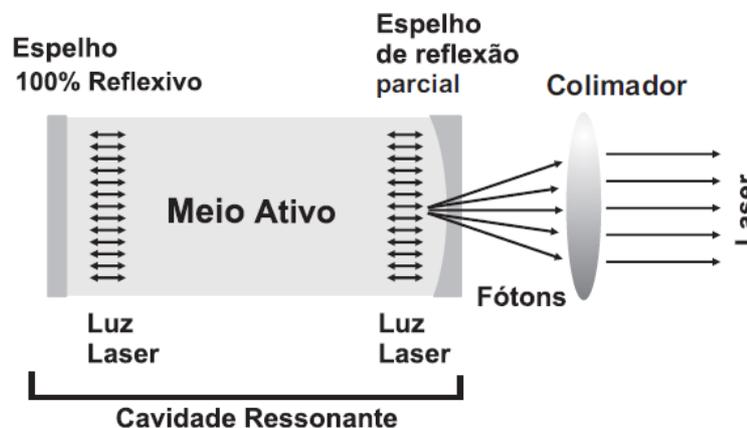


Figura 10 – Exemplo de uma cavidade ressonante.

Fonte: Manual Laserterapia. Werneck (2007).

2.1.3 Aplicações do laser

Segundo a literatura o processo de corte a laser se divide:

- Corte por Fusão;
- Corte por Oxidação;
- Corte por Sublimação.

Deve-se mencionar que o tipo de fonte de laser está relacionado às características do material, ao tipo de corte, aplicação, tempo de exposição ao raio e características do equipamento (potência “grandeza indicativa de quantidade de energia depositada por unidade de tempo”, velocidade, ciclo de aplicação). Outra característica é com relação ao tipo de gás utilizado no processo, ao tamanho do foco, a distância do ponto focal com relação ao material e a espessura deste, assim como a zona afetada pelo calor com relação à largura do corte.

Para a realização de cortes a laser é necessário que o laser seja focalizado contra o material por meio de lentes. Ao passo que o tamanho “diâmetro” do feixe no foco é o que determina o quanto de intensidade de luz é depositado naquele ponto sob o objeto. O tamanho deste é ajustado através do foco da lente. Tendo em vista seu comprimento de onda (Revista Ciência Hoje, 2005)

De acordo com Islan (2000), atualmente estão sendo realizadas pesquisas para o emprego do laser em diferentes áreas como no corte de metais, plásticos, tecidos, assim como em cirurgias da pele, olhos, órgãos internos e outros tecidos delicados ou na gravação a laser de semicondutores, artesanato, litografia, entre outros.

Ressalta-se que para o corte do couro a laser não se tem muito material com informações disponíveis e sim algumas menções a este como no caderno da IPARDES (2005) que cita como exemplo a tecnologia de automação utilizada na indústria de calçados e artefatos italiana – é o *Computer Aided Design (CAD)*/Desenho Assistido por computador em conjunto com o corte a laser, cujos projetistas fazem uso para a criação de modelos com medidas e escalas diferenciadas em menor tempo, este foi apresentado no Workshop de Identificação de Gargalos Tecnológicos na Agroindústria Paranaense. Piccinini (2005) cita o emprego do laser no couro para a feitura de moldes e das peças que compõem o cabedal. Leite (2007) comentou sobre uma tendência que é quase irreversível que é o uso do laser na indústria de calçados uma vez que viabiliza a produção, minimiza

as perdas e garante a qualidade dos diferentes produtos produzidos. Um exemplo da utilização do laser no sistema produtivo de calçados pode ser observado no trabalho de mestrado de Quinta (2011) da Escola de Engenharia da Universidade do Minho de Portugal que analisa Uma Proposta de Optimização no Sistema Produtivo do Calçado, averiguando um estudo de tempos e métodos para a feitura de dois modelos de calçados em couro. Corrêa *et alli* (2001) sustenta as vantagens dos processos a laser e a jato d'água que proporcionam ganhos de produção, um aproveitamento melhor do couro em virtude de se poder trabalhar em conjunto com o computador, uma vez que este envia os comandos de corte para as máquinas, realizarem os desenhos no couro e, ainda enfatiza que o processo é muito rápido e com uma margem de erro muito baixa. Dressler (2008), destaca o emprego do laser na gravação de diferentes materiais incluindo o couro e, ressalta as vantagens em relação aos processos convencionais (estampagem, gravação em relevo ou mecânica etc), pois os materiais absorvem a luz de laser com determinados comprimentos de onda que geram a alteração da aparência na região superficial assinala ainda as vantagens de: flexibilidade do processo, facilidade de operação e a possibilidade de proporcionar a gravação de qualquer geometria de desenho.

O laser vem sendo empregado na área médica para investigações ou como instrumento cirúrgico de auxílio em operações ou cirurgias que necessitem de corte e/ou desbaste. Lembrando que a laserterapia de baixa potência tem sido pesquisada e utilizada em prática clínica há pelo menos 20 anos (Fukuda, 2008). A exemplo estão as cirurgias oftalmológicas para correção de miopia. Na área de oncologia é uma ferramenta utilizada para o diagnóstico de diferentes tipos de doenças e até usado em forma de Laser-terapia, que constitui em um conjunto de operações da óptica moderna para o emprego em aplicações clínicas como em anestésias, na bioestimulação óssea ou em lesões, em cirurgias diversas, na área dentística para o tratamento da hipersensibilidade, disfunções entre outros usos, na endodontia, estomatologia, implantodontia, neuropatia, oftalmologia entre outras áreas.

Ondogan *et alli* (2005) mencionaram que na área têxtil o laser está sendo empregado para melhorar a aparência de quase todos os produtos têxteis desde roupas a utilidades para o lar. Em pesquisa recente o autor investiga a tecnologia laser na aplicação de marcações "gravações" em calças de brim "*blue jeans*" e também no desenvolvimento das técnicas para melhoramento dos aspectos visuais de tecidos denim (tipo de tecido de algodão que serve de matéria-prima para a fabricação de artigos de brim

“*Jeans*”), seja por meio de aplicações de desenhos, bordado, assim como no desgaste por meio da técnica a laser, isto é, busca a transferência de certos desenhos sobre a superfície do material têxtil, alterando as moléculas de corante no tecido e criando alterações nos seus valores de qualidade de cor, direcionando o laser para o material com intensidade reduzida. No dispositivo controlado por computador os feixes de laser são usados para alterar o material corante da cor da superfície têxtil que decorre do comprimento de onda e intensidade sobre os substratos têxteis. O exemplo da Figura 11 mostra o jeans que sofreu alteração na cor devido ao emprego do laser. O estudo em questão teve uma máquina a laser concebida especialmente para o trabalho de transferência de imagens diversas, com formatos e tamanhos variados para a aplicação em todos os tipos de superfícies, tais como algodão, malha-tecidos, couro, etc.



Figura 11 – Exemplo de calças jeans desenhadas e gravadas pelo método de focalização do laser. Fonte: Ondogan *et alli* (2005).

Segundo Faro (2006), nas áreas de processamento de materiais, os equipamentos a laser de CO₂ são os mais utilizados. Ainda Bagnato (2008), reitera que o laser constitui uma área por si só que é denominada por “Óptica Quântica”, que procura investigar teorias e modelos que expliquem as inúmeras propriedades dessa radiação. A espectroscopia estuda a matéria através da luz e pelo emprego do laser foi possível o entendimento de detalhes peculiares da natureza atômica e molecular. Tem-se também uso de laser em pinças ópticas para cirurgias, as novas técnicas de microscopia, fotografias 3D, fibras ópticas que permitem a realização de telecomunicações, isto é, a transferência de informação via luz acoplada numa fibra óptica. O princípio é a luz que carrega a informação ao invés da corrente elétrica e esta ocorre através da reflexão interna total da luz na fibra por meio de um zig-zag até alcançar o outro lado.

Meijer (2004) ressalta a importância do laser na área de soldagem e no tratamento de superfícies diversas a fim de gerar corrosão e desgaste de camadas resistentes, como também na reparação de componentes de motores e de máquinas, na micro-usinagem, em que os pulsos mais curtos reduzem a área afetada pelo calor.

Dubey (2008) enfatiza que o laser se adapta muito bem a aplicações na área automobilística, setores da indústria aeronáutica, indústria eletrônica, estruturas civis, setor nuclear e eletrodomésticos, entre outras, conforme a necessidade quer seja para o corte, soldagem e gravação, tanto para materiais metálicos como para não metálicos.

Há um tipo de laser para cada aplicação. Devido às suas características de baixa divergência e muita energia concentrada, aliadas ao fato de que os materiais absorvem relativamente bem esta energia, o laser mostra-se como um excelente instrumento de corte, servindo para fazer peças de precisão, dispositivos à base de metais especiais, ou mesmo como elemento de marcação. É comum nas indústrias a existência de centros de usinagem a laser (Bagnato, 2008). A exemplo estão as máquinas especiais a laser para o corte de tubos metálicos presentes em algumas metalúrgicas (Gaspar, 2009). Ressaltam-se os instrumentos empregados na área de metrologia em indústrias, tendo em vista que o raio de luz anda em linha reta, onde esta característica permite um excelente alinhamento e uma fácil tomada de medições, como os paquímetros a laser que possibilitam um maior controle de qualidade de peças e produtos (Bagnato, 2008).

De acordo com o Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas (SBRT, 2011), o corte à laser é uma técnica que substitui outros processos e devido à qualidade do corte, facilidade e rapidez, o laser pode ser realizado em couro e outros materiais. A gravação e personalização de produtos a laser é um processo de precisão com qualidade e confiabilidade, não gerando poluentes, não utiliza produtos químicos e valoriza o produto com uma gravação permanente.

Segundo Prochnik *et alli* (2005) que coordenaram um estudo da atividade empresarial do setor calçadista de fabricação de calçados femininos, realizado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro para o Sebrae, o corte a laser é aplicado nos modelos já preparados em que o couro é cortado para gerar as diferentes partes do calçado, onde em algumas empresas outrora se empregavam as facas e os balancins (máquinas para cortar materiais diversos como couros, termoplásticos, sintéticos, espumas, cortiça, plástico, borracha, EVA, papel, fibras têxteis e outros). Com regulagem fina o laser possibilita maior precisão, o que garante grande economia. O mesmo reitera Lins (2005)

que realizou um terceiro volume do relatório final do projeto Perfil da Indústria de Calçados, realizado pelo Instituto de Economia da UFRJ para o Sebrae Nacional.

Stürmer (2010), em sua pesquisa de mestrado desenvolveu uma metodologia de Design & Tecnologia que incluiu a aplicação do corte a laser no desenvolvimento de jóias inspiradas na cultura gaúcha utilizando couro, chifre e outros materiais naturais, a exemplo da Figura 12 (a). Assim como Silveira (2011), que desenvolveu superfícies tácteis a partir de padrões modulares encaixáveis conforme Figura 12 (b) cortados a laser que foram aplicadas em diferentes materiais naturais (minerais e madeiras) e dentre estes alguns experimentos também com acrílico, tendo em vista a divulgação e geração de artefatos locais com características estéticas específicas e com cunho social e econômico.

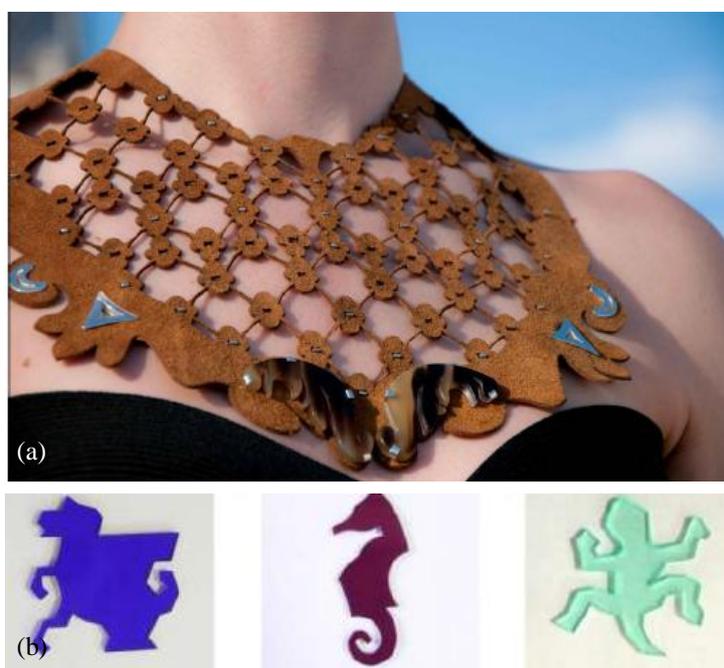


Figura 12 – Exemplo de colar em couro desenvolvido por Stürmer (2010) para a dissertação de mestrado produzido por corte a laser em (a) e alguns modelos de módulos em acrílico cortados a laser desenvolvidos na pesquisa de mestrado de Silveira (2011) em (b).

Minutti (2012), comenta que estão sendo realizadas pesquisas para o desenvolvimento de foguetes a laser entre Brasil e Estados Unidos o que, constitui uma alternativa com custo mais acessível se comparado com foguetes que empregam combustíveis.

Reitera-se o desenvolvimento de diversas pesquisas nas áreas de soldagem, marcação e corte a laser e, destacam-se nesta área o Laboratório de Mecânica de Precisão

Procesp da Universidade Federal de Santa Catarina, o Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo e o Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS na área de digitalização a laser, assim como em estudos de corte e gravação a laser em diferentes materiais.

A adequação entre o tipo de laser, sua potência e comprimento de onda e sua aplicação é uma das etapas mais importantes no desenvolvimento de uma determinada utilização, a exemplo estão as pesquisas desenvolvidas na indústria bélica, em que o laser é utilizado como elemento para mira e guiamento de mísseis.

Para ações de corte é necessário que o laser seja focalizado e, para isto, utiliza-se um conjunto de lentes. O tamanho do feixe no foco irá determinar quanto de intensidade de luz é depositada naquele ponto e este tamanho pode ser ajustado através do movimento das lentes. Uma parte muito importante é a manipulação do feixe de luz, em virtude da quantidade de energia existente no feixe. Como instrumento de furo e corte, a vantagem reside no fato que ele vaporiza o material no local do furo ou da linha de corte, removendo automaticamente o subproduto sem deixar vestígios (Bagnato, 2008).

Ao trabalhar com pulsos curtos, o calor não tem tempo de difundir pelas laterais, concentrando-se na vaporização. Neste caso, a precisão do corte é maior e a região termicamente afetada é menor. Como elemento de soldagem e marcação, o princípio é basicamente o mesmo que para corte e furo, com a diferença que neste caso o laser a ser empregado deve depositar no material energia que seja suficiente para remover uma pequena porção deste (Figura 13), deixando uma marca permanente. Exemplo disso são as marcações, (consiste em escrever ou desenhar e, para tal, o feixe deve rapidamente ser varrido pela superfície). A correta programação dos movimentos produz a escrita ou o desenho desejado na superfície exposta ao feixe.

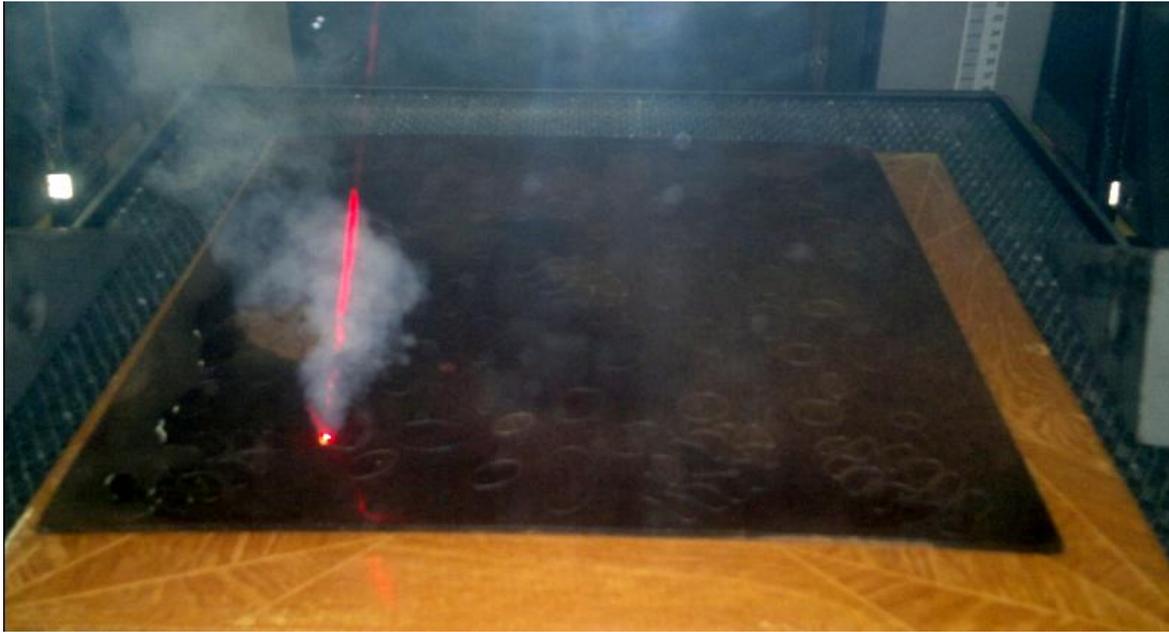


Figura 13 - Artefato sendo gravado a laser.

Na operação de soldagem, conforme pode ser observado na Figura 14, o feixe de laser deve fundir os materiais a serem soldados, mas não vaporizá-los.



Figura 14 - Soldagem a laser. Fonte: WebSite INFOSOLDA.

É comum a aplicação do laser no comércio, como a leitura de código de barras utilizando sistemas ópticos que empregam um feixe de laser para identificar produtos em estabelecimentos comerciais. O laser tem grande aplicabilidade no setor de criminalística. Um feixe de laser serve muito para identificar as impressões digitais deixadas em um objeto ou até para revelar a identidade da obra e está sendo empregado inclusive para a

recuperação de monumentos históricos, como também para a tomada de dados da região superficial para a formação de banco de dados relativos a obras e monumentos. A exemplo o monumento do Laçador, um dos maiores símbolos do Estado do RS, que foi digitalizado pela equipe do Laboratório de design e Seleção de Materiais da UFRGS (Publicação Jornal Zero de 11/08/2011 endereço www.zerohora.clickrbs.com.br).

Ainda com relação aos desenvolvimentos científicos relacionados ao laser, Azevedo (2009) assinalava que as pesquisas científicas relacionadas ao Nanolaser prometem uma revolução tecnológica através do raio de luz em escala nanométrica.

2.1.4 Modelos Matemáticos

Para empregar modelos matemáticos a bibliografia recomenda que a velocidade de corte deva ser calculada pelo coeficiente de potência média. Neste sentido, uma vez aplicada a potência média mais alta, esta influi diretamente no emprego da velocidade que pressupõe também, a aplicação de uma maior velocidade. Observou-se que, neste caso a remoção de material deve ser executada com feixes de laser pulsados a fim de se obter cortes com melhores acabamentos, quando as geometrias são de tamanho muito diminutas. Em outras palavras, pode-se afirmar que a potência do feixe do laser determina a capacidade de interação deste com o material a ser cortado, assim como o início do processo, onde segue abaixo a equação nº 1 do cálculo para potência e velocidade do laser.

Potência e intensidade do laser

$$(1) \text{ Intensidade} = \frac{\text{Potência}}{\text{Área Irradiada}}$$

Outro fator importantíssimo é a distância focal da lente com relação ao material a ser submetido ao corte conforme equação nº 2, uma vez que esta determina o tamanho do ponto focal e, conseqüentemente influi na intensidade do feixe. Sendo o ponto focal a área de concentração máxima do feixe de luz do laser e se calcula conforme a fórmula a seguir.

Distância Focal da Lente

$$(2) d = \frac{4\lambda}{\pi} \cdot \frac{f}{D.K}$$

onde:

d = diâmetro do ponto focal

f = distância focal da lente

λ = comprimento de onda da luz

D = diâmetro do feixe de laser não focalizado na lente

K = fator de qualidade do feixe

π = constante

Segundo Islan (2000), materiais com pequenas espessuras quando cortados tendem na região de corte a fundir ou evaporar. A potência do laser é influenciada pelo material a ser cortado ou gravado e é definida como a taxa a qual a energia é fornecida pelo feixe e medida em unidades de Joules/segundo ou Watts.

Cabe citar alguns trabalhos encontrados ao longo do desenvolvimento desta pesquisa que usam modelos matemáticos como o desenvolvido por Xie (2008) que desenvolveu um método para o cálculo da distribuição da intensidade absorvida na evaporação frontal do corte a laser em materiais não metálicos. Em linhas gerais é relatado o estudo de caso em que através do registro de imagens do formato do corte (Figura 15) são proposto modelos matemáticos que incluem o gasto energético em função da forma, do foco, da potência com relação à aplicação em materiais não metálicos, diga-se de passagem, com alta absorção de energia, cujas paredes aumentam o poder da intensidade do centro para o fundo, devido às múltiplas reflexões do feixe, em que a intensidade de potência se distribui sobre a parte dianteira que ocorre também em função da velocidade de corte, em que o eixo de laser se move para a frente.

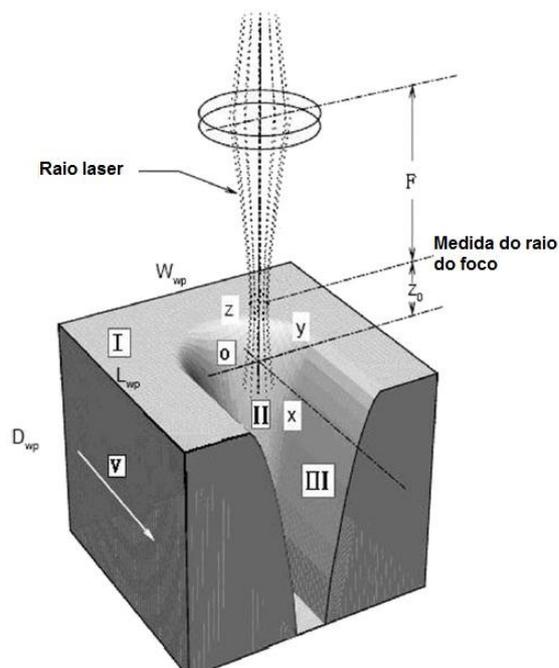


Figura 15 - Ilustração de um corte com laser de CO₂ em um material não metálico.

Fonte: Xie (2008).

Zhou (2004) desenvolveu uma análise teórica e experimental da capacidade dos equipamentos de laser de CO₂ de baixa potência no corte de materiais não metálicos como plástico, madeira, aglomerado e borracha. No estudo em questão são analisados os níveis de potência com relação à aplicação de diferentes velocidades. Tais ensaios constituíram alguns modelos teóricos compostos por constantes para os diversos tipos de materiais a serem empregadas nas equações. Zhou enfatiza que o laser de CO₂ de baixa potência de 60 W pode ser utilizado para cortar diferentes materiais não metálicos cujos resultados de corte mostram que o aumento em profundidade não muda com aumento de entrada de energia e quanto maior a profundidade mais energia será utilizada.

2.2 Couro

2.2.1 A indústria do couro e o setor coureiro-calçadista

Segundo o IBGE, o Brasil possui um dos maiores rebanhos de bovinos do mundo e se destaca na comercialização de couro do tipo salgado, *wet blue*, raspa de *wet blue*, crust e acabado. A indústria de produção de couro nacional possui em torno de 800 curtumes no Brasil e destes, a maioria concentra-se entre as regiões sul e sudeste do país,

tendo em vista a presença de incentivos fiscais, localização de rebanhos e frigoríficos (IBGE, ABQTIC, SECEX/CICB, 2011). As Figuras 16 e 17 mostram a importância do couro para as exportações brasileiras.

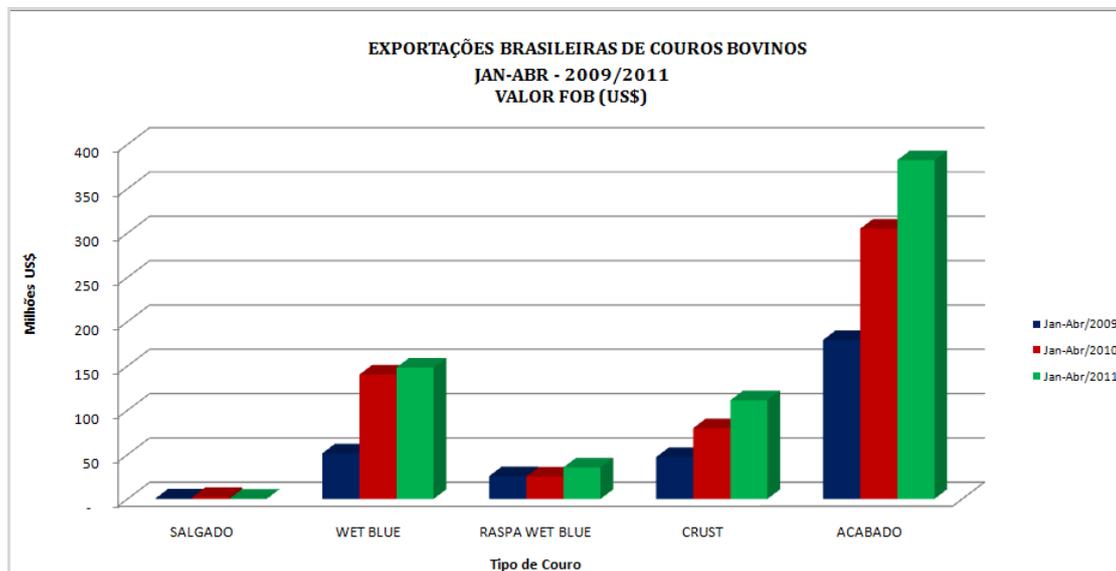


Figura 16 – Exportações brasileiras de couros. Fonte: SECEX/MDCI/CICB, 2011.

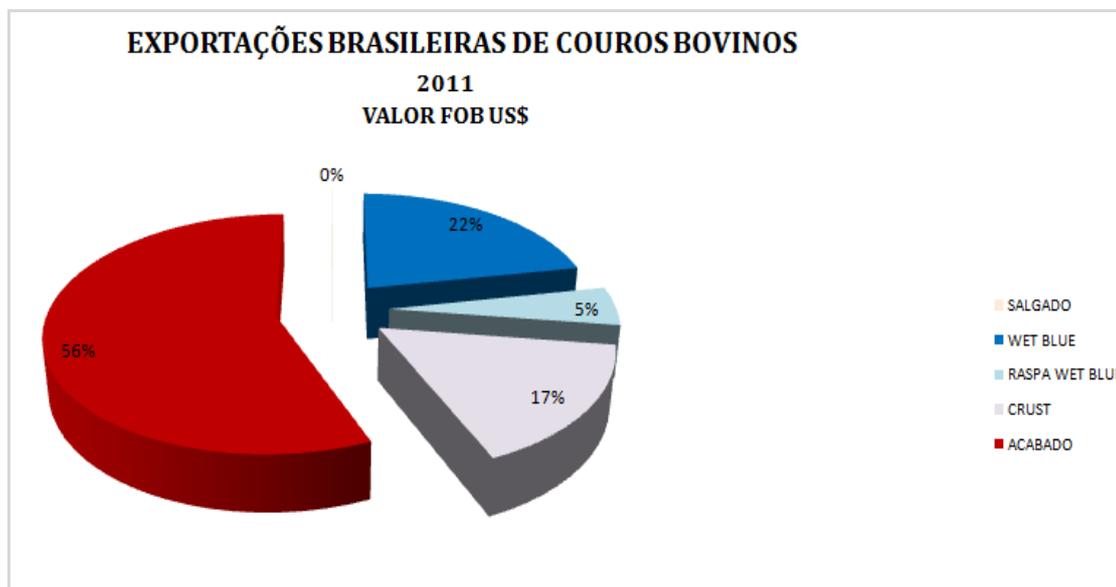


Figura 17 – Percentagem das exportações de couros. Fonte: SECEX/CICB, 2011.

Segundo Campos (2011), a cadeia produtiva coureiro-calçadista, compõe-se de cinco segmentos principais: fabricação de calçados (de couro, sintéticos e têxteis); fabricantes especializados no curtimento e acabamento do couro; fabricação de artefatos de couro e artigos de viagem; produção de máquinas e de componentes para couros e calçados. Possui um PIB setorial de R\$ 50 bilhões e um mercado interno que movimenta R\$ 35 bilhões em vendas de calçados, couros, artefatos (bolsas, mochilas, malas, etc.) e

componentes (Abicalçados, 2009). A cadeia produtiva coureiro-calçadista sempre teve relevância para a economia brasileira, com importante geração de emprego e renda nos diferentes pólos produtivos espalhados pelo País. O Brasil é um dos maiores produtores (terceira posição) e exportadores (quarta posição) mundiais de couro. Segundo Griebler (2009), o País possui o maior rebanho comercial do mundo, com um número próximo de 200 milhões de cabeças de gado de corte, uma produção de 42,8 milhões de couros e um faturamento de R\$ 4 bilhões ao ano.

A região sudeste do Brasil apresenta o maior número de empresas calçadistas, de 48,4%, o equivalente a 3.000 empresas, segundo a Abicalçados (2012). De acordo com o Sindicato da Indústria de Calçados foi criado um Centro Informatizado de Controle e Estocagem de Resíduos Sólidos, no vale do Paranhana, região metropolitana de Porto Alegre, o qual evita o despejo mensal de 230 toneladas de resíduos nos aterros. Estes saem das empresas já separados, embalados e identificados por código de barras, que os classificam por tipo, periculosidade, peso, data e origem.

2.2.2 A pele como matéria-prima

Por ser o couro um material natural, sua pele tem características próprias que pode apresentar diferenças até mesmo de uma região para outra na mesma peça, a exemplo a Figura 18, que representa as partes que podem ser utilizadas. A principal fonte de matéria-prima para a indústria de couro é a pele do gado, seguido das peles de ovinos, caprinos, suínos, de avestruz, cobra, crocodilo e de outras espécies criadas para tal. A Figura 19 (a) apresenta as principais partes utilizadas na confecção de artefatos de couro partindo do maior ao menor interesse de utilização pela indústria. As áreas 1 e 2 representam as de maior interesse e são chamadas de grupão ou lombo, devido a sua elasticidade. Áreas na região abdominal, pernas e pescoço números 3,4 e 5 são de menor interesse para a indústria uma vez que podem apresentar estrias, que são formadas em virtude do engorde do animal de maneira abrupta e gera uma elasticidade menor. Sendo assim, as peças são extraídas do couro do animal e empregadas de acordo com o sentido de elasticidade das fibras, conforme Figura 19 (b), uma vez que estas garantem uma resistência maior ao acessório a ser desenvolvido.

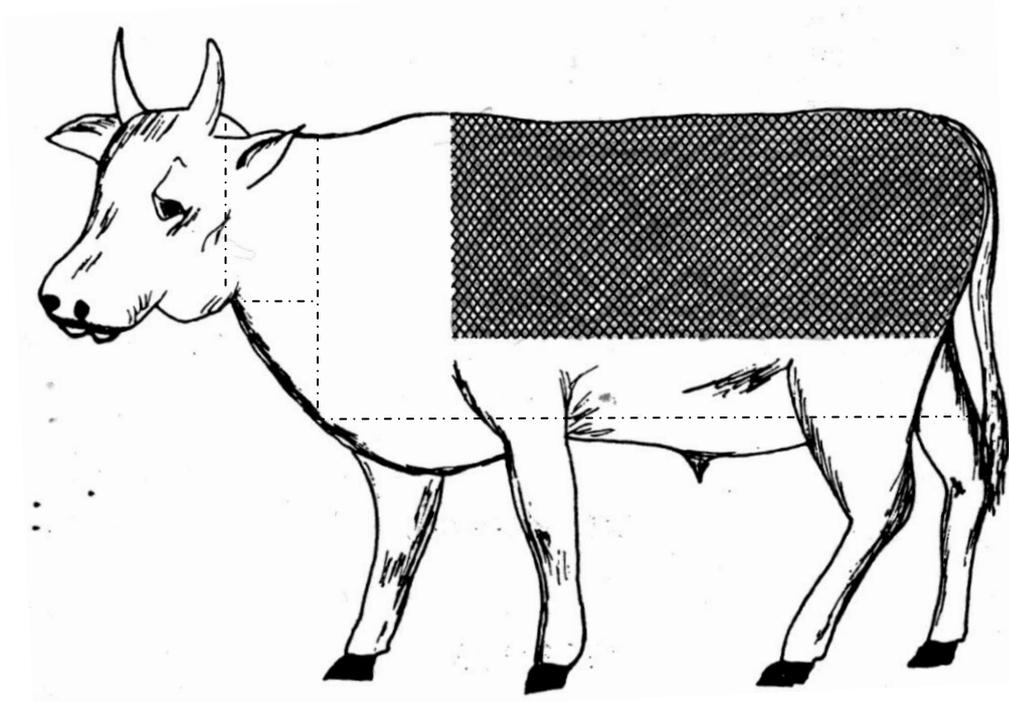


Figura 18 - Esquema representativo para as regiões de corte da pele bovina. Fonte: SENAI 2003.

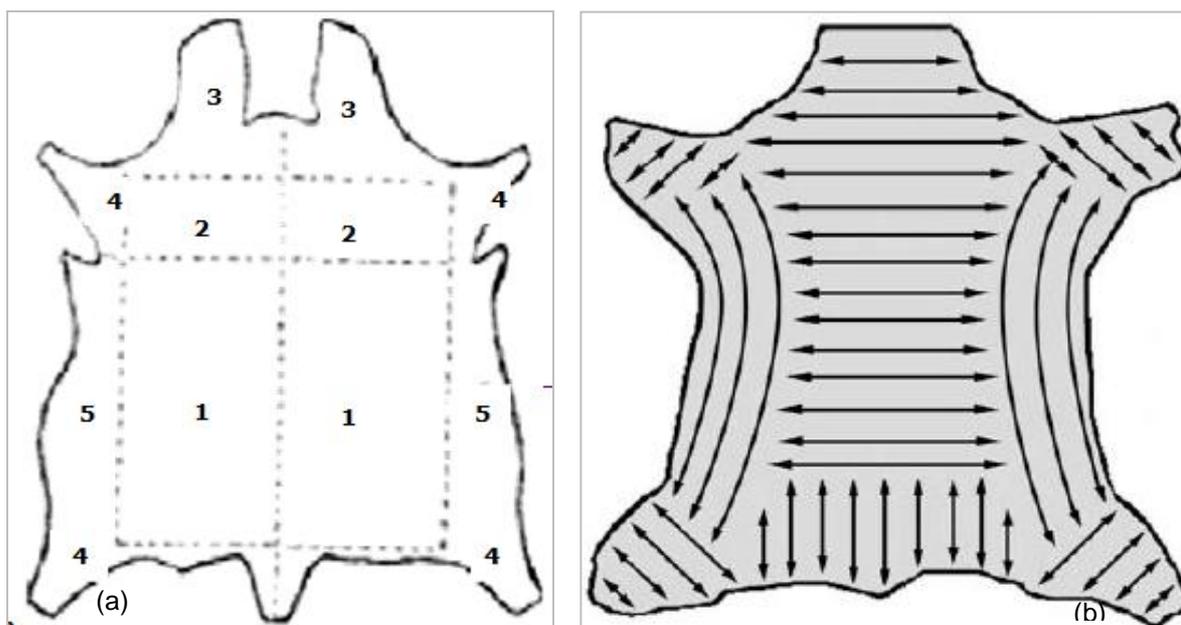


Figura 19 - (a) Esquema de peças de couro.

1. Grupão ou Lombo; 2. Espádua; 3. Pescoço ou cabeça; 4. Garras/Garrote; 5. Barriga. (b) Sentido de elasticidade das fibras na peça de couro. Fonte: SENAI 2003.

A pele animal apresenta algumas características que variam conforme a idade do animal, raça e diferenciações até mesmo na própria pele de uma região para outra. A indústria milenar do couro é o curtume. Em diferentes níveis, processa a pele após a retirada do animal (Figura 20, que apresenta uma pele verde oriunda do abatedouro)

transformando-a em produtos semi-acabados ou acabados. Dependendo do estágio tecnológico do curtume, o acabamento pode ser complementado por outras fases conforme exigências dos clientes e destinação de uso quanto à textura, tingimento, maciez, entre outras propriedades passíveis de serem agregadas (Vendrameto e Bimbatti, 2001). Assim, é essencial que o profissional do setor de criação coureiro-calçadista conheça e possa identificar as principais zonas da pele bovina, a fim de garantir o melhor aproveitamento deste substrato na confecção de produtos diversos.



Figura 20 - Pele verde oriunda do Abatedouro.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas, o couro é um material natural oriundo exclusivamente da pele animal, curtida por qualquer processo e constituído essencialmente de derme. A pele do animal, na forma em que se encontra ao ser retirado quando este é abatido, não serve para a utilização humana, pois é suscetível ao ataque e a decomposição por bactérias, além de não possuir as características de resistência e flexibilidade desejada (Stürmer, 2010).

A histologia da pele bovina, isto é, as partes e camadas da pele são apresentadas na Figura 21. A espessura do couro bovino varia conforme gênero, idade, raça, tipo de alimentação do animal, se criado em confinamento ou em campo e de acordo com o clima. Quantidades de gordura, concentração de células graxas, glândulas sudoríparas, e presença de veias variam de uma região para outra da pele.

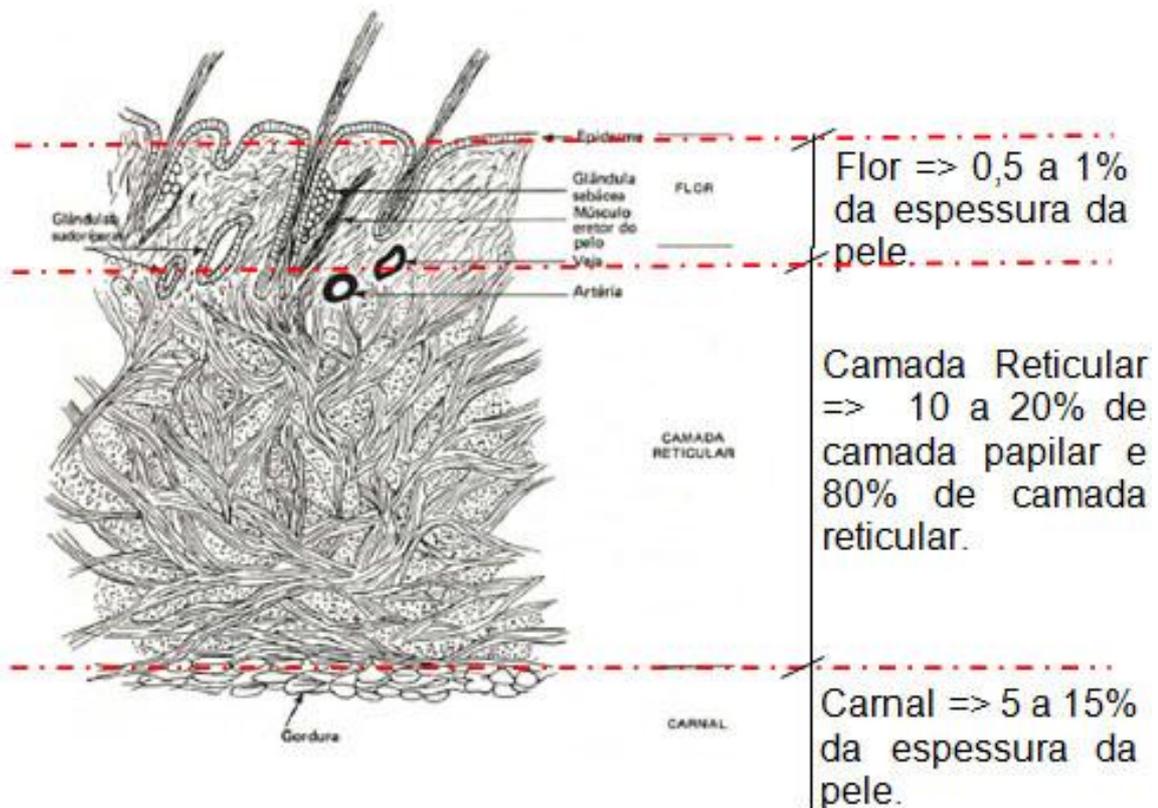


Figura 21 – Histologia da pele. Fonte: Adaptado de Gutterres (2008).

A parte aproveitável para a transformação da pele em couro é a camada derme após depilação (Figuras 22 e 23 demonstram uma pele não depilada e uma depilada). Esta é descrita pela literatura como sendo formada pelas subcamadas flor e reticular. A camada flor, também chamada de papilar ou termostática, se constitui por um entrelaçado de fibras finas que formam um tipo de pacote muito compacto que, além do tecido fibroso de colágeno, contém também capilares sanguíneos, glândulas sudoríparas e sebáceas, folículos pilosos, músculo erector do pelo e nervos sensoriais (Gutterres, 2008).



Figura 22 – Pele Bovina não depilada.



Figura 23 – Pele bovina depilada.

Salienta-se que na derme tem-se também a camada reticular, formada por fibras grossas (fibras de colagênio, elastina, reticulina e fibroblastos) e fortemente entrecruzadas formando um ângulo de aproximado 45° com a superfície da pele. Reforça-se que os outros componentes da derme são: vasos sanguíneos, nervos, células graxas e tecido muscular.

Quanto à hipoderme ou tecido subcutâneo, esta constitui 15% da espessura total da pele em estado bruto e é eliminada mecanicamente no processo de ribeira através das operações de descarte. A hipoderme ou tecido subcutâneo é a parte da pele composta por fibras extensas dispostas paralelamente à superfície da pele, onde no interior destas localizam-se células graxas, vasos sanguíneos grossos e nervos, que asseguram a união com o corpo do animal. No que se refere à composição química a pele, ela é composta por 5 componentes básicos, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química da pele

Substâncias	Porcentagem (%)
Água	64 %
Proteínas	33 %
Gorduras	2 %
Substâncias minerais	0,5 %
Outras substâncias	0,5 %

Fonte: Gutterres (2008).

2.2.3 Etapas do processamento do couro

O processamento do couro consiste em transformar a pele verde ou salgada em couro até o estágio de acabamento. Em geral, o processamento do couro é dividido em quatro conjuntos de operações de trabalho: ribeira, curtimento, acabamento molhado e acabamento.

O quadro 1 apresenta, uma breve descrição, os tratamentos e operações realizadas em curtume agrupados nas distintas fases do processo, sendo que nem todas as etapas são rigorosamente cumpridas em um processo em curtume, isto depende do tipo de artigo final em questão. As operações químicas e de lavagens são realizadas em meio aquoso em fulões (tambores rotativos) e as operações mecânicas são realizadas em máquinas com

sistemas e dispositivos de rolos de transporte e outros que fazem o trabalho desejado com navalhas e dispositivos desenhados de acordo com as suas funções.

Quadro 1: Tratamentos e operações unitárias do processo de produção de couro.

Operações
<p>Operações de Ribeira</p> <p>a) Recebimento da pele conservada: a conservação por salga é o sistema mais utilizado;</p> <p>b) Separação e seleção das peles: Classificação geral;</p> <p>c) Pesagem;</p> <p>d) Pré-remolho e pré-descarne: o pré-remolho é uma preparação ao pré- descarne cuja finalidade é a retirada do sal, e reposição de parte da água das peles. Enquanto que o pré-descarne é uma operação mecânica, cuja finalidade é a de descarnar, isto é, cortar a parte inferior da pele (carnal), retirando resíduos de gordura, restos de carne ou fibras, não aproveitáveis deixados pelo frigorífico na esfolo do animal. Tal operação produz uma economia de produtos químicos quando do aproveitamento da gordura destes resíduos (aparas não caleadas);</p> <p>e) Remolho: o remolho tem por finalidade repor o teor de água apresentado pelas peles quando estas recobriam o animal e também visa limpeza e a eliminação de sujidades aderidas aos pêlos, bem como a extração de proteínas e materiais interfibrilares. A duração pode ser de até 48 horas, dependendo do tipo de conservação. Neste processo, utilizam-se agentes auxiliares como sais, álcalis, ácidos, tenso-ativos e enzimas;</p> <p>f) Depilação e Caleiro: ambas as operações são realizadas no mesmo processo de banho e tem como função remover os pelos e o sistema epidérmico, preparando as peles para as operações posteriores. Esta operação utiliza cal e sulfeto de sódio (este considerado altamente poluidor e responsável por até 85% da carga poluidora dos efluentes). A duração do processo é de 18 a 20h realizado em fulões;</p> <p>g) Descarne e Divisão: a operação de descarne tem por finalidade eliminar os resíduos ainda restantes no couro após o pré-descarne. Os resíduos provenientes da operação de descarne são chamados de carnaça. A divisão é a operação feita em máquina divisora que divide ou racha a pele em duas camadas: a camada superficial, denominada flor e que abrange nesta divisão parte da camada reticular, e a camada inferior, denominada crosta ou raspa com o que restou da camada reticular. Esta etapa pode ser realizada tanto na pele em estado caleirado quanto piquelado ou, mesmo, após o curtimento;</p>

- h) Desencalagem: Tem como função a remoção de substâncias alcalinas, tanto as que podem se encontrar depositadas como as quimicamente combinadas. O tempo de desencalagem varia de 30 minutos a 2 horas, dependendo do artigo a ser fabricado. Como produtos desencalantes são usados: sais amoniacais, bissulfito de sódio ou ácidos fracos;
- i) Purga: A purga é um processo de limpeza da estrutura fibrosa por ação enzimática (enzimas proteolíticas) que destroem materiais queratinosos degradados, gorduras, bulbos pilosos e outros. O período de duração do processo ocorre entre 45 a 90 minutos e é comum realizar tal processo no mesmo banho da desencalagem.

Operações de Curtimento e pós- Curtimento

- j) Píquel e Curtimento: são feitos em mesmo banho de processo, sendo que durante o curtimento há primeiro a difusão dos curtentes e após a fixação destes;
- k) Classificação de couros curtidos;
- l) Enxugamento e rebaixamento do couro: o processo de rebaixe ou rebaixamento consiste em passar o couro por uma máquina a fim de ajustar e uniformizar a espessura da peça e o resíduo resultante deste processo é chamado de “farelo ou serragem de couro”;
- m) Pesagem dos couros.

Acabamento Molhado

- n) Desacidulação (após lavagem): é o procedimento em que se ajusta o pH do couro a fim de abrandar sua carga catiônica;
- o) Recurtimento: é a etapa na qual se definem as características físico-mecânicas (maciez, elasticidade, enchimento) e as relacionadas à flor (tamanho do poro e toque).
- p) Tingimento: é a etapa de coloração do couro a fim de adequar sua cor e aspecto e equalizar e uniformizar a peça;
- q) Engraxe: tem a finalidade é proporcionar maciez, resistência à tração, impermeabilidade, flexibilidade, toque e elasticidade ao couro através do emprego de óleos e auxiliares de engraxe.

(estas operações de acabamento molhado podem ser feitas em sequência ou simultaneamente)

Secagem e Operações de Pré-acabamento

- r) Enxugamento e estiramento: ambas as operações visam eliminar o excesso de água, abrir e alisar o couro;
- s) Secagem: há diversos sistemas de secagem que variam conforme suas particularidades e vantagens;

- t) Recondicionamento ou umectação: consiste na reposição de água a fim de se executar o trabalho mecânico de amaciamento sem afetar as fibras (está em desuso);
- u) Grampeamento: secagem do couro estirado em grades para completar a secagem e retirar excesso de elasticidade ocasionando aumento de área;
- v) Amaciamento: é a etapa na qual a peça de couro é colocada na máquina de amaciar que executa um movimento vibratório a fim de realizar o efeito mecânico de deslizamento das fibras engraxadas para amaciamento;
- w) Impregnação: é a aplicação de determinados produtos como resinas, penetrante e água, a fim de estimular a aderência da flor com a camada reticular nos casos em que os couros apresentam flor solta ou com tendência a soltar;
- x) Aplicação de estuco: é a etapa na qual se aplicam determinados produtos a fim de realizar a correção de imperfeições no couro;
- y) Lixamento e desempoamento: é realizada tanto no lado da flor como do carnal. A etapa de lixamento serve para corrigir, atenuar imperfeições, diminuir o tamanho dos poros da flor, ou para baixar as felpas da raspa. O desempoamento consiste na retirada do pó para permitir a aplicação de acabamento ao couro.

Acabamento

- 1) Aplicação de camadas de acabamento (fundo, cobertura e fixação “top final”) cuja finalidade é a de melhorar o aspecto e de permitir a proteção do couro;
- 2) Tratamentos mecânicos (polimento, prensagem, estampagem, aplicação de efeitos diversos).

Setor de qualidade e expedição

Ensaio analítico e classificação final;
Medição, expedição e faturamento.

As operações de ribeira são realizadas em meio aquoso com a finalidade de hidratação, limpeza e depilação da pele para prepará-la para o curtimento. São feitas ainda as operações mecânicas de descarte e divisão da pele nas camadas superior e inferior, denominadas respectivamente de camada flor em (a) e camada raspa em (b) conforme Figura 24. A figura apresenta a divisão do couro já curtido, mas esta operação pode ser feita na pele caleirada.



Figura 24 – Operação de divisão do couro curtido em camada flor em (a) e camada raspa em (b).

A fim de reforçar o exposto anteriormente é apresentada sucintamente na Figura 25 a entrada da pele no curtume em (a), corte das aparas (rabo, orelha etc.) em (b) e pré-descarne mecânico etapa que retira gordura, água, sangue, etc. em (c).



Figuras 25 - Entrada da pele no curtume (a), corte das aparas (b), pré-descarne mecânico (c).

Curtimento é a etapa que realiza a transformação das peles em material imputrescível dotada de estabilidade química, térmica e mecânica, isto é, tem como resultado na pele conferir resistência a agentes biológicos e químicos e possibilitar a

estabilidade hidrotérmica. Ressalta-se que o curtimento pode ser feito ao cromo ou com a utilização de compostos químicos como taninos vegetais (extraídos de diversas estruturas vegetais desde cascas, lenho, frutas etc.) e outras substâncias curtentes.

O processo de curtimento ao cromo é o mais clássico, sendo o mais empregado há cerca de um século. A Figura 26 mostra os fulões de curtimento e na Figura 27, observa-se a imagem das peles imersas em preparados químicos diversos (a) e o couro em banho de cromo (b). O curtimento ao cromo aumenta a resistência química, a temperatura de retração, e elimina a tendência ao inchamento da pele (Gutterres, 2011)⁷.



Figura 26 - Imagem de fulões em curtume.



Figura 27 – Imagem no interior dos fulões (a), imagem das peles imersas em preparados químicos diversos (b), couro em banho de cromo.

Para o curtimento ao cromo (Figura 28) são utilizados sais de cromo que conferem ao couro estabilidade hidrotérmica e diminuem a capacidade de inchamento dentro d'água; outra característica é que o couro fica flexível e leve.

Segundo Keller (1997), quimicamente o curtimento ao cromo consiste na interligação das moléculas de colágeno através dos grupos hidroxila mediante compostos de cromo (III). Uma das características dos sais de cromo é a sua basicidade. Quando todas as três valências do Cr(III) são ligados a grupos OH a basicidade é 100%, Cr(OH)_3 . O $\text{Cr(OH)}_2\text{Cl}$ é 66% básico, o Cr(OH)Cl_2 é 33% básico. O composto fundamental empregado no curtimento é o sulfato básico de cromo Cr(OH)SO_4 . Os banhos de cromo contêm sais com composição não-estequiométrica, em especial oligômeros do sulfato básico de cromo. O sulfato pode ser substituído por ânions orgânicos (glutarato, formiato) o que pode influenciar sobre o esgotamento do banho e sobre a qualidade do couro.



Figura 28 - Curtimento ao cromo.

Couro *wet-blue* (pode ser observado na Figura 29 em (a) amostras de couro e em (b) detalhe do lado flor e carnal) é a denominação dada ao couro curtido ao cromo e que apresenta como característica a cor azul esverdeada. É um produto que apresenta uma grande versatilidade, pois pode ser tratado no acabamento molhado e acabamento para ser empregado na confecção de diferentes tipos de acessórios, tais como cabedal, estofamento, vestuário, dentre outros. Estas peças possibilitam o tingimento e apresentam boa resistência ao rasgamento, devido a sua elasticidade e flor fina e lisa. Outra característica é que apresenta uma resistência hidrotérmica (Centro Tecnológico do Couro, Calçados e Afins, 2002).

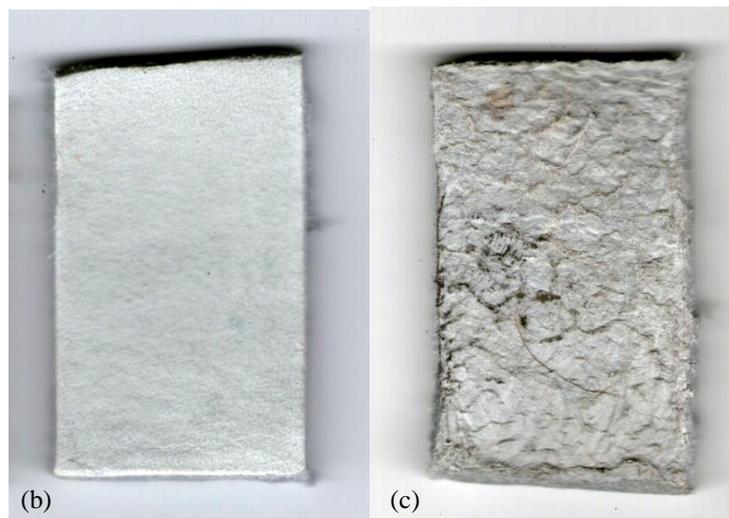


Figura 29 – Amostras de couro tipo *wet blue* em (a), lado flor (b), lado carnal (c).

No **curtimento vegetal** são utilizados diferentes tipos de taninos vegetais oriundos de plantas como a acácia, quebracho, castanheiro e das partes da planta como cascas, lenhas, raízes, folhas, entre outras. O material extraído destas espécies é chamado de tanante, este pode ser empregado na forma natural ou transformado. Em conjunto com estes taninos, muitas vezes são utilizados os taninos sintéticos.

Couro *wet-white* é o couro livre de cromo, “ecologicamente correto”, e está demonstrado na Figura 30, a peça inteira e na Figura 31 em (a) lado flor e em (b) carnal e tem como coloração a cor creme esbranquiçada produzida a partir de peles curtidas e

recurtidas em preparados químicos a partir de extratos vegetais e produtos atóxicos (taninos sintéticos, aldeídos, silicatos ou outros produtos), biodegradáveis.



Figura 30 – Peça inteira *wet-white*.

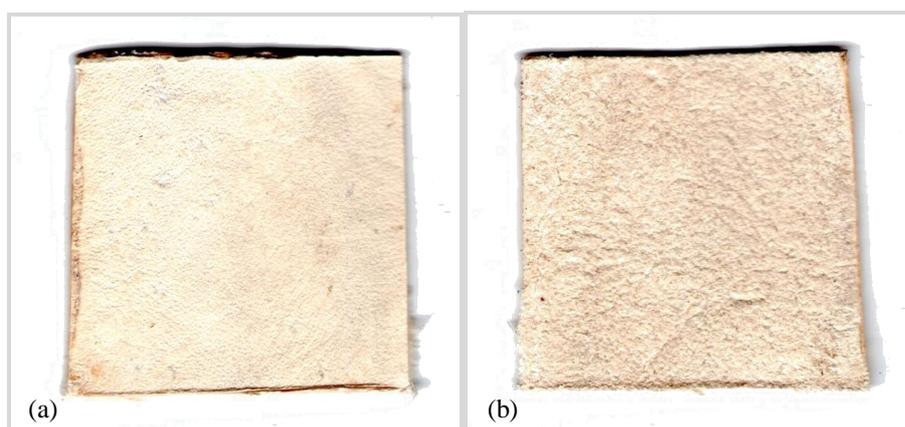


Figura 31 - Couro tipo *Wet White* em (a) lado flor e em (b) lado carnal.

Acabamento molhado (também chamado de recurtimento ou pós-curtimento) corresponde as etapas de desacidulação, recurtimento, tingimento e engraxe do couro em fulões feitas após descanso do curtimento/ enxugamento (Figura 32)/rebaixamento (Figura 33) e recorte. Estas etapas visam conferir a base de algumas propriedades físicas e

mecânicas desejáveis aos couros, como textura, enchimento, cor básica couro, resistência à tração, impermeabilidade, maciez, flexibilidade, toque e elasticidade.



Figura 32 – Enxugamento do couro. Gutterres (2011)⁶.



Figura 33 - Rebaixamento do couro.

Assim, as peles são categorizadas em peles não curtidas e couros curtidos (CTCCA, 2002). Sendo as peles curtidas divididas em:

- a) Pele fresca;
- b) Pele salgada;
- c) Pele em tripa ou caleada;
- d) Pele piquelada.

Couros curtidos são divididos em:

- a) *Wet blue*;
- b) *Atanado*;

- c) Sola;
- d) Semi-acabado;
- e) Semi-acabado natural;
- f) Semi-cromo;
- g) Nubuck;
- h) Camurça e camurção.

Deve-se mencionar também que ocorrem diferenças do couro de acordo com o estágio de processamento. Alguns destes tipos são diferenciados pela forma com que o couro é preparado. Cada método diferente de curtimento resulta em um tipo diferente de couro (CTCCA, 2002). Os tipos e características do couro variam primeiro quanto ao seu estágio de processamento. Pode-se identificar couro nos estágios de curtido, semi-acabado e acabado. O couro curtido *wet blue* é a base para a preparação de muitos tipos de couro. O couro curtido com tanino vegetal ou atanado é mais direcionado para fabricação de calçados, artefatos, bem como para solados de calçados. O couro pré-curtido com uso de aldeídos, silicatos, polifosfatos, taninos sintéticos e outros pré-curtentes requer recurtimento para completar principalmente sua resistência ao calor, além de conferir propriedades desejadas, o que é o caso também do recurtimento do *wet-blue*. Para reforçar o descrito anteriormente são apresentadas nas Figuras 34 e 35, algumas amostras de couro curtido, semi-acabado e acabado.



Figura 34 – Couro curtido com atanado vegetal lado flor e carnal (a1, a2), semi-acabado também chamado de *crust* lado flor e carnal (b1, b2), acabado lado flor e carnal (c1, c2), couro pré-curtido com uso de aldeídos lado flor e carnal (d1, d2), todas as amostras acima são provenientes do Curtume Bom Retiro.

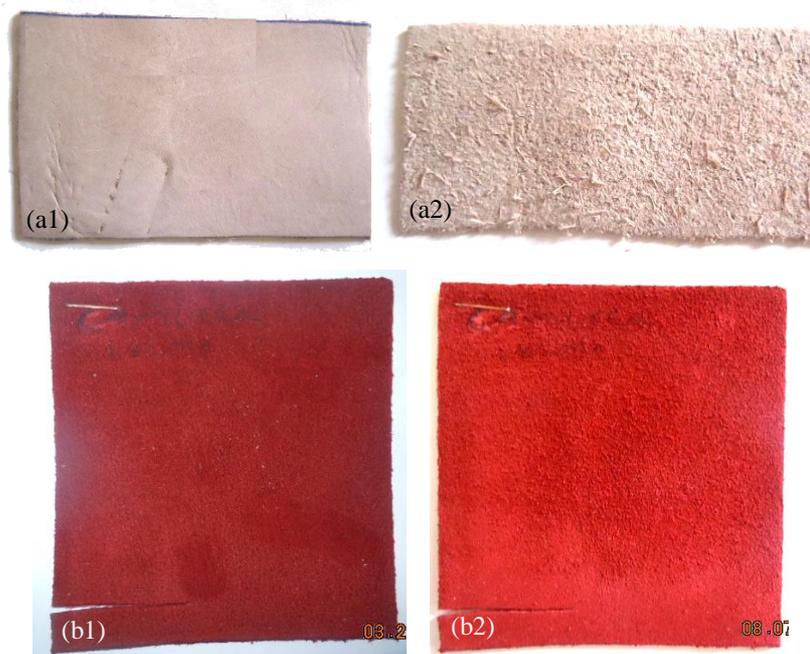


Figura 35 - Couros semi-acabado e/ou crust (a1) lado flor e em (a2) lado carnal, nubuck (b1) lado flor e em (b2) carnal amostras obtidas no curtume BMZ.

A fim de reforçar a descrição sobre couros semi-acabados e acabados é mostrado na Figura 36 a mesma amostra de couro em estágio semi-acabado e acabado.



Figura 36 - Amostra de couro em estágio semi-acabado (a) e acabado(b).

Operações de pré-acabamento após os couros serem secos (Figura 37) iniciam-se com a disposição dos couros em cavaletes conforme pode ser visualizado na Figura 38, após os couros são grampeados (Figura 39) e logo em seguida levados novamente à secagem até a impregnação. São operações físico-mecânicas, sendo que a última, aplicam-se produtos à superfície dos couros com espátula ou por meio de equipamentos, onde a função destes é a de conferir propriedades físicas finais às peças em couros.



Figura 37 – Couros sendo secados.



Figura 38 – Disposição dos couros em cavaletes.

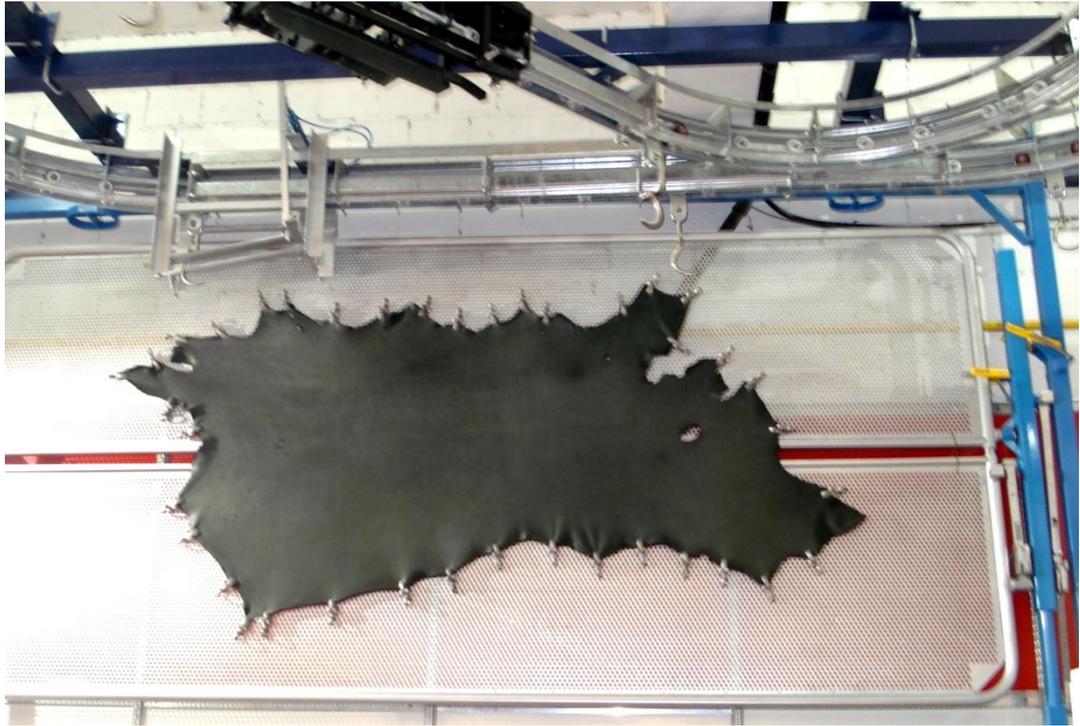


Figura 39 – Couro grampeado na grades.

Salienta-se que em alguns casos ocorre a aplicação de estuco em pasta que serve para cobrir ou corrigir as imperfeições de superfície ocasionadas por parasitas durante a vida do animal ou provocadas por cortes profundos sofridos (Figura 40), que causam danos à pele. Neste sentido, o estuco realiza o fechamento dos poros e dos defeitos da superfície. Na Figura 41 (a) tem-se a aplicação da pasta e em (b) pode ser observado o fechamento dos poros.



Figura 40 – Pele com imperfeições.

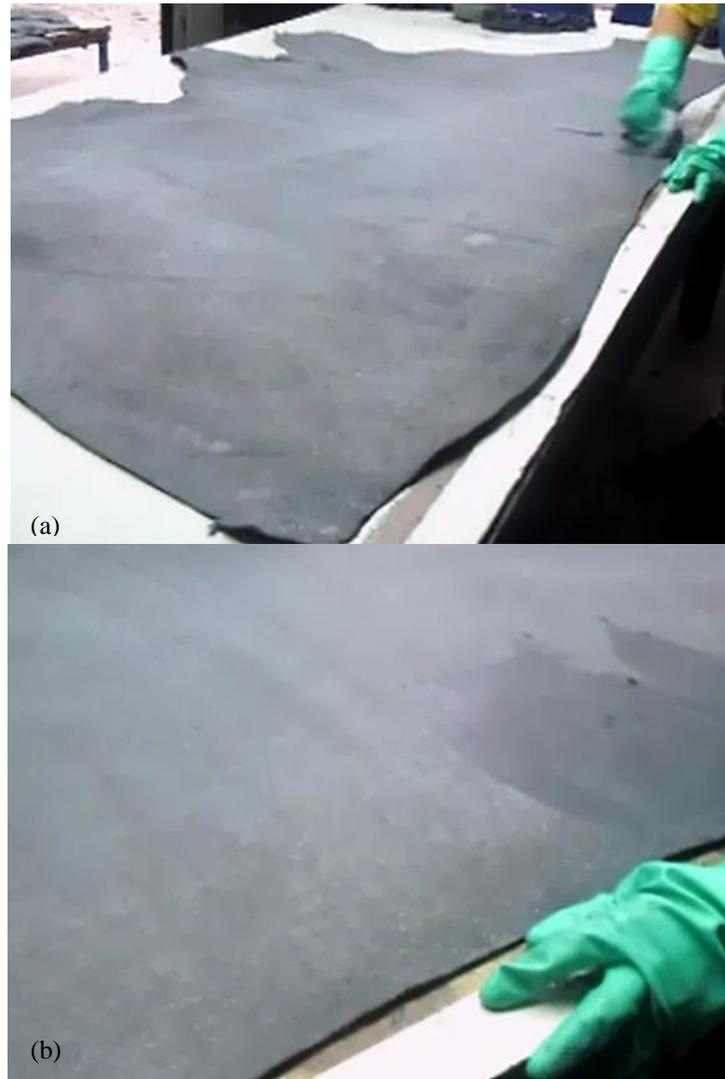


Figura 41 - Aplicação da pasta em (a) e em (b) pode ser observado o fechamento dos poros.

Couro semi-acabado é aquele que não passou por processo de embelezamento, seja por meio da aplicação de corantes, camadas de tintas ou estampagem. Entre os couros semi-acabado (chamados também de *crusts*), isto é aqueles que foram recurtidos, recondicionados, secos, grampeados e engraxados tem-se o semi-cromo que é o couro curtido ao cromo e recurtido com tanino vegetal, o qual apresenta como característica a facilidade para estampagem.

Há vários tipos de acabamento que podem ser aplicados ao couro de acordo com a finalidade ou característica que se queira obter. O termo acabamento representa uma série de processos e operações que visam agregar propriedades, bem como aparência ao couro.

Couros Acabados são aqueles que são submetidos à aplicação de composições de produtos químicos à base de água ou de solventes, que visam formar películas ou filmes que aderem e são polimerizados, reticulados e fundidos sob ação de calor sobre os couros. Os produtos são aplicados mais comumente por meio de injeção dos produtos e através de pistolas rotativas ou por meio de transferência através de máquinas com rolos rotativos, como pode ser observado na Figura 42 colocação do couro na máquina de pintura em (a) e em (b) couro com segunda mão de tinta, a Figura 43 demonstra o couro na etapa de finalização de pintura.



Figura 42 – Colocação do couro na máquina de pintura (a) e (b) couro com segunda mão de tinta.



Figura 43 - Couro na etapa de finalização da pintura.

O acabamento visa manter ou melhorar o aspecto do couro e atender às especificações do produto final como cor, brilho, lisura, efeitos de superfície, etc. Neste

sentido são aplicadas camadas (pré-fundo e fundo, de pigmentação e lustro) sucessivas de preparados à base de ligantes e pigmentos (Hoinacki, 1989).

Acabamento com flor integral é aquele que mantém as características próprias da pele após a depilação, isto é, um couro que apresenta um relevo característico (grãos e poros evidenciados).

Acabamento de flor corrigida (flor lixada) é aquela cuja superfície da flor foi submetida ao processo de lixamento (Figura 44) o qual elimina as saliências de relevo (contorno de grão) do próprio desenho da pele, reduz os defeitos da pele (marcas de parasitas, riscos, etc.) e remove o excesso de estuco aplicado, expondo novamente as fibras. O couro de flor corrigida recebe acabamento de alta cobertura e gravação (estampagem).



Figura 44 - Couros com acabamento de flor corrigida.

2.2.4 Tipos de acabamentos

Os couros acabados apresentam diferentes denominações e isto ocorre em função do tipo de acabamento a que são submetidos. Vários tipos de acabamentos para couros são aqui apresentados:

- a) **Acabamento com pigmentos:** por exemplo a napa pigmentada (figura 45). são utilizados para corrigir imperfeições profundas do couro, com o intuito de atenuar defeitos naturais da matéria-prima como o de encobrir o desenho e o aspecto da flor.



Figura 45 - Napa com acabamento pigmentado.

- b) **Acabamento Semi-Anilina:** é um preparado químico que ocupa a posição intermediária entre o acabamento anilina e os de pigmentação, uma vez que nestes são aplicados pequenas quantidades de pigmentos, a fim de se obter efeitos de equalização e cobertura. Uma das características deste couro é que o acabamento é parcialmente transparente com pequenas quantidades de pigmentos e/ou corantes misturados com ligantes na camada de fundo, sendo a camada superior apenas com corantes (Figura 46). A cobertura de fundo serve para encobrir imperfeições deste material. Ainda podem-se aplicar estampas variadas. A espessura vai depender do artigo e varia entre 1,0 a 2,0 mm. É utilizado na confecção de calçados masculinos ensacados e botas sem forro. (Cartela Técnica de Couros ABQTIC, 1994)



Figura 46 - Couro com acabamento de semi-anilina. Fonte: Cartela Técnica - ABQTIC, 1994

- c) **Acabamento anilina:** é empregado para salientar a aparência natural do couro, como pode ser observado na Figura 47, e não há a presença de pigmentos. Também é chamado de napa e apresenta uma flor integral com camadas transparentes (acabamento transparente), não pigmentadas, flor de aparência natural que realça o desenho do couro. Observa-se que este couro pode levar à aplicação de estampas e que a espessura deste pode variar entre 1,0 a 2,0mm, sendo utilizado na feitura de botas masculinas sem forro. (Cartela Técnica de Couros ABQTIC, 1994)



Figura 47 - Couro com acabamento de anilina. Fonte: Cartela Técnica de Couros ABQTIC, 1994

- d) **Acabamento verniz:** é um tipo de acabamento (Figura 48) de couro para obter alto brilho e que pode ser realizado segundo três etapas: a primeira consta da aplicação de um fundo (camada de fundo que sela ou fecha a superfície) com produtos em suspensão aquosa (resinas) ou poliuretanos dissolvidos em solventes especiais. A segunda etapa muitas vezes se aplica uma camada de nitrocelulose seguida da aplicação do verniz por meio de pistolas ou pelo sistema de cortina. A terceira etapa consiste na secagem do artigo cuja temperatura pode ficar compreendida de 45 a 50°C. (Hoinacki, 1989).



Figura 48 - Couro com acabamento verniz.

- e) **Acabamento naco:** É um couro do tipo semi-cromo com acabamentos de cobertura em virtude dos defeitos na flor. Nestes a flor é corrigida por meio de lixas que após são aplicadas camadas de pigmentos. Ainda para uma maior correção recebe estampa que pode remeter à superfície de uma pele. O acabamento final é concluído com a aplicação de camadas de resinas como nitrocelulose, poliuretano, butirato ou resinas acrílicas. (ABQTIC/ABECA, 1994)
- f) **Acabamento *easy-care*:** é realizado com o emprego de poliuretanos com graduações de brilho. Em alguns casos pode ser obtido um brilho reduzido (fosco). Uma das características deste é que sua secagem é extremamente rápida (cerca de minutos). Em sua maioria são realizados em couros de flor integral. Quando aplicados em couro anilina, aumentam a resistência ao desgaste e facilitam a limpeza, inclusive, pode-se aplicar o *easy-care* em napas para obter um produto resistente ao risco e à fricção.

- g) **Acabamento “brush-off”**: a Figura 49 apresenta um couro com efeito em dois tons, que aparece após o disco de polir.



Figura 49 - Couro com acabamento *brush-off*.

- h) **Acabamento fantasia**: é feito a partir da aplicação de camadas de filmes que contêm o efeito da textura desejada e uma das características do couro (Figura 50) é que o acabamento imita a pele de outros animais.



Figura 50 - Couro com acabamento fantasia.

- i) **Acabamento bi ou multicor**: é aplicado em duas ou mais camadas de coberturas de cores diferentes através de pistola em ângulos, tamponagem ou impressão. A Figura 51 mostra uma amostra de couro com este tipo de acabamento.



Figura 51 - Couro com acabamento bi ou multicolor.

- j) **Acabamento invisível** (Figura 52): couro com impressão de superfície não acabada usando coberturas leves e operações mecânicas;



Figura 52 - Couro com acabamento invisível.

- k) **Acabamento craquelê** (Figura 53): com efeito de rachaduras;



Figura 53 - Couro com acabamento craquelê.

- 1) **Acabamento com relevos** (Figuras 54 e 55): neste são empregados resinas que expandem sob ação de calor.

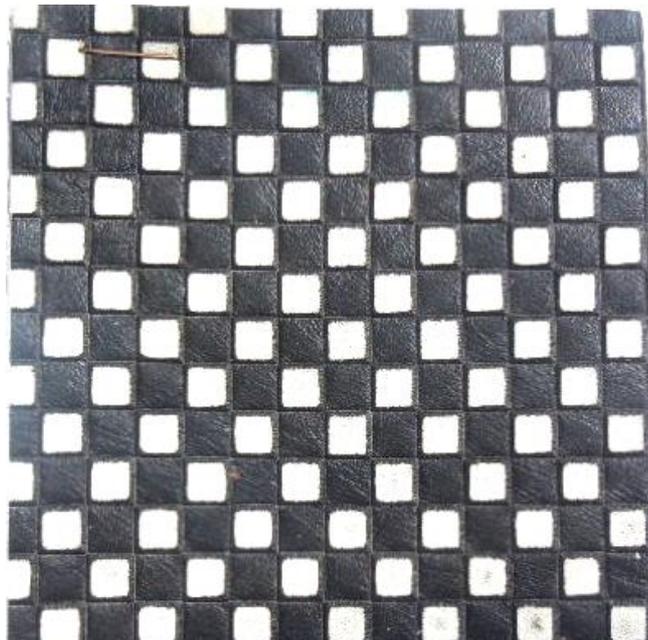


Figura 54 - Couro com acabamento bicolor em relevos.



Figura 55 - Couros com acabamento com relevos no mesmo tom.

m) **Acabamento por transferência de filme** (Figura 56): é a técnica que envolve a aplicação de filmes plásticos ou laminados, aplicados em couro flor ou raspa.

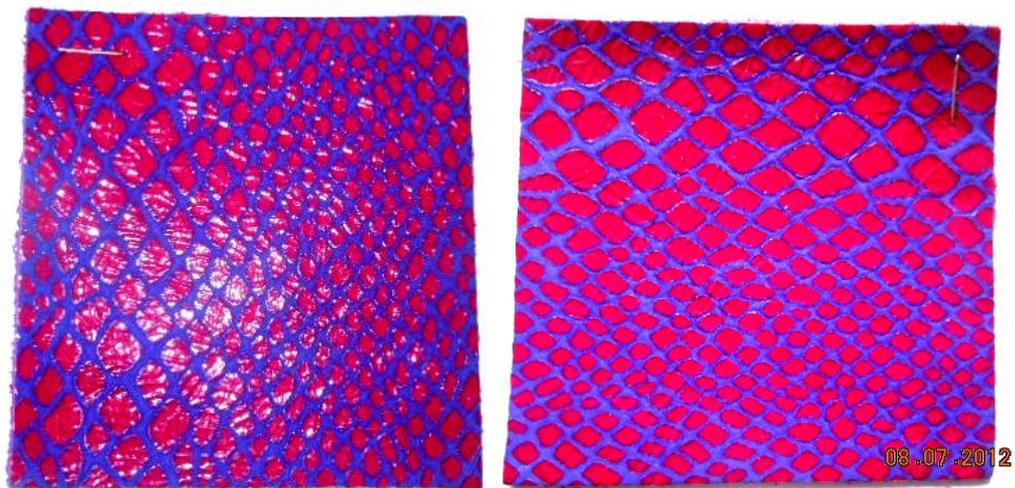


Figura 56 - Couro com acabamento por transferência de filme.

n) **Acabamento de flor e couro raspa** (Figura 57): aplicação de filmes plásticos ou laminados;



Figura 57 - Couro com acabamento de flor laminado.

- o) **Acabamento Antique:** o couro que apresenta uma aparência envelhecida, tendo em vista a aplicação dos produtos químicos e efeitos bicolores dados no acabamento (Figura 58).



Figura 58 - Amostra couro tipo *antique* parafinado, flor lixada, proveniente empresa *Corium*.

- p) **Acabamento Box:** couro empregado na confecção de sapatos sociais, bolsas finas (Figura 59). Apresenta flor firme, lixada com acabamento espesso e liso, há algumas versões com verniz:



Figura 59 - Couro tipo Box proveniente do curtume Bom Retiro.

- q) **Acabamento Floater:** couro mais macio (figura 60) que o relax, batido em fulão, com aspecto leve, com quebra uniforme de flor, pode ser corrigido e estampado é empregado para confecção de calçados casuais e artefatos.



Figura 60 - Couro tipo *Floater*.

- r) **Acabamento Pull-up e Graxo:** couro mais encorpado (figura 60), é obtido a partir da aplicação de substâncias graxas que lhe conferem uma variação de tonalidade quando submetidos a dobra é empregado para confecção de calçados com aspecto rústico e em botas.



Figura 61 - Amostra Couro *Pull-up*.

- s) **Acabamento Látego:** couro (Figura 62 em a1 e a2), com aparência natural, apresenta um acabamento ceroso cuja finalidade é facilitar o polimento final, empregado na confecção de sapatos e acessórios de moda e na Figura 62 (b) látego com anilina.

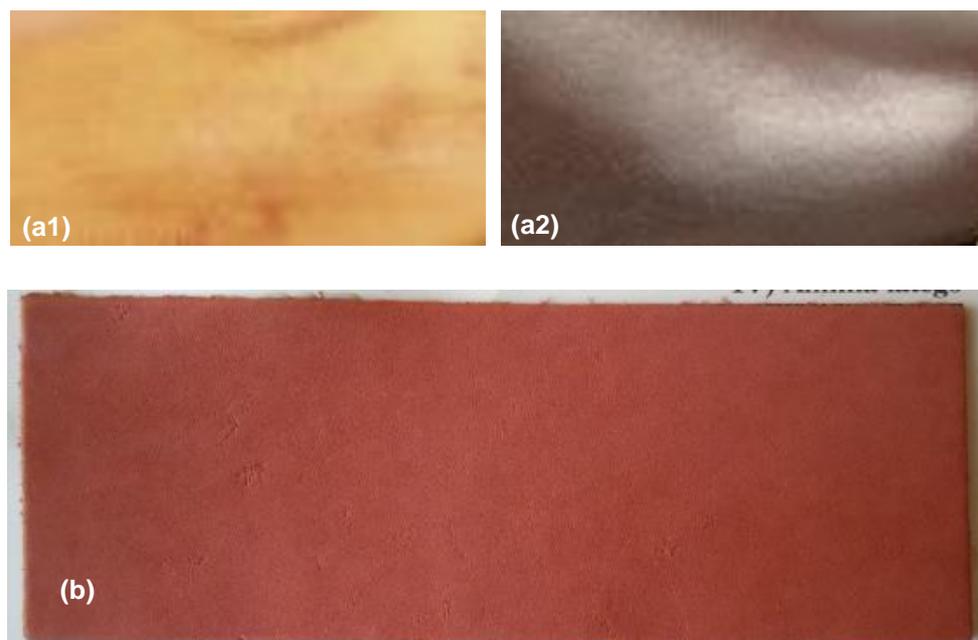


Figura 62 – (a1 e a2) Couro tipo látigo e em (b) Anilina látigo.

- t) **Napa:** couro que apresenta características especiais como maciez, suavidade. Utilizado na confecção de calçados, estofamentos especiais e também no vestuário (Figura 63).

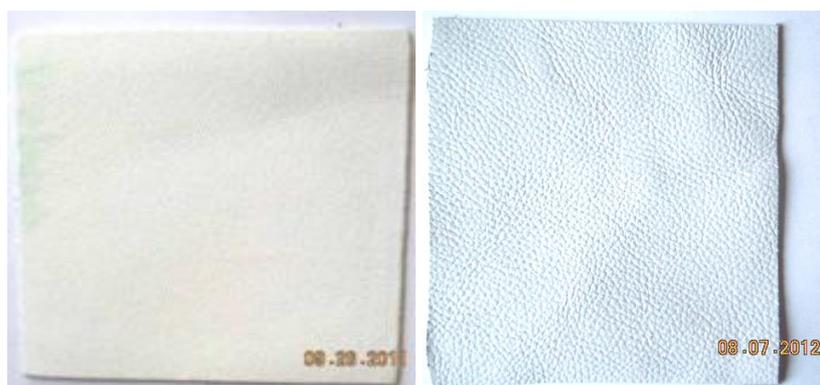


Figura 63 - Amostra de Couro tipo napa empresa Curtume BMZ.

- u) **Acabamento Estampado:** couro de flor corrigida (lixada), com acabamento de cobertura e estampa animal, onde pode ser observado na Figura 64. A espessura varia entre 1,0 a 1,8 mm. Este tipo de couro é utilizado na confecção de calçados de passeio, botas, bolsas, etc.



Figura 64 - Detalhe de couro estampado

- v) **Napa Bota:** Apresenta um couro com flor integral e/ou levemente lixado com acabamento (Figura 65). A espessura deste varia entre 0,8 a 1,4 mm é empregado na confecção de botas com forro.



Figura 65 – Amostra couro napa bota (Cartela Técnica de Couros. ABQTIC, 1994).

- w) **Pelica:** é um material destinado a artigos especiais e finos, tem como característica uma espessura fina, com toque macio, é obtido a partir da pele de cabra ou mestiço e possui acabamento de anilina ou semi-anilina (Figura 66).



Figura 66- Amostra couro tipo Pelica.

- x) **Napa Batida Macia (Relax):** tem como característica a quebra de flor (batido em fulão) com acabamento pigmentado (Figura 67) de toque macio empregado em

calçados casuais e esportivos e acessórios como bolsas, pastas e carteiras. A espessura deste pode variar de 0,8 a 2,2 mm. Nesta linha de produtos há ainda o couro tipo *float*.



Figura 67 - Couro tipo Napa *Relax* proveniente do curtume Bom Retiro.

- y) **Raspa Acabada:** couro (Figura 68) é empregado na fabricação de calçados substitui o couro com flor, este é obtido a partir da raspa tem como característica o acabamento pigmentado e que pode ser também estampado.



Figura 68 - Couro tipo Raspa Acabada.

2.2.5 Resíduos sólidos de couro

Segundo Romão *et alli* (2006), os curtumes geram grandes quantidades de resíduos sólidos e de efluentes líquidos e gasosos. O processamento de 1t de peles salgadas gera de 200 a 250 kg de couro acabado e 600 kg de resíduos sólidos, o que representa um baixo rendimento médio, em torno de 22,5%, e alto potencial poluidor. Há ainda o alto consumo de água de 25 a 30 m³ por tonelada de pele salgada. Um curtume de porte médio que processa em torno de 3.000 peles salgadas/dia, consome em torno de 1.900 m³ de água/dia, o que equivale ao consumo diário de uma população de 10.500 habitantes. Silva (2004) argumenta que a indústria de calçados de couro tem como principal resíduo aparas de couro curtido que sobram do processo de produção. Estes resíduos de couro curtido, que à primeira vista aparentam ser inofensivos, podem representar uma séria ameaça para o meio

ambiente e para a saúde humana em virtude de que o processo tradicionalmente utilizado no curtimento do couro, emprega sais de cromo. Os resíduos deste processo são classificados conforme classificação da ABNT NBR 10.004/2004 como classe I, os mais perigosos, e a maior parte é destinada para aterros controlados chamados de ARIP's – aterros de resíduos industriais perigosos.

Segundo Sousa (2006) citado por Cultri *et alli* (2006), na transformação da pele em couro, e do couro em sapatos e artefatos, mais de 40% da matéria-prima posta em operação é descartada como resíduo, tanto junto às águas residuais como em resíduos sólidos. Assim sendo, o couro que é uma das principais matérias-primas do calçado, em suas várias fases de processamento recebe insumos altamente poluentes e, isto causa preocupação aos gestores comprometidos com políticas de preservação ambiental. Neste sentido, a Lei nº12.305/2010, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos que visa o diagnóstico da quantidade de resíduos gerados pela indústria e pela população, assim como a identificação dos diferentes tipos de resíduos e do nível de toxicidade destes resíduos em cada estado. Esta, trata também a respeito das responsabilidades e penalidades sujeitas a empresas infratoras. A lei prevê em longo prazo o fim dos lixões e deste modo pode-se pensar para as indústrias coureiro-calçadistas a implantação de soluções paliativas como a implantação de aterros de resíduos industriais ou a implantação de unidades de recuperação e geração de energia dentro dos próprios curtumes e a partir dos próprios resíduos. Com a sanção desta lei, o Brasil passa a ter um marco regulatório na área de resíduos sólidos. A lei nº12.305/2010 faz a distinção entre resíduo (lixo que pode ser reaproveitado ou reciclado) e rejeito (o que não é passível de reaproveitamento) e ainda apresenta as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos). A lei refere-se a todo tipo de resíduo: doméstico, industrial, construção civil, eletroeletrônico, lâmpadas de vapores mercuriais, agrosilvopastoril, da área de saúde, perigosos, etc. (Imprensa Oficial Governo Federal, 2011). A geração de efluente varia de acordo com cada etapa da produção, e também de acordo com as características internas de cada curtume e dos processos industriais utilizados.

Ressalta-se que do tratamento de efluentes têm-se os lodos com cromo, das operações de rebaixe, tem-se o farelo do rebaixamento, da operação de lixamento tem-se o pó gerado e aparas e retalhos de couro de várias etapas em curtume e cortes de calçados e artefatos.

2.2.6 Principais processos de corte do couro

2.2.6.1 Balancim

O Balancim é um equipamento que pode ser semi-automático (tem-se um operador que posiciona o couro, chapa e posiciona a prensa contra os dois) e automático (operações são enviadas via comando numérico computadorizado) cuja função é a de cortar peças com precisão e rapidamente. O corte nestas máquinas é feito através do molde de aço sobre um cepo (madeira, borracha, plástico ou metal).

Balancim Hidráulico: este balancim é acionado por pressão a óleo, tem como característica a praticidade de manuseio e a vantagem de ser econômico. O couro a ser cortado é posto sobre o cepo e fixado a mesa da máquina. O funcionamento deste é simples e ocorre depois de fixado o material ao acionar a máquina, o cabeçote prensa o molde de aço sobre o couro realizando a operação de corte (SENAI, 2010), conforme Figura 69.

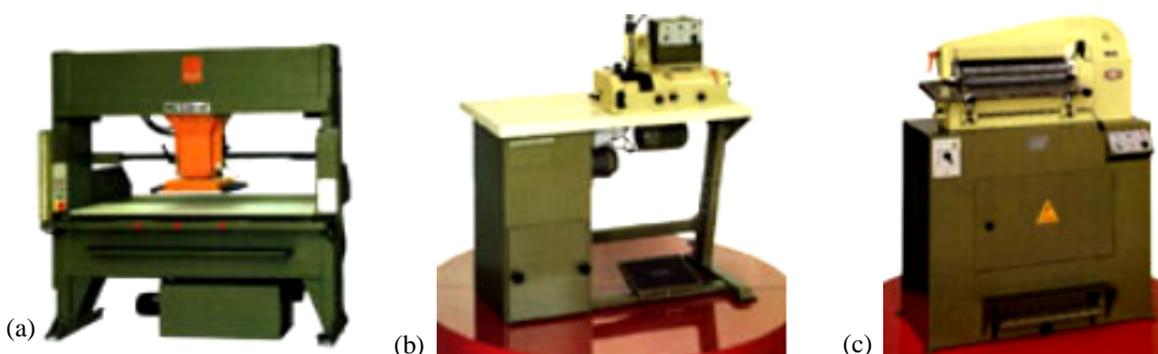


Figura 69 - Balancim Hidráulico. Fonte: http://www.sinacouro.org.br/escola_senai/SENAI_cortador.htm

Balancim Eletrônico: neste tipo de balancim (Figura 70), a válvula de comando de óleo é acionada eletronicamente, abrindo-se e fazendo o cabeçote voltar ao seu lugar sempre que houver contato entre o cabeçote e o cepo, sendo este metálico.



Figura 70 - Balancim Eletrônico. Fonte: http://www.sinacouro.org.br/escola_senai/SENAI_cortador.htm

2.2.6.2 Corte e Gravação a Laser

Segundo Faro (2006), a tecnologia a laser em termos industriais iniciou nos anos 70 e se desenvolveu nos últimos 10 anos, onde o corte a laser se divide quanto ao equipamento, aos processos de materiais e aos sistemas de controle e produtividade.

O processo de aplicação de feixes de laser para a gravação e corte em artigos de couro “vacum”, permite a geração de um número maior de peças em poucos minutos, bem como a obtenção de artigos cortados e gravados com precisão e qualidade. Além de ser um processo rápido e silencioso, este permite o maior aproveitamento do material, outra característica positiva do processo é que não ocorre o contato mecânico da ferramenta com o material. Os equipamentos de corte e gravação a laser possibilitam a marcação e ou corte de desenhos extremamente delicados com qualidade e excelente acabamento a partir de imagens bidimensionais de texturas e padronagens variadas, sendo possível seu uso em outros materiais como acrílico, policarbonatos, madeiras, jeans, compensado, e inclusive papéis de diferentes gramaturas e espessuras. Os gases utilizados para o corte a laser são, normalmente, fornecidos em cilindros de gases puros, ou entregues pré-misturados. Se na mistura destes gases houver impurezas misturadas ao CO₂, o desempenho poderá ser reduzido, o que pode baixar a potência de saída do laser, ocasionando um jato instável ou até elevando o gasto relativo ao consumo destes gases. Outro fator importantíssimo relacionado à capacidade do laser é a potência do feixe de Luz, que está relacionada à quantidade de energia que realiza a interação material x feixe de luz. A interação entre material x feixe de luz é o que provoca o corte e/ou a gravação do couro, aliado a potência do laser. A potência está relacionada diretamente ao tamanho e espessura do material. Ressalta-se que a velocidade de corte deve ser determinada em conjunto com a potência, a pressão e a vazão do gás de assistência. Valores muito elevados de velocidade tendem a produzir estrias na superfície de corte, rebarbas na parte posterior da superfície atingida pela radiação e até mesmo a impossibilidade de realizar o corte. No entanto, velocidades muito baixas, tendem a aumentar a zona termicamente afetada e ocorre a queima do material “couro”, isto é, há uma diminuição na qualidade do processo aplicado ao couro, quer seja de corte e/ou marcação. Salienta-se que o gás de assistência interna do equipamento deve ter vazão suficiente para remover o material fundido proveniente do corte. De acordo com Andrade *et alli* (2001), o emprego de processos a laser e a jato d’água oferecem ganhos de produção e melhor aproveitamento do material, pois o

computador envia os comandos para as máquinas, que efetuam os desenhos sobre o couro. O processo é veloz e apresenta uma margem de erro muito baixa.

Lehmann (2006) aponta em seu trabalho um estudo de caso da empresa Viva Bordados que destaca o emprego do laser em couro para a aplicação de desenhos diversos sobre a superfície deste, onde observa a praticidade do uso e da geração de desenhos.

Prochnik (2005) afirma que o corte do couro para o desenvolvimento de calçados com o modelo já preparado é realizado pelo processo tradicional utilizando-se facas e balancins (máquina empregadas para corte de diferentes materiais). O autor enfatiza a utilização de novos processos tecnológicos como o corte a laser ou jato de água de forma integrada aos sistemas CAD/CAM (modelagem auxiliada por computador e fabricação auxiliada por computador “CAD - *Computer aided design* and CAM – *Computer Aided Manufacturing*”). Neste sentido, os calçados fabricados por estes sistemas em via de regra são obtidos a partir de uma matéria-prima mais cara e de manuseio delicado, o que exige um menor desperdício. Os dados descritos anteriormente reiteram as afirmativas de Piccinini (1995). Ainda são utilizados para o corte de pequenas amostras a Navalha/Bisturi (Figura 71). Este instrumento tem como característica o uso manual de uma lâmina muito afiada que proporciona um grau de corte profundo. Por ser manual o corte pode apresentar desvios em virtude da mão do operador segurando a pega da navalha e pressionando ao mesmo tempo em que força as fibras para o corte do tecido contra a base em que este se encontra. No mercado encontram-se diversos modelos e tamanhos variados, de acordo com as funções específicas.



Figura 71 - Conjunto de estiletos/bisturi.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente capítulo apresenta um relato geral de como foram feitos os experimentos, as amostras de couro utilizadas, as análises executadas, e os estudos prévios e trabalho experimental e prático detalhado de aplicação do laser.. Focaliza-se a identificação e caracterização das fibras submetidas à tecnologia a laser de corte e gravação. Em conjunto são investigadas as velocidades e potências de aplicação de feixes de laser sobre o substrato do couro.

Especificamente no que se refere ao estudo da aplicação do laser, foi adaptado de Stürmer (2010) e Beretta (2011) um método de avaliação por meio de pictogramas, que tem como base o aspecto visual apresentado pela fibra. Este procedimento foi realizado a fim de auxiliar no entendimento e aplicabilidade dos diversos tipos de couros e na adequação dos melhores parâmetros para estes tipos de amostras no equipamento.

A parte da pesquisa relativa à aplicação do laser e investigação microscópica foi realizada no Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS. Para os testes físicos e mecânicos foi utilizada a estrutura do Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO) do Departamento de Engenharia Química da mesma Universidade, que também proporcionou para a efetivação do presente trabalho as saídas de campo, com visitas técnicas a curtumes, centros de triagem e fabricantes de calçados. Este trabalho contou ainda com o apoio das empresas Corium Química, BMZ Couros e TFL do Brasil, cujas amostras foram ensaiadas na fase inicial desta pesquisa.

Primeiramente foi realizada a identificação das diferentes amostras de couro obtidas nas visitas a estas três empresas e, após, estas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Em seguida as amostras foram cortadas e gravadas a laser e após estes ensaios foram analisadas novamente para a verificação do resultado do laser na fibra.

A fase central deste trabalho foi o estudo de caso com couros obtidos diretamente do curtume Bom Retiro. Esta etapa consistiu no levantamento e definição dos dados referentes a 16 tipos de couro e sistemas de acabamento aplicados a estes. Foi feita a verificação da espessura das peças, seguida da definição do desenho para o corte e gravação, cujos ensaios iniciaram com os testes de tração e alongamento para a maioria das amostras. A etapa seguinte consistiu-se da aplicação propriamente dita do processo de gravação e corte nas 16 amostras. Nesta fase, procurou-se pesquisar os parâmetros para potência e velocidade de modo investigativo para a definição de qual a melhor velocidade

para a marcação e corte de desenhos concebidos por meio de vetores e, que apresentassem uma boa qualidade visual. A fase subsequente consistiu da análise das reações das fibras submetidas ao processo de aplicação de incisões a laser. Com base nas características das amostras, fez-se um estudo de como cada uma destas reagia em função da aplicação do Laser e, procurou-se comparar dentro dos grupos, as possíveis alterações das estruturas dos grupos de fibras visando à aplicação final destes materiais de acordo com cada característica. O trabalho ocorreu de acordo com a listagem abaixo.

1. Saída a campo (curtumes)
2. Definição do curtume para estudo de caso
3. Levantamento das sobras de produção
4. Coleta das amostras
5. Identificação e caracterização das amostras
6. Análise e caracterização das imagens da fibra
7. Levantamento dos tipos de couros a serem estudados
8. Definição das amostras para ensaios
9. Seleção de 16 tipos de couros
10. Verificação da espessura das amostras
11. Testes de tração e alongamento
12. Criação do desenho para aplicação de corte e gravação
13. Definição do Desenho final
14. Investigação (Ensaio/Testes) de parâmetros para potência e velocidade
15. Definição do tipo de lente
16. Definição de valores para velocidades
17. Definição de valores para potência
18. Aplicação do processo de corte e gravação a laser nas 16 amostras selecionadas
19. Registro fotográfico do resultado da aplicação do laser
20. Avaliação da aplicação do processo nas amostras
21. Análise das fibras submetidas ao laser
22. Desenvolvimento de uma tabela de classificação Registro

3.1 Couros utilizados

Neste item são descritos as características dos diferentes tipos de couro provenientes das diversas etapas de processamento que foram obtidos diretamente da linha de produção e utilizados nos ensaios. A escolha destes diferentes artigos de couro de vacuum para o estudo proposto foi em virtude das características visuais e mercadológicas, tendo em vista a sua aplicabilidade em diferentes setores como automobilístico, moveleiro, vestuário, calçadista, entre outros, direcionados ao mercado nacional e internacional, como por exemplo o couro para móveis, conforme pode ser observado na Figura 72.



Figura 72 - Couro automotivo e moveleiro. Imagem obtida na visita à indústria química (Empresa TFL do Brasil).

Nos couros para estofamento automotivo e moveleiro observou-se que é feita a aplicação de estuco (conforme pode ser observado na Figura 73), que é uma composição de produtos preparados em estado de pasta e que serve para cobrir e corrigir as imperfeições de superfície ocasionadas na pele por parasitas durante a vida do animal, cicatrizes, furos, cortes profundos feitos em matadouros e outros defeitos (Figura 74). O

lixamento elimina saliências dos defeitos da pele, remove o excesso de estuco aplicado e baixa os poros (grão) da superfície da pele, enquanto que o desempoamento retira o pó decorrente deste lixamento. O couro lixado denomina-se de couro flor corrigida.



Figura 73 - Couro sendo estucado, imagem realizada no curtume Bom Retiro.



Figura 74 - Marcas ocasionadas por parasitas (berne) em (a) e veia, cicatrizes (raia) em (b).

Para os testes preliminares foram utilizados couros curtidos com atanoado vegetal, semi-acabado “crust”, *wet blue* e acabados provenientes das empresas Corium Química, BMZ Couros e TFL do Brasil. As amostras usadas para as análises de MEV foram do tipo semi-acabado sem lixa a partir de *Wet Blue*, *semi-acabado* a partir de *Wet White* e a partir de raspa *Wet blue* lixado sem estuco e também amostras com estuco, com cobertura e

aqualac e alguns couros acabados. Para os primeiros testes de laser empregou-se amostras de: *Wet blue*, acabado lixado, raspa com estuco acabada,

Os tipos de couros empregados para os ensaios finais (estudo de caso) deste trabalho foram obtidos no curtume Bom Retiro e são artigos em sua maioria do tipo acabado e algumas poucas amostras em semi-acabado. As amostras obtidas do curtume foram provenientes de retalhos da produção cuja classificação em R1, R2 e R3 equivale a tamanhos pequenos, médios e grandes. Para o trabalho, as amostras foram cortadas em tamanho aproximado de 10 x 10cm, com espessuras que variaram de 0,95 a 2,00 mm. A descrição dos couros utilizados e denominação dada no próprio curtume será apresentada na sequência.

As amostras foram descritas de acordo com a denominação dada no próprio curtume e com relação ao tipo de acabamento (anilina, semi-anilina, semi-pigmentado e pigmentado) e, ainda com relação ao tipo de flor se integral ou lixada com gravação (corrigida) e aplicação de estuco ou não. As amostras com acabamento anilina se diferenciam por apresentar uma leve camada de corante na região superficial, cuja característica é deixar transparecer a beleza natural do couro, o que influi diretamente na resistência por deixá-lo o mais natural possível e com toque suave. Porém, a anilina apresenta uma desvantagem de arranhar e manchar com facilidade, ao contrário das amostras que levam acabamento semi-anilina que são algumas vezes peles que apresentam manchas e por isto sofrem a aplicação de uma leve camada de tingimento transparente, revestido com outra camada que lhe confere uma superfície macia que se assemelha a um filme sobre o substrato. Ainda são classificados, os acabamentos pigmentados e os semi-pigmentados que, são os mais comuns e mais fáceis de encontrar no mercado. Lembrando que os diferentes tipos de acabamento servem não só para deixar o couro mais bonito e atrativo como também para proporcionar durabilidade, resistência a arranhões, manchas, maleabilidade entre outras características.

As 16 amostras do estudo de caso são descritas a seguir.

➤ **Amostra 1 - Deer Cairo LG** (Figura 75): couro de cor branca, espessura 1 mm, com estuco e estampa. É um material empregado para a confecção de bolsas e acessórios. Por ter sido previamente estucado, apresenta uma flor lixada (que teve a sua superfície alterada) e, que levou aplicação de tinta pigmentada (com produtos com alto grau de

aderência que não desbotam nem saem facilmente) acrescida de laca butirato fosca base solvente.



Figura 75 - Deer Cairo LG.

➤ **Amostra 2 e 3 – Honey e Palle Yellow** (Figura 76): couros nas cores bege e amarela, espessura de 1,05 mm e 2 mm. Estes couros são utilizados para estofamento e alguns itens de acessório de moda, passando por processo de estampagem que confere uma superfície com desenhos variados imitando a própria granulação de couro, tem aplicação de tinta pigmentada (com produtos com alto grau de aderência que não desbotam nem saem facilmente) e leve camada de laca nitrocelulos e brilho base água. O acabamento sofre uma reação de cura e evaporação dos agentes empregados por vácuo seco.



Figura 76 - Honey, Palle Yellow

➤ **Amostra 4 (R2) – Couro metalizado** (Figura 77): apresenta estampa, tinta pigmentada, laca nitrocelulos e brilho base solvente com Iriodin (pigmento e efeito utilizado para o acabamento final que reveste o couro e têm como base a mica mineral e a presença de alguns óxidos metálicos, cuja característica é a de proporcionar um brilho com efeito metalizado à tinta pigmentada e conferir maior adesão, brilho, maleabilidade),

espessura do couro de 1,05 mm. Quanto mais espessa a camada aplicada de acabamento, maior será o efeito de brilho no couro.



Figura 77– Metalizado.

➤ **Amostra 5 e 6 (R3) - Dember Pru** (Figura 78): couro nas cores preta e marrom, espessura 1,25 mm. Este apresenta flor integral (é o couro obtido da pele natural que não foi submetido à lixamento e correção de sua superfície por gravação) com grãos completos. Outra característica deste couro é ser resistente e não manchar, carrega o cheiro natural “de couro”, apresenta também um fundo semi-pigmentado, que é um acabamento intermediário entre o de anilina e pigmentado, isto é, apresenta um leve revestimento que lhe confere uniformidade de cor e aparência, além de torná-lo fácil de limpar. **Observa-se que esta amostra devido a especificações solicitadas pelo cliente foi aplicada uma estampa (desenho característico sob a região superficial da flor “camada superior da pele”)**, também foi aplicado PL e PU semi-brilho que foi levado a vácuo seco para cura. É empregado em acessórios de moda como abotinados, bolsas, entre outros. Ainda com relação à aplicação de estampa em couros com flor integral, esta deve-se à quebra da flor em virtude do artigo ser batido ou por solicitações do cliente para demandas de artigos especiais, que é o caso da imagem apresentada na Figura 80.



Figura 78 - Dember Pru na cor marrom e preto

- **Amostra 7 (R1) - Parafinado Wax** (Figura 79): couro na cor bege clara com espessura de 1,05 mm. É um couro mais resistente, não é muito flexível, tem sua flor lixada, levou aplicação de chapa lisa com anilina (corante transparente que mostra as características naturais do couro), mas, que neste caso, foi mascarado pela aplicação de lixa, cera e chapa lisa.

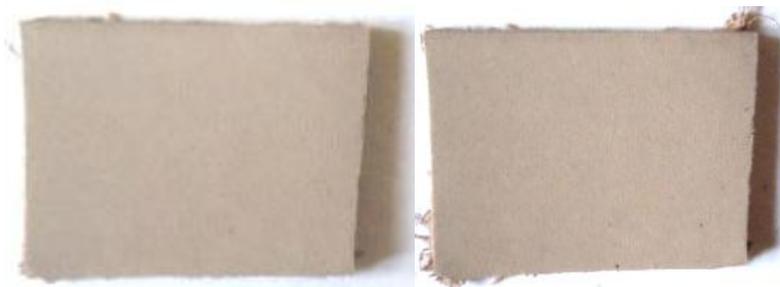


Figura 79 - Parafinado Wax na cor bege claro.

- **Amostra 8 e 9 (R1) - Roolling Coll** (Figura 80): couro nas cores caramelo claro e cinza com espessura de 1,00 mm. Flor lixada, fundo de característica expansiva com o calor, e aplicação de laca nitrocelulose fosca base água com estampa. Utilizado para acessórios de moda.

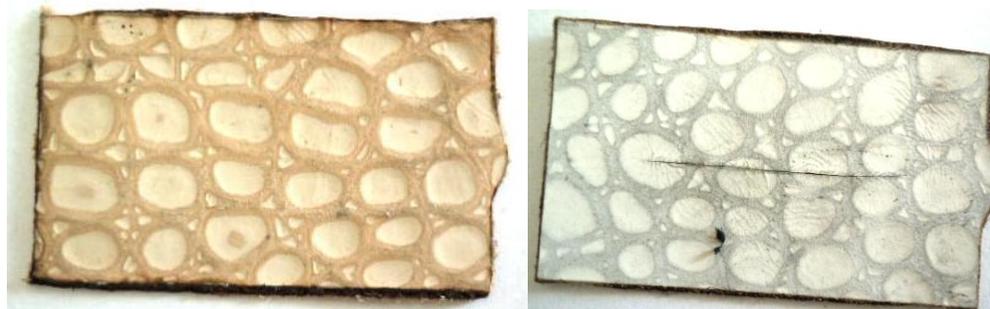


Figura 80 - Roolling Coll na cor caramelo claro e na cor cinza.

- **Amostra 10 (R1) – Cavalier** (Figura 81): couro na cor salmão, espessura 1,05 mm. Possui flor integral e teve a aplicação de um fundo de adesão com tinta pigmentada com leve estampa por solicitação do cliente, coberta com laca nitrocelulose fosca base solvente.

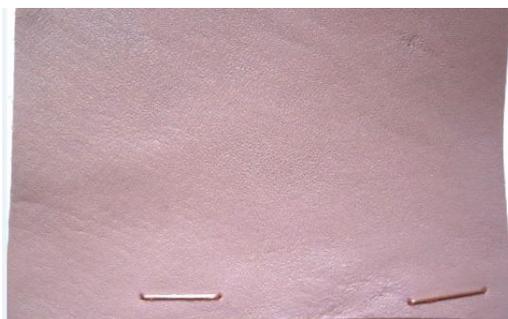


Figura 81 - Cavalier na cor salmão.

- **Amostra 11 (R2) – Tumbler** (Figura 82): couro na cor bege escuro, espessura 1,05 mm, estucado, apresenta flor lixada com tinta pigmentada, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente. Empregado para alguns tipos de sapatos, bolsas, jaquetas e até calças, onde uma das características é que há uma maleabilidade no artigo.



Figura 82 - Tumbler na cor bege escuro.

- **Amostras 12, 13, 14 e 15 (R1) - Tumbler** – Nas cores rosa bêbe e rosa ocre (Figura 83), espessura de 1,00 mm, na cor azul musgo (Figura 84) com espessura de 1,25 mm e lilás (Figura 85), espessura de 1,00 mm. Por solicitação do cliente este couro de flor integral teve a aplicação de uma estampa com um fundo de adesão com tinta pigmentada coberta com laca nitro fosca base solvente.



Figura 83 – Tumbler na cor rosa bêbe e na cor rosa ocre.



Figura 84 - Tumbler na cor azul musgo.

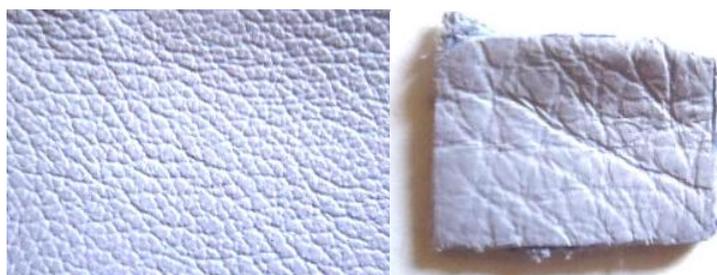


Figura 85 – Tumbler na cor Lilás.

- **Amostra 16 (R3) – Napa Tênis** (Figura 86): couro na cor preta com espessura de 1,26 mm. Este artigo apresenta flor integral com fundo de adesão e tinta pigmentada, também **por solicitações do cliente foi estampado** e aplicado poliuretano fosco, o qual deixa o couro um pouco mais rígido. É empregado no setor automotivo, moveleiro e em certos acessórios de moda, como tênis e calçados.



Figura 86 - Napa tênis na cor preta.

3.2 Análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Por meio do emprego da técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) procurou-se realizar a análise, identificação e caracterização das alterações das fibras quando submetidas a incisões de laser, assim como serviu para diferenciação e identificação das superfícies do couro (amostras de couros curtidos, semi-acabados e acabados foram pesquisadas a fim de poder orientar na seleção e identificação de futuras sobras/resíduos de processos, visando seu reaproveitamento na confecção de novos acessórios. O equipamento utilizado foi da marca HITACHI® TM, modelo 3000, com acessório EDS (espectroscopia de energia dispersiva) acoplado cuja função é identificar os elementos químicos presentes na amostra. Observa-se que as amostras analisadas neste equipamento não precisam de recobrimento metálico e para o uso do EDS não se tem a necessidade de usar Nitrogênio Líquido. O equipamento pertencente ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais da UFRGS. No exemplo da Figura 87, observa-se a amostra sendo colocada no equipamento para averiguação.



Figura 87 - Amostra sendo colocada no equipamento de microscopia eletrônica de varredura.

Foram analisadas em MEV amostras de couro do tipo wet blue, *wet White*, e semi-acabado a partir de raspa de couro (camada inferior obtida após a divisão da pele) e avaliadas a partir da superfície externa (flor), superfície da raspa, parte interior da pele (carnal) e do corte transversal das mesmas.

3.3 Medições dos couros

Análises de espessura: Para as análises de propriedades físicas, o espessímetro marca Mitutoyo CEQ 873 foi empregado (figura 88) para a tomada manual e leitura da espessura.



Figura 88 - Medição das amostras de couro com espessímetro.

Ensaio mecânicos de ruptura e resistência: para as medições de propriedades mecânicas foram cortados a laser 48 corpos-de-prova provenientes de 16 tipos de amostras de couros curtidos ao cromo, semi-cromo e ao tanino obtidas no curtume Bom Retiro, conforme demonstrado nas Figuras 89 e 90, respectivamente.



Figura 89 - Corpos-de-prova sendo cortados a laser para os ensaios de tração e alongamento.



Figura 90 - Corpos-de-prova cortados a laser para os testes de tração e alongamento.

Determinação da resistência à tração e alongamento: a norma de referência utilizada para o ensaio foia ABNT NBR 11041. As amostras são colocadas no equipamento de tração marca Oswaldo Filizola, modelo AME-5 (Figura 91) e devem ser presas na parte superior e inferior manualmente, em seguida o equipamento é ligado acionando uma

determinada carga que faz com que as pinças vão avançando (Figura 92) até a ruptura da flor do corpo-de-prova (Figuras 93, 94), momento onde se registra a distensão (alongamento progressivo) e a força usada para romper o couro que é o resultado visual da aplicação da força.

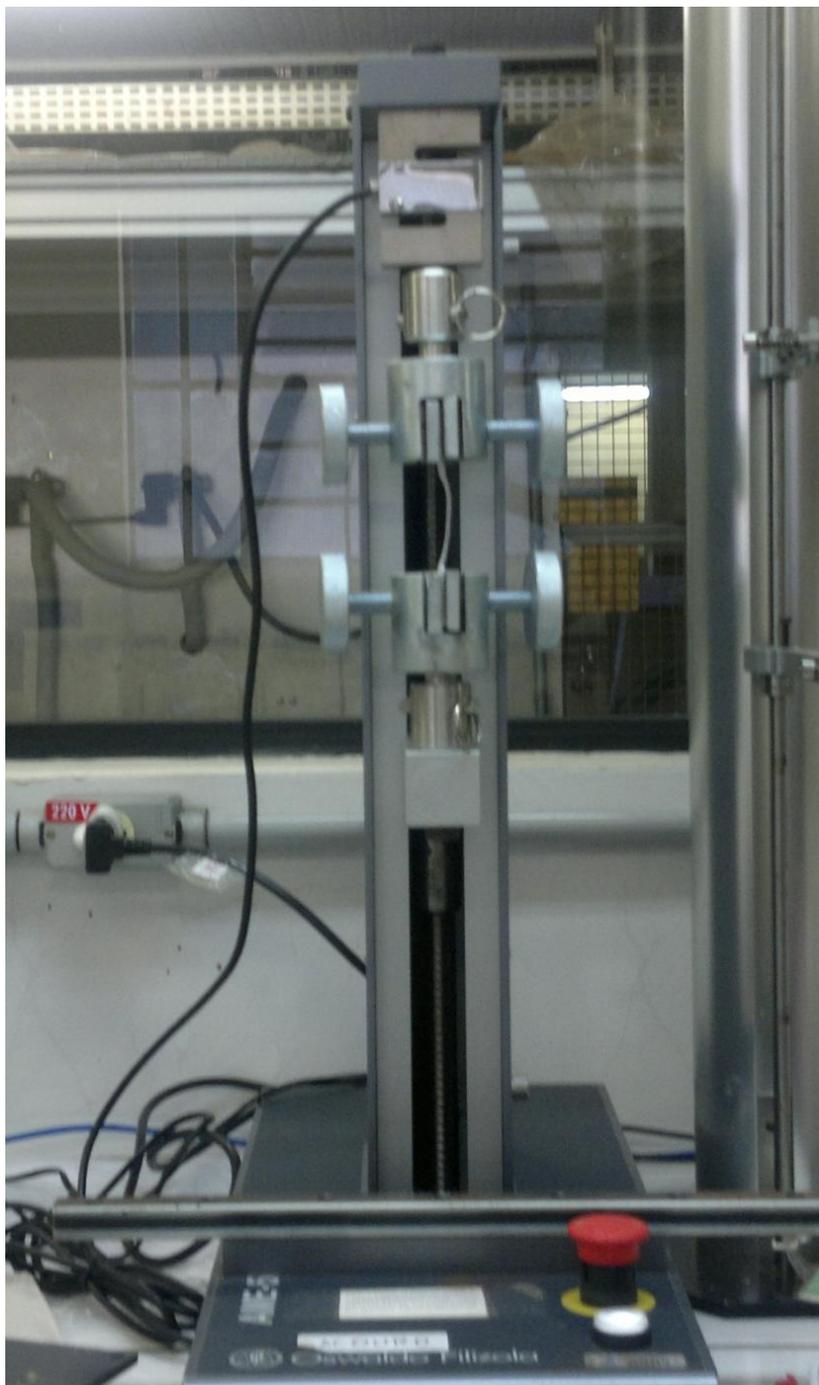


Figura 91 - Máquina de tração com corpo-de-prova para teste de alongamento progressivo.



Figura 92 - Corpo-de-prova sendo alongado a fim de averiguar sua ruptura.

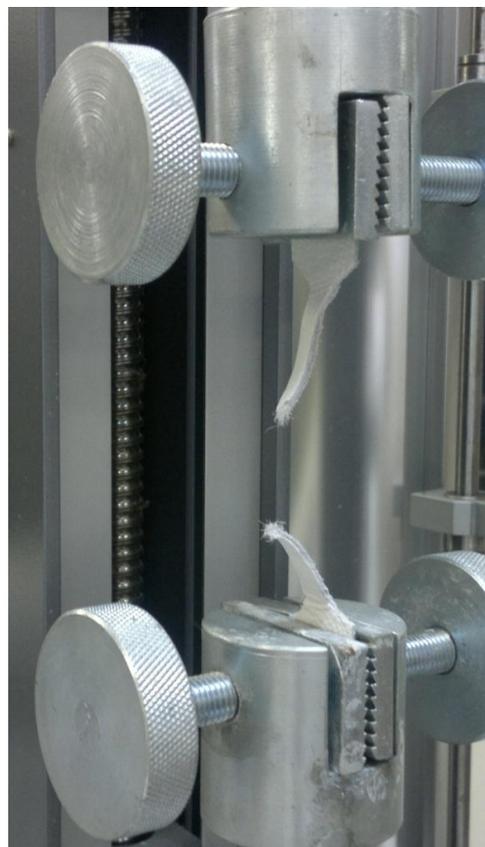


Figura 93 - Rompimento do corpo-de-prova na máquina de tração.



Figura 94- Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de tração de alongamento.

Determinação da força de rasgamento progressivo: Para este teste utilizou-se como referência a norma da ABNT NBR 11055, onde foram ensaiadas 48 amostras de 16 tipos de couros. Inicialmente, fez-se a medição da espessura destas como denota a Figura 90,

conforme a NBR 11052. Após, foi realizada a regulagem dos ganchos para que ficassem a 1 mm de afastamento e, em seguida, foram colocados os corpo-de-prova na posição horizontal em relação aos ganchos metálicos do equipamento. Feitos estes ajustes foi acionada a máquina universal de ensaio cujos ganchos afastaram-se até ruptura ou "rasgamento" do corpo-de-prova ensaiado (Figuras 95 e 96); e logo em seguida foi gerado um relatório da força de rasgamento.



Figura 95 – Ensaio de rasgamento progressivo.



Figura 96 - Corpos-de-prova submetidos ao ensaio de rasgamento progressivo.

3.4 Equipamento de corte e gravação a laser empregado e aplicação da técnica

Para o corte e marcação ou “gravação” da superfície das amostras foi utilizado o equipamento de Corte e Gravação a Laser modelo Mira CO₂3007, de marca Automatisa (Figura 97), pertencente ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LdSM/UFRGS).



Figura 97 – (a) Equipamento de corte e gravação a laser, modelo Mira, marca Automatiza instalado nas dependências do LdSM/UFRGS; (b) Imagem do laser rastreando a área; (c) laser em funcionamento.

O equipamento Mira CO₂3007 é um equipamento controlado por computador (CNC), que possui equipamento Laser tipo galvanométrico com fonte fixa de laser. Quando em operação o feixe emitido pela fonte atinge dois espelhos que são rotacionados por motores denominados galvos, daí o nome galvanométrico (Figura 98). A rotação dos espelhos guia o feixe laser até uma unidade focalizadora também fixa denominada Lente F-theta. Esta lente focaliza o feixe de laser em um plano denominado plano de trabalho, onde o material será processado (Manual Automatiza, 2010), com variação automática da mesa de trabalho e potência de 60W com consumo máximo de 1,5 KVA, apresentando como características de desempenho uma velocidade máxima de 500 mm/s tanto para corte como para gravação, utiliza alimentação de 220 VAC (estabilizada), com ambiente climatizado abaixo de 25° C (recomendação do fabricante) e área mínima de 2,4 x 2,4 m. O equipamento tem como itens inclusos um computador tipo PC com monitor LCD, exaustor de ar e *softwares Laser Draw* para controle do equipamento e *software* editor de contornos, cuja função é edição dos desenhos para o maior desempenho. Este equipamento traz como benefícios a alta produtividade, fácil operação em virtude da interface amigável tanto do

equipamento quanto do software, permite a gravação e corte em diferentes materiais como couro, jeans, tecido, EVA, MDF, vidro, cerâmica, papel entre outros materiais. Uma das várias características é que o *software* importa arquivos com extensões do tipo DST, plt, dxf, bmp que podem ser gerados a partir de *softwares* como *Coreldraw*®, *Photoshop*®, entre outros. O equipamento utiliza dois tipos de lentes de 100 mm e de 300 mm para a aplicação do Laser, com velocidade que varia entre 0,01 a 500 mm/s e pode funcionar numa potência máxima de 60W que equivale a 100%. A área útil de trabalho para a lente de 100 mm é de 10 x 10 cm e para a lente de 300 mm a área útil é de 30 x 30 cm. O equipamento é controlado por computador (CNC), que possui uma plataforma em aço para a disposição das peças a serem trabalhadas no tamanho de 70 x 70 cm para a realização da aplicação dos feixes de luz de laser sobre diversos substratos. Ainda conta com sistema de iluminação e refrigeração internos. O sistema de funcionamento dá-se nos eixos X e Y por pontos ou linhas e pode-se controlar a resolução entre pontos do laser.

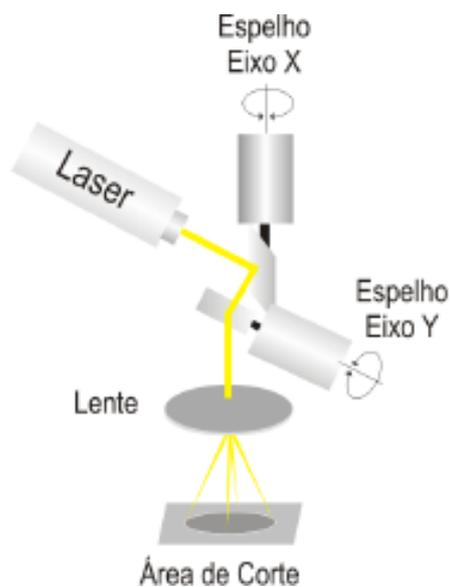


Figura 98 - Esquema Representativo do Laser Galvonométrico.

Fonte: Manual Laser Automatisa, 2010.

A lente utilizada na máquina Mira 3007 (Synrad T60) é do tipo convexa-côncava “menisco” (vide Figura 99), em que uma das superfícies é esférico-convexa e a outra esférico-côncava (Automatisa®, 2010).

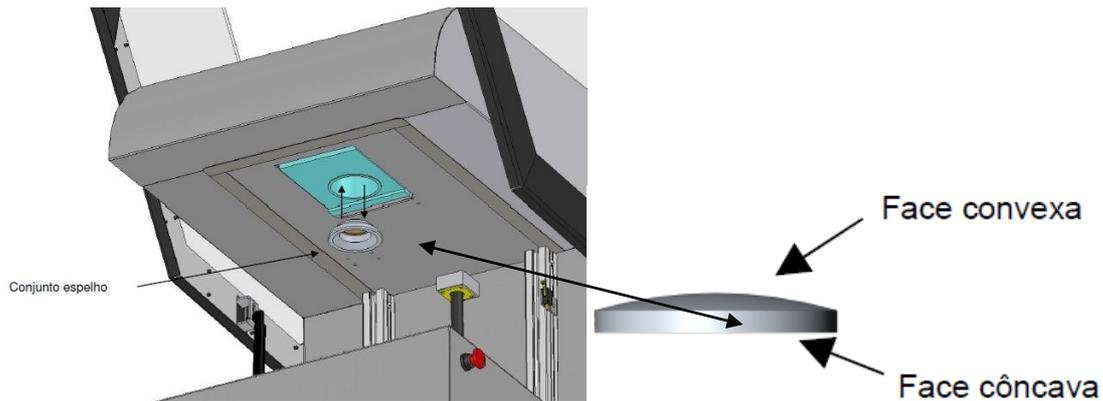


Figura 99 - Esquema Representativo da Lente F-theta.

Fonte: Manual Laser Automatisa, 2010.

Para a realização da etapa de corte e marcação foram desenvolvidos padrões de desenhos em três formas geométricas (Figura 100). O desenho em formato geométrico simples foi desenvolvido no *Software Corel Draw®* de desenho vetorial. Para analisar o corte e a gravação em linha reta foi desenhado um retângulo e para avaliação de desenhos curvos foram desenhados círculos e um em formato variável.

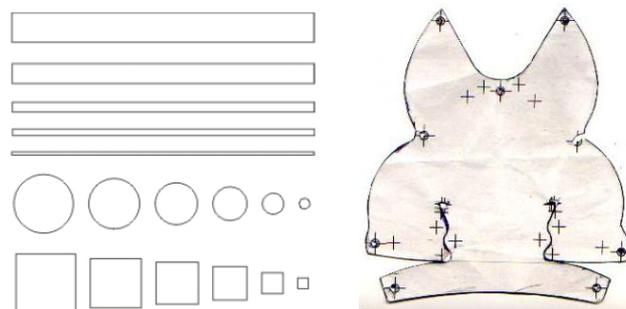


Figura 100 - Desenhos criados no *Software Corel Draw®* para cortes e gravações das amostras de couro. Fonte: O desenho da letra (a) foi utilizado na dissertação de mestrado de Stürmer (2010) e, em (b) desenho adaptado.

Ressalta-se que durante o desenvolvimento deste trabalho também foram criados desenhos gerados a partir de padrões encontrados na natureza (Figura 101), de nível mediano e complexo que pudessem ser aplicados em tamanhos diversos para o corte e gravação a laser de amostras de couro. Para estes foi utilizado como referencial a metodologia da Biônica (www.ufrgs.br/ndsm), utilizada para os estudos de caso, cujo detalhamento do processo criativo encontra-se ao final deste trabalho na seção dos apêndices (Santos, 2011).



Figura 101 - Desenhos de média e alta complexidade criados para as disciplinas de Biônica e Tópicos Especiais Digitalização, Usinagem e Corte a Laser e, que foram utilizados para a gravação a Laser, *Software Corel Draw®*.

As variáveis para o processo de aplicação de feixes de luz de laser, para a realização de marcações ou corte são: a verificação da espessura do couro, a seleção adequada do tipo de Lente (10 ou 30 mm), isto é, realiza-se a verificação da lente no equipamento, caso não seja a correta necessita-se fazer a troca e ajuste dos padrões no *software*, isto é, a seleção da mesma na listagem do menu proposto pelo sistema. A seguir, deve-se realizar o nivelamento da altura da mesa com relação ao foco e a espessura do material “couro” a ser trabalhado pelo laser. Para este trabalho foi utilizada a lente de 10 mm cujo foco na mesa deve ficar em 9 mm. A etapa seguinte refere-se às configurações do *setup* do programa, isto é, a inserção de dados relativos à potência que será impressa pelo feixe de Luz do Laser e, que varia de 0 a 60W (100%), a qual indica a quantidade de energia depositada por unidade de tempo sobre a peça. Em conjunto, seleciona-se a velocidade que o equipamento executará a operação e esta é compreendida entre 0,01 a 500 mm/min. Após as etapas descritas anteriormente deve-se colocar o CD no compartimento do computador e abrir o arquivo correspondente com o desenho que fora previamente criado devendo estar com uma das seguintes extensões DST, plt, dxf, bmp para iniciar a execução do Laser.

Para os testes iniciais a fim de averiguar os parâmetros de *setup* do laser, utilizou-se amostras de couro *wet blue*, porque se dispunha em maior quantidade e, que o número de aplicações “incidências”, potência e velocidade do feixe de laser sob o substrato foi estabelecido durante o *processo* e, de modo empírico, conforme denota a bibliografia de Ion (2005). Para métodos empíricos, a literatura (Ion, 2005) recomenda fixar uma potência e alternar a velocidade que, neste caso fixou-se em 100%, o que equivale a 60W. Ainda

com relação ao número de aplicações “incidências” foram fixadas em uma única vez e os resultados foram verificados através do aspecto visual e pelo emprego de microscópio Estereoscópico, marca Olympus.

Processo de corte a laser: as amostras foram submetidas à aplicação de pulsos curtos de laser, a fim de obter a melhor precisão de corte e conseqüentemente a redução de região da queima, tendo em vista a diminuição de tempo do calor se expandir pelas laterais, isto é, concentrando-se apenas na sublimação e no vapor, que é então pressurizado contra o laser em virtude da alta potência aplicada, em baixas velocidades. As espessuras das amostras variaram de 1,03 a 1,85 mm, medidas com um espessímetro modelo Mitutoyo 0-10 mm x 0,01 mm. Cada corpo-de-prova foi medido 3 vezes, nos quatro cantos e no centro com peso e sem, este cujo registro encontra-se no item de descrição das amostras e nos anexos. As incisões de laser foram aplicadas em *wet blue*, semi-acabado e acabado. O *setup* do programa foi realizado manualmente, isto é, fixando-se o valor de 100% (equivale a 60W) para potência e para a velocidade inseriram-se valores que ficaram compreendidos entre 0,9 a 450 mm/s, cujas alternâncias ocorrem em função da espessura de cada material, o que influi na localização do foco da lente e do posicionamento da mesa de trabalho com relação ao eixo Z (altura). Ciclos curtos foram realizados com a lente de 10 mm.

Processo de gravação a laser: foi fixada a mesma potência utilizada para o corte, isto é, fixou-se em 100%, o que equivale a 60W e foi alterado o valor da velocidade que ficou compreendido entre 2,65 a 450 mm/s. Para estes ensaios os critérios analisados foram se o tipo de marcação “queima” no material, deixa alguma rebarba e/ou ainda quanto ao tipo de marcação se fraca, média ou forte. A marcação a laser no couro é considerada apropriada quando se consegue combinar o material com o comprimento do feixe de laser que será absorvido na região superficial provocando a descoloração, branqueamento ou a marcação propriamente dita, que pode fazer um leve desgaste de 0,1mm (Ion, 2005). De um modo geral, o processo de gravação a laser por ablação ou degradação química tem características semelhantes ao corte, mas, neste caso o feixe de luz de laser deposita no couro uma energia que provoca uma reação entre as fibras e o calor provocado por este, sendo que esta energia imposta pelo laser quebra as ligações químicas, ocasionando uma pequena remoção das fibras do couro e, assim realiza a gravação “marcação” permanentemente do desenho, e para esta operação o feixe é rapidamente varrido pela superfície do couro. As

superfícies destas amostras de acordo com a literatura apresentam uma fina camada de carbono livre com cerca de 300 µm resultante da ação do laser.

3.5 Avaliação visual

Os parâmetros utilizados para o corte e gravação a laser foram criados de forma prática-experimental e avaliados por meio do aspecto visual dos corpos-de-prova.

Crítérios analisados para o corte: verificou-se se o laser atravessou o material e em caso positivo se houve a formação de rebarbas ou não. Outro aspecto foi com relação à geração de uma superfície queimada com fuligem ou não. Os cortes a laser são considerados apropriados quando atravessam o material sem deixar a superfície queimada e sem rebarbas ou encolhimento do material. Estes critérios foram classificados por meio de pictogramas de acordo com o aspecto visual apresentado pela fibra submetida a este processo (Figura 102), onde o pictograma (a) excelente representa os cortes avaliados como excelentes, isto é, aqueles que não apresentam rebarbas nem fuligem; o pictograma (b) bom caracteriza-se por apresentar rebarbas e um pouco de fuligem é considerado bom, ao passo que (c) é considerado regular tendo em vista a presença de muita fuligem, rebarbas entre as fibras e, deformação do material; e o último (d) são os cortes considerados insatisfatórios para o couro, tendo em vista a queima e encolhimento do material. Os resultados obtidos foram compilados no quadro de classificação de número 7 para as amostras cortadas a laser com relação aos parâmetros de potência fixada em 100% o que equivale a 60W, velocidade entre 0,01 a 500 (mm/s) e foco.

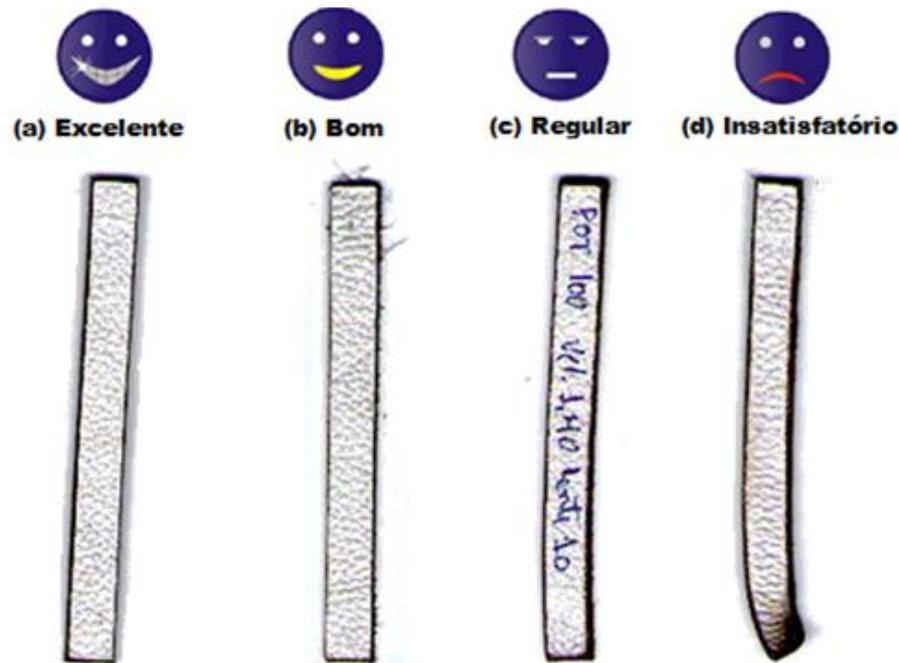


Figura 102 - Pictogramas utilizados para representação de corte a laser. Fonte: Esses ícones foram utilizados e aprimorados na dissertação de mestrado de Stürmer (2010) e por Beretta (2012).

Critérios analisados para a gravação: do mesmo modo anterior para representar os resultados obtidos na gravação utilizaram-se pictogramas (Figura 103), que demonstram o aspecto visual obtido neste processo, isto é, se a gravação apresenta uma aparência forte, média, fraca e/ou se houveram danos ao material como encolhimento, queima e excesso de fuligem que ocasionam a distorção do desenho. O pictograma (a) representa as gravações consideradas excelentes, isto é, uma marcação em que o desenho é fidedigno ao proposto, sem distorções, com uma marcação bem visível sem alterações, rebarbas ou geração de fuligem em excesso; o pictograma (b) bom, identifica uma marcação média e um pouco de fuligem; o (c) é considerado regular por apresentar um desenho muito queimado com excesso de fuligem e distorções; e o último (d) são as marcações insatisfatórias ou ruins, quase imperceptíveis a uma certa distância e/ou aquelas gravações que danificaram o couro, em virtude da queima em excesso do substrato ou do encolhimento do material. Os resultados obtidos para o processo de marcação está registrado no quadro de número 8, lembrando que neste também se fixou a potência em 100% o equivalente a 60W e velocidades de 2,65 a 450 mm/s, de acordo com o ponto focal.

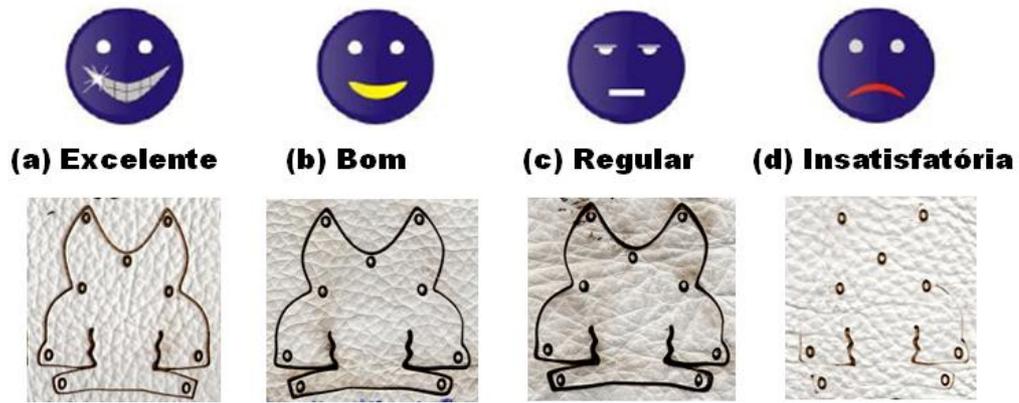


Figura 103 - Pictogramas utilizados para representação de gravação a laser. Fonte: Esses ícones foram utilizados e aprimorados na dissertação de mestrado de Stürmer (2010) e por Beretta (2012).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta a compilação dos dados obtidos pela pesquisa.

4.1 Análises de Tração e Rasgamento das amostras

Os resultados dos ensaios físicos – mecânicos de rasgamento progressivo e testes de alongamento em 16 amostras de couros acabados obtidos junto ao Curtume Bom Retiro foram colocados nas Tabelas de número 4 e 5, e estes valores foram executados seguindo os padrões estabelecidos pela norma técnica que recomenda a medição de pelo menos três corpos de prova para a determinação de resistência a tração e ao rasgamento e resistência da flor à distensão pela esfera.

Ressalta-se que os corpos-de-prova como sendo provenientes de sobras de produção e que não se pode determinar a região da pele de onde foi retirada a amostra. Ainda com relação a resistência, o couro apresenta uma variação de tensão a tração que pode estar compreendida de 25 a 35 kg/cm² e com módulo de elasticidade de 1250 a 2250 kg/cm² (Pareto, 2003).

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de tração

Amostra	Espessura (mm)	Força máxima de Tração (N)	Desvio Padrão da Força	Limite de Ruptura da força (N)	Desvio Padrão do Limite de Ruptura	Tensão de Ruptura (N/ mm ²)
1	1	189,066	32,04	184,466	45,904	18,90
2	1,05	483,933	46,54	425,666	147,400	46,08
3	2	250,666	85,87	63,448	146,127	12,53
4	1,05	566,600	72,95	544,266	247,581	53,96
5	1,25	231,666	2,01	231,533	5,080	18,53
7	1,05	167,133	4,82	167,133	5,096	15,91
8	1	174,866	13,21	174,200	26,327	17,48
9	1	323,533	55,61	257,733	219,854	32,35
11	1,05	316,200	11,54	316,000	30,276	30,11
12	1	235,133	19,58	234,933	75,817	23,51
13	1	250,066	4,54	249,533	15,806	25
14	1	233,400	24,89	230,933	87,094	23,34
15	1,25	416,133	17,86	415,866	23,720	33,29
16	1,26	170,266	8,67	170,133	24,133	13,51

Tabela 5 – Resultados dos Ensaio de Rasgamento Progressivo e Alongamento

Amostra	Força de rasgamento (N)	Desvio Padrão	Alongamento (%)
1	174,200	26,020	30
3	327,200	42,843	33
4	202,600	84,468	30
5	193,667	31,715	19
10	126,400	5,196	19
11	250,133	59,005	26
12	199,600	47,448	21
13	139,867	26,024	21
14	253,133	27,600	24
15	199,267	48,301	30

Hoinacki (1989) salienta que de acordo com os níveis aceitáveis de qualidade na indústria de couros publicada pelas Organizações das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (1976), a resistência à tração mínima deve ser de no mínimo 10 N/mm², a alongação até a ruptura o valor mínimo é de 60% e o rasgamento progressivo deve ser no mínimo de 15 (kgf/cm ou N/cm).

Sendo assim, as médias de resistência ao rasgamento não apresentaram grandes diferenças e foram superiores ao mínimo exigido que é na faixa de maior ou igual a 40 N, o que indica que o couro é de excelente qualidade e pode ser utilizado inclusive para artigos de vestuário. Para a tração, valores ficaram na faixa de 13,51 N/mm² a 53,96 N/mm². No que se refere ao alongamento este variou de 21 a 33% e a força mínima aplicada foi de 170,266 a 483,933 N (Tabela 5).

Quanto aos testes de rasgamento a força aplicada variou de 126,400 N a 327,200.

Ressalta-se que o ensaio foi feito numa única direção e isto interfere na resistência em virtude da espessura e formato dos feixes de fibras de colágeno na derme bovina assim como a idade e raça do animal.

Neste trabalho os valores obtidos com estes testes não foram confrontados explicitamente com o corte a laser apenas, levou-se em conta algumas características de resistência apresentada nos ensaios físicos-mecânicos que se observou durante o corte a laser de algumas amostras.

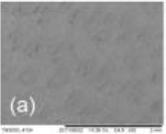
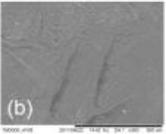
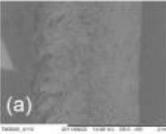
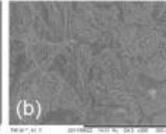
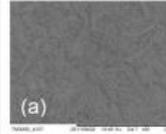
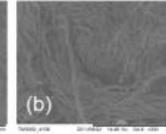
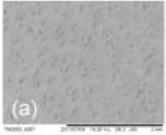
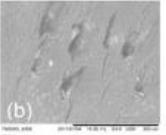
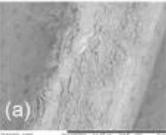
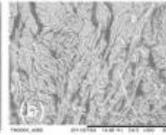
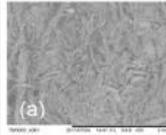
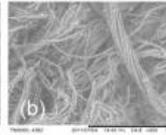
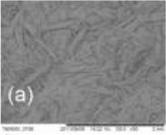
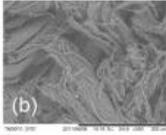
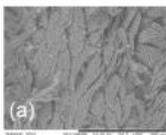
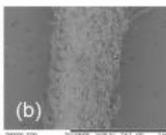
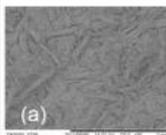
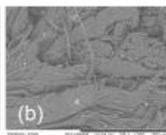
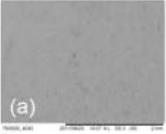
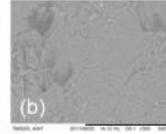
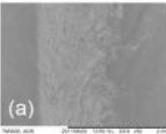
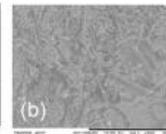
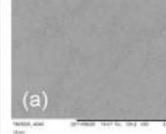
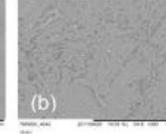
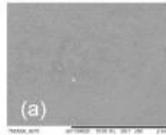
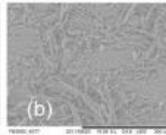
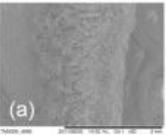
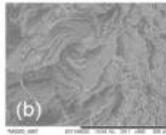
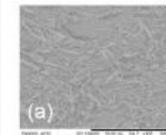
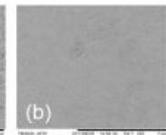
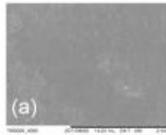
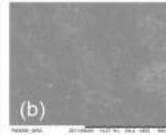
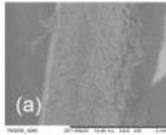
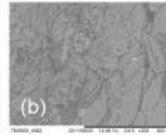
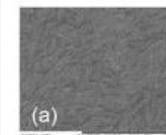
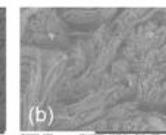
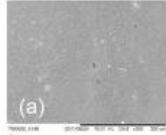
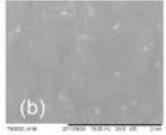
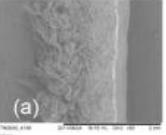
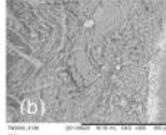
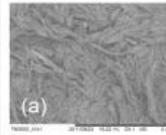
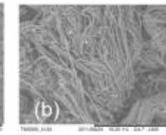
4.2 Análises por MEV

Avaliações de imagens foram feitas em amostras de couro por MEV (microscopia eletrônica de varredura) obtidas da superfície externa (flor), parte interior da pele (carnal) e também foi realizado o corte transversal das amostras, com tesoura, a fim de verificar as reações sofridas nas fibras na parte superior, intermediária e inferior, bem como no acabamento aplicado a esta. Estas amostras foram coletadas nos curtumes BMZ e Bom Retiro, que produzem couro para a indústria automotiva, moveleira e calçadista. Dos couros curtidos ao cromo no curtume (camada superior após a divisão ou flor do *wet blue*) foram retiradas amostras em semi-acabado, após as operações de pré-acabamento (aplicação de estuco e lixamento) e acabamento. Foram observadas também amostras de couros semi-acabados a partir de raspa de couro (camada inferior obtida após a divisão da pele) e a partir de *wet white* (curtido sem cromo). O quadro 3 mostra as imagens obtidas em MEV das amostras semi-acabado e acabado para as quais foram observadas as regiões superficiais (para couro flor e raspa), inferiores (carnal) e cortes transversais a fim de se observar as características distintas de acordo com cada etapa de processamento.

Apointa-se no quadro 2 que o couro semi-acabado é aquele que passou por tratamentos de recurtimento e engraxe, o que propiciou um maior isolamento interno nos feixes de fibras e definição dos poros na superfície, a exemplo a amostra 6, se comparado com o couro curtido da amostra 1, e este efeito foi mais evidente na amostra 2 que é um semi-acabado a partir de *wet white*. No caso das amostras com estuco, este faz o fechamento dos poros e dos defeitos da superfície, enquanto que o lixamento expõe novamente as fibras como evidenciam as amostras 4 e 5. Artigos com estas características destinam-se para a aplicação em estofamentos. As amostras de couro com cobertura e

aqualac (composição de resina, pigmento e outros produtos) formam uma camada filmogênica sobre a superfície, conforme o filete verificado no corte transversal do couro da amostra 6, sendo este filme protegido por uma aplicação de lustro no acabamento final. Estas análises são importantes para identificação de couros para melhor aplicabilidade.

Quadro 2 – Imagens de microscopia eletrônica de varredura das amostras de couro em sequência de acordo com a etapa de processamento.

Amostra/Tipo	Flor		Interface		Carnal	
	50x	300x	50x	300x	50x	300x
<p>1. Semi-acabado sem lixa a partir de <i>Wet Blue</i></p> 						
	1. Semi-acabado, flor 50x (a) em (b) 300x		1. Semi-acabado, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		1. Semi-acabado, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>2. Semi-acabado a partir de <i>Wet White</i></p> 						
	2. Semi-acabado de wet white, flor 50x (a) em (b) 300x		2. Semi-acabado de wet white, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		2. Semi-acabado de wet white, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>3. Semi-Acabado a partir de raspa <i>Wet Blue</i> lixado s/estuco</p> 						
	3. Semi-acabado a partir da camada raspa, flor 50x (a) em (b) 300x		3. Semi-acabado a partir da camada raspa, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		3. Semi-acabado a partir da camada raspa, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>4. Semi-acabado a partir de raspa de <i>Wet Blue</i> lixado c/estuco</p> 						
	4. Semi-acabado com estuco, flor 50x (a) em (b) 300x		4. Semi-acabado com estuco, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		4. Semi-acabado com estuco, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>5. Semi-acabado c/estuco lixado</p> 						
	5. Semi-acabado com estuco e lixado, flor 50x (a) em (b) 300x		5. Semi-acabado com estuco e lixado, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		5. Semi-acabado com estuco e lixado, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>6. Semi-acabado c/coertura e Aqualac</p> 						
	6. Aplicação de cobertura, flor 50x (a) em (b) 300x		6. Aplicação de cobertura, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		6. Aplicação de cobertura, carnal 50x (a) em (b) 300x	
<p>7. Acabado</p> 						
	7. Acabado final, flor 50x (a) em (b) 300x		7. Acabado final, corte transversal 50x (a) em (b) 300x		7. Acabado final, carnal 50x (a) em (b) 300x	

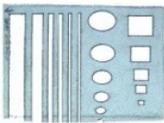
4.3 Testes prévios do processo de corte e gravação a laser

4.3.1 Processo de corte a laser

Para o processo de corte, as amostras foram submetidas à aplicação de pulsos curtos de laser, a fim de se obter a melhor precisão de corte e conseqüentemente a redução de região da queima, visando diminuir o tempo de exposição ao calor e permitir a difusão do mesmo pelas laterais, isto é, havendo apenas o calor de vaporização para as amostras. Estas são provenientes do curtume JBS (BMZ) e da TFL do Brasil, são amostras de: couro curtido do tipo *wet blue*, acabado lixado, semi-anilina com estampa tipo napa, raspa c/estuco acabada, semi-cromo com acabamento anilina e semi-anilina pigmentado.

O quadro 3 aponta os testes iniciais com a lente de 300 mm. Este teste serviu para a verificação da adequação desta às amostras, assim como a tomada de parâmetros de velocidade e foco.

Quadro 3 – Testes de velocidade e foco para o corte das amostras com lente de 300 x 300 mm.

PARÂMETROS FIXADOS			
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)		
POTÊNCIA %	100% (60 W)		
LENTE	300 mm		
FOCO DA MESA	34 mm		
Amostras	Cor	Velocidade	Observação
<i>Wet-blue</i> 2 mm	Azul-esverdeado 	9 mm/min	Muito Bom
Acabado lixado, semi-anilina, estampado, tipo Napa 1 mm	marrom escuro 	12 mm/min	Muito Bom
Raspa c/estuco acabada 2 mm	rosa 	1 mm/min	Bom
Acabado lixado pigmentado tipo Antique 1,25 mm	marrom 	12 mm/min	Quase cortou tudo. Ficou bem

Na Figura 104 são apresentados os resultados iniciais de corte para os parâmetros estabelecidos com a lente de 300 mm aplicado nas amostras de couro do tipo *wet blue*,

semi-cromo lixado com acabamento semi-anilina estampado tipo napa, raspa com estuço acabada, semi-cromo lixado com acabamento pigmentado tipo antique.



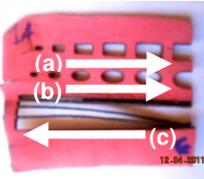
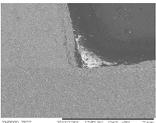
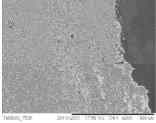
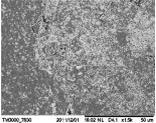
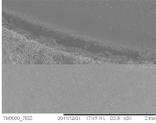
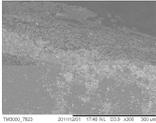
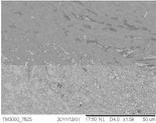
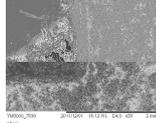
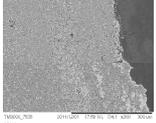
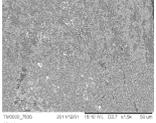
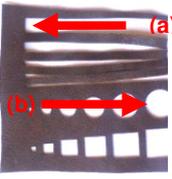
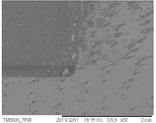
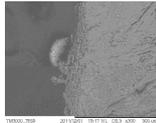
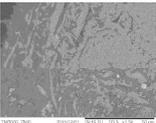
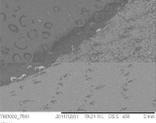
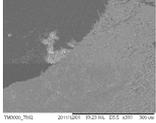
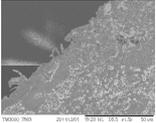
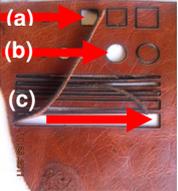
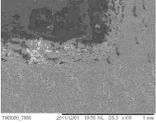
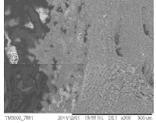
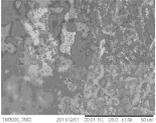
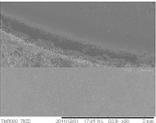
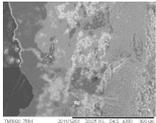
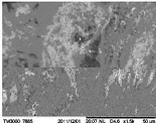
Figura 104 – Amostras iniciais cortadas a Laser.

Após a realização dos testes preliminares com o corte a laser, efetuaram-se no equipamento de microscopia eletrônica de varredura as análises das amostras em couro do

tipo semi-cromo lixado com acabamento semi-anilina estampado tipo napa, raspa com estuco acabada, semi-cromo lixado com acabamento pigmentado tipo antique submetidas ao processo de incisões de feixes de laser sob a superfície da flor e, camada raspa com o intuito de se observar os detalhes das regiões das fibras cortadas, conforme apresentado no quadro 4.

De um modo geral, as amostras cortadas a laser demonstraram um bom resultado visual e, conforme análise via MEV, pode-se observar que estas apresentam camadas de acabamento que recobrem a região superficial aderidos à superfície da camada flor e raspa. No entanto, cabe ressaltar que durante os ensaios foi observado uma determinada instabilidade de foco da lente de 300 mm o que ocasionou em algumas amostras o decréscimo de qualidade no corte das amostras.

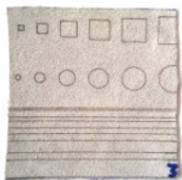
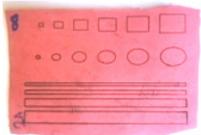
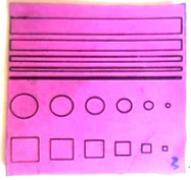
Quadro 4 – Imagens em MEV das amostras de couro do tipo raspa acabada e acabado cortados a laser.

Tipos de Couro	Raspa 50x	Raspa 300x	Raspa 1500x
<p>Raspa acabada 2mm</p> 	 <p>Raspa acabada, 50x (a) quadrado</p>	 <p>Raspa acabada 300x (a) quadrado</p>	 <p>Raspa acabada 1500x (a) quadrado</p>
	 <p>Raspa acabada 50x (b) círculo</p>	 <p>Raspa acabada flor 300x (b) círculo</p>	 <p>Raspa acabada flor 1500x (b) círculo</p>
	 <p>Raspa acabada 50x (c) retângulo</p>	 <p>Raspa acabada 300x (c) retângulo</p>	 <p>Raspa acabada 1500x (c) retângulo</p>
Tipos de Couro	Flor 50x	Flor 300x	Flor 1500x
<p>Acabado lixado, semi-anilina, estampado, tipo Napa 1 mm</p> 	 <p>Acabado, flor 50x (a) retângulo</p>	 <p>Acabado, flor 300x (a) retângulo</p>	 <p>Acabado, flor 1500x (a) retângulo</p>
	 <p>Acabado, flor 50x (b) círculo</p>	 <p>Acabado, flor 300x (b) círculo</p>	 <p>Acabado, flor 1500x (b) círculo</p>
<p>Acabado lixado pigmentado tipo Antique 1,25 mm</p> 	 <p>Acabado, flor 50x (a) quadrado</p>	 <p>Acabado, flor 300x (a) quadrado</p>	 <p>Acabado, flor 1500x(a) quadrado</p>
	 <p>Acabado, flor 50x (b) círculo</p>	 <p>Acabado, flor 300x (b) círculo</p>	 <p>Acabado, flor 1500x(b) círculo</p>
	 <p>Acabado, flor 50x (c) retângulo</p>	 <p>Acabado, flor 300x (c) retângulo</p>	 <p>Acabado, flor 1500x (c) retângulo</p>

4.3.2 Processo de marcação a laser

A marcação o processo tem características semelhantes ao corte, mas, neste caso, o feixe de luz de laser aplica no couro uma energia que provoca uma reação entre as fibras, e o calor provocado pelos feixes de luz ocasiona uma pequena remoção das fibras do couro, realizando a gravação “marcação” permanente do desenho. Ressalta-se que, para esta operação o feixe é rapidamente varrido pela superfície do couro e a gravação pode ocorrer por descoloração, branqueamento, gravação ou ablação. Nos testes preliminares para o processo de marcação “gravação” procurou-se utilizar uma potência intermediária e alternar a velocidade de (mm/s), de acordo com o ponto focal por meio empírico para testar a fim de observar os aspectos visuais gerados e o tipo de lente, conforme pode ser observado no quadro 5, cujo resultado de gravação é apresentado na Figura 105 para as amostras de couro do tipo raspa a partir de *wet blue*, raspa com estuco acabada e semi-cromo com estuco lixado com acabamento em semi-anilina.

Quadro 5: Testes de velocidade e foco para gravação a laser com lente de 300 x 300 mm.

PARÂMETROS FIXADOS PARA GRAVAÇÃO			
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)		
POTÊNCIA % (100% = 60W)	75%		
LENTE	300 mm		
FOCO DA MESA	34 mm		
Amostra	Cor	Velocidade	Observação
Raspa a partir de <i>Wet Blue</i> 2 mm	Cinza 	1 mm/min	Muito bom
Raspa c/estuco acabada 2 mm	Rosa claro 	5 mm/min	Bom
Acabado Semi-anilina 2 mm	Rosa 	10 mm/min	Marcou Bem

O estudo apresentado no quadro 5 ajudou na definição do tipo de lente e nos parâmetros para a velocidade, neste sentido, foi observado durante os ensaios que em certos momentos a lente de 300 mm ficava instável e em consequência desta instabilidade optou-se pela lente de 100mm.

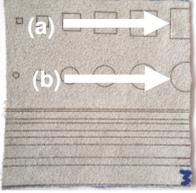
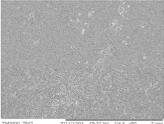
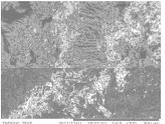
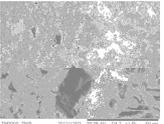
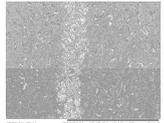
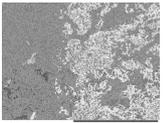
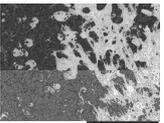
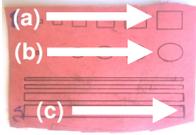
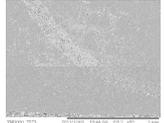
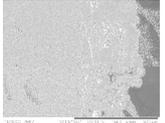
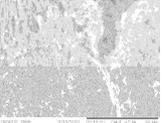
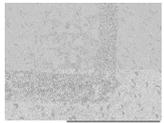
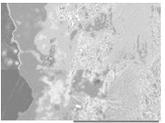
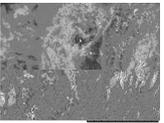
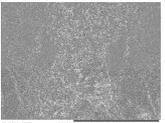
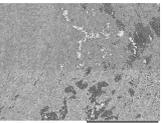


Figura 105 - Amostras de couro gravadas a laser do tipo raspa acabada e acabado.

Os resultados dos ensaios submetidos ao processo de marcação "gravação" conforme apresentado na Figura 105 foram de uma maneira geral satisfatórios, tendo em vista que o feixe gerado pela lente de 300 mm para algumas amostras marcou muito e em outros ensaios o desenho ficou muito claro. Após estas foram analisadas no equipamento de microscopia eletrônica de varredura sob a superfície da camada raspa com o intuito de observar os detalhes das regiões das fibras marcadas a laser, conforme apresentado no quadro 6. Relembrando que no chão de fábrica a camada da raspa sob a qual foi aplicada estuco ou cobertura é chamada também de flor da raspa.

A partir dos resultados visuais obtidos com os ensaios de velocidade e foco utilizando a lente de 300 mm, as amostras foram analisadas via MEV e, pode-se perceber que na amostra de raspa a partir de *wet blue* ocorre a marcação sem formação de películas incrustadas, como ocorre com a amostra de raspa acabada com estuco, onde esta reação se dá em função dos produtos químicos empregados no acabamento que reagem com o calor provocado pelo feixe de laser promovendo a ablação da camada submetida a este.

Quadro 6 – Análise via MEV da gravação de amostras do tipo raspa acabada na camada raspa.

Tipos de Couro	Raspa 50x	Raspa 300x	Raspa 1500x
<p>Raspa a partir de <i>Wet Blue</i></p> 	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, 50x (a) círculo</p>	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, 300x (a) círculo</p>	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, flor 1500x (a) círculo</p>
	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, 50x (b) retângulo</p>	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, 300x (b) retângulo</p>	 <p>Raspa a partir de <i>wet blue</i>, 1500x (b) retângulo</p>
<p>Raspa c/estuco acabada 2 mm</p> 	 <p>Raspa c/estuco acabada, 50x (a) círculo</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 300x (a) círculo</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 1500x (a) círculo</p>
	 <p>Raspa c/estuco acabada, 50x (b) retângulo</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 300x (b) retângulo</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 1500x (b) retângulo</p>
	 <p>Raspa c/estuco acabada, 50x (c) quadrado</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 300x (c) quadrado</p>	 <p>Raspa c/estuco acabada, 1500x (c) quadrado</p>

4.4 Análise do processo de corte a laser no couro

Os resultados para os corpos-de-prova de couro acabado com acabamento anilina, semi-anilina e pigmentados cortados a laser foram compilados no quadro de classificação de número 7, com relação: à qualidade do corte e aos parâmetros de potência fixada em 100% o que equivale a 60 W, velocidade entre 0,01 a 500 mm/s e foco 10 mm. Os resultados e/ou reações foram classificados por meio de pictogramas, de acordo com o aspecto visual apresentado pela fibra submetida a este processo conforme Figura 102.

Em geral, as amostras de couro apresentaram uma boa trabalhabilidade para o corte, exceto as amostras de 5, 6, 16 por apresentarem uma flor integral com espessura maior e, também em virtude dos componentes químicos presentes, o que gerou uma maior dificuldade no corte, tendo em vista o tipo de acabamento e, nestas a velocidade teve de ser diminuída. Em contrapartida, as amostras 8 e 9 foram as mais fáceis de cortar, seja em virtude da flor lixada, da espessura quanto à presença de produtos químicos de propriedades expansivas sob calor unidos à laca base água, assim como a característica de ter maleabilidade maior que neste caso permitiu a aplicação de uma velocidade maior a qual está diretamente relacionada à espessura destas. O mesmo ocorreu com as amostras 4 e 10. Observou-se que para os corpos-de-prova com menores espessuras é possível aumentar a velocidade até no máximo 4 mm/s, ultrapassando este valor o feixe provoca a marcação e não mais o corte.

Quadro 7 - Resultados obtidos para corte a laser com variação da velocidade de corte

PARÂMETROS FIXADOS												
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)											
POTÊNCIA %	100% (60 W)											
LENTE	10 mm											
FOCO DA MESA	9 mm											
	VELOCIDADE											
	mm/s											
AMOSTRAS	0,9	1	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,15
1 												
2 												
3 												
4 												
5 												
6 												
7 												
8 												
9 												
10 												
11 												
12 												
13 												
14 												
15 												
16 												

Quadro 7 (continuação): Resultados obtidos para corte a laser com variação da velocidade de corte.

PARÂMETROS FIXADOS												
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)											
POTÊNCIA %	100% (60 W)											
LENTE	10 mm											
FOCO DA MESA	9 mm											
	VELOCIDADE mm/s											
AMOSTRAS	2,20	2,25	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,75	2,80	2,90	3,00	3,50
 1												
 2												
 3												
 4												
 5												
 6												
 7												
 8												
 9												
 10												
 11												
 12												
 13												
 14												
 15												
 16												

Quadro 7 (continuação): Resultados obtidos para corte a laser com variação da velocidade de corte

PARÂMETROS FIXADOS												
Nº INCIDÊNCIA S	01 (nº de aplicações)											
POTÊNCIA %	100% (60 W)											
LENTE	10 mm											
FOCO DA MESA	9 mm											
	VELOCIDADE mm/s											
AMOSTRAS	4,00	5,00	8,00	10	100	150	200	250	300	350	400	450
 1												
 2												
 3												
 4												
 5												
 6												
 7												
 8												
 9												
 10												
 11												
 12												
 13												
 14												
 15												
 16												

4.5 Análise do processo de gravação a laser no couro

Para o processo de marcação ou “gravação” procurou-se fixar a potência em 100% o equivalente a 60 W e aumentar a velocidade de 2,65 a 450 mm/s, de acordo com o ponto focal procurando-se obter um acabamento perfeito, bem visível, sem alterações, rebarbas ou queima do material. Assim como no processo de corte, a gravação foi realizada com sucesso e o couro apresentou uma superfície que suporta as concentrações de energia direcionadas pelo feixe para a gravação de escritas e desenhos. Do mesmo modo para representar os resultados obtidos na gravação utilizaram-se pictogramas conforme Figura 103, que demonstram o aspecto visual obtido no processo.

O quadro 8 apresenta os resultados para a gravação a laser, de acordo com o aspecto visual apresentado e com relação aos parâmetros de potência fixada, velocidade e foco. A amostra 1 apresentou fácil manejo e isto ocorreu em virtude da espessura e por esta apresentar uma flor lixada, tinta pigmentada acrescido de laca butirato fosca base solvente e batido em fulão 8 horas, o que permitiu uma degradação química razoável. As amostras 2 e 3 com espessuras de 1,05 e 2 mm tendo acabamento pigmentado com camada de laca e estampa reagiram diferentemente em função da espessura, salientando que a amostra 3 a partir da velocidade de 6 mm/s começou a apresentar uma boa marcação e, em 9 mm/s já pode ser considerada excelente. As amostras 5 e 6 por serem de couro com flor integral com acabamento semi-pigmentado apresentam uma maior resistência em virtude do entrelaçamento das fibras. A amostra 7 foi uma que se destacou desde a primeira aplicação de laser com o menor parâmetro de velocidade, esta característica deve-se a espessura que é de 1,00 mm e também em virtude da flor lixada, com aplicação de chapa lisa e acabamentos finais. De uma maneira geral, pode-se afirmar que a maioria das amostras apresenta bons resultados quando são gravadas com a velocidade de 10 mm/s e excelentes resultados com parâmetros compreendidos entre 30 e 40 mm/s. Ao passo que na velocidade acima de 80 mm/s a marcação começa a ficar muito fraca e, em alguns casos, incompletas ou invisíveis.

Cabe salientar que as amostras provenientes do curtume Bom Retiro são retalhos de produção classificados por tamanhos R1, R2 e R3 (pequeno, médio e grande) e também de não serem necessariamente do mesmo lote de produção e da mesma região da pele.

Quadro 8 - Resultados obtidos para gravação a laser com variação da velocidade de gravação

PARÂMETROS FIXADOS																
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)															
POTÊNCIA %	100% (60 W)															
LENTE	10 mm															
FOCO DA MESA	9 mm															
	VELOCIDADE mm/s															
AMOSTRAS	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	3,00	3,10	3,50	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10
 1																
 2																
 3																
 4																
 5																
 6																
 7																
 8																
 9																
 10																
 11																
 12																
 13																
 14																
 15																
 16																

Quadro 8 (continuação): Resultados obtidos para gravação a laser com variação da velocidade de gravação

PARÂMETROS FIXADOS																
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)															
POTÊNCIA %	100% (60 W)															
LENTE	10 mm															
FOCO DA MESA	9 mm															
	VELOCIDADE mm/s															
AMOSTRAS	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350	400	450
 1																
 2																
 3																
 4																
 5																
 6																
 7																
 8																
 9																
 10																
 11																
 12																
 13																
 14																
 15																
 16																

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram inferir as seguintes conclusões que a introdução de métodos, processos e parâmetros para o controle de qualidade dos tipos de couro, juntamente com a aplicação de feixes de luz de laser sobre o substrato destes, podem auxiliar os profissionais da área coureira (calçadista, de estofamentos e artefatos) na compreensão das características próprias deste material natural.

No que se referem às questões ambientais, as empresas devem sistematizar modelos de produção que reintroduzam o material que seria considerado lixo, na produção de novos produtos ou como energia ou reforço de matéria-prima ao longo da cadeia. Assim, a cadeia produtiva coureira calçadista necessita produzir mais com menor custo, diminuir o nível de impacto, se adequar às normas ambientais, garantir, manter e atrair novos consumidores.

Neste contexto, o emprego do corte e gravação a laser é uma ferramenta ágil, prática, de fácil operação e que apresenta resultados excelentes, tendo em vista a possibilidade de geração de diferentes tipos de desenhos e formas com tamanhos variados o que pode colaborar com a reutilização de sobras da produção e, com isto, gerar lucro e alavancar as vendas por meio de produtos diferenciados.

A técnica possibilita no processo de desenvolvimento de peças e acessórios em couro a inovação através do *design*, agilidade e qualidade. Também permite acabamentos perfeitos cujo emprego proporciona um diferencial para a indústria coureiro calçadista e cria diferentes possibilidades de aplicação. A aplicação de texturas por meio do controle da variação de potência, velocidade, ponto focal e desenho, contribui, para a fabricação de novos artigos, como também na reutilização de futuras aparas da produção com variação da tonalidade da cor sob o substrato em virtude da aplicação do laser.

A avaliação por meio de análises microscópicas em conjunto com esta tecnologia de processo possibilita ao profissional de criação o desenvolvimento de diferentes tipos de acessórios de moda, gerando benefícios recíprocos para todos os envolvidos. Neste sentido, o emprego de equipamentos de caracterização e identificação como o microscópio eletrônico de varredura (MEV), possibilita a obtenção e o registro de imagens das características microscópicas das fibras das peças de couro curtido, semi-acabado e acabado demonstrando as diferenças presentes na superfície da pele conhecida por lado flor, o lado interno chamado de carnal como também, a raspa que é o material intermediário. As análises obtidas via MEV possibilitam, ainda, identificar as etapas do

processo e características dos substratos, o que pode facilitar o controle de qualidade na produção de couro, bem como auxiliar na identificação de aparas de recorte de couros que melhor satisfaçam a sua reutilização.

Entre alguns dos benefícios da tecnologia de corte e gravação a laser estão à rápida produção de artigos em couro e a possibilidade de fabricação sem falhas ou rebarbas com boa reprodutividade para estes produtos.

De modo geral as amostras com espessuras maiores demandam para o corte a aplicação de uma velocidade menor. Observou-se que o couro com flor integral é um pouco mais resistente ao feixe de laser ao passo que quando a flor é lixada tende a facilitar a aplicação do feixe de laser, tanto para o corte quanto para a marcação.

No corte, para as velocidades testadas, pode-se afirmar que valores inferiores a 5 mm/s contemplam melhor as expectativas, para a aplicação em amostras de tipo acabado pigmentado, semi-anilina e anilina com flor integral ou lixada com estampa. As amostras que apresentam maiores espessuras com acabamento pigmentado (produtos com alto grau de aderência que não desbotam nem saem facilmente) com estampa que imita a granulação de couro e camadas de laca nitrocelulose base água que formam uma película transparente que conferem brilho, geram uma resistência maior ao corte devido a estes produtos. As amostras de número 5, 6, 16, com flor integral, isto é, com grãos completos e fundo semi-pigmentado demonstraram uma leve resistência ao corte devido ao entrelaçamento das fibras, o que em alguns ensaios geraram rebarbas, queima ou encolhimento, mas, na medida em que se corrigiu a velocidade o corte foi realizado com sucesso. Em algumas amostras de couros como as de número 8 e 9, com 1,00 mm de espessura que tiveram a aplicação de chapa lisa e estampa o corte é realizado com uma velocidade maior para se evitar a queima do material e estas reagem muito bem à aplicação do laser. A amostra número 16 com fundo de adesão e tinta pigmentada, com camadas de poliuretano fosco que deixa o couro um pouco mais rígido, apresentou uma boa trabalhabilidade.

Na gravação foram obtidos excelentes resultados com as velocidades compreendidas entre 20 a 40 mm/s para as amostras número 1, 4, 8, 9, 11, 12 de couro semi-cromo com acabamento com estuco, flor lixada e estampa coberta com tinta pigmentada. As amostras número 2 e 3 nas cores claras com cobertura de tinta pigmentada (com produtos com alto grau de aderência que não desbotam nem saem facilmente) e leve camada de laca nitrocelulose brilho base água em alguns ensaios as amostras geraram um pouco de fuligem e uma leve formação de borda envolta da gravação.

As amostras de couro metalizado número 4 com estampa, tinta pigmentada, laca nitrocelulose brilho base solvente com Iriodin (pigmento e efeito utilizado para o acabamento final que reveste o couro e têm como base a mica mineral e a presença de alguns óxidos metálicos, cuja característica é a de proporcionar um brilho com efeito metalizado à tinta pigmentada e conferir maior adesão, brilho, maleabilidade), espessura do couro de 1,05 mm estas características não comprometeram a gravação pelo contrário até gerou um efeito de mudança de cor na superfície de acordo com o desenho aplicado.

As amostras 5 e 6 por apresentarem grãos completos (flor integral) e acabamento semi-pigmentado apresentaram uma maior resistência em virtude do entrelaçamento das fibras, que mantém as características naturais da pele bovina.

Cabe ressaltar que a amostra 7 foi uma das que apresentaram melhores resultados na gravação o que deve-se a característica de possuir 1,00 mm espessura, flor lixada, com aplicação de chapa lisa e acabamentos finais.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão fica a aplicação destes processos e técnicas no desenvolvimento de acessórios em couro cortados a laser com o emprego de texturas em alto e baixo relevo a partir de aparas em conjunto com outros materiais alternativos como gemas, fibras vegetais etc. Também sugere-se o desenvolvimento de uma coleção em couro metalizado utilizando gravações sobre o substrato do couro a partir de desenhos virtuais em diferentes escalas de cores. Ainda, utilizar modelos matemáticos para o cálculo do ponto focal, velocidade e potência, como menciona Ion (2005) em paralelo com métodos empíricos.

5. BIBLIOGRAFIAS

BAHIANA, C. **A Importância do Design para sua empresa.** CNI, COMPI, SENAI/DR-RJ. Brasília, DF. CNI (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA), 1998. pag. 56

ABDI – AGENCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Relatório de Acompanhamento Setorial Couro e Calçados.** Este trabalho foi desenvolvido em parceria com o Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas – Unicamp, Volume. IV. ABDI/UNICAMP. dez, 2009.

ABICALÇADOS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Resenha estatística, 2009,** Novo Hamburgo-RS, 2009. p. 53.

ABICALÇADOS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Resenha estatística, 2012.** Novo Hamburgo-RS, 2012.

ABICALÇADOS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Resenha Estatística 2007.** Associação Brasileira da Indústria de Calçados, Novo Hamburgo / RS, 2007.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004. Resíduos Sólidos: Classificação.** 2. ed. São Paulo, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023. Informação e Documentação: Referências, Elaboração.** 2. ed. São Paulo, 2002.

ALTSHULLER, G. S. **Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems.** Gordon and Breach Science Publishers. New York, 1984.

AMARAL, Everton. **Um sistema Informacional e Perceptivo de Seleção de Materiais com enfoque no Design de Calçados.** Mestrado Profissionalizante em Engenharia ênfase:

Engenharia Ambiental e Tecnologias Limpas. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Porto Alegre, RS. 2005.

AMARAL, Everton; HEIDRICH, Regina; KINDLEIN JÚNIOR, Wilson. **Reflexões sobre técnicas e materiais para agilizar a representação de Design de Produto: Concepção x Exequibilidade.** In: P & D - DESIGN - 2002. Brasília, DF. Publicado nos Anais e em CD Room ISBN 85-89289-01. Rio de Janeiro: AEND BR, 2002.

ANDRADE, José Eduardo Pessoa de; CORRÊA, Abidack Raposo. **Panorama da Indústria Mundial de Calçados, com Ênfase na América Latina.** BNDES Setorial. Rio de Janeiro, RJ. n. 13. p. 95-126, mar. 2001

ANINK, David; BOONSTRA, Chiel. **Handbook of sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use (...).**James & James, London, 1998. 175 p.

ASHBY, M. F. et al. **Selection strategies for materials and processes. Materials & Design,** Surrey, v. 25, n. 1, p. 51-67, 2004.

ASHBY, M. F., and Johnson, K. Artigo. **Materials and Design – the Art and Science of Materials Selection in Product Design,** Butterworth Heinemann, Oxford, UK. Materialtoday, 2003 p. 24-35.

ASHBY, Michael F.; JONES, David R. H. **Engineering materials 2: An introduction to microstructures, processing & Design.** 2. ed. Oxford : Bitterworth Heinemann, 1998. 381p.

ASHBY, Michael F.; JONES, David R. H. **Engineering materials 1: an introduction to their properties and applications.** 2. ed. Oxford : Bitterworth Heinemann, 1996. 306 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma ABNT ISO/TR 14062: Projeto de Produto – Considerações Ambientais,** Rio de Janeiro, 2004.

AUTOMATISA SISTEMAS. **Laser Mira 3007. Manual do Usuário.** Automatisa Sistemas Ltda. Florianópolis, SC. 2010.

AZEVEDO, Patrícia. **Institucional Pesquisas Científicas Nanolaser.** Cidadão RAC. São Paulo, 2009.

BABICHAK, Cesar Cavanha. **Laser¹.** Jornal Semestral do gepCE – Grupo de Estudo em Ciência e Ensino da Faculdade de Educação. Campinas, São Paulo: FE – UNICAMP N° 5. dez. 1998

BAGNATO, Vanderlei Salvador. **Laser e suas Aplicações em Ciência e Tecnologia.** 1. ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2008.

BAGNATO, Vanderlei Salvador. **O magnífico Laser: Aplicações modernas de uma solução em busca de problemas.** Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. Caderno de Ciência Hoje nº 30 volume 222. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2005.

BARBIERI, José Carlos. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: As estratégias de mudanças da Agenda 21.** 4. ed. rev. Rio de Janeiro, Petrópolis: Vozes, 2001. 93p.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos.** 2. ed. rev.p.21. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 2000. 260 p.

BEAR, M. F., CONNORS, B. W., PARADISO, M. A. **Neurociências – Desvendando o Sistema Nervoso.** 2. ed. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2002.

BERETTA. Elisa Maragon. **Tecnologia Assistiva: Personalização em massa através do design e fabricação de assentos customizados para cadeiras de rodas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

BITENCOURT, Antônio Carlos P. **Desenvolvimento de uma Metodologia de Reprojeto de Produto para o Meio Ambiente.** Dissertação submetida à Universidade Federal de

Santa Catarina para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica. Florianópolis, 2001.

BOMFIM, G. A. **Fundamentos de uma Metodologia para Desenvolvimento de Produtos**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. COPPE/UFRJ, 1977.

BONSIEPE, Gui. Et alii. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília, DF: Ed. CNPQ, 1984. 86p.

BONSIEPE, Gui. **Teoria y prácticadel diseño industrial: elementos para una manúalística crítica**. Barcelona: Ed. Gustavo Gili, 1978.

BRAGA, Benedito *et al.*. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Ed. Prentice Hall, 2002.

BRANCO, Alceu Castello. **Critérios de avaliação de produtos sustentáveis – Ecodesign**. Centro de Gestão de Design da Associação Brasileira das Instituições de Pesquisa Tecnológica (ABIPTI). São Paulo, 2003.

BÜRDEK, B. E. Diseño. **Historia, Teoría y practica del Diseño Industrial**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1994.

CAMPOS, Silvia Horst. **Tópicos setoriais A cadeia coureiro-calçadista brasileira e gaúcha em 2010: recuperação em andamento**** Índice Econômico. FEE, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 7-16, 2011

CÂNDIDO, Luis Henrique A.; KINDLEIN, Wilson Junior. **O Ecodesign e o Redesign de Produtos**. ed. 15. Curitiba, PR: Revista ABC Design, 2005 – pág. 26-27.

CARTELA TÉCNICA DE COUROS. ABQTIC – ABECA. N.Hamburgo, 1994.

CTCCA - CENTRO TECNOLÓGICO DO COURO, CALÇADOS E AFINS. **Materiais para Calçados: couro e outros materiais de corte**. Série Literatura Técnica Básica em

Calçados. Centro Tecnológico Do Couro, Calçados E Afins – CTCCA, ABICALÇADOS, PSI/APEX. N.Hamburgo, 2002.

CTCCA/SEBRAE - CENTRO TECNOLÓGICO DO COURO, CALÇADOS E AFINS e SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **A fabricação do calçado**. N.Hamburgo, 1994.v. 3.

CONTADOR JR, Osvaldo. **Tecnologia e proteção ambiental nas indústrias de couro e calçados na Região de Jaú (SP)**. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário de Araraquara - UNIARA, 2004.

CORRÊA, Abidack Raposo; Andrade, José Eduardo Pessoa de. **Panorama da indústria mundial de calçados, com ênfase na América Latina**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 13, p. 95-126, mar. 2001.

CULTRI, Camila do Nascimento; MANFRINATO, Jair W. de Sousa. **Resíduos sólidos do setor coureiro-calçadista e os fundamentos para a Produção mais Limpa**. FEB/UNESP, 2006.

DRESSLER, Alex. **Análise da implantação da gestão do conhecimento dentro de empresa de pequeno porte na área de prestação de serviços**. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Feevale Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas. Curso de Sistemas de Informação. Novo Hamburgo, dezembro de 2008.

DUBEY, Avanish Kumar; YADAVA, Vinod. **Laser beam machining – A review**. Department of Mechanical Engineering Motilal Nehru National Institute of Technology, Allahabad. India. Artigo. International Journal of Machine Tools & Manufacture 48 (2008) 609-628.

E. A. Ananias, S. A. Paccab. **Tecnologias Ambientais para Curtumes e sua Adequação como Projetos do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) ELEMENTS FOR A SUSTAINABLE WORLD: ENERGY, WATER AND CLIMATE CHANGE**. São Paulo – Brazil – May 20th-22nd – 2009

ENGLER, Heinrich Gustav Adolf, 1844-1930; GILG, Ernst Friedrich, 1867-1933. **Syllabus der Pflanzenfamilien**, eine Übersicht über das gesamte Pflanzensystem mit besonderer Berücksichtigung der Medizinal- und Nutzpflanzen, nebst einer Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde, zum Gebrauch bei Vorlesungen und Studien über spezielle und medizinisch-pharmazeutische Botanik. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1924. 420 p., il.(Obras Raras e Especiais do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo).

FARIAS, Vanessa Hishi Alcântara. **Análise da ação do Laser de Baixa Potência em pacientes com Dor Muscular portadores de Desordens Temporomandibulares empregando a Eletromiografia**. Dissertação de Mestrado. Universidade do Vale do Paraíba. Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento. São José dos Campos, SP. 2005.

FARO, Tiago Maria Carvalho Cunha de Brito e. **Estudo e otimização do corte laser de alta velocidade em chapa metálica fina**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Junho de 2006.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER ORGÃO VINCULADO A SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário Nacional de Resíduos Sólidos**. Porto Alegre: FEPAM, 2002.

FUAD-LUKE, Alastair. **Manual de diseño ecológico**. Cartago, Espanha: Ed. Palma de Mallorca, 2002.

FUKUDA, T. Y.; MALFATTI, C. A. **Análise da dose do laser de baixa potência em equipamentos nacionais**. Artigo Científico. Revista Brasileira de Fisioterapia. São Carlos, v. 12, n. 1, p. 70-4, jan/fev. 2008.

FURTADO, J. S.; FURTADO, M. C. **Produção Limpa**. 2 Ed. São Paulo: Ed. Edgard Blucher, 1998.

GANEM, Roseli Senna. **Curtumes: Aspectos Ambientais**. Série: Estudo. Brasília, DF: Consultoria Legislativa. Câmara dos Deputados. jun. 2007. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br/bd/handle/bdcamara/1281>>.

GASPAR, Marcos Paulo. **A melhoria contínua em processos produtivos, com a utilização da tecnologia a CNC, na indústria metal-mecânica: Estudo de caso da Máquina de Corte a Laser de tubos metálicos, na indústria Metalúrgica Golin**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.

GIANNETTI, Biagio F.; ALMEIDA, Cecília M. V. B. **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2006.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, Luiz Vidal N. **Criatividade: Projeto < Desenho > Produto**. 3. ed. Santa Maria: sCHDs, 2004.

GOMES, Luiz Vidal N. **Desenhismo: Para Uma Filosofia do Desenho**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 1997.

GONÇALVES, Ednéa; Flores, Álvaro. **Materiais: Couro e outros materiais de corte**. Série Literatura Técnica Básica em Calçados. Centro Tecnológico do Couro, Calçados e Afins. Novo Hamburgo. ABICALÇADOS. PSI/APEX. CTCCA, 2002.

GUANABARA, Andréa Seadi; SILVA, Everton Amaral da; PLATCHECK, Elizabeth; KINDLEIN JR, Wilson. **Proposta de uma metodologia para o desenvolvimento de produtos baseados no estudo da biônica**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. 5., 2002. Brasília. Anais 5º P&D – Design. Brasília, DF: UnB, 2002. p. 10. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ndsm>>.

Guia Brasileiro do Couro. Associação Brasileira dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro (ABQTIC). 19º ed. Estância Velha/ RS, 2012.

GUTTERRES Mariliz. **A Ciência rumo à Tecnologia do Couro**, Porto Alegre: Ed. Tríplice. ISBN 978-85-61980-00-9, p. 88-90, 2008.

_____ (1) **Tendências Emergentes na Indústria do Couro**. Revista do **couro**, Estância Velha, v. XXXI, n. 183, p. 108-113, 2006 (A)

_____ (2) **Alternativas para curtimento de couro**. Exclusivo Couro. p. 10/11. Exclusivo Couro. Janeiro, 2011.

_____ (3) **Alternativas para curtimento de couro**. Exclusivo Couro. p. 8. Fevereiro, 2011.

_____ (4) **Alternativas para destinação do resíduo do rebaixamento do couro**. Exclusivo Couro. Fevereiro 2011.

_____ (5) **Curtimento ao cromo ainda é predominante**. Pg. 8. Exclusivo Couro. Fevereiro 2011.

_____ (6) **Tópicos Avançados em Couro e Meio Ambiente**. Esclaide de aula - EQP00066 – UFRGS, 2011.

_____ (7) **Curtimento ao cromo ainda é predominante**. Exclusivo Couro. p. 10/11 janeiro 2011.

_____ (8) **Métodos analíticos especiais aplicados ao couro**. Boletín Técn. AQEIC, v.56, n.3, 71-80, 2005.

HARTKOPF, Heinz Hugo. **Estilismo e design: agregando valor ao mercado**. Novo Hamburgo: ABICALÇADOS, 2001.

HEEMANN, Ademar. **Texto Científico: Um Roteiro para Estrutura, Citações e Referências de Projetos e Trabalhos Monográficos**. Curitiba: Livraria do Eleotério, 2002.

HOINACKI, E. **Peles e couros**. 2. ed. Porto Alegre: SENAI-RS, 1989, 313 p.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello. **Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa**. 1. ed. 001. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva, 2001.

ION, John C. **Laser Processing of Engineering Materials: Principles Procedure and Industrial Application**. U.K: Ed. Elsevier, 2005

IPARDES. **Workshop Identificação de Gargalos Tecnológicos na Agroindústria Paranaense/Resultados**. Curitiba. 25 – 26 nov. 2004. Curitiba: Paranaense, 2005. 129 p.

KELLER, Wilfrid. CHERNICHARO, Carlos Augusto. LAUFFER, Jacson. MOREIRA, Rivânia Vilela. **O cromo nos resíduos sólidos de curtumes – Imobilização em materiais cerâmicos**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Artigo III – 049. 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Set. Foz do Iguaçu, 1997. 1759 p.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; CÂNDIDO, Luis Henrique; PLATCHECK, Elizabeth. **Analogia entre as Metodologias de Desenvolvimento de Produtos Atuais, com a Proposta de uma Metodologia com Ênfase no Ecodesign**. Trabalho aceito para publicação no In: In Congresso Internacional de Pesquisa em Design, outubro, Rio de Janeiro, 2003.

KINDLEIN JÚNIOR, Wilson; ETCHEPARE, Hélio; TURRA, Dilce. **Caracterização e Viabilidade de Reciclagem dos Materiais nos Centros de triagem de Porto Alegre e Região Metropolitana**. In: ANPPAS -ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 2002, Campinas - SP. ANPPAS (07 e 08 de novembro de 2002). 2002.

KLUGE, Anelise. **Contribuição ao estudo do aproveitamento de resíduos de couro: Uma abordagem holística do Ecodesign Focado em calçados Infantis**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

LEHMANN, Graziela Cristina. **A Influência do Planejamento Estratégico nos Resultados de uma Empresa de Médio Porte: Um Estudo de caso na WIVA Bordados.** Trabalho de Conclusão de Curso. Centro Universitário Feevale. Instituto de Ciências Sociais Aplicadas. Curso de Administração de Empresas. Novo Hamburgo, junho de 2006.

LEITE, Ângelo Antônio Macedo. **A importância do conhecimento para o desenvolvimento do setor calçadista brasileiro.** XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 09 a 11 de outubro de 2007.

LEMOS, Ângela Denise; NASCIMENTO, Luis Felipe. **A Produção Limpa como Geradora de Inovação e Competitividade.** UFRGS/PPGA/NITEC. Porto Alegre/RS, 2000.

LENNART Y. Ljungberg , KEVIN L. Edwards. **Design, materials selection and marketing of successful products.** Artigo. Department of Engineering Science, University of Skovde, SE-541 28, Skovde, Sweden. Materials and Design, 2003 p.519–529.

LENNART Y. Ljungberg. **Materials selection and Design for development of sustainable products.** Artigo. Department of Technology and Society (Integrated Product Development), University of Skovde, SE-541 28 Skovde, Sweden. Materials and Design, 2007 p. 466–479.

LINS, Gabriel Estellita. **Perfil da Indústria de Calçados - Relatório final.** Terceiro volume. Instituto de Economia da UFRJ para o Sebrae, 2005.

LÖBACH, Bernd. **Design Industrial: bases para a configuração dos produtos industriais.** São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 206 p.

LORENZI, Rita de Cássia Rothbarth. ANSELMO, Juliana Silveira. **Uso da fibra de bananeira e de retalhos de couro no desenvolvimento de bolsa artesanal feminina.** In:

Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. 9., 2010. São Paulo, Anais 9º P&D – Design. São Paulo, SP: Universidade Anhembi Morumbi, 2010.

LYLE, John Tillman. **Regenerative design for sustainable development**. Wiley, 1994. Capítulo 1. Traduzido por Miguel A. Sattler. 16 set. 1999.

MANCOPES, Flavia. **Influência dos processos de engraxe e acabamento na modificação da estrutura e nas propriedades do couro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. 1. ed. São Paulo, SP: Ed. Universidade de São Paulo, 2005.

MEDINA, Heloísa. **Produção e uso sustentável de materiais: Gestão Ambiental e Análise do Ciclo de Vida**. In: Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração. 61., 2006. Rio de Janeiro. Anais do 61º ABM. Rio de Janeiro, RJ: ABM, 2006.

MEIJER, Johan. **Laser beam machining (LBM), state of the art and new opportunities**. University of Twente, Enschede, The Netherlands. Journal of Materials Processing Technology 149 (2004) 2–17

MINUCCI, Marco Antônio. **Com os EUA, Brasil desenvolve foguetes a laser**. Instituto de Estudos Avançados do Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial (IEAv - CTA). Reportagem Revista Brasilis Inovação em Pauta, da Finep, 2012. Disponível em: <<http://revista.brasil.gov.br/reportagens/foguetes-a-laser/com-os-eua-brasil-desenvolve-foguetes-a-laser>>.

MORAES, Beatriz Stol; BIDONE, Francisco Ricardo Andrade. **Disposição e Tratamento de Resíduos Sólidos de Curtumes em Aterros Sanitários – Aparas de Couros**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 7 nº 1 Jan/Mar, 2002. 69-80

MOREAU DE JONNES, A. 1818. **Monographie du mabouja des Murailles, em Gecko Mabouja des Antilles**. Touro. Scient. Soc. Philomath. Paris, Ser. 3,5:138-139.

MUNARI, B. **Das Coisas Nascem Coisas**. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

MUNARI, B. **Design e Comunicação Visual**. 70. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1968.

MUZART, Joel L. R. **Laser ou Aleer**. Cad. Cat. Ens. Fís. Depto de Física. UFSC. Florianópolis, SC.1(I): 18-25, dez 1984.

ONDOGAN, Ziyet; PAMUK, Oktay; ONDOGAN, Ece Nuket, OZGUNEY. **Improving the appearance of all textile products from clothing to home textile using laser technology**. Artigo. Ege University. Textile Engineering Department. Turkey. Publicado em Optics & Laser Technology in Engineering 37 (2005) 631-637.

PACHECO, José Wagner Faria. **Curtumes**. CETESB, São Paulo, 2005. 76 p. (1 CD) : il. ; 30 cm. - - (Série P + L)

PAPANNEK, Victor. **Disenar para El mundo real: ecologia humana y cambio social**. Madrid: Blume, 1977.

PARETO, Luis. **Formulário Técnico. Ciência e Tecnologia dos Materiais**. Brooklin - São Paulo, SP: Hemus, 2003.

PICCININI, Valmíria Carolina. **Mudanças na indústria calçadista brasileira: novas tecnologias e globalização do mercado**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Escola de Administração – PPGA/EA. Porto Alegre/RS. REAd – Edição 01 Vol. 1 No. 1, set-out 1995.

PHOTONICS HANDBOOK. **Lasers & Light Sources: CO2 Lasers. The Industrial Workhorse**. Thorsten Frauenpreiss, Rofin-Sinar Laser GmbH, 2012.

PROCHNIK, Victor; ROCHLIN, Mauro; CAVALCANTI, Gabriel Estellita Lins; LINS, Ângela E; PEREIRA, Marcelle G.; SILVA, Bruno Folly Guimarães e. **Relatório Final de Pesquisa para o Sebrae - Perfil do Setor de Calçados**. Instituto de Economia da UFRJ. Agosto de 2005.

QUINTA, Filipa Mina da Costa. **“Uma Proposta de Otimização no Sistema Produtivo do Calçado” Estudo dos tempos e métodos para dois modelos**. Universidade do Minho. Escola de Engenharia. Portugal, 2011.

REICH, G., **From collagen to leather – the theoretical background**, Ludwigshafen, 2007, 337p.

REVISTA DO COURO. **Wet Blue**. Estância Velha, v. 113, n. 22, p. 49-54, 1996.

ROMÃO, C. C.; SALVADOR, L.; LOPES, T. A.; BARROS, R. de M.; CONEGLIAN, RUPPENTHAL, Janis Elisa. **Perspectiva do Setor do Couro do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, PPGEP-UFSC. Florianópolis, 2001.

RÜTHSCHILLING, Evelise Anicet. **Design de Superfície**. 1. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2008.

SACHS, I. **Recursos, emprego e financiamento do desenvolvimento: produzir sem destruir. O caso do Brasil**. Relatório de introdução. In: seminário internacional CENDEC. 1988, Brasília. Anais. Brasília: CENDEC, 1988. (mimeo).

SANTOS, C. V. J. **Tecnologias de produção mais limpas e análise do ciclo de vida aplicadas na indústria da construção civil - estudos de caso**. 2000. Porto Alegre. (mestrado em engenharia civil), Curso de Pós-graduação, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

SANTOS, Petras Amaral. **Inovação sustentável: o Ecodesign aplicado ao projeto de novos produtos**. Porto Alegre: UCS, 2001. 92 f.

SANTOS, Sandra Souza dos. GUTTERRES, Mariliz Soares. KINDLEIN JR., Wilson. **Técnicas de Corte e Gravação a Laser na Confecção de Acessórios de Moda em Couro**. XIX Encontro Nacional dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro. Franca/SP, 2011.

SANTOS, Sandra Souza dos. GUTTERRES, Mariliz. KINDLEIN JR., Wilson. **Análises microscópicas de couros em etapas de acabamento**. VI Congreso Internacional de Materiales – CIM. Bogotá, D.C, Colombia, 2011

SBRT - Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. **Corte e gravação à laser**. USP/DT (Agência USP de Inovação / Disque-Tecnologia/http://www.respostatecnica.org.br). São Paulo, 2011.

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR - SECEX. **Relatório das Exportações Brasileiras de Couros Bovinos. JAN-ABR – 2009/2011**. MDCI/SECEX/CICB. Brasília, 2011.

SENAI-RS (a). **Implantação de Programas de Produção mais Limpa**. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

SENAI-RS (b). **Produção mais Limpa no processamento de couro vacum**. Porto Alegre, UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003. 33 p. il. (Série Manuais de Produção mais Limpa).

SILVA, Carlos Sérgio da.; PEDROZO, Maria de Fátima M. **Série Cadernos de Referência Ambiental** v. 5, 2008.

SILVA, F. M. **Um sistema de planejamento e controle da produção para indústrias de calçados infantis pertencentes a um industrial cluster**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos/SP, 2002.

SILVEIRA, Flávia Lopes da. **Uso de Usinagem por Jato de Água, Usinagem por Controle Numérico Computadorizado e Corte a Laser no Design de Superfícies Tácteis a partir de padrões modulares encaixáveis em Ágata e Cedro.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

SOUZA, M.F. **Depilação: um processo químico e bioquímico.** Revista do Couro, Estância Velha, RS. ed. 186, 2006. p. 95-101.

STÜRMER, Patrícia Gabert dos Santos. **Materiais naturais: Design e tecnologia no desenvolvimento de jóias inspiradas na cultura gaúcha.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

TAVARES. Fleury. **Couro brasileiro ocupa posição de destaque no mercado Tratamento de efluentes na indústria de curtume.** Artigo. CESET. Unicamp. São Paulo, 2011.

VANDEN Broeck, F. **O Uso de Analogias Biológicas.** Revista Design e Interiores, São Paulo, nº 15, 1989.

VENDRAMETO, Oduvaldo. BIMBATTI, Mario. **AGREGAR VALOR AO COURO BOVINO: UMA ESTRATÉGIA PARA EXPORTAR BEM.** Universidade Paulista - UNIP - Campus Bacelar. São Paulo, SP: ENEGEP, 2001.

VEZZOLI, Carlo; MANZINI, Ézio. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais.** São Paulo, SP: EDUSP, 2005. 1 ed. 366p.

WERNECK, Carlos Eduardo. **Manual de Laserterapia.** Clean Line. Taubaté, São Paulo, 2007.

WINTER, C.; Souza, F. R.; GUTTERRES, M. **Aspectos tecnológicos e de mercado na produção de couros.** Porto Alegre, RS: Ufrgs, 2011.

XAVIER, José Luis Neves. **O uso de fotoeletrooxidação no tratamento de efluente de curtume.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Minas, Metalúrgica e de Materiais, Porto Alegre, RS, 2006.

XIE, Xiao-zhu; LI, Lin-jun; WEI, Xin; HU, Wei. **Distribution of the intensity absorbed by evaporative front in laser cutting nonmetallic material.** Artigo. Faculty of Mechanical and Electronical Engineering. Guangdong University of Technology. Guangzhou, Guangdong, China. Artigo Publicado em Optics & Laser Technology in Engineering 46 (2008) 604-613.

ZHOU, Bai Hua; MAHDAVIAN, S. M. **Experimental and Theoretical analyses of cutting nonmetallic materials by low Power CO₂ – Laser.** Show of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, Royal Melbourne Institute of Technology University. Australia. Artigo Publicado em Journal of Materials Processing Technology 146 (2004) 188-192.

SITES:

ABICALÇADOS — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Análise Setorial: Polos Produtores, 2010.** Novo Hamburgo, RS. Ed. ABICALÇADOS, 2010. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/polos-produtores.html>>. Acesso em: 15 maio. 2010.

ABICALÇADOS — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Cartilha Estatística, 2012.** Novo Hamburgo, RS. Ed. ABICALÇADOS, 2012. Disponível em: <<http://www.abicalcados.com.br/estatisticas.html>>. Acesso em: 25 out. 2010.

ABICALÇADOS — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE CALÇADOS. **Resenha Estatística, 2009.** Relatório de Informações do Mercado Coureiro Calçadista

Nacional e Mundial. Novo Hamburgo, RS. Ed. ABICALÇADOS, 2009. Disponível em: <http://www.abicalcados.com.br/documentos/resenha_estatistica/Resenha%20Estatistica%202009%20-%20Final%20Site.pdf.html>. Acesso em: 15 maio. 2010.

ABQTIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO. **Revista do Couro**. Edição 218. Estância Velha/RS. Ed. ABQTIC, 2011. Disponível em: <<http://www.abqtic.com.br/site/content/revistadocouro>>. Acesso em: 20 jul. 2011.

ABQTIC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO. Guia Brasileiro do Couro: **Estimativa de Mercado Brasileiro de Couros Bovinos 2000/2011- (Em milhões de couros)**. 19 ed. Estância Velha/RS. Ed. ABQTIC, 2012. Disponível em: <<http://www.abqticnews.com>>. Acesso em: 11 ago.2012.

AICSUL - SINDICATO DO COURO ASSOCIADOS. **Relatório Couro - 2011**. [S.I]. Região do Vale do Rio dos Sinos/RS. Ed. AICSUL, 2011. Disponível em: <<http://www.aicsul.com.br>> Acesso em: 16 set. 2011.

ASSINTECAL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE COMPONENTES PARA COURO, CALÇADOS E ARTEFATOS. **Bases de Dados: Notícias, artigos**. Novo Hamburgo/RS. Ed. ASSINTECAL, 2012. Disponível em: <<http://www.assintecal.org.br>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

BDTD – BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES. **Base de Dados: teses e dissertações**. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, RJ (UERJ). Ed. UERJ, 2012. Disponível em: <<http://www.bdttd.ibict.br>>. Acesso em: 04 abr. 2012.

CAPES - COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Portal de Periódicos da CAPES**. Base de Dados para busca e pesquisas de livros, teses e dissertações. Brasília, DF. Ed. CAPES/MEC. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 02 out. 2010.

CAPES – COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. **Biblioteca Virtual de Periódicos, livros, teses, dissertações, patentes entre outras informações.** Brasília, DF. Ed. CAPES, 2010. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010.

CASTRO, Fernando. **Couro: Gaúchos criam central de resíduos.** Ed. Revista Química on Line. Disponível em: <http://www.quimica.com.br/revista/qd399/couro1.htm>. Acesso em: 18 dez. 2011.

CICB - CENTRO DAS INDÚSTRIAS DE CURTUMES DO BRASIL. **Revista on Line: Mercado Brasileiro do Couro.** [S.I]. Brasília, DF. Ed. CICB/ApexBrasil, 2012. Disponível em: <<http://www.brazilianleather.com.br>>. Acesso em: 05 abr. 2012.

COUROBUSINESS. Site da Indústria do Couro. Publicação on line: **Indústria do Couro do Brasil.** Brasília, DF. Ed. ApexBrasil, 2012. Disponível em: <<http://www.courobusiness.com.br>>. Acesso em: 07 set. 2012.

DOMINIO PUBLICO. **Biblioteca Digital para pesquisas de imagens, sons, textos, vídeos, monografia, teses, dissertações.** Portal desenvolvido pelo Ministério da Educação em software livre para a realização de pesquisas. Brasília, DF. Ed. MEC. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Publicações Couros e Peles: Tecnologia para Couros e Peles.** Base de Dados. Campo Grande, MS. Ed. Embrapa Gado de Corte, 2012. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes>>. Acesso em: 07 set. 2012.

FEPAM - FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIS ROESSLER ORGÃO VINCULADO A SECRETARIA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Portal com informações, notícias e artigos.** Porto Alegre, RS. Ed. FEPAM. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

FIERGS - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Base de Dados.** Informações sobre diversos setores da indústria local. Porto Alegre, RS. Ed. FIERGS. Disponível em: <www.fiergs.gov.br>. Acesso em: 01 dez. 2012.

IBICT - INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Portal científico-tecnológico.** Apresenta textos que visa a produção, documentação e socialização do conhecimento no Brasil. Brasília, DF. Ed. IBICT. Disponível em: <<http://www.ibict.br>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

IBTEC - SITE DO INSTITUTO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DO COURO, CALÇADO E ARTEFATOS. **Base de Dados.** Instituição que presta informações e oferece soluções para empresas do setor coureiro calçadista. Novo Hamburgo, RS. Ed. IBTeC. Disponível em: <<http://www.ibtec.org.br>>. Acesso em: 05 dez. 2012.

INFOSOLDA - PORTAL BRASILEIRO DE SOLDAGEM. **Soldagem a Laser.** São Paulo, SP. Ed. INFOSOLDA. Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/new_site/novidades.php?t=m&i=302>. Acesso em: 25 mar. 2012.

JOURNAL OF LASER APPLICATIONS. Site do Portal Científico Americano sobre Aplicações do Laser. **Base de Dados.** Ed. *Laser Institute of America (LIA) and the American Institute of Physics (AIP).* Orlando, Flórida. E.U.A. Disponível em: <<http://www.jla.aip.org>>. Acesso em: 15 out. 2011.

LACOURO - LABORATÓRIO DE ESTUDOS EM COURO E MEIO AMBIENTE. **Base de Dados de artigos, teses, dissertações e pesquisas realizadas na área de couro e meio ambiente.** Porto Alegre, RS. Ed. LACOURO/UFRGS. Disponível em: <<http://www.enq.ufrgs.br/labs/lacouro>>. Acesso em: 18 mar. 2011.

LdSM - LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS. **Base de Dados** que disponibiliza informações sobre materiais, processos, artigos e pesquisas desenvolvidas nas áreas de biônica, ecodesign, joalheria, materiais entre outras. Porto

Alegre, RS. Ed. LdSM/UFRGS. Disponível em: <<http://www.ndsm.ufrgs.br>>. Acesso em: 02 out. 2010.

MDIC - MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. **Base de dados**. Apresenta informações sobre diversos setores da indústria. Brasília, DF. Ed. MDIC. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br>>. Acesso em: 15 nov. 2012 e 01 dez. 2012.

MOSSMANN, Rodolfo. **O Planejamento do lançamento de linhas de produtos por cronogramas**. Revista Tecnicouro on Line. Edição 275. Disponível em: <<http://www.tecnicouro.com.br/site/artigos/artigoTecnicoDetalhes.php?id=18>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

OSTROSKY, Eloisa Arantes. **Análise dos Danos Ambientais Ocasionalmente na Atividade Curtidora Constituinte Externalidades Negativas: Um Estudo de Caso**. Revista de Economia da UEG, Vol. 4, Nº 2 (2008). Disponível em: <<http://www.ceset.unicamp.br/ite/artigos/3fec2404.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2012.

PHOTONICS HANDBOOK. Lasers & Light Sources. **CO₂ Lasers: The Industrial Workhorse**. Thorsten Frauenpreiss, Rofin-Sinar Laser GmbH. Síntese do princípio de funcionamento do laser. Imagem em JPEG. 14 abr. 2006. Ed. Photonics Media. (2006). Disponível em: <<http://www.photonics.com/Article.aspx?AID=25155>>. Acesso em: 09 set. 2010.

PHYSICS. **Invention of the Maser and Laser**. Imagem em JPEG. Prof. Dr. Townes realizando experimentos com o equipamento de emissão de radiação por microondas. Published January 27, 2005. Phys. Rev. Focus 15, 4 (2005). DOI: 10.1103/PhysRevFocus.15.4. Disponível em: <<http://physics.aps.org/story/v15/st4>>. Acesso em: 09 set. 2010.

PORTAL GLOBAL 21. **Informe Setorial**. Publicação Nacional. Ed. GLOBAL 21. Disponível em: <<http://www.global21.com.br/informessetoriais/setor.asp?cod=3>>. Acesso em: 09 ago. 2012.

REPOSITÓRIO DIGITAL DA UFRGS. **Banco de Dados**. Disponibiliza documentos acadêmicos, científicos, artísticos, administrativos, imagens, vídeos e áudio de acesso livre. produzidos na Universidade. Porto Alegre, RS. Ed. UFRGS. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>>. Acesso em: 15 out. 2011.

REVISTA DIGITAL. **Calçados e Artefatos em Couro. Setor em Notícias**. São Paulo, SP. Ed. COUROMODA, 2012. Disponível em: <<http://www.couromoda.com.br>>. Acesso em: 12 out. 2012.

REVISTA GLOBO RURAL. **COURO: Matéria-prima para a concorrência**. Edição out. 2004. Rio de Janeiro, RJ. Ed. Globo Rural. Disponível em: <<http://www.revistagloborural.globo.com/globorural/0,6993,ec821879-3540,00.html>> Acesso em: 17 abr. 2012.

Revista Tecnicouro on Line. Portal que aborda assuntos relativos a inovação e tecnologia para o setor coureiro-calçadista com disponibilização de artigos técnicos e científicos. Disponível em: <<http://www.tecnicouro.com.br>>. Acesso em: 10 ago. 2010.

SBRT - SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Respostas e Dossiês Técnicos sobre Couro**. Portal com informações técnicas sobre couros. São Paulo, SP. Ed. SBRT. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>> e <www.respostatecnica.org.br>. Acesso em: 28 jun. 2011 e 17 maio. 2012.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICROS E PEQUENAS EMPRESAS. **Base de Dados: Couro e Calçados. Estudos Setoriais de Inovação: Indústria do Couro Calçados e Artefatos**. Brasília, DF. Ed. SEBRAE/ABDI. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

SENAI – SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Base de Dados de Publicações e Estatísticas dos Setores de Produção Nacional**. Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.senai.com.br>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

SINACOURO - SINDICATO DA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE COURO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Equipamentos e Tecnologia: balancim hidráulico e**

eletrônico. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.sinacouro.org.br/escola_senai/SENAI_cortador.htm>. Acesso em: 01 nov. 2011.

SINACOURO – SINDICATO DA INDÚSTRIA DE ARTEFATOS DE COURO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Base de Dados**. Apresenta notícias, informações e contatos do setor de couros. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.sinacouro.org.br/arte_couro/index.asp>. Acesso em: 01 nov. 2011.

SITE DA INDUSTRIA DA MODA EM COURO DA AMERICA. Publicação on Line. **NOTÍCIAS SOBRE O MERCADO DO COURO NA AMÉRICA**. Argentina. Ed. Industria de La Moda. Disponível em: <<http://www.cueroamerica.com>>. Acesso em: 12 out. 2012.

SPE - SECRETARIA DE POLÍTICA ECONÔMICA. Publicação on Line. **Informativos Econômicos da Secretaria de Política Econômica (SPE) do Ministério da Fazenda**. Brasília, DF. Ed. SPE. Disponível em: <<http://www.fazenda.gov.br/spe/publicacoes/conjuntura/bancodeslides/2010%2010%2006%20apresenta%c3%a7%c3%a3o%20geral%20setores%20industriais.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2012.

VARSHNI Y.P; TALBOT, J. *Microwave amplification by stimulated emission of radiation “MASER”*. Esquema de funcionamento do equipamento de amplificação de microondas pela emissão estimulada de radiação. Imagem em JPEG. University Ottawa. Department of Physics. Base de Dados. Disponível em: <<http://laserstars.org/history/ammonia.html>>. Acesso em: 09 set. 2010.

Apêndice – A

Artigo



**Associação Brasileira dos Químicos e Técnicos da Indústria
do Couro
Filiada à IULTCS**

Estância Velha, 29 de junho de 2011

Srs.

Sandra S. Santos

Mariliz Gutterres

Wilson Kindlein Jr.^a

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química
Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Engenharia de Materiais,
Laboratório de Design e Seleção de Materiais
Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO)

Prezados Senhores:

Temos a satisfação de comunicar que a partir da leitura do resumo enviado pelos Senhores, o trabalho **“Aproveitamento de Aparas de Couro utilizando as Técnicas de Corte e Gravação a Laser na Confeção de Acessórios de Moda”** foi aceito para *apresentação visual* (“poster”) no *XIX Encontro Nacional da Associação dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro - ABQTIC*.

Anexamos *Normas para a Elaboração de Apresentações Visuais* (“posters”).

As apresentações definitivas deverão ser enviadas à ABQTIC até o dia **30 de julho de 2011** para o email encnac2011@abqtic.com.br.
Solicitamos confirmação do recebimento desta mensagem.

Cordialmente,

Roberto Kamelmann
Presidente
ABQTIC

Gustavo Fink
Coordenador
Comissão Científico-Técnica
XIX Encontro Nacional ABQTIC.

XIX ENCONTRO NACIONAL DOS QUÍMICOS E TÉCNICOS DA INDÚSTRIA DO COURO

INOVAÇÕES NO PROCESSAMENTO DE COUROS

7 e 8/10/2011



PARCEIROS

BASF The Chemical Company

Buckman

LANXESS

Leather CARE

TFLP

Clariant

Brazilian LEATHER UNICONSÓCIO

TANAC

NOVOZYMES

REMOVAL 40

TÉCNICAS DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER NA CONFEÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA EM COURO

Sandra S. Santos*, **Mariliz Gutterres****, **Wilson Kindlein Jr.***

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

*Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Design e Seleção de Materiais (PgDesign/DEMAT/LdSM)

**Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO)

sandrasouzasantos@bol.com.br mariliz@enq.ufrgs.br, kindlein@portoweb.com.br

RESUMO

O design na área coureiro calçadista contribui com alternativas para produtos bem como serviços que atendam mais e melhor a todos os envolvidos desde a entrada da matéria-prima, desenvolvimento, lançamento e utilização do couro. O Ecodesign vem auxiliar na criação de produtos que levem em conta as variáveis ambientais, procurando satisfazer e enfatizar o desenvolvimento econômico, a responsabilidade social e a gestão ambiental através da união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química. O aparecimento de novas tecnologias como o Corte e a Gravação a Laser compõe um ferramental que possibilita o rápido desenvolvimento da aplicação de corte e textura sobre o couro. Assim, a crescente competitividade mercadológica impulsiona a busca por soluções inovadoras para conquistar novos consumidores e tal solução pode advir da aplicação de texturas ou padronagens em alto/baixo relevo ou através de corte sobre o substrato. Portanto, este artigo demonstra o desenvolvimento do processo de Corte e Gravação a Laser, para aplicação em couro e emprega como referencia texturas advindas da observação de elementos da natureza visando uma padronagem diferenciada e voltada às tendências de moda.

Palavras-chave: textura, gravação a laser, ecodesign, parametrização, aparas, couro.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade intelecto-criativo aliada a novas tecnologias possibilita aos profissionais de design na área coureiro calçadista tornar suas criações reais. Neste sentido, novas tecnologias como o corte e a gravação a laser vêm colaborar no desenvolvimento de projetos de acessórios de moda com texturas e/ou padronagens diferenciadas. Cabe ao profissional de criação e/ou designer agregar as áreas multidisciplinares como as projetuais e de engenharias na criação e feitura de materiais e artefatos e, é responsabilidade deste, desde o início de seu processo projetual inserir novas variáveis que satisfaçam as expectativas do público consumidor e da empresa, consoante aos fatores projetuais envolvidos. Segundo Redig (1977): “O desenho Industrial (Design) é o equacionamento simultâneo de fatores ergonômicos, perceptivos, antropológicos, tecnológicos, econômicos e ecológicos no projeto dos elementos e estruturas físicas necessárias à vida, ao bem estar e/ou à cultura do homem”.

Neste sentido, o emprego das metodologias de Ecodesign visa auxiliar no processo de criação e desenvolvimento e fabricação de materiais e produtos que levem em conta as variáveis ambientais de sua manufatura e de todo o ciclo de vida do produto. O emprego dos preceitos do Ecodesign possibilita benefícios recíprocos para todos os envolvidos

desde a criação, desenvolvimento, fabricação até o uso final, uma vez que, procura satisfazer e enfatizar o desenvolvimento econômico, a responsabilidade social e a gestão ambiental através da união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química, a fim de promover a redução, reutilização, recuperação e reciclagem de materiais. De acordo, Baxter (1995), “o fator mais importante, e provavelmente o mais óbvio, é o produto ter forte diferenciação em relação aos seus concorrentes no mercado e apresentar aquelas características valorizadas pelos consumidores. Consoante aos fatores descritos, as empresas que compreenderem e implantarem tais requisitos terão uma grande vantagem sobre as demais, pois além de contribuírem para o meio ambiente poderão introduzir no mercado produtos diferenciados, por exemplo, que tragam texturas e recortes hoje disponíveis tecnologicamente. Assim, a crescente competitividade mercadológica impulsiona a busca por soluções inovadoras para conquistar novos consumidores e tal solução pode dar-se através da aplicação de texturas ou padronagens em alto/baixo relevo ou através de corte sobre o substrato.

De acordo com Munari (1968), cada textura é formada por muitos elementos iguais ou similares, dispostos a igual distância entre si sobre uma superfície a duas dimensões ou com baixo relevo. O aparecimento de novas tecnologias como o corte e a gravação a laser compõe um importantíssimo ferramental que possibilita o rápido desenvolvimento da aplicação de textura sobre diferentes substratos. A textura é um fator diferencial na concepção formal de um produto, sendo consequência das características intrínsecas do projeto e da tecnologia empregada.

Laser é luz, e este nome representa a sigla formada pelas letras iniciais das palavras *Light amplification by stimulated emission of radiation*. A tecnologia de gravação e corte a laser permite a partir de imagens bidimensionais criar texturas variadas, bem como realizar diferentes cortes sobre diferentes materiais, como o couro que é o material utilizado para este estudo de caso, e pode ser empregada também a outros materiais como acrílico, policarbonatos, madeiras, jeans, compensado, e papéis de diferentes gramaturas e espessuras.

Os gases utilizados para o corte a laser são, normalmente, fornecidos em cilindros de gases puros, ou entregues pré-misturados. Se na mistura destes houver impurezas misturadas ao CO₂, o desempenho poderá ser reduzido, o que pode baixar a potência de saída do laser, ocasionando um jato instável ou até elevando o dispêndio referente ao consumo dos gases. Outro fator determinante relacionado à capacidade do laser é a potência do feixe, que está relacionada à quantidade de energia que realiza a interação material x feixe de luz, provocando o corte e/ou a gravação, e a potência também dá início ao processo de corte no material. Aumentando-se a potência, podem-se cortar materiais maiores e/ou aumentar a velocidade. A velocidade de corte deve ser determinada em conjunto com a potência, a pressão e a vazão do gás de assistência. Valores muito elevados de velocidade tendem a produzir estrias na superfície de corte, rebarbas na parte posterior da superfície atingida pela radiação e até mesmo a impossibilidade de realizar o corte. Velocidades baixas, por outro lado, produzem um aumento da zona termicamente afetada e um decréscimo na qualidade do corte. O gás de assistência deve ter vazão suficiente para remover o material fundido, proveniente do corte. Materiais como plásticos, madeiras ou borrachas permitem utilizar vazões mais elevadas. O ponto focal é o ponto de concentração máxima de energia do feixe.

E, neste sentido, a busca por uma padronagem diferenciada alicerçou-se, neste trabalho, sobre dois elementos da Natureza e utilizaram-se as ferramentas da Biônica como metodologia para a definição das características de função, forma, dimensões, acabamento e textura em que foram realizadas as seguintes etapas: Identificação; Análise; Captação

formal; Separação pelas características principais e Criação das seções, conforme descrito em materiais e métodos. A Biônica é o estudo dos sistemas e organizações naturais que visa analisar e recuperar soluções funcionais, estruturais e formais para aplicá-las na resolução de problemas humanos através da geração de tecnologias e concepção de objetos e sistemas de objetos (Broeck, 1989). A utilização deste referencial procurou criar uma solução criativa e original para que fosse obtida uma textura coerente entre o material e o visual. A Textura é parte integrante da superfície de um objeto e pode ser definida como uma estrutura composta de um grande número de elementos disformes ou similares com “módulos” ordenados que componham a superfície (Rüthschilling, 2008).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Referencial da Natureza Para criação da Padronagem

O Referencial para o processo de criação desenvolveu-se a partir de dois elementos da natureza, a flor de girassol e a lagartixa doméstica, e usando princípios das ferramentas da Biônica auxiliado pela metodologia de desenvolvimento de produtos.

No Girassol (*Helianthus annuus*) e/ou Flor do Sol, membro da família Asteraceae (família das compositae), as flores são reunidas em inflorescências (chamadas de capítulo). O receptáculo floral que contém o capítulo pode ser côncavo, convexo ou plano. No capítulo, existem as flores femininas e as hermafroditas e nestas os órgãos masculinos abrem-se antes que os femininos num intervalo de 5 a 10 dias, nos quais ocorre a polinização que pode ocorrer por meio de insetos como as abelhas (Engler, 1924).

O outro elemento utilizado foi a Lagartixa-doméstica tropical (*Hemidactylus mabouia*) família dos Gekkonidae (Moreau de Jonnés, 1818). Primeiramente foi realizada a tomada de registros de imagens via microscópio estereoscópio marca Olympus, conforme figuras 1 e 2, que serviram para a análise do receptáculo que contém o capítulo. Após, os registros obtidos foram salvos em extensão Jpeg e levados a serem manipuladas diretamente no computador por meio do software CorelDraw.



Figura 1: Imagem dos objetos parametrizados (Fonte: Autor/LdSM).



Figura 2: Detalhe da captação e observação do Girassol (Fonte: Autor/LdSM).

Selecionou-se a foto para a definição do módulo principal com o auxílio do Software Photoshop com o qual foi realizada a mudança na cor (Figura 3). Em seguida, foi executada a parametrização para a criação da textura a fim de aplicá-la em couros com diferentes processos de acabamento para a criação em acessórios de moda.

O Módulo criado inclui todos os elementos ou motivos que constituem o desenho. As organizações destes elementos formam a composição da imagem numa estrutura pré-estabelecida, que garante os princípios de proximidade e seqüência, formando um padrão contínuo (Rüthschilling, 2008).



Figura 3: Detalhes do Painel Semântico que contém motivos dos módulos: a flor de Girassol e a pata de Lagartixa doméstica (Fonte: Autor/LdSM).

2.2 Encaixe dos Motivos e Parametrização

Os pontos de encontros das formas entre um módulo e outro foram encaixados verticalmente e paralelamente seguindo o sistema determinado utilizando a repetição de quatro módulos. Para a operação, realizaram-se várias combinações que se repetiram ao

longo do eixo vertical e horizontal de modo contínuo, sem causar interrupções visuais no padrão originado. Deste modo, o resultado gerou efeitos óticos.

2.3 Variante de Cores e escala

Após a parametrização, realizou-se um estudo de variação de cores com o objetivo de simular a aplicação em couro nas cores branca e marrom e couro acabado prateado. Cabe ressaltar que também foi feita uma variação na escala do desenho para a verificação do efeito visual que poderia gerar nos diferentes tipos de couro para o desenho proposto.

2.4 Corte e Gravação a Laser

Os Procedimentos práticos para a execução da gravação e corte a laser foram realizados nas dependências do Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da UFRGS e utilizou-se o equipamento da marca Mira 3007, fabricado pela empresa Automatisa. As amostras foram obtidas junto ao Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO). A operação do equipamento está vinculada a três fatores: potência, velocidade e número de incidências do feixe de luz do laser sobre o substrato “material”, para se obter o fim desejado quer seja de corte e/ou gravação. Para a realização da gravação nas amostras de couro, foram executados os parâmetros descritos na tabela 1.

Tabela 01: Parâmetros de gravação a laser para Lente de 300 x 300mm.

Material	Potência	Velocidade	Nºde Incidencias do Laser
Couro 2mm	90%	2mm/min	01
Couro 2mm	95%	10 mm/min	01
Couro Acabado 2mm	95%	5mm/min	01

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A representação do resultado final para a parametrização pode ser observada na Figura 4. A parametrização apresentada demonstra uma variação na graduação do desenho do módulo do girassol em escala ampliada e ao lado esquerdo desta imagem a parametrização da seção da pata da *Hemidactylus mabouia*.

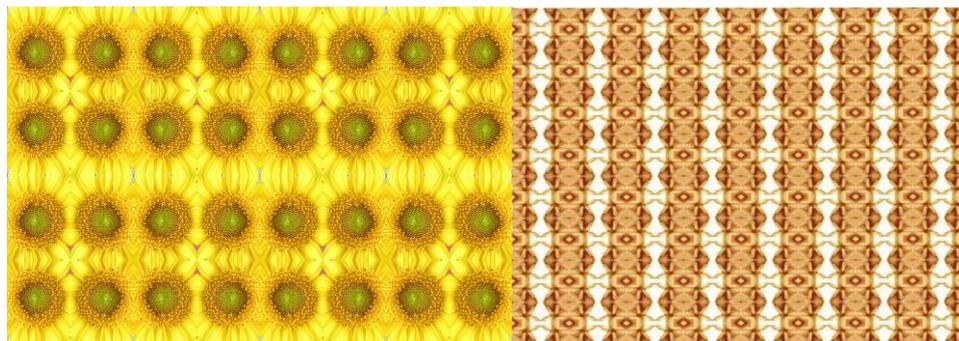


Figura 4: Ilustrações do estudo de parametrização (Fonte: Autor/LdSM).

Os resultados obtidos no estudo de ampliação e redução da escala dos módulos do desenho auxiliaram na criação das variações de cores e nos esboços iniciais para a simulação do desenho do acessório final (Figura 5).

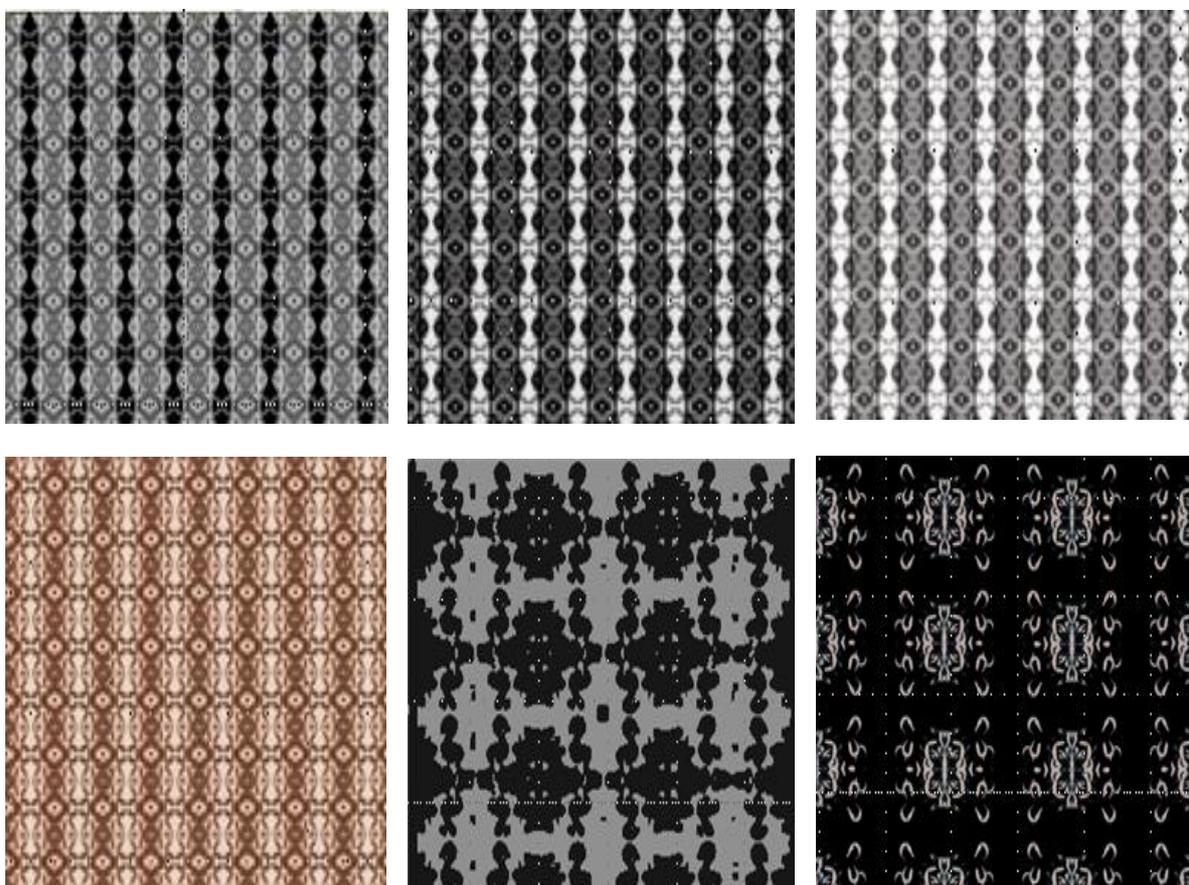


Figura 5: Ilustrações do estudo de variação de cores e escala (Fonte: Autor/LdSM).

A partir da observação das amostras gravadas a laser (Figura 6) foi possível perceber que o couro é um substrato que suporta e se adéqua facilmente a gravação e ao corte a laser e também se observou um acabamento de excelente qualidade que pode permitir a confecção de peças com alto grau de detalhes no acabamento. A heterogeneidade da cor presente nas amostras advém da potência aplicada para a incidência do laser sobre a superfície do couro, o que gera um efeito visual diferenciado sobre o substrato e que pode reforçar o caráter exclusivo de cada peça gerada com esta técnica.

A partir dos resultados obtidos com a gravação parte-se para a simulação de possíveis aplicações para o estudo proposto. Nesta etapa são realizados desenhos a mão livre e no computador para a simulação virtual, com o intuito de explorar a imaginação observando os detalhes que ficariam melhores para a padronagem desenvolvida. Tendo-se em mãos a textura já pronta para o desenvolvimento de acessórios confeccionados a partir de retalhos de couro provenientes de sobras da produção industrial coureiro calçadista e procurando satisfazer também as tendências para moda em couro veiculados pela imprensa especializada em moda, é montada a simulação virtual como resultado final.

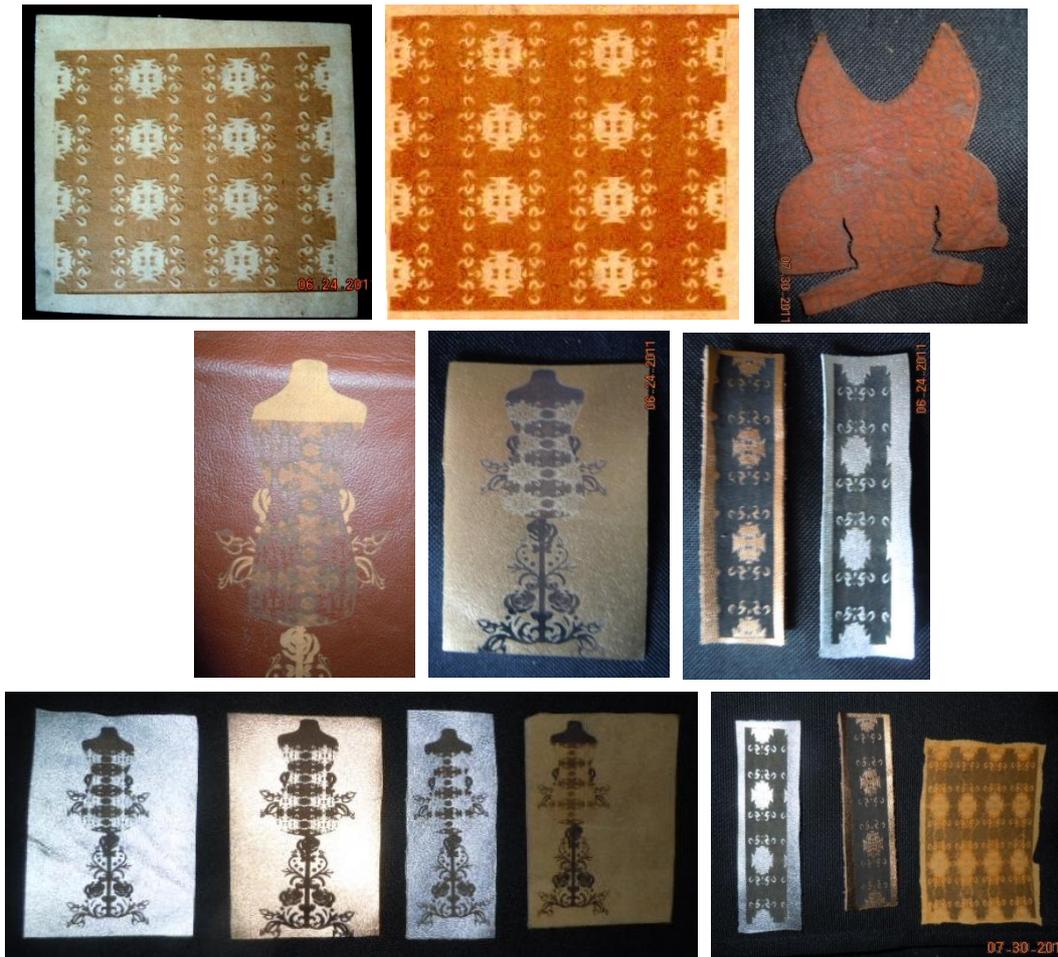


Figura 6: Gravação a laser sobre couro (Fonte: Autor/LdSM).



Figura 7: Simulação virtual do resultado final (Fonte: Autor/LdSM).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de Corte e Gravação a Laser é uma tecnologia que auxilia e facilita a aplicação de gravações diversas sobre o couro e outros materiais, como tecido, jeans etc. O equipamento é de fácil operação, apresentando uma interface amigável e seu software de operação está em português. Para as operações práticas de plotagem, este equipamento requer arquivos com extensão do tipo DST, plt, dxf, bmp, jpeg que podem ser obtidos através de vários softwares de desenho, tais como CorelDraw, Photoshop, entre outros. Apresenta um alto desempenho em virtude das velocidades de corte e gravação. Há aplicação desta técnica para a obtenção de um desgaste com um *look vintage* como os observados nos jeans atuais e o corte propriamente dito. Enfim, a aplicação de texturas sobre diferentes materiais e em especial sobre o couro permite a aplicação de padronagens rapidamente e com melhor efeito de acabamento. Os benefícios que o equipamento de corte e gravação a laser oferece são os de poder auxiliar na diferenciação em paralelo com o desenho isto é, a relação do design, materiais, formas x aplicação e/ou recorte ou ambas, vinculados as tendências de moda de se utilizar de diferentes substratos recortados ou gravados. E, como sugestão para trabalhos futuros, pode-se aplicar a textura desenvolvida neste artigo em coletes, bolsas, saias entre outros acessórios.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

ENGLER, Heinrich Gustav Adolf, 1844-1930; GILG, Ernst Friedrich, 1867-1933. **Syllabus der Pflanzenfamilien**, eine Übersicht über das gesamte Pflanzensystem mit besonderer Berücksichtigung der Medizinal- und Nutzpflanzen, nebst einer Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde, zum Gebrauch bei Vorlesungen und Studien über spezielle und medizinisch-pharmazeutische Botanik. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1924. 420 p., il. (Obras Raras e Especiais do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo).

KINDLEIN JUNIOR, Wilson. GUANABARA, Andréa Seadi. SILVA, Everton Amaral da. PLATCHECK, Elizabeth Regina. **Proposta de uma Metodologia para o Desenvolvimento de Produtos Baseados no Estudo da Biônica**. SITE. WWW.UFRGS.BR/NDSM

MOREAU DE JONNES, A. 1818. **Monographie du mabouja des Murailles, em Gecko Mabouja des Antilles**. Touro. Scient. Soc. Philomath. Paris, Ser. 3,5:138-139.

MUNARI, B. **Design e Comunicação Visual**. RJ: EDIÇÃO 70, 1968.

REDIG, Joaquim. **Sobre Desenho Industrial (ou Design) e Desenho Industrial no Brasil**. Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1977.

RÜTHSCHILLING, E. A. **DESIGN DE SUPERFÍCIE**. PORTO ALEGRE: Ed. Da UFRGS, 2008

VANDEN BROECK, F. **O Uso de Analogias Biológicas**. Revista Design e Interiores, São Paulo, nº 15, 1989.

VEZZOLI, Carlo; MANZINI, Ézio. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis: Os Requisitos Ambientais dos Produtos Industriais**. São Paulo: EDUSP, 2005. 1 ED. 366P.

Apêndice – B

Pôster Apresentado



TÉCNICAS DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER NA CONFEÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA EM COURO

Sandra S. Santos*, Mariliz Gutterres**, Wilson Kindlein Jr.*

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
LABORATÓRIO DE DESIGN E SELEÇÃO DE MATERIAIS*
LABORATÓRIO DE ESTUDOS EM COURO E MEIO AMBIENTE**

I. INTRODUÇÃO:

O design na área coureiro calçadista contribui com alternativas para produtos e serviços que atendam mais e melhor a todos os envolvidos. Neste sentido, este trabalho demonstra a aplicação do Ecodesign na criação de produtos que levem em conta as variáveis ambientais, procurando satisfazer e enfatizar o desenvolvimento econômico, a responsabilidade social e a gestão ambiental através da união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química aliado a aplicação de novas tecnologias como o Corte e a Gravação a Laser para aplicação em couro que emprega como referência texturas advindas da observação de elementos da natureza visando uma padronagem diferenciada e voltada às tendências de moda por meio das metodologias da Biônica.

2. METODOLOGIA:

2.1 Referencial da Natureza para criação da Padronagem

O processo de criação ocorreu a partir do estudo de elementos da natureza via microscópio da flor de girassol (*Helianthus annuus*) e a lagartixa doméstica tropical (*Hemidactylus mabouia*). Após, foi definido o módulo principal das imagens obtidas, para a manipulação no computador por meio do software CorelDraw e Photoshop. Em seguida, foi executada a parametrização para a criação da textura.



Figura 01: Detalhe da captura e observação da flor de Girassol e a patá de lagartixa doméstica, que consistem o Painel Semelhante que contém motivos dos módulos. (Fonte: Autor).

2.2 Encaixe dos Motivos e Parametrização

Os motivos formaram um módulo que foi encaixados verticalmente e paralelamente utilizando a repetição de quatro módulos.

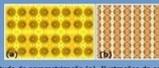


Figura 02: estudo de parametrização (a). Ilustrações do estudo de variação em escala (b).

2.3 Variante de cores e escala

Esta etapa possibilitou a verificação do efeito visual para a simulação da aplicação em couro nas cores branca, marrom e prateado.



Figura 03: estudo de variação de cores e escala.

2.4 Corte e Gravação a Laser

Material	Potência	Velocidade	Nº de Incidências do Laser
Couro 2mm	90%	2 mm/min	01
Couro 2mm	95%	10 mm/min	01
Couro Acabado 2mm	95%	5 mm/min	01

Os Procedimentos práticos foram realizados com o equipamento da marca Mira 3007, fabricado pela empresa Automatista pertencente ao Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) e as amostras foram obtidas junto ao Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO).



Figura 04: Testes de Gravação a Laser sobre couro.

Em seguida, partiu-se para o estudo de possíveis aplicações para a padronagem obtida através de desenhos a mão livre e no computador para a simulação virtual, com o intuito de explorar a imaginação observando os detalhes que ficariam melhores para a textura desenvolvida.

CONCLUSÃO:

O processo de Corte e Gravação a Laser é uma tecnologia que auxilia e facilita a aplicação de gravações diversas sobre o couro e outros materiais. Há aplicação desta técnica sobre o couro permite a obtenção rápida de diferentes padronagens e com bom acabamento em virtude das velocidades de corte e gravação. Os benefícios que o equipamento de corte e gravação a laser oferece são os de poder auxiliar na diferenciação em paralelo com o desenho isto é, a relação do design, materiais, formas x aplicação e/ou recorte ou ambas. E, como sugestão para trabalhos futuros, pode-se aplicar a textura em retalhos de couro provenientes de sobras da produção industrial coureiro calçadista para a confecção de coletes, bolsas, saias entre outros acessórios, procurando satisfazer também as tendências para moda em couro veiculadas pela imprensa especializada em moda, conforme simulação virtual.



Figura 05: Simulação virtual do resultado final.

BIBLIOGRAFIA:

BAKTER, Mike. **Projeto de Produto**: guia prático para o design de novos produtos. 2. ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

ENGLER, Heinrich Gustav Adolf, 1844-1932; GILZ, Ernst Friedrich, 1867-1932. **Syllabus der Pflanzenfamilien**, eine Übersicht über die gesamte Pflanzenwelt mit besonderer Berücksichtigung der Medicinal- und Nutzpflanzen, nebst einer Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde, zum Gebrauch bei Vorlesungen und Studien über spezielle und medizinisch-pharmazeutische Botanik. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1914. 622 p., 11. Obras Raras e Rarasas do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

MORILLAS DE ZARATE, A. (2018). **Memorabilia de mabouia des Marralle, em Geko Mabouia des Antilles**. Tourno. Societ. Sci. Pflanzm. Paris, Ser. 3: 138-139.

MARILLI, B. **Design e Comunicação Visual**. (1). EDIÇÃO 70, 1948.

REDES, Joaquim. **Sobre Desenho Industrial (ou Design) e Desenho Industrial no Brasil**. Escola Superior de Desenho Industrial, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1977.

RÜTHSCHILLING, E. A. **Design de Superfície**. Porto Alegre: ED. DA UFRGS, 2008

VANDEN BRICEK, F. O. **Uso de Analogias Biológicas**. *Revista Design e Interiores*, São Paulo, nº 15, 1989.

RESULTADOS:

Com base nos resultados obtidos com a gravação a laser foi possível perceber que o couro é um substrato que suporta e se adequa facilmente a este processo. A heterogeneidade da cor presente nas amostras advém da potência aplicada para a incidência do laser sobre a superfície do couro, o que gera um efeito visual diferenciado sobre o substrato e que pode reforçar o caráter exclusivo de cada peça gerada com esta técnica.

Agradecimentos:



Apêndice – C

Artigo



VI Congreso Internacional de Materiales

Bogotá, D.C., Colombia - Noviembre 27 al 30 de 2011

Presentation Code: IM-IEF-P-006

Bogotá D.C., Colombia, September 16, 2011.

Sandra Souza dos Santos
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Brazil

Dear Sirs:

Please receive our greetings from the organizing committee of the VI Congreso Internacional de Materiales - CIM 2011.

We are glad to inform you that your work titled "*Análises microscópicas de couros em etapas de acabamento*" has received a positive evaluation and has been Accepted for Oral Presentation.

Please have in mind that the Full Paper submission deadline is October 15, 2011. For the preparation and submission we appreciate to follow the guidelines available at <http://cim2011.uniandes.edu.co/documentos/TemplateFullPaperCIM2011.doc>

We suggest registering with discount before October 15, 2011. In order to include the work on the Congress final program, it is mandatory that the presenting author be registered before November 11, 2011.

Sincerely,

Organizing Committee.
VI Congreso Internacional de Materiales - CIM 2011.

Análises microscópicas de couros em etapas de acabamento

Sandra Souza dos Santos¹, Mariliz Gutterres², Wilson Kindlein Júnior¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

¹Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Engenharia de Materiais,

Laboratório de Design e Seleção de Materiais (PgDesign/UFRGS/LdSM),

*sandrasouzasantos@bol.com.br; kindlein@portoweb.com.br; ²Departamento de Engenharia Química - Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO),
*mariliz@enq.ufrgs.br**

Resumo

O presente trabalho propõe uma reflexão sobre a indústria coureiro calçadista e os processos de produção empregados na fabricação do couro. A fim de auxiliar aos profissionais de criação é demonstrado às várias etapas de obtenção do couro enfatizando a união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química. Portanto, este trabalho se dedica a identificação e a caracterização do couro em varias etapas de acabamento, neste trabalho é feita a análise de imagens em microscópio eletrônico de varredura (MEV) de amostras obtidas em curtume e a discussão dos efeitos dos tratamentos realizados.

Palavras-chave: couro, análise, caracterização, microscopia eletrônica.

1. INTRODUÇÃO

O mercado da indústria de couro participa de diferentes ramos manufatureiros e estes setores dependem da pecuária de corte e dos frigoríficos que fornecem sua principal matéria-prima. A cadeia produtiva compõe-se especialmente dos curtumes, que fabricam seu produto final (couro) e fornecem para diferentes indústrias, que o utilizam como um de seus insumos: calçados e artefatos, vestuário, móveis e para o setor de estofamento automobilístico (ABDI, 2011).

O mercado coureiro calçadista brasileiro abriga mais de 8000 empresas (MDIC, 2011) e gera aproximadamente 804 milhões de pares de calçados ao ano. Dentre os segmentos destacam-se: calçados sociais, atléticos, casuais, sintéticos, tecidos entre outros modelos. Só em 2011 foram exportados cerca de 82,2 milhões de pares de calçados.

A tecnologia de produção do couro está em constante desenvolvimento devido às pesquisas científicas e aplicadas ao setor, as quais são realizadas em virtude dos anseios do mercado que provocam a busca por novos sistemas de processamento menos impactantes ao meio ambiente e com atendimento a quesitos de qualidade e diversificação de produtos. Segundo Gutterres (2011), a demanda por sistemas de curtimento livres de cromo direciona-se não somente para produção de couros automotivos, mas também para calçados e acessórios em couro. Mesmo com estes avanços tecnológicos o sistema de curtimento ao cromo continua sendo o mais utilizado, tendo em vista as propriedades obtidas no couro, onde o sal de cromo pode ser empregado numa única adição de curtente. Outro fator que influi na utilização é que este é relativamente econômico e apresenta uma tecnologia estabelecida. Outra característica destacada por Gutterres é que os couros tratados com cromo são catiônicos e apresentam boa compatibilidade com os produtos químicos que são utilizados nos estágios de pós-curtimento (recurtimento, tingimento e engraxe). Os couros catiônicos respondem bem a qualquer tipo de acabamento (ou tratamento de superfície), proporcionando peças acabadas com boa resistência, além de

apresentarem boa estabilidade química, hidrotérmica e dimensional, versatilidade nas propriedades físicas (maciez, elasticidade), tingimentos e acabamentos com cores brilhantes. Gradualmente as tecnologias de curtimento ao cromo estão gerando menores teores residuais de sais de cromo nos efluentes líquidos e pesquisa-se a redução de uso de produtos químicos, bem como diminuição do consumo de água.

Mundialmente, cerca de 80% dos couros são curtidos com cromo. O couro curtido ao cromo, chamado de *wet blue* é considerado uma *commodity* na indústria e o avanço tecnológico em alternativas de acabamento permite atenuar defeitos originários da pele natural e obter uniformidade entre peles nos lotes fabricados. Além disto, em meio aos restos de cortes (rejeitos) resultantes da produção de couro, introduzir processos e métodos que possibilitem o seu aproveitamento é uma constante a ser preenchida, e isto passa por uma necessidade de conhecimento de aspectos estruturais e de visualização do material, tanto a olho nu como por meio de utilização de técnicas microscópicas. A aplicação da microscopia eletrônica de varredura em couro é detalhada na literatura por Gutterres (2011) que a utilizou para análise de pele em estado caleirado, de couro *wet blue* e de couro engraxado.

A área de design visa auxiliar no desenvolvimento de artefatos diversos e com características distintas, neste sentido a compreensão das características dos materiais se faz necessária para a melhor aplicação dos mesmos. Sem o conhecimento básico sobre a seleção de materiais, o designer fica na idealização do produto sem conhecer as características intrínsecas do material que melhor se adéqua e que pode ser utilizado no desenvolvimento de suas criações. Neste sentido, a seleção de materiais e design auxiliada pela utilização de microscopia pode assessorar na escolha dos tipos de couros para cada produto determinado e ainda, explorar os efeitos das diversas técnicas de tratamento como lixamento, pintura de cobertura, gravação, colagem, corte, entre outros processos de fabricação. A inclusão da análise do couro via microscópio eletrônico de varredura visa dar uma autonomia ao designer ou fabricante de produto para determinar a qualidade da fibra a qual melhor se adequa ao projeto proposto, tornando-se um fator tecnológico de inovação no meio empresarial e de minimização de falhas na produção de artefatos diversos em couros. Portanto, possibilitar aos profissionais de criação e acadêmicos das diferentes áreas projetuais a identificação e caracterização do couro contribuem para o conhecimento deste material natural e para sua formação profissional, possibilitando colaborar no processo criativo que é indissociável às áreas de projeção para a construção de produtos e acessórios com qualidades e características específicas.

O estudo de aproveitamento de resíduos de couro em uma abordagem holística do ecodesign focado em calçados infantis é um exemplo da relação entre design x materiais x engenharia química (Kluge, 2009). Outro exemplo (Santos *et al.*, 2011) é a utilização de novas tecnologias como o corte e a gravação a laser sobre retalhos e/ou sobras da produção na confecção de artefatos diversos em couro e tais ferramentas compõe um ferramental que possibilita o rápido desenvolvimento da aplicação de corte e textura sobre estas peças. Neste sentido, o design na área coureiro calçadista contribui com diferentes alternativas para o reaproveitamento de retalhos que podem sofrer a aplicação de corte e/ou gravação ou ambos para a reintrodução em novos artigos com características diferenciadas e, que além destas satisfaçam e enfatizem o desenvolvimento econômico, a responsabilidade social e a gestão ambiental através da união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química.

A indústria do couro e do calçado é uma das mais competitivas do Brasil, e os curtumes podem se dedicar a uma ou mais etapas do processamento do couro, como os casos de curtume de processamento da pele bruta ou salgada até curtimento para obter

couro *wet blue*, de curtume de beneficiamento do couro desde *wet blue* até acabamento, ou de curtume integrado que processa a pele desde o início até couro acabado.

O presente trabalho é focado na análise das etapas de acabamento de couro para a indústria moveleira e automotiva, tendo em vista o crescente número de peças comercializadas para este fim. Para uma melhor compreensão das características deste material natural e nobre são demonstradas algumas imagens obtidas por microscopia eletrônica das fibras que compõem tais materiais. Pode-se perceber ao longo destas imagens que algumas exibem uma camada que destaca um agente externo, que neste caso, é o produto de acabamento que foi aplicado sobre a região superficial do couro e a seguir são analisados alguns tipos de acabamento com usos para calçados e artefatos.

Processamento do Couro

O processamento do couro consiste em transformar a pele verde ou salgada em couro. Em geral, o processamento do couro é dividido em quatro conjuntos de operações de trabalho: ribeira, curtimento, acabamento molhado e acabamento. As operações de ribeira são realizadas em meio aquoso com a finalidade de hidratação, limpeza e depilação da pele para prepará-la para o curtimento. São feitas ainda as operações mecânicas de descarte e divisão da pele nas camadas superior e inferior, denominadas respectivamente de camada flor e camada raspa. O curtimento tem como resultado na pele sua resistência a agentes biológicos e químicos e a estabilidade hidrotérmica. As operações de acabamento molhado (ou chamadas de recurtimento) tem como finalidade definir características de resistências físico-mecânicas, textura, enchimento, impermeabilização, maciez e cor do couro. O acabamento final visa manter ou melhorar o aspecto do couro e atender às especificações do produto final como cor, brilho, lisura, efeitos de superfície, etc. O quadro 1 apresenta, com uma breve descrição, os tratamentos e operações realizadas em curtume e agrupadas nas distintas fases do processo, sendo que nem todas as etapas são rigorosamente cumpridas em um processo em curtume, isto depende do tipo de artigo em questão. As operações químicas e de lavagens são realizadas em meio aquoso em fulões (tambores rotativos) e as operações mecânicas são realizadas em máquinas com sistemas e dispositivos de rolos de transporte e outros que fazem o próprio trabalho desejado com navalhas desenhadas de acordo com as suas funções.

Quadro 1: Tratamentos e operações unitárias do processo de produção de couro

Operações de Ribeira
<ul style="list-style-type: none">- Recebimento da pele bruta ou conservada: a conservação por salga é o sistema mais utilizado.- Separação e seleção das peles.- Remoção de sal em fulão de bater.- Pesagem: chamado de peso verde o salgado.- Pré-remolho: é empregado para retirada do sal e reposição parcial da água.- Pré-descarne: operação mecânica com a finalidade de retirar material sub-cutâneo da pele.- Remolho: repõe o teor de água e realiza limpeza da pele.- Depilação e Caleiro: operações realizadas no mesmo banho e tem como função remover pelos e epiderme, realizar inchamento, abertura fibrosa e limpeza da pele.- Descarne: elimina por completo o material sub-cutâneo remanescente do pré-descarne, quando for o caso.- Divisão: divide a pele em duas camadas - a camada superficial, denominada flor, e a

<p>camada inferior, denominada raspa.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesagem: chamado de peso tripa - Desencalagem: remoção de substâncias alcalinas da pele e reversão do inchamento provocado no caleiro. - Purga: limpeza da estrutura fibrosa por ação de enzimas que decompõem materiais queratinosos degradados, gorduras, bulbos pilosos e outras substâncias.
<p>Operações de Curtimento e preparação para Pós- Curtimento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Píquel e Curtimento: operações realizadas em mesmo banho. O píquel é acidificação controlada da pele (sem inchamento) para preparar para o curtimento. No curtimento, ocorre difusão e fixação dos agentes curtentes. Obtém-se couro <i>wet blue</i> quando é feito curtimento com cromo ou couro pré-curtido <i>wet white</i> livre de cromo. - Classificação dos couros <i>wet blue</i> - Enxugamento e rebaixamento do couro: o enxugamento retira o excesso de água para permitir o rebaixamento que é o ajuste e a equalização da espessura. - Pesagem dos couros: peso rebaixado.
<p>Acabamento Molhado</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desacidulação: após lavagem inicial a desacidulação ajusta o pH do couro a fim de abrandar sua carga catiônica. - Recurtimento: uso de recurtentes para modificar as fibras, obter resistências físico-mecânicas, propiciar enchimento, elasticidade, firmeza e características relacionadas à flor (poro e tato). - Tingimento: uso de corantes para tingimento no interior do couro (atravessado) e superficial. - Engraxe: uso de óleos de engraxe para obter flexibilidade, maleabilidade, maciez, compressibilidade, impermeabilização, hidrofugação e resistência físico-mecânica. (Estas operações de acabamento molhado podem ser feitas em sequencia ou de forma concomitante)
<p>Secagem e Operações de Pré-acabamento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Enxugamento e estiramento: eliminar o excesso de água e abrir as fibras, aumentar a área, eliminar rugas e alisar o couro. - Secagem: diversos sistemas de secagem são usados que empregam vácuo, estufa, ar livre e <i>toggling</i>. - Recondicionamento da umidade: somente quando houver necessidade. - Amaciamento: feita em máquina de amaciar que executa movimento vibratório. - Impregnação: a aplicação de determinados produtos à base de resinas para dar firmeza de flor. - Aplicação de stucco: aplicação de determinados produtos químicos específicos para a acobertura e correção de imperfeições no couro. - Lixamento e desempoamento: o lixamento serve para corrigir, atenuar imperfeições, diminuir o tamanho dos poros do couro. Tanto o lado superior (superfície da flor) como o lado interno (lado do carnal) que podem ser lixados. O desempoamento consiste na retirada do pó.
<p>Acabamento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicação de camadas de acabamento: fundo, cobertura e fixação (<i>top final</i>) cuja finalidade é revestir e proteger o couro, melhorar o aspecto e proporcionar diversos tipos de texturas e efeitos. - Tratamentos mecânicos: polimento, prensagem, estampagem, alisamento, abrlhantamento, etc.
<p>Setor de qualidade e expedição</p>

- Amostragem para ensaios analíticos e classificação final.
- Medição, expedição e faturamento.

1.2. Tipos de artigos de couro e de Acabamentos

Os tipos e características do couro variam primeiro quanto ao seu estágio de processamento. Pode-se identificar couro nos estágios de curtido, semi-acabado e acabado. O couro curtido *wet blue* é a base para a preparação de muitos tipos de couro. O couro curtido com tanino vegetal ou atanado é mais direcionado para fabricação de calçados, artefatos bem como para solados de calçados. O couro pré-curtido com uso de aldeídos, silicatos, polifosfatos, taninos sintéticos e outros pré-curtentes requer recurtimento para completar principalmente sua resistência ao calor, além de conferir propriedades desejadas, o que é o caso também do recurtimento do *wet-blue*.

Entre os couros semi-acabado (chamados também de *crusts*), isto é aqueles que foram recurtidos, engraxados, com ou sem tingimento, tem-se o semi-cromo que é o couro curtido ao cromo e recurtido com tanino vegetal, o qual apresenta como característica a facilidade para estampagem. Outro tipo é o Nubuck cuja característica é, o toque aveludado e efeito observado devido ao leve lixamento da flor, que é empregado na fabricação de calçados e acessórios.

Dentre os tipos de couros acabados tem-se o antique que apresenta um aspecto retro envelhecido, a napa que é um couro curtido ao cromo tem como característica o toque macio o qual tem uma gama enorme de utilizações como em calçados, vestuário e estofamento automotivo. A maior parte dos couros é obtida de pele bovina. Outro tipo de couro é a pelica que é empregada em produtos finos, normalmente é obtida de couro de cabra ou mestiço e apresenta toque brando e macio, é um couro com espessura fina e delicado.

Há vários tipos de acabamento que podem ser aplicados ao couro de acordo com a finalidade ou característica que se queira obter. O termo acabamento representa uma série de processos e operações que visam agregar propriedades bem como aparência ao couro. A aplicação de composições de produtos químicos a base de água ou de solventes, visa formar películas ou filmes que aderem e são polimerizados, reticulados e fundidos sob ação de calor sobre os couros. Os produtos são aplicados mais comumente por meio de injeção dos produtos e através de pistolas rotativas ou por meio de transferência através de máquinas com rolos rotativos que entram em contato com o couro. Alguns principais tipos de acabamento são os seguintes:

- Acabamento de flor corrigida: couros lixados com acabamento de alta cobertura, gravado;
- Acabamento anilina: camadas transparentes, não pigmentadas, flor de aparência natural;
- Acabamento semi-anilina: pequenas quantidades de pigmentos e/ou corantes misturados com ligantes na camada de fundo, sendo a camada superior apenas com corantes;
- Acabamento fosco: pigmentos de cobertura e ligantes;
- Acabamento “brush-off”: efeito com dois tons que aparece após o disco de polir;
- Acabamento “antique”: efeito bicolor obtido com a aplicação de ceras;
- Acabamento fantasia;
- Acabamento bi ou multicolor: é aplicado em duas ou mais camadas de coberturas de cores diferentes através de pistola em ângulos, tamponagem ou impressão;

- Acabamento invisível: impressão de superfície não acabada usando coberturas leves e operações mecânicas;
- Acabamento craquelê: com efeito de rachaduras;
- Acabamento com relevos: com uso de resinas que expandem sob ação de calor.
- Acabamento de flor e couro raspa: com aplicação de filmes plásticos ou laminados;
- Acabamento por transferência de filme: é a técnica que envolve a aplicação de filmes plásticos ou laminados, aplicados em couro flor ou raspa;
- Acabamento de espuma: é um acabamento de alta cobertura empregado por meio de máquina que forma a espuma a ser depositada.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de couro nas diversas etapas de processamento foram obtidas diretamente da linha de produção em visita a um curtume que produz couro para a indústria automotiva. Nos couros para estofamento automotivo e moveleiro observou-se que é feita a aplicação de *stucco*, composição de produtos preparados em estado de pasta e que serve para cobrir ou corrigir as imperfeições de superfície ocasionadas na pele por parasitas durante a vida do animal, cicatrizes, furos, cortes profundos feitos em matadouros e outros defeitos. O lixamento elimina saliências dos defeitos da pele, remove o excesso de *stucco* aplicado e baixa os poros (grão) da superfície da pele. Enquanto que o desemboamento retira o pó decorrente deste lixamento. O couro lixado denomina-se de couro flor (ou grão) corrigida.

Foi feita a avaliação de imagens do couro em MEV obtidas da superfície externa (flor), parte interior da pele (carnal) e corte transversal de amostras de couro, coletadas em um curtume que produz couro para a indústria automotiva. Dos couros curtidos com cromo no curtume (camada superior após a divisão ou flor do *wet blue*) foram retiradas amostras em semi-acabado, após as operações de pré-acabamento (aplicação de *stucco* e lixamento) e após acabamento. Realizou-se ainda a análise de couro semi-acabado obtido a partir de *wet white* (curtido sem cromo) e de couro semi-acabado a partir de raspa de couro (camada inferior obtida após a divisão da pele).

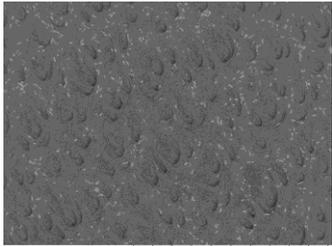
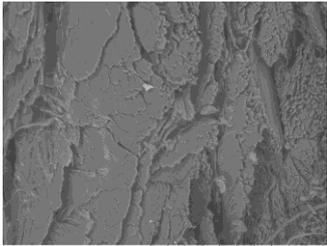
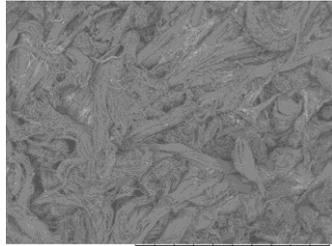
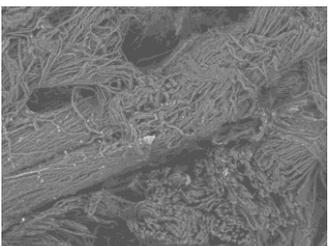
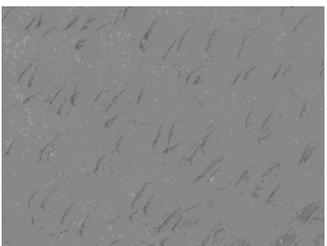
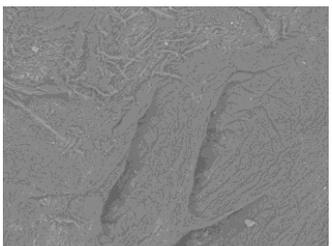
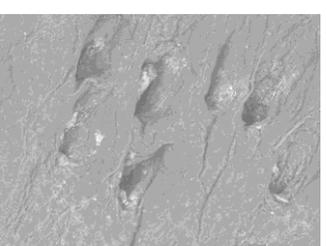
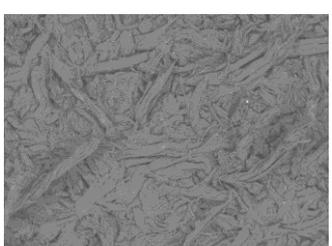
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

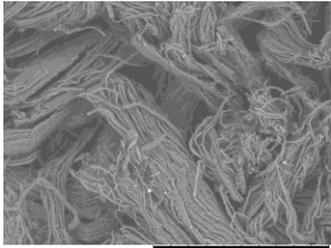
A tabela apresenta as imagens de couro curtido, semi-acabado e acabado a partir de *wet blue*, com exceção da amostra 2b que é a partir de *wet white*. Comparado com o couro apenas curtido, o couro semi-acabado é aquele que passou por tratamentos de acabamento molhado, o que propiciou um maior isolamento interno nos feixes de fibras e definição dos poros na superfície, devido principalmente ao recurtimento e engraxe, e este efeito foi mais evidente ainda no semi-acabado a partir de *wet white*. Estas imagens e suas interpretações são importantes para facilitar a identificação de couros para qualquer tipo de artigo, isto é útil tanto para controles dos processos de industrialização de couros, para caracterização de couros no mercado ou para identificação de aparas e restos de couro de origem desconhecida visando seu uso para confecção de pequenos artefatos.

O *stucco* aplicado em couros para estofamento é útil, pois nestes casos o aproveitamento de grandes áreas de couro para corte das peças se fazem necessárias, e por conseguinte os defeitos devem ser minimizados. Verificou-se, conforme esperado, que o *stucco* fez o fechamento dos poros e dos defeitos da superfície, enquanto que o lixamento expôs novamente as fibras. A aplicação de cobertura (composição de resina, pigmentos e

outros produtos químicos) forma um filme sobre a superfície, conforme o filete verificado no corte transversal do couro. Estes couros recebem uma gravação posterior que lhes confere novamente o desenho de poros e, portanto, chama-se isto correção da flor. No final, aplica-se uma camada de lustro (ou *top final*) para dar fixação e resistência ao acabamento.

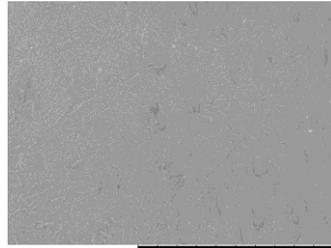
Tabela 1: Amostras de couro em seqüência de acordo com a etapa de processamento

 <p>TM3000_3545 20110524 09:37 NL D5.0 x50 2 mm 15 kV</p> <p>1.Couro <i>wet blue</i>, flor 50x</p>	 <p>TM3000_3751 20110606 14:49 NL D4.7 x300 300 um 15 kV</p> <p>1.Corte transversal <i>wet blue</i>, 300x</p>	 <p>TM3000_3742 20110606 14:36 NL D4.7 x50 2 mm 15 kV</p> <p>1.Couro <i>wet blue</i>, carnal 50x</p>
 <p>TM3000_3743 20110606 14:37 NL D4.8 x300 300 um 15 kV</p> <p>1.Couro <i>wet blue</i>, carnal 300x</p>	 <p>TM3000_4104 20110622 14:39 NL D4.9 x50 2 mm 15 kV</p> <p>2a.Semi-acabado, flor 50x</p>	 <p>TM3000_4105 20110622 14:42 NL D4.7 x300 300 um 15 kV</p> <p>2a.Semi-acabado, flor 300x</p>
 <p>TM3000_4357 20110704 14:35 HL D6.3 x50 2 mm 15 kV</p> <p>2b. Semi-acabado de <i>wet white</i>, flor 50x</p>	 <p>TM3000_4358 20110704 14:36 HL D4.9 x300 300 um 15 kV</p> <p>2b. Semi-acabado de <i>wet white</i>, flor 300x</p>	 <p>TM3000_3738 20110606 14:22 NL D5.0 x50 2 mm 15 kV</p> <p>2c. Semi-acabado a partir da camada raspa, flor 50x</p>



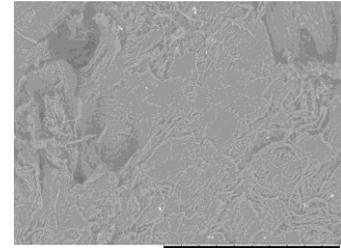
TM3000_3735 2011/06/06 14:16 NL D4.9 x300 300 um 15 kV

2c. Semi-acabado a partir da camada raspa, 300x



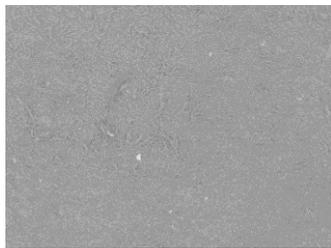
TM3000_4045 2011/06/20 14:07 NL D5.3 x50 2 mm 15 kV

3. Semi-acabado com stucco, flor 50x



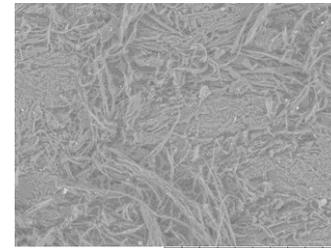
TM3000_4047 2011/06/20 14:10 NL D5.1 x300 300 um 15 kV

3. Semi-acabado com stucco, flor 300x



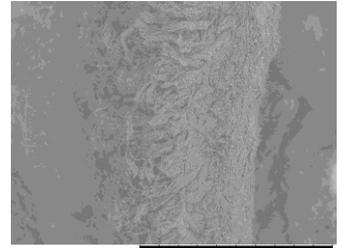
TM3000_4075 2011/06/20 15:05 NL D5.1 x50 2 mm 15 kV

4. Semi-acabado com stucco e lixado, flor 50x



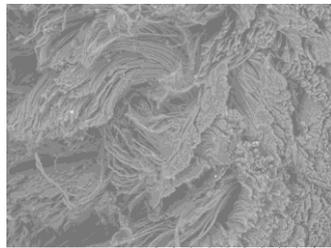
TM3000_4077 2011/06/20 15:08 NL D4.9 x300 300 um 15 kV

4. Semi-acabado com stucco e lixado, flor 300x



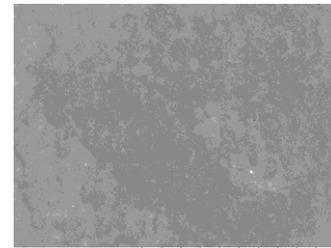
TM3000_4065 2011/06/20 14:52 NL D4.1 x50 2 mm 15 kV

4. Semi-acabado com stucco e lixado, corte transversal 50x



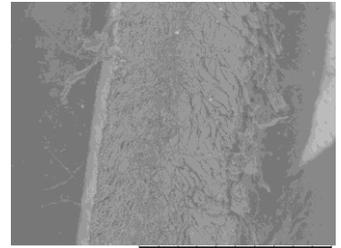
TM3000_4067 2011/06/20 14:54 NL D4.1 x300 300 um 15 kV

4. Semi-acabado com stucco e lixado, corte transversal 300x



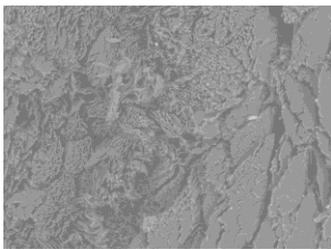
TM3000_4050 2011/06/24 14:23 NL D4.7 x50 2 mm 15 kV

5. Aplicação de cobertura, flor 50



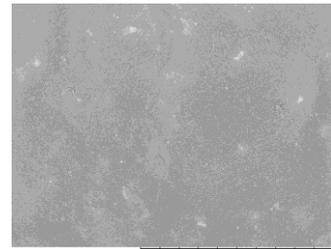
TM3000_4060 2011/06/27 14:46 NL D4.6 x50 2 mm 15 kV

5. Aplicação de cobertura, corte transversal 50x



TM3000_4062 2011/06/20 14:48 NL D4.5 x300 300 um 15 kV

5. Aplicação de cobertura, corte transversal 300x



TM3000_4146 2011/06/24 16:29 HL D4.9 x50 2 mm 15 kV

6. Acabado final, flor 50x



TM3000_6219 2011/09/27 17:09 NL D9.2 x1.5k 50 um 15 kV

7. Acabado final, flor 1500x

3. CONCLUSÕES

A capacidade intelecto-criativo aliada a novas tecnologias possibilita aos profissionais de design investigar possibilidades e formas de reintroduzir e aproveitar tais materiais na criação de produtos diferenciados e com alto valor de mercado. Neste sentido, o emprego de equipamentos de caracterização e avaliação em conjunto com novas tecnologias de processo possibilita ao profissional de criação o desenvolvimento de diferentes tipos de acessórios de moda gerando benefícios recíprocos para todos os envolvidos e neste sentido as análises possibilitaram identificar as etapas do processo e características dos substratos, o que pode facilitar o controle de qualidade na produção de couro, bem como auxiliar na identificação de aparas de recorte de couros que melhor satisfaçam a sua reutilização.

5. REFERÊNCIAS

1. ABDI, Relatório de Acompanhamento Setorial Couro e Calçados, Volume. IV, 2009.
2. Gutterres, M. A Ciência rumo à Tecnologia do Couro, Editora Tríplice, Porto Alegre, ISBN 978-85-61980-00-9, p. 88-90, 2008.
3. Gutterres, M. Alternativas para curtimento de couro. Pg. 10/11. Exclusivo Couro. Janeiro, 2011.
4. Gutterres, M. Curtimento ao cromo ainda é predominante. Pg. 8. Exclusivo Couro. Fevereiro 2011.
5. Kluge, Anelise. Contribuição ao estudo do aproveitamento de resíduos de couro: Uma abordagem holística do Ecodesign Focado em calçados Infantis. Dissertação de Mestrado. UFRGS, 2009.
6. Santos, Sandra Souza dos. Gutterres, Mariliz Soares. Kindlein Jr., Wilson. Técnicas de Corte e Gravação a Laser na Confecção de Acessórios de Moda em Couro. XIX Encontro Nacional dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro. Franca/SP, 2011.

Apêndice – D

Resumo Publicado Revista

The image shows the cover of the magazine 'REVISTA DO COURO'. The title is in large, bold, white letters at the top. Below it, there is a line of text: 'Revista da Associação Brasileira de Químicos e Técnicos da Indústria do Couro', 'ISSN 0103-5627 | Ano XXXV | Edição 218 | Setembro e Outubro de 2011'. To the right, there is a logo for '40 anos' with 'ABOTIC' and 'Filiada à IULTCS'. The main part of the cover features three Gemata machines: 'JUMBOSTAR-SR' (top left), 'STARPLUS-S' (top right), and 'STARLINE-RS' (bottom left). The machines are white with orange accents. The background is dark with abstract, glowing patterns. At the bottom, there is a large text block: 'AS MELHORES MÁQUINAS PARA O ACABAMENTO DE COUROS E LAMINADOS SINTÉTICOS' and the Gemata logo with the text 'Gemata do Brasil'.

REVISTA DO COURO

Revista da Associação Brasileira de Químicos e Técnicos da Indústria do Couro
ISSN 0103-5627 | Ano XXXV | Edição 218 | Setembro e Outubro de 2011

40 anos
ABOTIC
Filiada à IULTCS

JUMBOSTAR-SR

STARPLUS-S

STARLINE-RS

AS MELHORES MÁQUINAS PARA O ACABAMENTO DE COUROS E LAMINADOS SINTÉTICOS

Gemata[®]
do Brasil

a diminuição de uso e também a troca, considerando a preocupação com o impacto ambiental.

TÉCNICAS DE CORTE E GRAVAÇÃO A LASER NA CONFECÇÃO DE ACESSÓRIOS DE MODA EM COURO

AUTORES: Sandra S. Santosa, Mariliz Gutterres², Wilson Kindlein Jr.³

EMPRESA/INSTITUIÇÃO: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

¹Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM, sandrasouzasantos@bol.com.br

²Departamento de Engenharia Química - Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOIRO), mariliz@enq.ufrgs.br

RESUMO

O design na área coureiro calçadista contribui com alternativas para produtos bem como serviços que atendam mais e melhor a todos os atores envolvidos desde a entrada da matéria-prima, concepção, desenvolvimento, lançamento e ciclo de vida final procurando prever sua reutilização ou reciclagem (curtumes, projetistas, designers, chão de fábrica, cliente final e meio ambiente).

O Ecodesign no setor Coureiro - Calçadista vem auxiliar na criação e desenvolvimento de materiais e produtos que levem em conta as variáveis ambientais de seu desenvolvimento e todo o ciclo de vida do produto, procurando satisfazer e enfatizar o desenvolvimento econômico, a responsabilidade social e a gestão ambiental através da união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química.

O aparecimento de novas tecnologias como o Corte e a Gravação a laser compõem um importantíssimo ferramental que possibilita o rápido desenvolvimento da aplicação de textura sobre diferentes substratos e, em especial, sobre o couro, assim como o corte da peça. Assim, a crescente competitividade mercadológica impulsiona a busca por soluções inovadoras para conquistar novos consumidores e tal solução pode dar-se através da aplicação de texturas ou padronagens em alto, baixo relevo ou através de corte sobre o substrato.

Este artigo, portanto, demonstra o desenvolvimento do processo de Corte e Gravação a Laser para aplicação em couro e emprega como referência texturas advindas da observação de elementos da natureza visando uma padronagem diferenciada e voltada às tendências de moda.

AVLIAÇÃO ANALÍTICA DE PROTEÍNAS E GORDURAS PARA DETECÇÃO DE CONSTITUINTES DA PELE EM MEIOS AQUOSOS

AUTORES: Cristiana Winter, Franck de Souza e Mariliz Gutterres

EMPRESA/INSTITUIÇÃO: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente - LACOIRO

RESUMO

Os efluentes provenientes de curtumes têm como principal característica a presença de metais, em especial cromo, além da elevada carga orgânica devido à remoção e degradação de proteínas oriundas da pele.

O presente trabalho tem como objetivo facilitar a análise e detectar a composição desses banhos a partir da análise dos principais constituintes: colágeno, triglicerídeos e queratina. A partir de soluções sintéticas, os constituintes foram correlacionados de acordo com parâmetros analíticos dos testes de Proteína Solúvel (PS), Carbono Orgânico Total (COT) e Nitrogênio Total de Kjeldahl (NTK) de forma quantitativa e, adicionalmente, foram realizadas estas mesmas análises em efluentes de ribeira das etapas de remolho e caleiro com o objetivo de traçar o perfil destes efluentes.

Por fim, os resultados obtidos das análises podem contribuir para o desenvolvimento de novas tecnologias aplicadas ao processamento de couro através de estudos específicos, uma vez que é de fundamental importância o conhecimento do perfil do efluente gerado para melhor monitoramento do processo.

INFLUÊNCIA DE AGENTES MASCARANTES ORGÂNICOS NA EFICIÊNCIA DO CURTIMENTO AO CROMO E A FORMAÇÃO DE CROMO VI

AUTORES: Neimar Barronio*, José Everton Braun, Letícia Melo dos Santos

EMPRESA/INSTITUIÇÃO: SENAI – Centro Tecnológico do Couro

Rua Gregório de Mattos, 111

Estância Velha - RS CEP: 93600-000

Fone: (51) 3561-1500 Fax: (51) 3561-1864

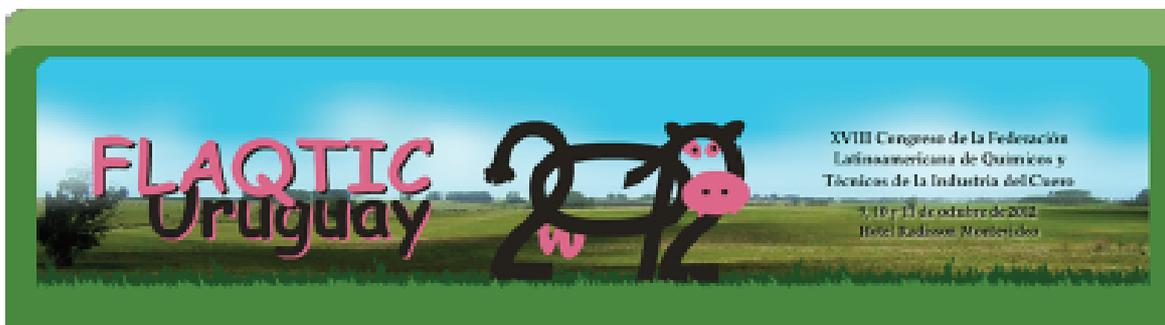
*E-mail: neimar.barronio@senairs.org.br

RESUMO

Sais de cromo são os agentes mais utilizados no curtimento de peles, devido ao fato de que conferem ao couro características únicas. Para favorecer a absorção dos sais de cromo pela pele, pode-se utilizar o processo de curtimento mascarado,

Apêndice – E

Artigo



Flaqtic 2012 - Presentación de Trabajo Trabajo Nº: 033

Avaliação da Operação de Corte e Gravação a Laser em Couro Acabado

Sandra Souza dos Santos¹, Mariliz Gutterres², Wilson Kindlein Júnior¹

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil

¹Programa de Pós-Graduação em Design, Departamento de Engenharia de Materiais,

Laboratório de Design e Seleção de Materiais (PgDesign/UFRGS/LdSM),

sandrasouzasantos@bol.com.br; kindlein@portoweb.com.br; ²Departamento de

Engenharia Química - Laboratório de Estudos em Couro e Meio Ambiente (LACOURO),

mariliz@enq.ufrgs.br

RESUMO

A concorrência do mercado aliada as tendências de moda e os consequentes desejos do consumidor em cada estação estimulam a busca por novas tecnologias que contribuam para o equacionamento dos fatores relacionados ao desenvolvimento e à fabricação de novos produtos em couro. Neste sentido, as áreas de criação e, em especial a de Design, investiga processos e métodos que possam auxiliar no desenvolvimento de novos produtos que levem em conta fatores estéticos perceptivos, tecnológicos, econômicos e ecológicos para a área coureiro- calçadista. O uso de novas tecnologias como o laser constituem um ferramental que possibilita a marcação e o corte sobre a superfície do couro de forma rápida, precisa e com controle da qualidade. Assim, este trabalho visa estabelecer os parâmetros de velocidade e potência para o uso do laser nos processos de Corte e Gravação sobre o couro acabado nas camadas flor e carnal, a fim de sistematizar a aplicabilidade deste processo no Design de Produtos. É apresentada uma avaliação por meio do registro visual, de imagens obtidas por microscopia de tipos diferentes de amostras de couros pigmentados, semi-pigmentados e ainda os que tiveram aplicação ou não de stucco, submetidos à esta tecnologia. Assim, a partir da incisão dos feixes de laser sobre os substratos foram geradas tabelas em função da queima do material, com os resultados da

aplicação deste processo em níveis identificados como ótimo, bom, regular e ruim, com o intuito de demonstrar como o couro se comporta em função dos parâmetros para a execução das operações de corte e gravação.

Palavras-chave: Laser, Couro, Parâmetros de corte e gravação.

INTRODUÇÃO

Com o crescimento demográfico mundial há demandas maiores de bens de consumos como calçados e outros produtos feitos com couro. Também aumentam os rebanhos animais possibilitando suprir o mercado e a indústria de couro mundial (Gutterres, 2006). Neste sentido, o crescente desenvolvimento do mercado coureiro-calçadista no Brasil impulsiona a busca por novas ferramentas e tecnologias que estimulem a alta competitividade e que garantam uma dinâmica interativa de projeto, manufatura e fabricação, incorporando assim as mudanças contínuas do setor proporcionadas pela globalização (Campos, 2011). Assim, é necessário programar estratégias que direcionem as indústrias a novos métodos de inovação. Neste sentido, o emprego de tecnologias de corte, e gravação a laser sobre o couro, em conjunto com a análise e caracterização das fibras submetidas a esta tecnologia, possibilita a geração de peças e artigos em grande quantidade e em curto espaço de tempo, além de possibilitar o controle de qualidade sobre os artigos gerados. Estes fatores auxiliam as empresas a tornarem-se mais competitivas e até sustentáveis, tendo em vista a possibilidade de aplicação em amostras de tamanho menor, que podem ser reintroduzidas como acessórios ou adereços em diferentes produtos.

Deste modo, a união das áreas de Design, Seleção de Materiais e Tecnologia Química pode auxiliar o setor coureiro-calçadista na escolha dos tipos de couros para cada produto determinado, bem como quais parâmetros que se ajustam melhor para a geração de efeitos de gravação e corte de peças. O emprego destas técnicas e ferramentas tem como característica a contribuição para o aumento de conhecimento deste material natural (couro) e com isto poder auxiliar na formação dos profissionais de criação, tendo em vista a possibilidade de disseminar o conhecimento a respeito das características específicas destes materiais, assim como das técnicas de criação. Portanto, a compreensão das características do material e dos equipamentos é de suma importância para a melhor aplicação e, neste sentido o designer e profissionais de criação podem optar por determinado artigo para corte e/ou gravação de texturas (Santos, 2012).

Segundo Baxter (1995), o desenvolvimento de produtos deve ser orientado para o consumidor e deve ter uma clara diferenciação em relação aos existentes e com um evidente acréscimo de valor, pode ser por esta razão que tais produtos têm mais chances de sucesso. Um outro exemplo de sucesso é a reutilização de aparas da produção na confecção de artefatos de moda como foi no caso do projeto intitulado: “Uso da fibra de bananeira e de retalhos de couro no desenvolvimento de bolsa artesanal feminina” desenvolvido na Universidade de Joinville/SC (Lorenzi, 2010). Em suma, só, “o fator mais importante, e provavelmente o mais óbvio, é o produto ter forte diferenciação em relação aos seus concorrentes no mercado e apresentar características valorizadas pelos consumidores”. Consoante aos fatores descritos, as empresas que compreenderem e implantarem tais requisitos terão grande vantagem sobre as demais, pois além de contribuir para o meio ambiente no sentido de poder aproveitar artigos em tamanho menor poderão inclusive acrescentar recortes e/ou texturas diferenciadas gravadas sob o substrato.

Hartkopf (2001) reitera que só preço, qualidade e tecnologia não bastam para garantir a venda. Afirma que a palavra chave é antecipar as necessidades do usuário. Assim o design deve tornar o produto mais competitivo e, isto pode ocorrer através da utilização de gravações diversas e/ou recortes sobre a superfície do couro podendo inclusive aplicar a estes, desenhos parametrizados (Rüthschilling) que dão um diferencial à peça em virtude de serem exclusivos.

O presente estudo de caso vem colaborar com a implantação de novas ações que incluam agentes determinantes como a tecnologia dos equipamentos, a matéria-prima utilizada, a capacitação e o desempenho dos profissionais envolvidos, para a concepção de artigos diversos em couro, para tanto, são estudados sistematicamente os parâmetros de Corte e Gravação a Laser.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho consiste na avaliação dos couros submetidos ao processo de corte e gravação a laser.

Os procedimentos práticos para a execução da gravação e corte a laser foram realizados no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da UFRGS e utilizou-se o equipamento da marca Mira 3007, fabricado pela empresa Automatisa. A operação do mesmo está vinculada a três fatores: potência, velocidade e número de incidências do feixe de luz do laser sobre o substrato “material”, para se obter o fim desejado, quer seja de corte e/ou gravação.

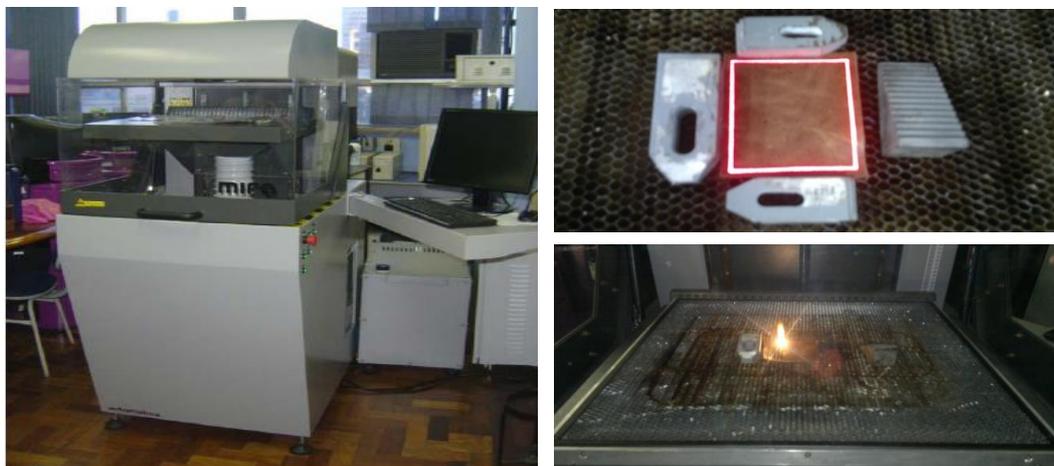


Figura 1- Equipamento de Corte e Gravação a Laser utilizado nos experimentos.

2.1 Amostras de couro

Os couros acabados escolhidos empregados para os ensaios deste trabalho foram obtidos no Curtume Bom Retiro (cidade de Teônia/RS). Inicialmente foram cortados os corpos-de-prova e verificada a espessura de cada amostra com o intuito de registrar as medidas para posterior adequação do foco da lente à região superficial destes, a fim de promover o melhor atravessamento da fibra e/ou a gravação. As amostras ensaiadas foram às seguintes:

Amostra 1 - Couro de cor branca, espessura 1,00 mm, com estuco e estampado, flor lixada, tinta pigmentada acrescido de laca butirato fosca base solvente e batido;

Amostra 2 - Couro de cor bege, espessura 1,03 mm, estampado com aplicação de tinta pigmentada e leve camada de laca nitro brilho base água, batido;

Amostra 3 - Couro de cor amarela, espessura 1,03 mm, estampado com aplicação de tinta pigmentada e leve camada de laca nitro brilho base água, batido;

Amostra 4 - Couro metalizado, espessura 1,05 mm, tinta pigmentada e com estampa, laca nitro brilho base solvente com iriodin (pigmento para revestimento do couro);

Amostra 5 - Couro de cor preta, espessura 1,00 mm, flor Integral, fundo semi-pigmentado com estampa e aplicação de PL (resina de acabamento) e PU (resina poliuretânica semi brilho);

Amostra 6 - Couro de cor marrom, espessura 1,75 mm, flor Integral, fundo semi-pigmentado com estampa e aplicação de PL (resina de acabamento) e PU (resina poliuretânica semi brilho);

Amostra 7 - Couro de cor bege clara com cera parafinada, espessura 1,00 mm, flor polida, com aplicação de chapa lisa e acabamento anilina;

Amostra 8 - Couro de cor bege claro, espessura 1,00 mm, flor polida com fundo expansivo, com estampa cobra e aplicação de laca nitro celulose fosca base água;

Amostra 9 - Couro de cor cinza, espessura 1,00 mm, flor polida com fundo expansivo, com estampa cobra e aplicação de laca nitro celulose fosca base água;

Amostra 10 - Couro de cor salmão, espessura 1,00 mm, flor integral com fundo de adesão, tinta pigmentada com estampa poro e com laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 11 - Couro de cor bege escuro espessura 1,00 mm, com estuco e flor lixada lida, acabamento Pigmentado, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 12 - Couro de cor rosa bebê, espessura 1,00 mm, flor integral, com estuco e flor lixada, tinta pigmentada, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 13 - Couro de cor rosa, espessura 1,00 mm, flor integral, com estuco e flor lixada, tinta pigmentada, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 14 - Couro de cor azul musgo, espessura 1,00 mm, flor integral, com estuco e flor lixada, tinta pigmentada, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 15 - Couro de cor lilás, espessura 1,25 mm, flor integral, com estuco e flor lixada, tinta pigmentada, estampado e com aplicação de laca nitrocelulose fosca base solvente;

Amostra 16 - Couro napa tenis de cor preta, espessura 1,25 mm, flor integral, fundo de adesão e tinta pigmentada, estampado, e aplicação de PU (resina poliuretânica) fosca.

2.3 Processo de Corte e Gravação a Laser e variáveis testadas

As variáveis para o processo de aplicação de feixes de luz de Laser, para a realização de marcações ou corte são: a verificação da espessura do couro, a seleção adequada do tipo de Lente (10 ou 30 mm) e a inserção no software dos valores para potência e velocidade. Realiza-se a verificação da lente no equipamento, caso não seja correta, necessita-se fazer a troca e ajustar os padrões no software, isto é, a seleção da mesma na listagem do menu proposto pelo sistema. A seguir, realiza-se o nivelamento da altura da mesa com relação ao foco e a espessura do material “couro” a ser trabalhado pelo Laser.

Ressalta-se que para este trabalho foi utilizado a lente de 10 mm cujo foco na mesa deve ficar em 9 mm. A etapa seguinte refere-se às configurações do *setup* do programa, isto é, a inserção de dados relativos à potência que será impressa pelo feixe de luz do Laser e, que varia em torno de 0 a 60W e a velocidade que este executará a operação, que está compreendida entre 0,01 a 500 mm/min. Para métodos empíricos, a literatura (Ion, 2005) recomenda fixar uma potência e alternar a velocidade que, neste caso fixou-se em 100%, o que equivale a 60W. Ainda com relação ao número de aplicações “incidências” foi fixado em uma única vez (ou seja, incidência única do feixe de laser na amostra) e os resultados foram verificados através do aspecto visual e pelo emprego de Estereoscópio, marca Olympus.

Para a gravação a laser foi fixada a mesma potência de corte e alterado o valor da velocidade para um valor mais alto e os critérios analisados foram se o tipo de marcação queima o material, deixa alguma rebarba e/ou ainda quanto ao tipo de marcação se fraca, média ou forte. A marcação a laser no couro é considerada apropriada quando se consegue combinar o material com o comprimento do feixe de laser que será absorvido na região superficial provocando a descoloração, branqueamento ou a marcação propriamente dita, que pode fazer um leve desgaste de 0.1mm (Ion, 2005).

O *setup* do programa foi realizado manualmente isto é, fixando-se o valor de 100% para potência e inserindo valores para as velocidades que ficaram compreendidas entre 0 – 10 mm/s para o corte e de 0 – 450 mm/s para a gravação, cujas alternâncias ocorrem em função da espessura de cada material, o que influi na localização do foco da lente e do posicionamento da mesa de trabalho com relação ao eixo Z (altura). Ciclos curtos foram realizados com a lente de 10 x 10 mm.

2.3.1 Processo de Corte

As amostras foram submetidas à aplicação de pulsos curtos de laser, a fim de obter a melhor precisão de corte e conseqüentemente a redução de região da queima, tendo em vista a diminuição de tempo do calor ao se expandir pelas laterais, isto é, concentrando-se apenas na sublimação e no vapor, que é então pressurizado contra o laser em virtude da alta potência aplicada, em baixas velocidades. As espessuras das amostras variaram de 1,00 a 1,85mm, medidas com um espessímetro modelo Mitutoyo 0-10 mm x 0,01 mm.

2.3.2 Processo de Gravação a Laser por Ablação ou degradação química

O processo de gravação “marcação” tem características semelhantes ao Corte, mas neste caso o feixe de luz de Laser impõe ao couro, uma energia que provoca uma reação entre as fibras e o calor provocado pelos feixes de luz, sendo que esta energia imposta pelo laser quebra as ligações químicas o que ocasiona uma pequena remoção das fibras do couro, realizando a gravação “marcação” permanentemente do desenho, ressalta-se que para esta operação o feixe é rapidamente varrido pela superfície do couro. As superfícies destas amostras de acordo com a literatura apresentam uma fina camada de Carbono livre com cerca de 300 μ .

2.3.3 Desenho para os ensaios de Corte e Gravação

O Desenho em formato geométrico simples foi desenvolvido no Software Corel Draw® de desenho vetorial. Para analisar o corte e a gravação em linha reta foi desenhado um retângulo e para avaliação de desenhos curvos foram desenhados círculos (Figura 2).

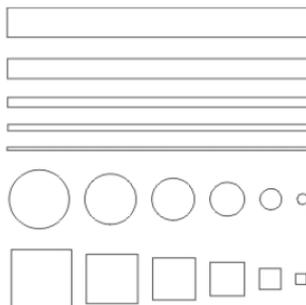


Figura 2 - Desenho criado no Software Corel Draw® para cortes e gravações das amostras de couro.
Fonte: Stürmer (2011).

2.4. Avaliação empírica

Os critérios analisados foram o tipo de corte, se o laser atravessou o material e em caso positivo se houve a formação de rebarbas ou não. Outro aspecto foi com relação à geração de uma superfície queimada com fuligem ou não. Os cortes a laser no couro são considerados apropriados quando atravessam o material sem deixar a superfície queimada e sem rebarbas ou encolhimento do material.

Para a gravação os critérios considerados foram com relação ao tipo de marcação. Ou seja, se demonstrou um aspecto visual forte, médio, fraco e/ou se houve danos ao material como encolhimento, queima, excesso de fuligem que ocasionam a distorção do desenho.

Os parâmetros utilizados para o corte e gravação a laser foram criados empiricamente e avaliados por meio do aspecto visual dos corpos-de-prova.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados finais foram compilados nas tabelas de classificação, com relação à qualidade do corte. Estes foram classificados por meio de pictogramas de acordo com o aspecto visual apresentado pela fibra submetida a este processo conforme figura 3, onde o pictograma da letra A representa os cortes avaliados como excelentes, isto é, aqueles que não apresentam rebarbas nem fuligem; o pictograma da letra B por apresentar rebarbas e um pouco de fuligem é considerado bom, ao passo que o da letra C é considerado regular tendo em vista a presença de muita fuligem e, a deformação do material, assim como muitas rebarbas entre as fibras e o último representado pela letra D são os cortes considerados insatisfatório para o couro, tendo em vista a queima e encolhimento do material.

Do mesmo modo para representar os resultados obtidos na gravação utilizaram-se pictogramas conforme figura 3, que demonstram o aspecto visual obtido neste processo. Em que o pictograma da letra A representa as gravações consideradas excelentes, isto é, uma marcação em que o desenho é fidedigno ao proposto, sem distorções, com uma marcação bem visível sem alterações, rebarbas ou geração de fuligem em excesso; o

pictograma da letra B por apresentar uma marcação média e um pouco de fuligem é considerado bom, ao passo que o da letra C é considerado regular por apresentar um desenho muito queimado com excesso de fuligem e distorções e o último representado pela letra D são as marcações quase imperceptíveis a uma certa distância e/ou aquelas gravações que danificaram o couro, em virtude da queima em excesso do substrato ou do encolhimento do material.

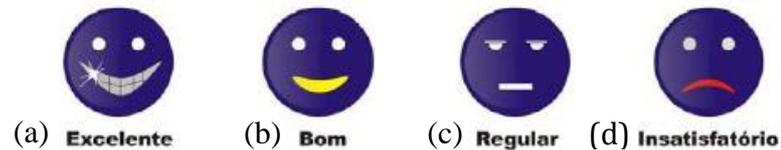


Figura 3 - Pictogramas utilizados para representação de corte e gravação a laser. Fonte: Esses ícones foram utilizados e aprimorados para a dissertação de mestrado de Stürmer (2010) e por Beretta (2012).

Os resultados obtidos foram compilados nas tabelas de classificação de 1 a 2 para os corpos –de-prova cortados a laser e os gravados a laser com relação aos parâmetros de potência fixada em 100% o que equivale a 60W, velocidade entre 0,01 a 500 (mm/s) e foco. Com os resultados iniciais deste estudo foi desenvolvida uma tabela com as características do material, dos parâmetros aplicados e da reação obtida se satisfatória ou não. Assim como, para o processo de marcação “gravação” procurou-se também fixar a potência em 100% o equivalente a 60W e aumentar a velocidade (mm/s), de acordo com o ponto focal.

3.1 Ensaios do Processo de Corte a Laser no Couro

Em geral, as amostras de couro apresentaram uma boa trabalhabilidade, exceto as amostras de 5, 6, 16 por apresentar uma flor integral com espessura maior e, também em virtude dos componentes químicos presentes, o que gerou uma maior dificuldade no corte, tendo em vista o tipo de acabamento e, nestes a velocidade teve de ser diminuída. Em contrapartida, as amostras 8 e 9 foram as mais fáceis de cortar, seja em virtude da flor polida e da espessura do material quantos aos produtos presentes na amostra como a laca base água, assim como a característica de ter maleabilidade maior que neste caso permitiu a aplicação de uma velocidade maior a qual está diretamente relacionada a espessura destas. O mesmo ocorreu com as amostras 4 e 10. Observou-se que para os corpos-de-prova com menores espessuras é possível aumentar a velocidade.

Tabela 1: Resultados obtidos para corte a laser com variação da velocidade de corte

PARÂMETROS FIXADOS														
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)													
POTÊNCIA %	100 (60 W)													
LENTE	10 mm													
FOCO DA MESA	9 mm													
VELOCIDADE														
mm/s														
AMOSTRAS	0,9	1	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00	2,15	2,20	2,25
1	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☺	☺
2	☹		☹	☹		☺	☺	☺	☺	☺	☹		☺	
3	☹	☹									☹	☹		
4											☹		☺	
5		☹	☹			☺	☺				☺			
6	☹			☹		☹					☹	☹		
7	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹						
8		☺				☺					☺			
9		☺				☺			☺		☺			
10			☺	☺	☺	☺	☹							
11		☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☺	☺	☺	☹	
12				☹	☹	☹	☹	☹				☹	☺	
13	☹	☹		☹	☹		☺	☺		☺	☺			
14		☹				☹					☹			
15		☹		☹			☺	☺	☹		☹			
16		☹	☹	☺	☹	☹	☹				☹			

Tabela 1 (continuação) : Resultados obtidos para corte a laser com variação da velocidade de corte

PARÂMETROS FIXADOS																
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)															
POTÊNCIA %	100 (60 W)															
LENTE	10 mm															
FOCO DA MESA	9 mm															
VELOCIDADE mm/s																
AMOSTRAS	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,75	2,80	2,90	3,00	3,10	3,50	4	5	6	8	10
1	😊								😊		😊		😞	😞	😞	😞
2	😊	😊							😞				😞	😞	😞	😞
3								😊					😞	😞	😞	😞
4	😊	😊	😊	😊	😊		😊		😞			😞	😞	😞		
5			😞						😞							
6			😞						😞				😞	😞	😞	😞
7				😞									😞	😞	😞	😞
8	😊		😊				😞		😞				😞	😞	😞	😞
9	😊		😊				😊		😊		😊	😊	😞	😞	😞	😞
10													😞	😞	😞	😞
11	😞	😞	😞										😞	😞	😞	😞
12		😊	😊	😊	😞								😞	😞	😞	😞
13			😊						😊				😞	😞	😞	😞
14			😞			😊			😊	😊	😊		😞	😞	😞	😞
15			😞				😞		😞				😞	😞	😞	😞
16			😞						😞				😞	😞	😞	😞

3.2 Ensaios do processo de marcação "gravação" a laser no couro

Para o processo de marcação se procurou obter um acabamento perfeito, bem visível sem alterações, rebarbas ou queima do material. Assim como, no processo de corte a gravação foi realizada com sucesso e o couro apresenta uma superfície que suporta as concentrações de energia direcionadas pelo feixe para a gravação de escritas e desenhos. Em geral, as amostras de couro apresentaram uma boa trabalhabilidade. A amostra 7 foi uma que se destacou desde a primeira aplicação de laser com o menor parâmetro de velocidade, esta característica deve-se em função da espessura que é de 1,00 mm e também

em virtude da flor polida, com aplicação de chapa lisa e acabamentos finais. A amostra 1 também apresentou fácil manejo e, isto deve-se em virtude da espessura e por esta apresentar uma flor lixada, tinta pigmentada acrescido de laca butirato fosca base solvente e batido. De uma maneira geral pode-se afirmar que a maioria das amostras apresentam bons resultados quando são gravadas com a velocidade de 10 mm/s e excelentes resultados com o parâmetro de 40 mm/s.

Tabela 2: Resultados obtidos para gravação a laser com variação da velocidade de gravação

PARÂMETROS FIXADOS																
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)															
POTÊNCIA %	100 (60 W)															
LENTE	10 mm															
FOCO DA MESA	9 mm															
VELOCIDADE mm/s																
AMOSTRAS	2,65	2,70	2,75	2,80	2,85	2,90	3,00	3,10	3,50	4,00	5	6	7	8	9	10
1	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
2	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
3	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
4	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
5	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
6	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
7	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
8	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
9	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
10	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
11	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
12	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
13																
14	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
15	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹	☹
16							☹				☹	☹	☹	☹	☹	☹

Tabela 2 (continuação): Resultados obtidos para gravação a laser com variação da velocidade de gravação

PARÂMETROS FIXADOS																
Nº INCIDÊNCIAS	01 (nº de aplicações)															
POTÊNCIA %	100 (60 W)															
LENTE	10 mm															
FOCO DA MESA	9 mm															
VELOCIDADE mm/s																
AMOSTRAS	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300	350	400	450
1	😊	😊	😊	😊								😊	😊		😊	😊
2	😊	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐						
3	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊							
4	😊	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐							
5																
6	😊	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐							
7	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐
8	😊	😊	😊													
9																
10	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐
11	😊	😊	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐
12	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐				
13	😊	😊	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐	😐
14																
15	😊	😊														
16	😊	😐	😐													

CONCLUSÕES

O couro de vacum por ser um material natural apresenta variações de trabalhabilidade quando submetido aos processos de Corte e Gravação a Laser. Entre alguns dos benefícios desta tecnologia estão à rápida produção de artigos e a possibilidade de produção sem falhas ou rebarbas. As tecnologias de corte e gravação a laser apresentaram uma boa reprodutividade para artigos de couro. De modo geral as amostras com espessuras maiores demandam para o corte a aplicação de uma velocidade menor. Pode-se afirmar ainda, que quando o artigo apresenta uma flor integral esta fica um pouco

mais resistente ao feixe ao passo que a flor lixada permite maior facilidade para que o feixe de laser penetre na fibra promovendo o corte. No corte, para as velocidades testadas, pode-se afirmar que valores inferiores a 5 mm/s contemplam melhor as expectativas já na gravação foram obtidos excelentes resultados com a velocidade de 40 mm/s.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAXTER, Mike. Projeto de Produto: Guia prático para o design de novos produtos. Ed. Blucher. 2º Ed.p.21. São Paulo, 2000.
- BERETTA, Elisa Maragon. **Tecnologia Assistiva: Personalização em massa através do design e fabricação de assentos customizados para cadeiras de rodas.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.
- CAMPOS, Sílvia Horst. Índice Econômico. FEE, Porto Alegre, v. 38, n. 3, p. 7-16, 2011
- GUTTERRES Mariliz. **Tendências Emergentes na Indústria do Couro.** Revista do couro, Estância Velha, v. XXXI, n. 183, p. 108-113, 2006
- GUTTERRES, Mariliz. **Curtimento ao cromo ainda é predominante.** Exclusivo Couro. p. 10/11 janeiro 2011.
- GUTTERRES, Mariliz. **Alternativas para curtimento de couro.** Exclusivo Couro. p. 8. Fevereiro, 2011.
- HARTKOPF, Heinz Hugo. **Estilismo e design: agregando valor ao mercado.** ABICALÇADOS, Novo Hamburgo, 2001.
- ION, John C. **Laser Processing of Engineering Materials: Principles Procedure and Industrial Application.** Elsevier, U.K, 2005.
- LORENZI, Rita de Cássia Rothbarth. ANSELMO, Juliana Silveira. **Uso da fibra de bananeira e de retalhos de couro no desenvolvimento de bolsa artesanal feminina.** 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo, 2010.
- RÜTHSCHILLING. Evelise Anicet. **Design de Superfície.** Porto Alegre. Ed. Da UFRGS, 2008.
- SANTOS, Sandra Souza dos. GUTTERRES, Mariliz . KINDLEIN JR., Wilson. **Técnicas de Corte e Gravação a Laser na Confecção de Acessórios de Moda em Couro.** XIX Encontro Nacional dos Químicos e Técnicos da Indústria do Couro. Franca/SP, 2011.
- SANTOS, Sandra Souza dos. GUTTERRES, Mariliz. KINDLEIN JR., Wilson. **Análises microscópicas de couros em etapas de acabamento.** VI Congresso Internacional de Materiales – CIM. Bogotá, D.C, Colombia, 2011.
- STÜRMER, Patrícia Gabert dos Santos. **Materiais naturais: Design e tecnologia no desenvolvimento de jóias inspiradas na cultura gaúcha.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

“Este trabalho foi realizado com o apoio financeiro da FINEP e do órgão financiador CNPQ.

Orientadores

Wilson Kindlein Júnior
Programa de Pós-Graduação em Design,
Departamento de Engenharia de Materiais,
Laboratório de Design e Seleção de Materiais
(PgDesign/UFRGS/LdSM)

Mariliz Gutterres
Departamento de Engenharia Química -
Laboratório de Estudos em Couro e Meio
Ambiente (LACOURO).

Projeto

Design e Tecnologia: Estudo da Aplicação do
Processo de Corte e Gravação a Laser em Couro
Bovino Acabado e Semi-Acabado

Bolsa
PGDesign.”