

DESIGN DE SUPERFÍCIE EM MADREPÉROLA: EFEITO DEGRADÊ POR GRAVAÇÃO A LASER

SURFACE DESIGN IN MOTHER OF PEARL: GRADIENT EFFECT ENGRAVING LASER

Susana de Jesus Soares¹

Lauren Cunha Duarte²

Liane Roldo³

Fabio Pinto da Silva⁴

Resumo

Este estudo consiste em mostrar o desenvolvimento e a aplicação do efeito degradê por meio de desenhos *bitmaps* para gravação a laser em madrepérolas visando um design de superfície adequado ao material e eficiente em sua função estética. Para alcançar o objetivo foram realizados ensaios de gravação com variações de velocidades, para verificar os melhores parâmetros. Os resultados foram observados com auxílio do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), imagens de lupa estereoscópica e percepção visual e tátil. Esta pesquisa disponibiliza resultados que podem ser aplicados em escala industrial diversificando a criação de produtos na confecção de adornos e artefatos decorativos em materiais naturais.

Palavras-chave: design de superfície; gravação a laser; madrepérola; materiais naturais.

Abstract

This study is to show the development and application of the gradient effect through *bitmaps* drawings for laser engraving on mother of pearl targeting a surface design appropriate to the material and efficient in its aesthetic function. To achieve this goal, engraving tests were carried out at speeds of change, to see the best parameters. The results were observed with scanning electron microscopy of aid (SEM), stereoscopic microscope images and visual and tactile perception. This research provides results that can be applied on an industrial scale, diversifying the creation of products in making ornaments and decorative artifacts in natural materials.

Keywords: surface design; laser engraving; mother of pearl; natural materials.

¹Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Design - PGDesign - UFRGS, susana-soares@live.com

²Professora Doutora, Departamento de Materiais - UFRGS, lauren.duarte@ufrgs.br

³Professora Doutora, Departamento de Materiais - UFRGS, liane.roldo@ufrgs.br

⁴Professor Doutor, Departamento de Design e Expressão Gráfica - UFRGS, fabio.silva@ufrgs.br

1. Introdução

A aplicação de novas tecnologias no desenvolvimento de produtos ou beneficiamento de materiais permite a criação de artefatos inovadores e competitivos em seu nicho de mercado. A inserção da tecnologia de gravação a laser pode ser empregada em gemas para desenvolvimento de design de superfície. Cada material interage com o laser de forma particular, sendo os resultados deste processo muito específicos devido às condições de gravação previamente determinadas. Por isto, a caracterização deste processo para a madrepérola é o ponto inicial para adequá-lo a este material gemológico.

Neste trabalho, a madrepérola foi gravada a laser, pois é uma gema natural, que apesar de ser constituída do mesmo material da pérola não recebe o mesmo valor e apreciação em sua aplicação em joias e adornos. O beneficiamento é praticamente de modo artesanal sendo geralmente cortada e tingida. Neste contexto, percebe-se que existe a necessidade de estudos de processos adicionais que valorizem o material e possibilitem a aplicação de tecnologia na fabricação.

O tingimento superficial e a iridescência característica da madrepérola podem proporcionar o desenvolvimento do efeito degradê. Dessa forma, buscou-se compreender como uma gama tonal pode ser configurada em um arquivo gráfico para uma gravação a laser efetiva e adequada ao material.

A gravação a laser em materiais gemológicos, juntamente com o design superfície vem sendo estudada e aplicada com sucesso. Pode-se citar como exemplos, o estudo de técnicas de gravação a laser na ágata (CIDADE, 2012; CIDADE & DUARTE, 2014), para o serpentinito (PICHLER, 2015) e para a madrepérola (SOARES *et al*, 2015), na qual os estudos basearam-se na caracterização e padronização da gravação a laser para aplicação ao design de joias.

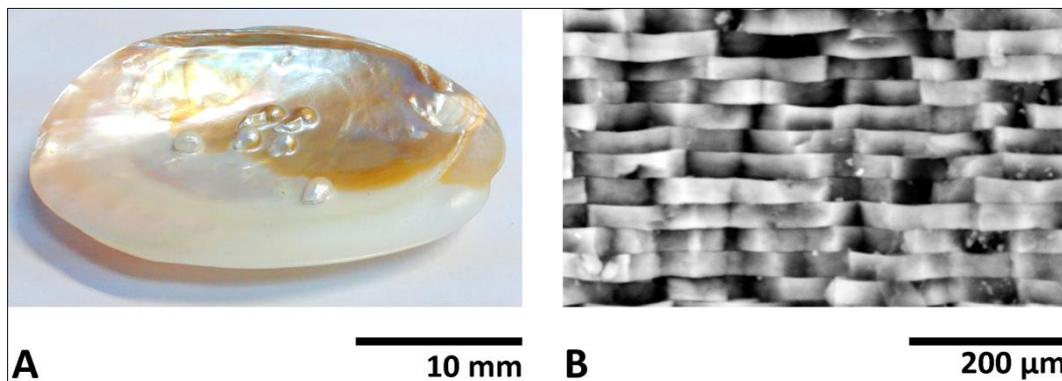
Portanto, pretendeu-se compreender os efeitos do laser e assim aplicá-los de modo adequado para gerar o efeito degradê pela gravação superficial da madrepérola. Este material, por ter sua forma regular, ou seja, com superfícies planas após seu beneficiamento, favoreceu a aplicação desta tecnologia e o design de superfície pôde ser então aplicado para o projeto de joias e adornos.

2. Madrepérola

A madrepérola é a capa nacarada interna da concha de um molusco perlífero (Fig. 1A), e algumas vezes a concha de um caracol que possua um iridescente jogo de cores. É constituída por camadas em placas de aragonita (CaCO_3) de 10 – 20 μm de comprimento e 5 μm de espessura, que são unidas por uma fina camada de proteína, chamada conchiolina (Fig.1B) (SCHUMANN, 2006; BRAULIO, 2012).

O brilho iridescente característico desse material ocorre devido à sobreposição ordenada das placas de aragonita unidas pela conchiolina, que causa o fenômeno de difração da luz na superfície interna da concha resultando nas cores do arco-íris. Esta iridescência deve-se à espessura das plaquetas ter dimensões aproximadas ao comprimento de onda da luz visível. Estas estruturas interferem-se entre si, com diferentes comprimentos de onda e ângulos de visão criando cores estruturais (SCHUMANN, 2006; MATLINS, 2008).

Figura 1:A) Parte Interna da Concha de um Molusco Perlífero Onde a Madrepérola (Nácar) É Gerada e B) Imagem Obtida pelo Microscópio Eletrônico de Varredura da Sobreposição das Plaquetas de Aragonita que Constituem a Madrepérola. Imagem Ampliada 5000x.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

As principais fornecedoras de madrepérolas são as “fazendas de pérolas”, pois o desenvolvimento do cultivo de ostras para a cultura de pérolas, a partir de 1960, fez com que a indústria ligada à madrepérola prosperasse. Desse modo, a primeira exportação do material ocorreu no início dos anos 1970. Atualmente, o Japão e a China são os principais produtores de pérolas e conseqüentemente, de madrepérola (PEZZOLO, 2010).

No Brasil existe a ocorrência de ostras perliíferas naturais em águas doces na ilha de Marajó no estado do Pará. Os moluscos possuem conchas com espessura média de 4 mm de madrepérola. As conchas são utilizadas para fabricação de botões, enfeites para cabo de facas, bijuterias e outros artefatos artesanais. A manifestação de ostras perliíferas naturais proporcionou a identificação da região do Marajó como possível produtor de pérolas e de madrepérolas. Entretanto, estes moluscos produzem o nácar somente em condições específicas de temperatura e salinidade exigindo estudos aprofundados nas áreas de biologia, geologia e gemologia. Os autores enfatizam que a ausência de um projeto de cultivo oficial faz com que o manejo e a comercialização das conchas sejam inadequados, uma vez que não possuem licença ambiental para a exploração do molusco (HOHN & DA COSTA, 2002)

O potencial da madrepérola como matéria-prima na confecção de joias e adornos verifica-se na joalheria tendo seu beneficiamento praticamente de modo artesanal. Neste contexto, percebe-se que existe a possibilidade de valorização desse material por meio do design de superfície e da técnica de gravação a laser.

3. Design de Superfície

A superfície sempre serviu de suporte para expressar e suprir as necessidades do homem, essa relação originou-se nos tempos primitivos com os grafismos nas paredes das cavernas na pré-história. Ao longo do tempo, o interesse do homem em expressar-se graficamente, seu gosto pela decoração de superfície e a linguagem visual aplicada na tecelagem, na cerâmica e na estamperia carregaram o embrião do que hoje chamamos de Design de Superfície (RÜTHSCHILLING, 2008).

Considera-se o Design de Superfície (DS) uma atividade projetual na qual são atribuídas características expressivas e perceptivas à superfície dos objetos, sejam estes, concretos ou virtuais. Por meio de configurações na aparência obtêm-se texturas visuais, táteis e relevos que reforçam ou minimizam as interações sensoriais e cognitivas entre objeto e sujeito (SCHWARTZ & NEVES, 2009).

A construção de superfícies visuais e/ ou táteis visa solucionar questões estéticas, simbólicas e/ ou funcionais. Este tratamento em produtos industriais promove uma melhor aceitação pelos usuários, pois melhora não somente a função estética como também a identidade dos objetos (RINALDI, 2010).

No Brasil, o DS foi legitimado como ramo do Design apenas em 2005 possibilitando sua inclusão nos cursos de graduação e pós-graduação, o que disponibilizou subsídios para as pesquisas e publicações científicas sobre o assunto. Existe a necessidade de novas teorias acerca do DS que devem ser estudadas, experimentadas e estabelecidas a fim de desenvolver o ensino e a possibilidade de práticas industriais (SCHWARTZ & NEVES, 2009).

Para a criação de uma superfície projetada deve-se compreender os fundamentos do design. A sintaxe da linguagem visual, no design, pode ser expressa por meio dos seguintes elementos visuais: ponto, linha, forma, direção, tonalidade, cor, textura, escala, dimensão e movimento. A harmonia dos elementos visuais rege o Design de Superfície, pois garantem a beleza da padronagem desenvolvida (CAMARGO *et al*, 2014).

A tonalidade foi o elemento visual estudado nesta pesquisa visando obter o efeito degradê. O degradê é a transição suave de um tom claro para um escuro ou vice-versa. Para criar um efeito tridimensional em um desenho bidimensional, torna-se necessário estabelecer os valores tonais cinzentos para que seja possível modelar as formas do desenho plano (ROIG, 2009).

O Design de Superfície tem caráter interdisciplinar, ou seja, relaciona conhecimentos, métodos e técnicas de diversos campos do saber com as características representativas propostas no projeto, estas construídas a partir de aspectos culturais, históricos e tecnológicos (OLIVEIRA, 2012). Ao unir-se a novas tecnologias, como a gravação a laser encontra nesta, uma ferramenta poderosa em um mercado exigente por produtos inovadores. Possibilita a projeção criativa de novas superfícies seja na função estética, funcional e estrutural.

4. Processo de Gravação a Laser

Laser é a abreviação de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*-, isto é, amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. É um feixe de luz de alta potência com propriedades específicas que é focalizado e posicionado precisamente com velocidade de varredura controlada. Seu surgimento origina-se de estudos de diversas áreas, como astronomia, engenharia e física e principalmente pela busca de como a luz interage nos átomos e moléculas (BAGNATO, 2001).

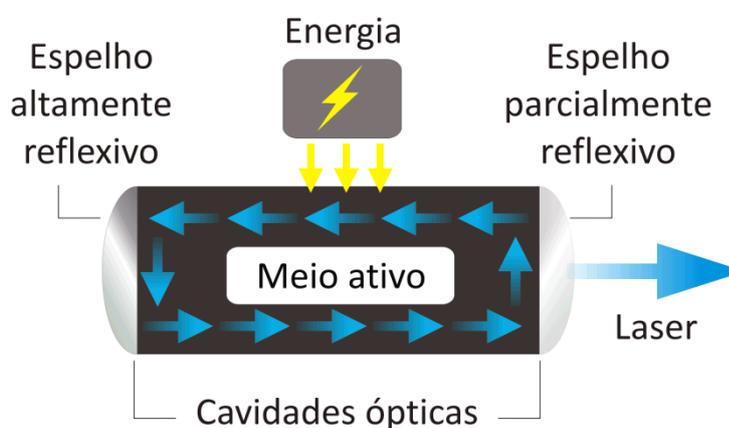
O feixe de laser é uma das invenções mais versáteis do século XX, pois possui aplicações diversas como, por exemplo: médicas (cirurgias), industriais (cortar metais, medir distâncias), comerciais (comunicação por fibras ópticas, leitores de códigos de barras) e no campo bélico (miras lasers).

De acordo com Bagnato (2001), o feixe de laser surge por meio de três partes fundamentais: o meio ativo, a fonte de energia externa e as cavidades ópticas. O meio ativo é parte que contém os elétrons que por meio de saltos quânticos emitem luz (fótons) que constituirão a luz de laser. Essa parte pode ser gasosa, sólida ou líquida.

Para que os elétrons saltem para níveis mais energéticos é preciso que ocorra o fornecimento de energia, que provem de uma fonte externa, sendo esta a segunda parte principal do laser. Esta fonte externa tem como função fornecer energia para que os elétrons saltem para níveis mais energéticos e assim produzam luz. E a terceira parte são as cavidades ópticas que têm como função fazer com que os fótons emitidos retornem ao meio ativo produzindo e amplificando a emissão de luz. Para tal, são utilizados espelhos posicionados nas extremidades destas cavidades que estimulam a reflexão dos fótons a retornarem à amostra. Um deles deve ser semi-prateado e levemente transparente.

Em síntese (Fig. 2), a geração do feixe ocorre quando uma fonte externa de energia excita o meio ativo e faz com que os elétrons saltem de uma órbita para outra e a cada vez que retornam ao nível anterior estes emitem um fóton de luz. Este fóton incide em um espelho 100% reflexivo para outro espelho 1% translúcido (espelho semi-prateado) que deixa passar cerca de 1% da luz. Essa pequena quantidade que escapa é o que forma os potentes feixes de raios laser que, conforme o material do meio ativo usado emite radiações de diferentes cores (BAGNATO, 2001).

Figura 2: Esquema simplificado do funcionamento do laser.



Fonte: Adaptado de BAGNATO (2001).

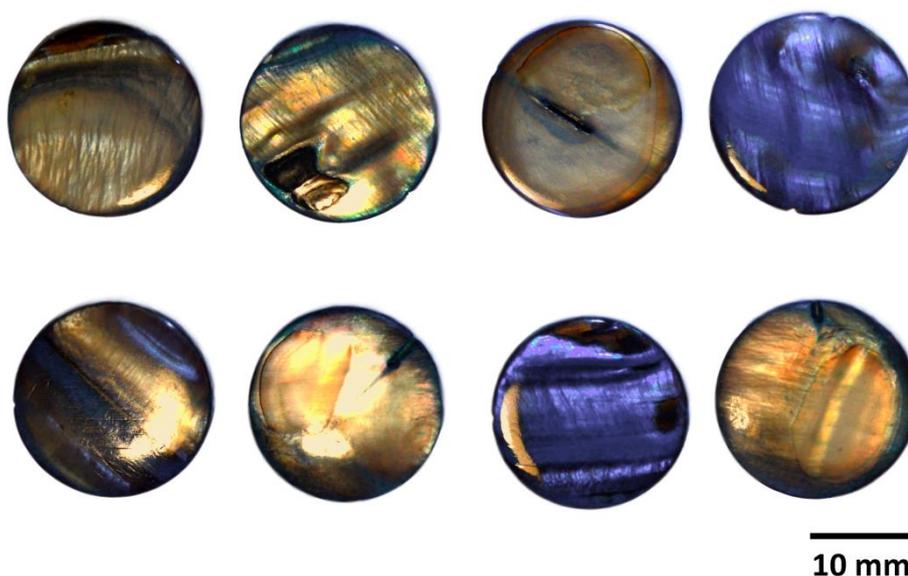
A gravação a laser é um processo tecnológico rápido e eficaz que oferece detalhamento nas peças, pois o laser somente varre a superfície sem ocasionar perfuração podendo fundi-la ou apenas fraturá-la, de acordo com a natureza do material.

Existe um tipo de laser para cada aplicação que se relaciona com as características do material processado, como também as características do equipamento. Desse modo, deve-se estudar e caracterizar parâmetros, tais como, velocidade, potência, número de ciclos de aplicações, fonte de energia e etc.

5. Materiais e Métodos

Para a realização deste estudo foram utilizados oito discos de madrepérola destinados à confecção de ornamentos, como joias e bijuterias. As amostras possuem aproximadamente as seguintes dimensões: 24 mm de diâmetro e 2 mm de espessura (Figura 3). Todas amostras foram obtidas já com os processos de tingimento, de corte, polimento nas bordas e perfuração, sendo que não foi identificado na superfície das peças aplicação de resinas ou de qualquer outro produto. Optou-se por madrepérolas tingidas por ter o resultado da gravação melhor visualizado.

Figura 3: Amostras de Madrepérolas como Substrato para o Design de Superfície.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

A caracterização da microestrutura das porções onde houve interação entre o laser e o material foi feita pelo Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), Hitachi, modelo TM 3000, com detector de elétrons retroespalhados que gera imagens eletrônicas.

A aceleração do feixe de elétrons utilizada foi de 15 KeV e magnificação da ordem de 5000. Também foi utilizada a lupa estereoscópica SZX16, da marca Olympus, da marca Olympus para análises visuais das superfícies gravadas realizadas pelo *software* AnalySIS Starter. Este equipamento vem equipado com objetiva de 1 e 10 vezes e ampliações entre 0,7 e 11,5 vezes.

Para o processo utilizou-se o equipamento de corte e gravação a laser da Automatisa, modelo Mira 3007, com lente para área de trabalho de 100 mm x 100 mm. Este equipamento é controlado via computador por meio de comandos do *software* LaserDraw que orienta o feixe a percorrer uma trajetória nos eixos x e y por um sistema galvanométrico, construindo assim, um desenho bidimensional.

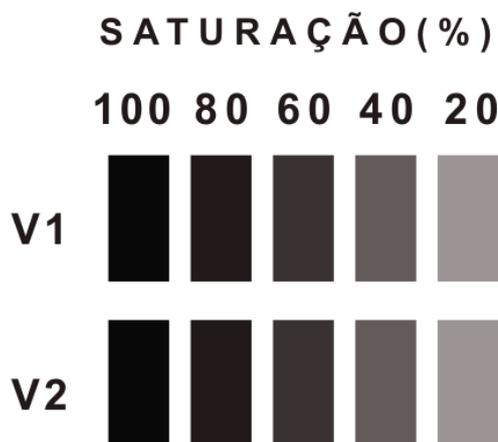
O laser é gerado em meio gasoso CO₂ e opera com potência máxima de 60 W, sendo considerado de baixa potência. Desse modo, destina-se à gravação e ao corte de materiais orgânicos e materiais poliméricos. A área máxima varrida pelo laser é

delimitada pelo foco da lente utilizada, neste caso 100 mm x 100 mm, sua área de trabalho mede 100 cm². A velocidade máxima do laser, tanto para corte como gravação, é de 500 m/min. Todos os equipamentos encontram-se no Laboratório de Design e Seleção de Materiais – LdSM, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

Foi realizado um ensaio, a partir desenhos criados em programa para edição de imagens. No ensaio, visou-se criar e compreender o efeito degradê gerado na superfície das amostras gravadas.

Desse modo, foi criada uma imagem *bitmap*, na extensão .jpg, com cinco retângulos configurados em porcentagens de saturação de preto. Estas porcentagens variaram de 20 em 20% iniciando em 20% e finalizando em 100%, conforme figura 4. A potência foi fixada em 60 W e a velocidade de gravação iniciou em 40 m/min e variou de 5 m em 5 m/min até 100 m/min, pois na velocidade 35 m/min as saturações não apresentaram o efeito degradê efetivo (SOARES *et al*, 2015).

Figura 4: Imagem Digital no Formato .Jpg Desenvolvida para a Gravação a Laser na Superfície da Madrepérola Formada por Retângulos Preenchidos por Diferentes Porcentagens de Saturação de Preto (Indicadas pelo Número Na Parte Superior) e com Duas Velocidades Distintas (V1 E V2).

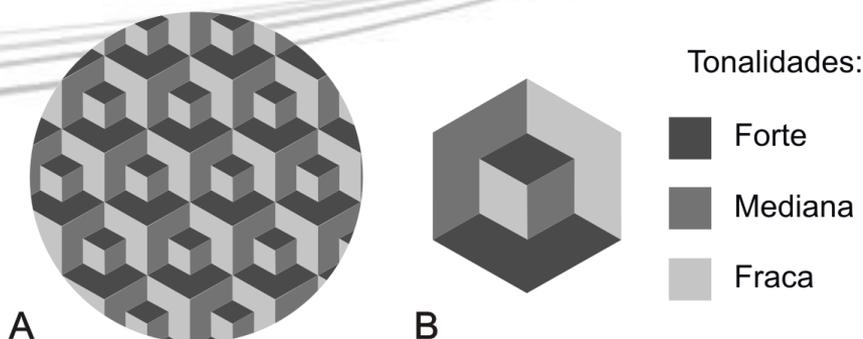


Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

Com este ensaio foram identificadas as velocidades e as porcentagens de saturação de preto para obter um efeito degradê com qualidade visual e tátil. Posteriormente foram escolhidos os melhores parâmetros de gravação para compor diferentes combinações visando criar um efeito gradiente visualmente adequado. As combinações foram entre três tons de cinza, sendo uma tonalidade forte, uma tonalidade mediana e uma tonalidade fraca.

O design de superfície desenvolvido visou uma padronagem com grafismos geométricos e simétricos para facilitar o efeito degradê e oferecer um visual tridimensional. Na figura 5, a imagem do arquivo gráfico utilizado para a experimentação do efeito pretendido.

Figura 5: Imagem Desenvolvida para o Ensaio: A) Arquivo Gráfico para Gravação e B) a Forma do Padrão em Destaque e suas Três Tonalidades.

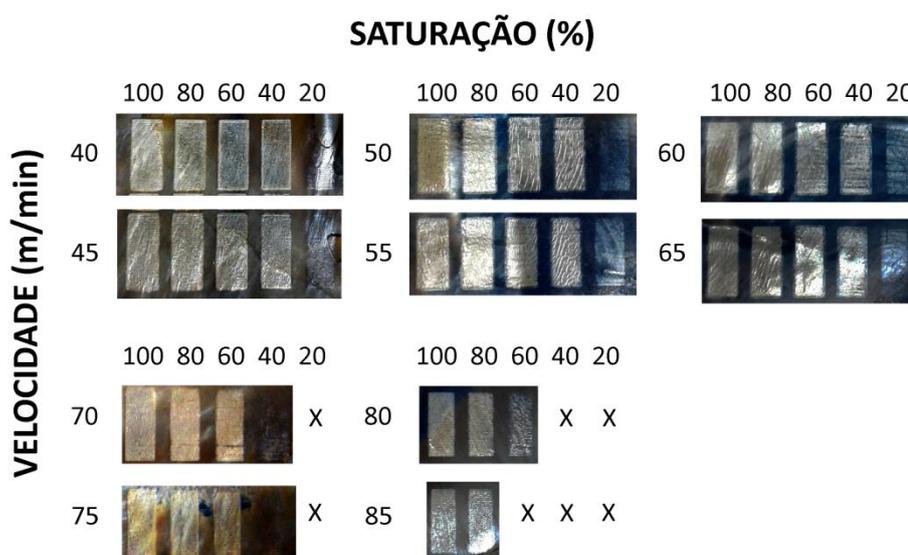


Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

6. Resultados e Discussões

Com a realização do ensaio no material, percebeu-se que nas gravações em velocidades menores (40 a 55 m/min), os preenchimentos obtidos nas diferentes porcentagens de saturação de preto ocasionaram pouca variação de tonalidade. Com o aumento da velocidade de varredura do laser, a gravação ocorre de forma mais superficial, o que oferece diferentes efeitos visuais pela retirada do tingimento e do nácar. Para as velocidades de 85, 90, 95 e 100 m/min, o feixe do laser fraturou superficialmente as amostras, não sendo possível visualização pelo observador (à vista desarmada). Na figura 6, mostra-se o resultado da gravação a laser, nas quais os valores das porcentagens de saturação são indicados horizontalmente. Dispostos verticalmente estão os valores das velocidades analisadas. Os parâmetros em que não ocorre a gravação efetiva são indicados por “X”.

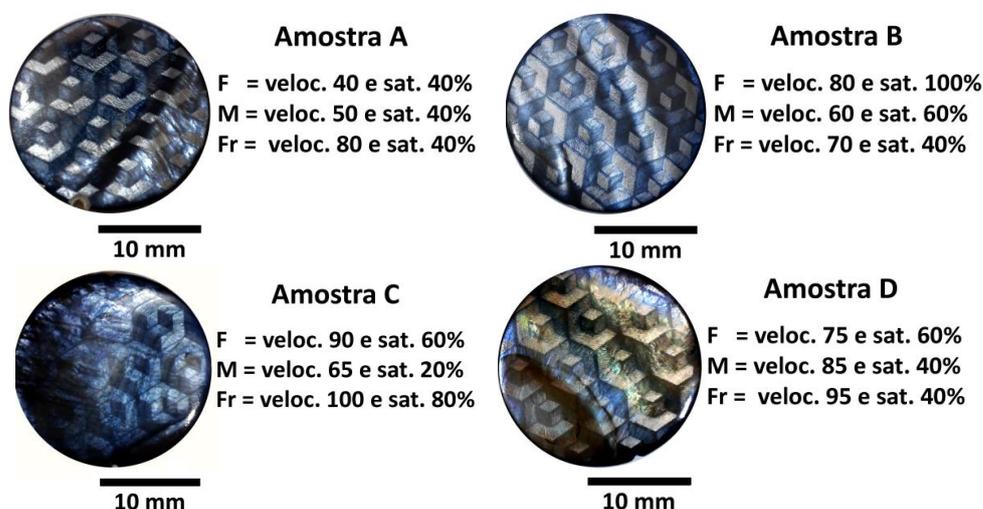
Figura 6: Resultado do Ensaio de Gravação nas Amostras de Madrepérola nas Velocidades: A) 40 e 45 m/min, B) 50 e 55 m/min, C) 60 e 65 m/min, D) 70 e 75 m/min e E) na velocidades 80 e 85 m/min.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

A partir dos resultados obtidos, seguiu-se para a próxima etapa, na qual foram selecionadas as saturações tonais com qualidade visual e tátil nos tons forte, mediano e fraco. Ao estabelecer os valores tonais cinzentos torna-se possível o efeito tridimensional. Desse modo, foram gravadas quatro amostras com quatro combinações diferentes (Fig. 7), tornando-se possível analisá-las para compreender como o efeito degradê pode ser obtido por meio da utilização das diferentes saturações de preto para as diferentes velocidades.

Figura 7: Resultado da gravação a laser nas amostras gravadas de acordo com as combinações de porcentagens de saturações e velocidade desejada, nas amostras A, B, C e D. As tonalidades são indicadas pelas letras: (F) para forte, (M) para mediana e (Fr) para fraca.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

Percebeu-se que algumas combinações ofereceram melhor qualidade visual e tátil que outras, mas deve-se considerar o caráter orgânico desta gema e a possibilidade de que em novas gravações os resultados sejam um pouco distintos.

Pela análise via lupa estereoscópica foi possível observar que o registro da interação entre o laser e o material é marcado pela diferença de espessura das linhas e também pelo espaçamento entre estas, indicando que a velocidade interfere na nitidez do preenchimento, que por sua vez, resulta em diferenças de tom para o observador, à vista desarmada (Figura 8).

Ao obter imagens eletrônicas por MEV, pode-se observar como o laser afetou a superfície da madrepérola (Figura, 9). O feixe do laser cliva a superfície e expõe as camadas de aragonita em todas as saturações e velocidades. Não se percebe a fusão do material, como é percebido para a ágata (Cidade, 2012), restando apenas, após o processo de gravação, resíduos em forma de pó ao longo do traçado. A obtenção do efeito degradê por meio da gravação a laser na madrepérola pode ser reproduzido em escala industrial. Para tal, a escala tonal de cinza do desenho gráfico deve ser estudada e experimentada devido ao caráter orgânico do material. Na figura 10, um exemplo de aplicação de uso.

Figura 8: A) Diferença de Tonalidades na Gravação das Saturações da Amostra B e B) Destaque do Traçado do Laser em Cada Saturação na Gravação da Amostra B.



A

200 μm

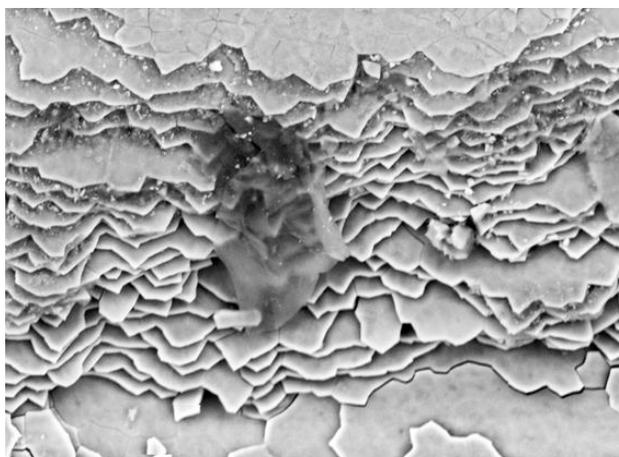


B

1000 μm

Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

Figura 9: Imagem Obtida no MEV Mostra Fragmentação Contínua das Plaquetas de Aragonita e Exposição de Camadas Internas da Madrepérola ao Longo da Varredura do Feixe do Laser.



50 μm

Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

Figura 10: Anel com Madrepérola Gravada a Laser, Exemplo de Aplicação do Estudo com a Amostra B.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2016).

7. Considerações Finais

Este trabalho buscou compreender e aplicar o efeito degradê por gravação a laser na superfície da madrepérola, pela combinação de diferentes saturações de preto e diferentes velocidades visando agregar valor ao material com a inovação na utilização de processos tecnológicos de fabricação para estes materiais.

Os resultados indicaram a viabilidade técnica de aplicação da tecnologia, pois foi possível identificar os diferentes tons de degradê na superfície do material. O caráter iridescente da madrepérola promoveu uma variação na qualidade visual do degradê confirmando o processo de gravação a laser como uma ferramenta capaz de valorizar e potencializar o uso da gema no âmbito do design de superfície, criando um diferencial para peças de joalheria e adornos. Observou-se que as velocidades interferiram na nitidez, de acordo com a porcentagem de saturação de preto aplicada o que possibilitou a geração do efeito gradiente. Quanto maior a porcentagem de preto, mais profunda a remoção das camadas de nácar, eliminando a coloração superficial e evidenciando a iridescência das camadas inferiores do material, a qual gera maior brilho nos grafismos gravados.

Por fim, notou-se que por ser uma gema orgânica, a madrepérola oferece um perfil versátil, por vezes mutável quando interage com o laser em sua superfície. Apresentou-se como um material com grande potencial para a aplicabilidade da gravação a laser sugerindo assim, estudos mais aprofundados.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e da FAPERGS (Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio Grande do Sul).

Referências

- BAGNATO, Valderlei Salvador. **Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia**. 1ª Ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2008.
- BRAULIO, Mariana. **Engenharia de Microestrutura de Concretos Refratários Espinelizados**. (2012). Tese Doutorado em Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.
- CAMARGO, A.; NUNES, T.; NASCIMENTO, R.; NEVES, A. A percepção visual, visando à continuidade gráfica na repetição modular do design de superfície. **Educação Gráfica**. Bauru, SP, ano 2014, v.18, Nº. 01.
- CIDADE, M. K. **Caracterização e padronização do processo de gravação a laser em ágata aplicado ao design de joias**. 2012. 127 f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- CIDADE, M. K.; DUARTE, L. **Gravação a laser no design de joias**. Porto Alegre: Novas Edições Acadêmicas, 2014.
- HOHN, H; DA COSTA, M. Ocorrência de ostras perlíferas no Marajó, rio Pará. **Revista Escolar Minas**, Ouro Preto, v.55, nº 1, Jan./Mar, 2002.
- MATLINS, A. **The pearl book: the definitive buying guide**. Woodstock, VT: Editora GemStone Press, 4ª ed., 2008.
- OLIVEIRA, M. **Design de Superfície**: proposta de procedimento metodológico para a criação de estampas têxteis com referência em elementos naturais. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- PEZZOLO, Dinah. **A Pérola**: História, cultura e Mercado. São Paulo: Senac, 2010.
- PICHLER, R.; JUCHEM, P. Estudo de técnicas de beneficiamento em serpentino para uso como material gemológico aplicado ao design de joias. In: DONATO, M.; DUARTE, L.; HARTMANN, L. **Inovação, design e pesquisas aplicadas em gemas, joias e mineração**. 4ª ed. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015, p. 34 – 41.
- RINALDI, R.; MENEZES, M. Contribuições do design gráfico para design de superfície. **Educação Gráfica**. Bauru, São Paulo, ano 2010, v.14, Nº. 01.
- ROIG, Gabriel. **Fundamentos do desenho artístico**. São Paulo: WMF, 2009.
- RÜTHSCHILLING, E. **Design de Superfície**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008.
- SCHUMANN, W. **Gemas do Mundo**. São Paulo: Editora Disal, 9ª ed., 2006.
- SCHWARTZ, A; NEVES, A. Design de Superfície: abordagem projetual geométrica e tridimensional. In: MENEZES, M. S; PASCHOALLARI, LC. **Design e Planejamento**: aspectos tecnológicos. São Paulo: Editora UNESP, 2009. Cap. 5, p. 107 – 127.
- SOARES, S.; DILLY, J.; DUARTE, L.; SILVA, F.; CÂNDIDO, L. H. Contribuição ao Design de Superfície em Gemas Naturais: estudo sobre a caracterização da gravação a laser em madrepérolas. In: DONATO, M.; DUARTE, L.; HARTMANN, L. **Inovação, design e pesquisas aplicadas em gemas, joias e mineração**. 4ª ed. Porto Alegre: IGEO/UFRGS. Cap. 5, p. 66 – 73.