

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade

**TECNOLOGIA LASER APLICADA AO DESENVOLVIMENTO DE JOIAS COM
REUTILIZAÇÃO DA BORRACHA EPDM**

**LASER TECHNOLOGY APPLIED ON THE DEVELOPMENT OF JEWELS WITH
REUILIZATION OF EPDM RUBBER**

Keyvann Rodrigues Camargo e Mariana Kuhl Cidade

RESUMO

Desde o crescimento das indústrias, os impactos ambientais causados pelo homem prejudicam cada vez mais o equilíbrio do mundo em que vivemos. O descarte inadequado de resíduos, como a câmara de ar de pneus de bicicleta, encontra-se como um dos principais vilões desse contexto, já que muitos desses materiais possuem ciclos de vida complicados de serem resolvidos. Dentro dessa situação, o designer, aliado com a tecnologia, pode atuar como agente transformador usando a reutilização e reciclagem. Pensando nisso, esse trabalho tem como objetivo valorizar a borracha das câmaras de ar por meio de seu reuso e utilização de corte e gravação a laser, aplicando-o no desenvolvimento de joias contemporâneas. Como metodologia, serão experimentadas configurações que permitam o melhor resultado estético e destaquem as propriedades da borracha EPDM, afim de contribuir com os estudos existentes sobre esse material.

Palavras-chave: reutilização de materiais, sustentabilidade, processos tecnológicos, elastômero EPDM, design de joias.

ABSTRACT

Since the industries increase, the ambiental impacts caused by the man damage even more the world's balance we live in. The inadequate residue discard, like the air chamber of bicycle wheel, is found as one of the main villains of this context, since most of these materials have complicated life cycles resolutions. Within this situation, the designer, allied to technology, can act as transforming agent using reutilization and recycling. Thinking of that, this work has as objective to valorize the air chamber rubber by way of its reuse and utilization of laser cut and engraving, applying it on the development of contemporany jewels. As methodology, configurations that allow the best esthetic result and highlight the EPDM rubber's proprieties will be experimented, in order to contribute with the currently existing studies about this material.

Keywords: materials reutilization, sustainability, technologic process, EPDM elastomer, jewel design.

1 INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, algumas das maiores problemáticas presentes estão relacionadas às questões ambientais. Segundo Viola *et al.* (1995), os primeiros sinais da preocupação com o meio-ambiente aparecem nas décadas de 50 e 60, no período pós-guerra. Desde então, a reflexão sobre os danos ambientais globalizou-se e ultrapassou fronteiras, atribuindo-se à comunidade e poderes públicos a responsabilidade em construir um mundo mais equilibrado.

Dentro desse contexto, o designer exerce um primordial papel tanto no início, quanto no fim da cadeia produtiva industrial. De acordo com Manzini e Vezzoli (2008), o profissional criativo pode eleger alternativas menos prejudiciais ao meio-ambiente tendo ciência dos impactos gerados pela escolha de materiais e processos produtivos dentro do ciclo de vida dos produtos.

Entretanto, a produção de resíduos industriais apresentou ao designer um novo desafio para os danos ambientais causados pelo descarte inadequado desses materiais. Segundo Rodrigues Jorge, Ferreira e Claro Neto (2004), a reciclagem e a reutilização surgem como medidas que permitem ampliar o ciclo de vida útil dos produtos, auxiliando a reduzir a extração de recursos naturais e maximizar a longevidade de aterros sanitários.

Atualmente, um dos resíduos urbanos mais poluentes e problemáticos é a borracha sintética, encontrada principalmente em câmaras de pneus de bicicleta. Classificado como um elastômero EPDM (ASHBY; JOHNSON, 2011), esse material encontra-se desvalorizado e sem destino adequado. Situação oposta ocorre com os pneus de carro, os quais já possuem processos determinados que aumentam o ciclo de vida da borracha transformando-se em tapetes para automóveis, saltos e solados de sapatos, colas, rodos domésticos, tiras para indústrias de estofados, entre outros (RECICLOTECA, 2017).

Tais avanços na reciclagem e reutilização de resíduos foram permitidos graças aos avanços tecnológicos dos modos de produção e processamento. Esses métodos servem como agente auxiliar do designer para explorar novas ideias, saindo de padrões de criação tradicionais. Cidade *et al.* (2016) explicam que esse pensamento influencia até mesmo indústrias que utilizam materiais e processos clássicos definidos, como a joalheira, desdobrando o rearranjo de sistemas manufatureiros.

Dentro de todo o contexto apresentado, este trabalho busca mesclar os conhecimentos e alternativas já existentes em relação à reutilização de câmaras de pneus, explorando a tecnologia de corte e gravação a laser junto às propriedades da borracha, visando a aplicação na joalheria.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 JOALHERIA CONTEMPORÂNEA E REUTILIZAÇÃO DE MATERIAIS

Segundo Gola (2013), as joias sempre representaram uma forma de expressão criativa que acompanhou a evolução histórica, social, econômica e artística da humanidade. Além de transmitir tais legados, a ornamentação corporal surgiu do desejo do homem em destacar-se entre seus semelhantes para promover sua afirmação pessoal (CORBETTA, 2007).

A utilização de adornos sempre foi motivada por uma identificação sentimental, já que a joia, durante toda sua história, assumiu funções estéticas, místicas e materiais (GUYOT BROTHERS, 2017). Essa relação emocional se deu por meio da utilização de imagens e principalmente pela implementação de metais nobres e gemas que possuíam associações simbólicas (GOLA, 2013).

Com o constante avanço dos meios de produção e a ligação da joalheria com a moda, um novo olhar foi sendo atribuído na produção desses objetos. A partir da década de 50, a

joalheria começou a traçar caminhos mais alternativos aos tradicionais. O design e a criatividade guiaram a criação de adornos mais estilizados com liberdade, movimento e explosão tanto de formas quanto de materiais, podendo ser combinados com metais já tradicionais como o ouro e a prata (GOLA, 2013). Junto às inovações formais e conceituais, a joalheria contemporânea também reinventa-se ao explorar processos de produção inovadores com o auxílio da tecnologia (CIDADE *et al.*, 2016). Esse avanço permite não só novas possibilidades criativas, como também a otimização do tempo e possível redução do consumo de energia na hora da fabricação.

Paralelamente à transformação do modo de pensar na joalheria, a preocupação com questões ambientais foi sendo difundida em diversas áreas, incluindo o design. Segundo Redig (1977), o desenho industrial é o equacionamento simultâneo de fatores ergonômicos, perceptivos, antropológicos, tecnológicos, econômicos e ecológicos, sendo esse último um dos mais importantes na hora da projeção de produtos. Dentro desse contexto, a atividade projetual pode ser ligada com o que é tecnicamente possível com o ecologicamente necessário, como a reutilização de materiais descartados (MANZINI e VEZZOLI, 2008).

Segundo Cadore (2015), a flexibilidade apresentada pela joalheria contemporânea para selecionar materiais diferenciados abre espaço para a inserção da sustentabilidade no desenvolvimento de joias. Dentro da moda, o conceito de *slow fashion* ganhou força ao apresentar uma ideia de consumo baseada em escolhas corretas e mais duráveis, imprimindo um estilo de vida sustentável (FLETCHER e GROSE, 2011).

Ashby e Johnson (2011), relatam que “projetos que se distinguem pelo uso elegante ou criativo de materiais sobrevivem porque são tão encantadores, simbólicos ou evocativos que são considerados tesouros, e como tal preservados”. A Figura 1 exemplifica alguns exemplos de joias contemporâneas que utilizam resíduos descartados como material principal.

Figura 1 – Joalheria contemporânea e sustentabilidade: (A) anéis e pulseiras feitas de prata recuperada de placas de circuito; (B) anel de prata e vidro reciclado da designer de joias Valéria Sá; (C) adorno confeccionado com sacolas plásticas, de Malgosia Kalinska e (D) colar com resíduos da indústria madeireira da empresa Crua Design.



Fonte: (A) Heather (2017); (B) Schneider (2017); (C) Vogue (2017) e (D) Moré (2017).

Dentro da joalheria contemporânea, a prata (Ag), vem sendo cada vez mais valorizada e combinada a novos materiais. Por mais que seja considerado um metal nobre, por muito tempo foi associada à joias mais simples e de menor valor (CIDADE *et al.*, 2016). Entretanto, sua

utilização além de ser economicamente mais viável, permite a reutilização por meio da fundição e combinação com metais de liga como o cobre. Em relação a esses metais, ainda é possível recuperá-los de fontes que possivelmente poderiam ter um descarte inadequado. Cadore (2015) apresenta como alternativa a extração da prata de radiografias, através do método de purificação, e fios de cobre presentes em componentes de eletrodomésticos, transformando-os então em materiais aplicáveis na confecção de joias.

Após analisar o contexto da problemática desse trabalho e a viabilidade de aplicação na área da joalheria, torna-se necessário o conhecimento sobre as propriedades do material de estudo e como o mesmo é descartado no meio-ambiente.

2.2 CARACTERIZAÇÃO E DESCARTE DA BORRACHA

Dentro da indústria, os polímeros são materiais valorizados por suas propriedades físicas, proporcionando variedades de formas, texturas, cores e, conseqüentemente, inúmeras aplicações. Os polímeros dividem-se em termoplásticos, termofixos e elastômeros (ASHBY e JOHNSON, 2011) e, além disso, podem ser orgânicos ou inorgânicos, naturais ou sintéticos (LIMA, 2006). A borracha enquadra-se na classificação de elastômeros, os quais diferenciam-se dos polímeros termoplásticos e termofixos por suas características mecânicas.

Conforme Lima (2006), o processamento e até reciclagem das borrachas assemelha-se com procedimentos utilizados nos polímeros termoplásticos e termofixos. Isso ocorre devido à existência de elastômeros de caráter termofixo (SBR, NBR, EPDM, IIR, CR) e de caráter termoplástico (TPU, SEBS, SBS). Lefteri (2014) afirma que esse tipo de material pode ser aplicado em processos como extrusão, moldagem por sopro, termoconformação e moldagem por injeção, além de proporcionar uma produção com consumo de energia reduzido e mínimo desperdício de material. O autor ainda discute que as propriedades físicas da borracha podem ser relacionadas a um novo tipo de pensamento presente no design industrial contemporâneo: a utilização de materiais como uma fonte de novas experiências. Disfrutar das diferentes características oferecidas por eles para acentuar sentidos ou contar novas histórias ajuda a criar novas relações entre produto e consumidor.

O material de estudo classifica-se como elastômero EPDM, sendo este um copolímero de dois monômeros: propileno-etileno (ASHBY e JOHNSON, 2011). Esse material possui alta capacidade de estiramento, boa resistência à abrasão, produtos químicos, intempéries e ao ozônio, além de possuir resiliência regular, baixo nível de absorção de água e permitir trabalhar com temperaturas entre -50°C à 150°C (LIMA, 2006). Além disso, as câmaras de ar de pneu possuem uma válvula metálica presente em seu interior, fixada por vulcanização, cuja função é controlar a pressão.

Conforme Beretta *et al.* (2014), a produção e consumo das câmaras de ar ainda são altos e tendem a aumentar devido ao estímulo do uso da bicicleta como meio de transporte. Os autores ainda afirmam que um dos problemas mais preocupantes relacionado ao resíduo é o seu descarte em aterros sanitários, pois diminuem a vida útil dos mesmos pelo material possuir baixa compressibilidade. Tratando-se da reciclagem das câmaras de ar, o custo desse processo torna-se elevado devido às dificuldades de processamento, logística e investimento tecnológico (CAMPOS, 2006).

Sendo assim, a melhor alternativa para diminuir os impactos ambientais gerados pelo descarte do resíduo seria dar um novo tratamento ao material ao invés de buscar novas soluções de disposição final e reciclagem do mesmo. Rodrigues Jorge, Ferreira e Claro Neto (2004), debatem que o desafio atual relacionado a esse problema consiste em buscar alternativas tecnológicas de utilização, reutilização dos resíduos industriais e urbanos.

Felizmente, as câmaras de ar começaram a ser vistas sob uma nova perspectiva, comportando-se como materiais promissores. É importante destacar o trabalho de empresas

brasileiras que têm dado um novo significado para esse tipo de borracha no desenvolvimento de peças de design com um alto nível de acabamento, conforme a Figura 2. Mochilas e pequenos acessórios são os principais produtos confeccionados pela Revoada®, que trabalha com reutilização de câmaras de ar e guarda-chuvas. Já a empresa Tun®, específica de joias, apresenta uma variedade de peças produzidas com borracha e corte a laser. Desde simples anéis a exuberantes colares focando no desenvolvimento de desenhos exclusivos.

Figura 2 – Aplicação da câmara de pneus em produtos: (A) bolsa feita de borracha EPDM descartada e tecido de guarda-chuva e (B) colar de borracha.



Fonte: Revoada® (2017) e Tun® (2017).

2.3 CORTE E GRAVAÇÃO A LASER CO₂

Por apresentar flexibilidade, boa produtividade e precisão, o processo laser tem se estabelecido em diversos setores da indústria no desenvolvimento de peças com cortes ou marcações complexas. Segundo Bagnato (2008), o laser (*Light Amplified by Stimulated Emission Radiation*) caracteriza-se como uma fonte de luz emissora de uma radiação eletromagnética de elevada precisão geométrica. O laser CO₂ é um instrumento que permite controlar a forma e a quantidade de energia dirigida a uma série de determinadas coordenadas, tendo como principais equipamentos os do tipo galvanométricos, com base em espelhos, e com sistema de óptica móvel do tipo *plotter* (HECHT e TERESI, 1998; THOMPSON, 2011).

Conforme Cidade *et al.* (2016), a diferença entre os dois tipos de equipamentos está na movimentação do feixe laser. O tipo galvanométrico funciona pela pequena angulação de dois espelhos, em eixos diferentes, que direcionam a radiação para uma lente, a qual é focada para a superfície do material, permitindo mais rapidez e precisão no corte e gravação. Já o *plotter*, funciona com um canhão de laser posicionado paralelamente à superfície, por meio dos eixos X e Y, permitindo trabalhar melhor com áreas maiores já que o feixe pode percorrer toda a extensão do material sem perder o foco. Este tipo de laser é recomendado para o processo de corte, tendo um traçado mais fino e detalhado, sem a adição de ângulos de corte, como zonas chanfradas. Já para a gravação, seu traçado apresenta uma espessura de linha específica, diferentemente do laser do tipo galvanométricos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS APLICADOS

A partir das informações coletadas sobre as características da joalheria contemporânea, a borracha das câmaras de ar e o funcionamento do corte e gravação a laser CO₂, torna-se possível experimentar parâmetros para o desenvolvimento desse trabalho. Levando em consideração a viabilidade econômica e valor material, decidiu-se utilizar a prata como material complementar à borracha, caracterizando a peça como joia contemporânea.

A prata (Ag), além de ser um dos metais nobres utilizados na joalheria, apresenta ser um material versátil. Caracteriza-se por seu brilho e alto nível de reflexão, condutibilidade térmica e elétrica (LIMA, 2006). Segundo Santos (2008), suas propriedades físicas podem ser melhoradas com a combinação de outros metais, principalmente o cobre. As ligas mais utilizadas são a prata esterlina (prata 925), contendo 92,5% de prata em sua composição, e a prata britânica (prata 950), com 95,8% (prata 950), conforme Kliauga e Ferrante (2009). Apesar de ser um metal nobre, culturalmente a prata era desvalorizada na confecção de joias mais simples. Entretanto, com a alta valorização do ouro, o mercado joalheiro sofreu uma adaptação para uma solução mais acessível e adotou a prata como alternativa para expressar novos conceitos e contemporaneidade por meio do design e combinação de novos materiais (CIDADE *et al.*, 2016; CIDADE e ROCHA, 2012).

Para o corte e gravação da borracha foi utilizado o laser do tipo *plotter*, modelo EXLAS-X4 da marca Jinan XYZ Machinery LLC, localizado no Centro de Artes e Letras, na Universidade Federal de Santa Maria, com potência máxima de 100W, onde inicialmente deve-se considerar duas variáveis imprescindíveis: a potência e a velocidade. Segundo Cidade (2012), quanto mais alta a potência, mais intenso será o contato do feixe laser com o material e, conseqüentemente, mais profundo será o corte. Em relação à segunda variável, velocidades baixas tendem a cortar e velocidades elevadas apenas gravar a superfície do material (CIDADE, 2012; CIDADE *et al.*, 2016).

Levando em consideração as propriedades da borracha EPDM e, principalmente, sua espessura, a relação entre as variáveis deve ser pensada para que sua gravação proporcione um bom acabamento, sem interferência nas áreas adjacentes, e um bom corte, sem abrasão do material. Para realizar os experimentos, a borracha foi limpa e cortada ao meio com um estilete, expandindo a área a ser trabalhada, visualizado na Figura 3.

Figura 3 – Planificação da câmara de pneu.



Fonte: Autores (2017).

Após a planificação do material, a borracha foi cortada em amostras de 120 mm x 70 mm e fixada com grampos em uma base de MDF. Com a câmara planificada, foi possível iniciar os testes para a verificação de qual potência e velocidade iria se adequar ao corte e a gravação. Primeiramente, foram utilizadas linhas retas para testes de gravação, com potências variando

de 30 a 50W e velocidades de 20 a 30 mm/seg. Foram criados desenhos com módulos de linhas retas próximas em um software vetorial bidimensional, com espaçamento entre as mesmas de 0,5 a 3,0 milímetros. Estes espaçamentos foram programados para verificar a melhor aproximação das linhas, a fim de obter-se, com a gravação a laser, uma percepção tátil, onde com o toque da ponta dos dedos na área demarcada da peça, o usuário iria usufruir de uma sensação. Todos os módulos de linhas criados foram exportados em extensões de arquivos do tipo .dxf (*AutoCAD Interchange File*), para serem importados no software do equipamento laser.

Para o processo criativo da joia final, decidiu-se buscar alguma referência que combinasse com a capacidade da borracha em valorizar sentidos táteis. Ideias de texturas e sinuosidade levaram à seleção de imagens de padrões encontrados em cogumelos para compor o painel semântico, ilustrado na Figura 4. Sendo assim, as joias a serem desenvolvidas encontram-se em meio de conceitos de movimento, interação e simplicidade, com o objetivo de valorizar o material empregado e reforçar a forma e textura das peças.

Figura 4 – Painel semântico.



Fonte: Autores (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com os testes efetuados, para a gravação da borracha EPDM, definiu-se como parâmetro de potência o valor de 40W e para a velocidade a utilização de 25 mm/seg. Já para o corte, 20W de potência e 60 mm/seg de velocidade. Essas configurações foram levadas em consideração no planejamento da peça, a qual deveria apresentar gravações de linhas próximas de no máximo 0,5 mm de distância entre elas. Os outros parâmetros do processo laser e do distanciamento das linhas apresentaram resultados insatisfatórios para este trabalho, com a obtenção de uma gravação não uniforme, levando a queimas na borracha, de acordo com a Figura 5.

Figura 5 – (A) Teste de gravação da borracha e (B) material danificado devido à alta potência do laser.

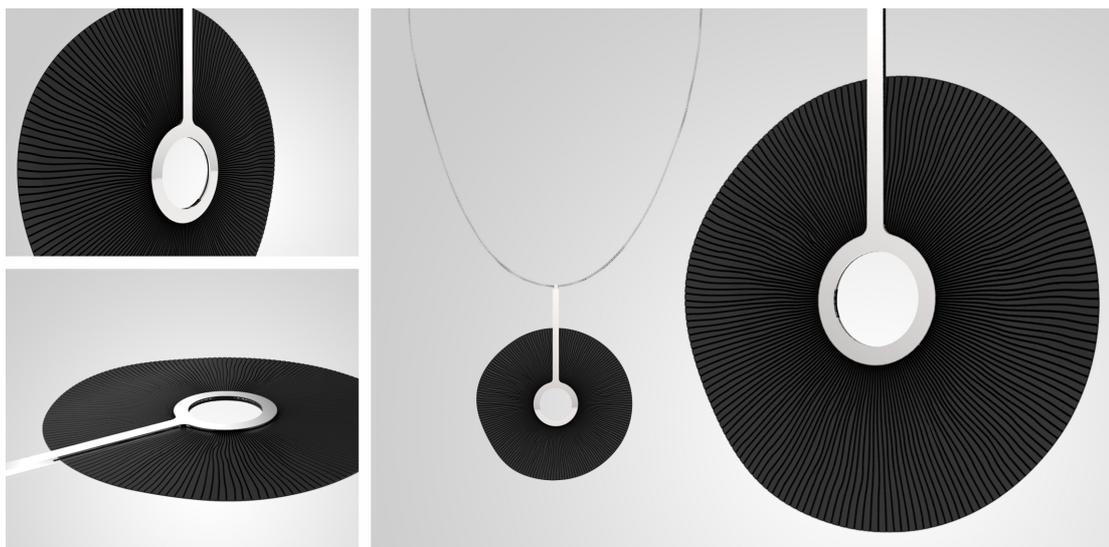


Fonte: Autores (2017).

Após os testes e a melhor definição de parâmetros, foi realizada a fase de geração de alternativas. Durante o processo, visualizou-se a possibilidade de desenvolver um pingente que enaltecisse o uso da borracha. Decidiu-se então trabalhar com uma grande forma circular de borracha texturizada com as linhas gravadas e uma proporção de prata moderada, servindo como suporte estrutural para a peça.

Para a visualização da criação da joia, elaborou-se um modelo tridimensional em *software* de modelagem 3D para a apresentação da ideia e a configuração da peça (Figura 6). Futuramente, os estudos realizados serão aplicados na confecção manual da joia, podendo apresentar novas configurações e alterações no projeto devido a algum tipo de comportamento dos materiais e processos utilizados.

Figura 6 – Representações gráficas da peça.



Fonte: Autores (2017).

5 CONCLUSÃO

A reutilização de materiais descartados no design, aliados à tecnologia, vem apresentando diversas soluções criativas que prolongam o ciclo de vida desses resíduos, amenizando essa problemática ambiental. Pensando sob perspectivas ecológicas, estéticas e funcionais, esse trabalho procurou dar um novo destino à borracha EPDM encontrada em câmaras de pneu de bicicleta, visando aplicação no desenvolvimento de joias. O cenário da joalheria contemporânea caracteriza-se pela quebra de conceitos tradicionais e inovação tanto na utilização de materiais quanto nas técnicas de produção, abrindo espaço para projetos de viés ecológico.

O estudo de soluções sustentáveis na joalheria, das características e descarte do elastômero permitiu visualizar a possibilidade em aliar inovação com processos tradicionais da ourivesaria. Dentro das ferramentas acessíveis, decidiu-se trabalhar com a tecnologia laser CO₂ do tipo *plotter*, o qual é recomendado para o processo de corte, tendo um traçado mais fino e detalhado. Já para a gravação, seu traçado apresenta uma espessura de linha específica, diferentemente do laser do tipo galvanométrico. Analisando as propriedades do material e as possibilidades apresentadas pelo equipamento, optou-se em utilizar a gravação a laser na superfície da borracha como diferencial, agregando assim um sentido tátil à peça.

Os testes foram determinados pela variação da potência e velocidade, além do distanciamento entre as linhas para gerar uma texturização da superfície. Após as experimentações, definiu-se como parâmetro ideal para gravação os valores de 40W de potência e para a velocidade 25 mm/seg. Para o corte, 20W de potência e 60 mm/seg. de velocidade. Já para a texturização, o melhor resultado foi obtido com 0,5 mm de distância entre os módulos. Essa etapa influenciou a fase de criação, onde buscou-se referências de elementos da natureza que apresentassem texturas e sinuosidade. Além da borracha, uma moderada proporção de prata foi utilizada na configuração final da peça, metal que vem sendo cada vez mais valorizado, reforçando ainda mais o conceito de joia contemporânea.

Com a constante evolução da tecnologia laser, esse processo vem apresentando cada vez mais acessibilidade e versatilidade, adaptando-se a diferentes objetivos e materiais. Tais pontos são relevantes para o papel do designer na sociedade, o qual pode contribuir com sua capacidade cognitiva para amenizar problemas causados pelo descarte de resíduos. O presente trabalho propiciou um breve conhecimento sobre o corte e gravação a laser CO₂ focando na valorização da borracha EPDM, encontrada em pneus de bicicleta descartados. Os parâmetros apresentados podem servir como referencial para novos projetos utilizando o material, contribuindo com o conhecimento já existente e incentivando o desenvolvimento de produtos inovadores e sustentáveis, principalmente no design de joias.

REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael; JOHNSON, Kara. **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. 2a ed. Rio de Janeiro: Campus, 2011.

BAGNATO, Vanderlei Salvador. **Laser e Suas Aplicações em Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Livraria Da Física, 2008.

BERETTA, Elisa Marangon; AGUIAR, João Ornaghi de; LAUZER, Marshal Becon; PICOLO, Julia Isoppo; KROEFF, Samira Moraes Troncoso. **Reaproveitamento da câmara do pneu de bicicletas: parâmetros para corte e gravação a laser**. In: Anais do 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo: Blucher, 2014.

CADORE, Eduarda Montano. **Joalheria contemporânea e sustentabilidade: recuperação de metais e lapidação de vidros a partir de resíduos**. UFRGS, Porto Alegre. 2013.

CAMPOS, Paulo da Silva. **Aproveitamento industrial da borracha reciclada de pneus usados**. Dissertação (mestrado). 2006. 157 f. Universidade do Minho – Pós-graduação em Gestão Ambiental.

CIDADE, Mariana Kuhl. **Caracterização e padronização do processo de gravação a laser em ágata aplicado ao design de joias**. Dissertação de mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, UFRGS, Porto Alegre-RS, 2012.

CIDADE, Mariana Kuhl; ROCHA, Tatiana Louise Ávila Campos. **Aplicação de tecnologia luminescente como diferencial no design de joias**. In: II International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation, 2012, Florianópolis. IDEMI 2012 - II International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for Innovation, 2012.

CIDADE, Mariana Kuhl; PALOMBINI, Felipe Luis; LIMA, Natasha Fonseca Fernandes; DUARTE, Lauren da Cunha. **Método para determinação de parâmetros de gravação e corte a laser CO2 com aplicação na joalheria contemporânea**. *Design e Tecnologia*, Porto Alegre, v. 6, n. 12, p. 54-64, 2016.

CORBETTA, Glória. **Joalheria de Arte**. Porto Alegre: AGE, 2007.

FLETCHER, Kate; GROSE, Linda. **Moda e Sustentabilidade, design para mudança**. Editora Senac. São Paulo, 2011.

GOLA, Eliana. **A joia: história e design**. São Paulo: Senac São Paulo, 2013.

GUYOT BROTHERS. **A Brief History of Jewelry**. Disponível em: <<http://www.guyotbrothers.com/jewelry-history/jewelry-history-page1.htm>>. Acesso em 6 mai. 2017.

HEATHER, Ashley. **Produtos**. Disponível em: <<http://ashleyheather.co.za/products/>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

HECHT, Jeff; TERESI, Dick. **Laser: light of a million uses**. New York: Dover Publications, 1998.

RODRIGUES JORGE, Mara Regina Pagliuso; FERREIRA, Osny Pellegrino; CLARO NETO, Salvador. **Aproveitamento da borracha de pneus inservíveis na produção de componentes para construção**. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis, 2004.

KLIAUGA, Andréa Madeira; FERRANTE, Maurizio. **Metalurgia básica para ourives e designers: do metal à joia**. São Paulo: Blücher, 2009.

LIMA, Marco Antônio Magalhães. **Introdução aos Materiais e Processos para Designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

LEFTERI, Chris. **Materials for Design**. London: Laurence King Publishing Ltd, 2014.

MANZINI, Ezio; VEZZOLI, Carlo. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MORÉ, Carol T. **Crua Design transforma madeira em joias minimalistas e com muito estilo**. Disponível em: <<http://followthecolours.com.br/style-freak/crua-design-transforma-madeira-em-joias-minimalistas-e-com-muito-estilo/>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

REDIG, Joaquim. **Sobre desenho industrial**. Rio de Janeiro: ESDI, 1977.

RECICLOTECA. **Pneu e Entulho: produção, descarte e reciclagem**. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/material-reciclavel/outros-pneu-e-entulho/>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

REVOADA. **Produtos**. Disponível em: <<http://revoada.com.br/produtos/>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

SANTOS, Rita. **Joias - Fundamentos, Processos e Técnicas**. São Paulo: Senac, 2014.

SCHNEIDER, Mauro Belo. **Designer de joias gaúcha cria peças com prata extraída de raio-x usado**. Disponível em: <http://jcrs.uol.com.br/_conteudo/2017/02/ge/noticias/547573-designer-de-joias-gaucha-cria-pecas-com-prata-extraida-de-raio-x-usado.html>. Acesso em: 6 mai. 2017.

THOMPSON, Rob. **The manufacturing guides: prototyping and low-volume production**. London: Thames & Hudson, 2011.

TUN. **Tun Design**. Disponível em: <<https://www.designtun.com.br>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

VIOLA, Eduardo J.; LEIS, Héctor R.; SCHERER-WARREN, Ilse; GUIVANT, Julia S.; VIEIRA, Paulo Freire; KRISCHKE, Paulo J. **Meio ambiente, desenvolvimento e cidadania: desafios para as ciências sociais**. São Paulo: Cortez; Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

VOGUE. **Malgosia Kalinska**. Disponível em: <<http://www.vogue.it/en/vogue-gioiello/designer/2014/06/malgosia-kalinska>>. Acesso em: 6 mai. 2017.

WIGGERS, Ricardo Hawerth. **Controle de movimento para máquina de corte a laser com acionamento por correias**. Dissertação (mestrado). 2006. 65 f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina.