



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

Dissertação de mestrado

**DESIGN, TECNOLOGIA E VALORIZAÇÃO LOCAL:
ESTUDO DE TÉCNICAS DE BENEFICIAMENTO EM SERPENTINITO PARA USO COMO
MATERIAL GEMOLÓGICO APLICADO AO DESIGN DE JOIAS**

Rosimeri Franck Pichler

Porto Alegre

2014



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

Rosimeri Franck Pichler

**DESIGN, TECNOLOGIA E VALORIZAÇÃO LOCAL:
ESTUDO DE TÉCNICAS DE BENEFICIAMENTO EM SERPENTINITO PARA USO COMO MATERIAL
GEMOLÓGICO APLICADO AO DESIGN DE JOIAS**

Defesa de dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Design como requisito para obtenção do título de Mestre em Design, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Juchem

Porto Alegre

2014

Rosimeri Franck Pichler

**DESIGN, TECNOLOGIA E VALORIZAÇÃO LOCAL:
ESTUDO DE TÉCNICAS DE BENEFICIAMENTO EM SERPENTINITO PARA USO COMO
MATERIAL GEMOLÓGICO APLICADO AO DESIGN DE JOIAS**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada como requisito para obtenção do título de Mestre em Design, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 19 de dezembro de 2014.

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

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Lauren da Cunha Duarte
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof.^a Dr. Fábio Pinto da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Prof. Dr. Carlos Gustavo Martins Hoelzel
Universidade Federal de Goiania - UFG

Prof. Dr. Pedro Luiz Juchem (Orientador)
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

CIP - Catalogação na Publicação

Pichler, Rosimeri Franck
Design, tecnologia e valorização local: estudo de técnicas de beneficiamento em serpentinito para uso como material gemológico aplicado ao design de joias / Rosimeri Franck Pichler. --2014.
142 f.

Orientador: Pedro Luiz Juchem.

Dissertação (Mestrado)-- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2014.

1. design. 2. laser. 3. jato d'água. 4. serpentinito. 5. joalheria. I. Juchem, Pedro Luiz, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento de um trabalho envolve a dedicação e a colaboração de muitas pessoas, e este espaço eu dedico a cada uma delas. Manifesto aqui, meus sinceros agradecimentos a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, e que contribuíram para que este trabalho fosse concluído com sucesso. Muito obrigada.

Agradeço, em especial:

Ao meu estimado amigo e orientador, Prof. Dr. Pedro Luiz Juchem, por toda dedicação, empenho, companheirismo, motivação e apreço no desenvolvimento desta pesquisa. Levarei para a vida os ensinamentos e os conselhos recebidos neste curto período em que dividimos nossos esforços em prol deste estudo. Muito obrigada!

Ao Laboratório de design e seleção de materiais – LdSM, pela acolhida e pela ajuda prestada em todos os momentos em que necessitei. Muito obrigada!

Aos demais laboratórios (LACER - Laboratório de Materiais Cerâmicos, LABOGEM - Laboratório de Gemologia, Laboratório de Petrografia, Laboratório de Microanálise) que contribuíram com seu trabalho e dedicação, e que sem eles esta pesquisa não seria possível. Em especial a Prof. Dr^a. Ruth Hinrichs e ao Prof. Dr. Clóvis Gonzatti pelos ensinamentos e auxílios prestados. Muito obrigada!

Ao CTPedras, pela confiança e auxílio prestados, em especial a Thomas Zibetti, pela colaboração. Muito obrigada!

À família Horvath, pela recepção, esclarecimentos e doação do material que tornou possível a ampliação dos resultados desta pesquisa. Muito obrigada!

Aos amigos e professores, em especial a Prof^a. Dr^a Lauren da Cunha Duarte e a Ms. Mariana Kuhl Cidade, pelos esclarecimentos e conselhos que contribuíram muito no desenvolvimento deste trabalho. Às colegas Tamara Barbian e Marina Wilm pela amizade e pelas contribuições que me levaram a escolha do meu tema de trabalho. Muito obrigada!

Ao Programa de Pós-Graduação em Design desta Universidade, em especial ao corpo docente e aos funcionários.

À CAPES e ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido. Muito obrigada!

À minha irmã, Patrícia Pichler, e à minha amiga, Fernanda Sulzbach, pelo empréstimo de suas imagens para registro das peças finalizadas. Muito obrigada!

Aos meus pais, Silmar Pichler e Rosa Maria Franck Pichler, pelo carinho, suporte e paciência. Muito obrigada!

Ao meu noivo, Luca José Garcia, pelo amor e companherismo. Muito obrigada!

RESUMO

O Design, sendo uma atividade responsável pela criação de bens materiais, vem incorporando características culturais e saberes locais no desenvolvimento de produtos. O interesse por produtos culturais acarreta em desenvolvimento para as regiões produtoras, refletindo em diversos âmbitos da vida em sociedade, impulsionando e aumentando a competitividade do mercado local. Para isso, as tecnologias são fundamentais na promoção de inovações em produtos, facilitando o processo de produção e permitindo novas aplicações. Desta forma, a união destes dois fatores, tecnologias e valorização de produtos culturais, podem acarretar em ganhos, tanto para a região produtora, como para o país, no oferecimento de produtos com maior valor agregado. O serpentinito, considerado uma gema ornamental rara do Rio Grande do Sul, não possui atualmente uso comercial. O principal mineral constituinte dessa rocha são minerais do grupo das serpentinas, que podem ocorrer como agregados maciços e lamelares (antigorita e lizardita) e como cristais fibrosos (crisotilo). Assim, este trabalho tem como objetivo estudar as técnicas de beneficiamento em serpentinito, a fim de valorizar sua utilização como material gemológico para aplicação em joalheria. Para a caracterização mineralógica do serpentinito, utilizou-se lupa binocular, difratometria de raios X e microscópio petrográfico. As técnicas testadas para seu beneficiamento foram: corte por jato d'água, gravação a laser, polimento e resinagem. Para análise das interações das técnicas empregadas com o material, utilizou-se a lupa estereoscópica, microscópio eletrônico de varredura (MEV) e medidor de brilho (Gloss meter). Obteve-se resultados satisfatórios quanto a aplicação das técnicas no serpentinito, mas estes variam, conforme a textura da rocha. Em rochas com predominância de antigorita e lizardita, recomenda-se o uso da técnica de corte por jato d'água e a gravação a laser de preenchimento para obtenção de texturas superficiais. Em rochas com crisotilo, recomenda-se a realização de cortes com serra diamantada de precisão e o uso da gravação a laser de linhas e preenchimentos, para criação de elementos gráficos de média complexidade. Para o polimento, recomenda-se o uso de lixas de carbetto de silício (carborundum), partindo da faixa de grão 180 até 2000, para rochas com predominância da serpentina antigorita, e da faixa de grão 320 até 2000, para rochas com predominância da serpentina crisotilo. O tempo de cada etapa de lixamento é de 2 minutos e velocidade em torno de 300 rpm. Para proteção do material e obtenção de um brilho mais intenso, recomenda-se a aplicação de resina acrílica como etapa final do processo de beneficiamento.

Palavras-chaves: design, gravação a laser, corte por jato d'água, serpentinito, joalheria.

ABSTRACT

Design as an activity for developing material goods, has been adding cultural characteristics and local knowledge in the development of products. The interest in cultural products brings progress for the producing regions, reflecting in different areas of social life, promoting and increasing the competitiveness of the local market. For this reason technologies are very important, to promote innovations in products, to enable the production process and new applications. So, the union of these two factors, technologies and valorization of cultural products, providing products with a bigger added value, may result in improvement for the producing region and also for its Country. Serpentinite, a rock used as a rare ornamental gemstone occurs in Rio Grande do Sul State (Brazil) and currently does not have commercial use. The main mineral of this rocks are of serpentine group, that may occur as massive and lamellar aggregates (antigorite and lizardite) and as fibrous crystals (chrysotile). This research aims to study processing techniques to apply in this serpentinite, in order to increase its use as gemological material for use in jewelry. The mineralogical characterization of serpentinite were done with a stereoscopic loupe, X-ray diffraction and with petrographic microscopy. The processing techniques tested were cut by water jet, laser engraving, polishing and resin coating. To analyze the interactions of this techniques with the serpentinite, it was used a stereoscopic loupe, a Scanning Electron Microscope (SEM) and a gloss meter. The results obtained with the application of the processing techniques in serpentinite are good, but vary according to the texture of the rock. In rocks with predominance of antigorite and lizardite, is recommend the use of cutting by water jet and the use of filled shapes laser engraving to obtain surface textures. In rocks with chrysotile, it is recommended to use precision cut diamond saw and the use of laser engraving lines and fill shapes to create graphics of medium complexity. To obtain a good polishment, the use of silicon carbide (carborundum) sandpaper is recommended, with the grit of 180 until 2000, for rocks with predominance of antigorite, and the grit of 320 until 2000, for rocks with predominance of chrysotile. The sanding time for each step is 2 minutes with a speed around 300 rpm. To protect the material and to obtain a better luster, is recommend the application of an acrylic resin as a final step of the improvement process.

Palavras-chaves: design, laser engraving, water jet cutting, serpentinite, jewelry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Categorias identitárias e referencias culturais no desenvolvimento de produtos ...	10
Figura 2: Uso de categorias identitárias no desenvolvimento de produtos culturais	11
Figura 3: Exemplos de referenciais imagéticos culturais	11
Figura 4: Evolução da joia conforme os períodos históricos.....	12
Figura 5: Exemplos de joias contemporâneas.....	17
Figura 6: Exemplos de joias com valorização da identidade regional.....	18
Figura 7: Exemplos de joias da Coleção “Manualidades lapidando tendências”	19
Figura 8: Exemplos de joias da Coleção “Manualidades lapidando tendências”	20
Figura 9: Mapa dos principais depósitos gemológicos do Rio Grande do Sul e associações de rochas do escudo Sul-rio-grandense.....	22
Figura 10: Peças ornamentais fabricadas pelo artesão William Horvath com serpentinito do Rio Grande do Sul.....	23
Figura 11: Exemplos de aplicação de novas tecnologias em materiais gemológicos	28
Figura 12: Esquema de funcionamento do jato d'água abrasivo	29
Figura 13: Fotografia do "cone" gerado no jato d'água abrasivo quando expelido do bocal..	30
Figura 14: Esquema simplificado do funcionamento do laser	31
Figura 15: interação do laser com os materiais e tipos de aplicação da gravação a laser.....	32
Figura 16: Fases e etapas da pesquisa experimental e aplicada.....	36
Figura 17: Depósito de serpentinito na casa da família Horvath em Bagé - RS	38
Figura 18: Amostras de serpentinito selecionadas	39
Figura 19: Funcionamento do medidor de brilho (<i>Gloss Checker</i>)	45
Figura 20: Testes de corte por jato d'água.....	47

Figura 21: Parâmetros e arquivos gerados para realização dos testes de velocidade de gravação a laser.....	48
Figura 22: Diferença na continuação dos traços na exportação de imagens	49
Figura 23: Parâmetros e arquivos utilizados na realização dos testes de espaçamento e de saturação de preto	49
Figura 24: Principais estruturas que podem assumir os minerais do grupo das serpentinas .	54
Figura 25: Análise mineralógica por Difrátogramas de raios X	56
Figura 26: Exemplos de fotomicrografias do serpentinito obtidas ao microscópio petrográfico	58
Figura 27: Exemplos de fotomicrografias do serpentinito obtidas ao microscópio petrográfico	59
Figura 28: Fragmento de serpentinito com padrões texturais distintos (a)	60
Figura 29: Resultado do teste de velocidades no jato d'água.....	63
Figura 30: Observação de veios de serpentina da variedade crisotilo na amostra 04	64
Figura 31: Resultado do teste de velocidade no jato d'água da amostra 04	64
Figura 32: Fraturas decorrentes da pressão do jato d'água sobre as amostras 06 e 08	65
Figura 33: Resultados do teste de velocidade no jato d'água da amostra 05.	66
Figura 34: Resultados obtidos no teste de espaçamentos (amostras 01, 02, 03 e 05).....	66
Figura 35: Equipamento utilizado na realização dos testes de corte de precisão com serra diamantada.	68
Figura 36: Resultado dos testes preliminares de gravação a laser	70
Figura 37: Imagens na lupa das amostras gravadas com velocidades de 2, 5 e 10 m/min, potência de 60W e lente de 10x10 cm	71
Figura 38: Imagens ao MEV das amostras fibrosa (a) e lamelar (b) gravadas a laser.....	72
Figura 39: Resultado para os primeiros testes de formas retas na amostra 07.	72
Figura 40: Testes de gravação a laser de formas retas	73
Figura 41: Testes de gravação a laser de formas curvas	73
Figura 42: Coloração obtida na gravação a laser nos testes de formas curvas	74
Figura 43: Imagens à Lupa das amostras 01, 02 e 03 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas.....	76

Figura 44: Imagens à Lupa das amostras 04, 05 e 06 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas.....	78
Figura 45: Imagens à Lupa das amostras 07 e 08 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas.....	80
Figura 46: Testes de gravação a laser de preenchimentos.....	82
Figura 47: Teste de preenchimento na amostra 07.....	83
Figura 48: Testes de preenchimento na amostra 08.....	84
Figura 49: Teste de preenchimento na amostra 03.....	84
Figura 50: Difratoograma de raios X com incidência rasante das superfícies das amostras 06, 07 e 08 após tratamento superficial com laser.....	86
Figura 51: Resultado de teste com espaçamento de 0.5 mm na amostra 06.....	87
Figura 52: Resultados para espaçamentos da amostra 06.....	88
Figura 53: Resultados para espaçamentos da amostra 07.....	89
Figura 54: Resultados para espaçamentos da amostra 08.....	90
Figura 55: Média das larguras dos traçados gravados nas amostras 06, 07 e 08.....	91
Figura 56: Resultados para saturação de preto das amostras 06, 07 e 08.....	92
Figura 57: Resultados para as saturações de preto.....	93
Figura 58: Resultado para o teste de embutimento das amostras 06 e 08.....	96
Figura 59: Procedimento de leitura adotado para medição de brilho nas superfícies das amostras.....	98
Figura 60: Gráfico de representação da variação de medidas de brilho no ensaio PS1.....	99
Figura 61: Análise das variações de brilho observadas nas amostras 02 e 03.....	100
Figura 62: Gráfico de comparação das médias de brilho nos ensaios PS1 e PS2.....	101
Figura 63: Gráfico de comparação das médias de brilho nos ensaios PS1, PS2 e PS3.....	103
Figura 64: Painel dos quatro conceitos tendência no ano de 2015 para joalheria.....	105
Figura 65: Painel temático de referencia visual para a criação da coleção de joias.....	107
Figura 66: Ficha técnica do conjunto “Corticeira”.....	111
Figura 67: Ficha técnica do colar e pulseira “João de Barro”.....	113
Figura 68: Ficha técnica do colar “Capim-do-Pampa”.....	115
Figura 69: Ficha técnica dos colares “Pampeano”.....	117

Figura 70: Fotografia das peças após aplicação das tecnologias de beneficiamento no serpentinito.....	118
Figura 71: Peças da coleção "Meu pampa é joia" finalizadas.	119
Figura 72: Quadro tomada de decisão no desenvolvimento de joias com serpentinito.	124

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1: Mecanismos de gravação a laser	33
Quadro 2: Elementos locais como referenciais na confecção da coleção de joias.....	106
Quadro 3: Requisitos de projeto	108
Quadro 4: Dados de fabricação e acabamento do conjunto "Corticeira"	110
Quadro 5: Dados de fabricação e acabamento do colar e pulseira "João de Barro".....	112
Quadro 6: Dados de fabricação e acabamento do colar "Capim-do-Pampa"	114
Quadro 7: Dados de fabricação e acabamento do colar "Pampeano"	116
Tabela 1: Parâmetros preliminares de lixamento e polimento.....	50
Tabela 2: Resultados do teste de fatiamento das amostras no jato d'água	61
Tabela 3: Resultados dos testes de velocidade e espaçamento no corte por jato d'água.	67
Tabela 4: Parâmetros recomendáveis para aplicação de corte por jato d'água.....	69
Tabela 5: Parâmetros de gravação a laser para formas retas e curvas.....	81
Tabela 6: Parâmetros de espaçamento e de saturação de preto para gravação a laser.....	93
Tabela 7: Resultados do teste de lixamento em politriz manual	95
Tabela 8: Parâmetros de lixamento e polimentos para o ensaio PS1 na PVV.	96
Tabela 9: Parâmetros de lixamento e polimento para o ensaio PS2 na PVV.....	97
Tabela 10: Resultados das medições de brilho do ensaio PS1.....	98
Tabela 11: Resultados das medições de brilho do ensaio PS1.....	98
Tabela 12: Resultados das medições de brilho do ensaio PS3.....	103

LISTA DE REDUÇÕES

ABREA	Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto
Ant	Antigorita
APL	Arranjo Produtivo Local
Clt	Clorita
cm	Centímetros
CNC	Comando Numérico Computadorizado
Crt	Crisotilo
CTPedras	Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias
DEMIPE	Departamento de Mineralogia e Petrologia
DFX	<i>Drawing Exchange Format</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
dpi	<i>Dot per inch ou Pixels por polegada</i>
DRX	Difratômetro de raios X
GIXRD	Difratômetro de raios X com incidência rasante
IBGM	Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos
Igama	Instituto de Gemas e Joias da Amazônia
INPI	Intituto Nacional de Propriedade Intelectual
JPEG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
KeV	<i>KiloelectronVolt</i>
Labogem	Laboratório de Gemologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
LACER	Laboratório de materiais cerâmico
LASER	<i>Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation</i>
LdSM	Laboratório de design e Seleção de Materiais

Liz	Lizardita
MEC	Ministério da Educação e Cultura
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
Mgt	Magnetita
mm	Milímetros
PLT	Arquivo de plotadora
rpm	Rotações por minuto
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.
SGS	<i>Swiss Gemological Society</i>
Sindipedras	Sindicato das Indústrias de Joalheria, Mineração, Lapidação, Transformação e Beneficiamento de Pedras Preciosas
Tco	Talco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
VIC	<i>Very Important Classics</i>
W	<i>Watt</i>

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo	vii
Abstract	viii
Lista de Figuras	ix
Lista de Quadros e Tabelas	xiii
Lista de Reduções	xiv
Sumário.....	xvi
Capítulo 1 - INTRODUÇÃO	1
1.1. Formulação do problema	4
1.2. Objetivos da pesquisa.....	4
1.2.1. Objetivo Geral	4
1.2.2. Objetivos Específicos.....	4
Capítulo 2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	5
2.1. Design e valorização local.....	5
2.1.1. O desenvolvimento de produtos de referência cultural.....	8
2.2. Design e joalheria	12
2.2.1. O material gemológico na joalheria contemporânea	16
2.2.2. Serpentinó: uma gema ornamental rara do Rio Grande do Sul	20
2.2.2.1. Normas para extração, produção e comercialização do serpentinó	24
2.3. Design e tecnologia	25
2.3.1.1. Corte por Jato d'água	28

2.3.1.2. Gravação a laser	30
Capítulo 3 – MÉTODO DE PESQUISA	35
3.1. Amostras de serpentinito	37
3.2. Caracterização da rocha e Análise dos resultados	40
3.2.1. Lupa estereoscópica	40
3.2.2. Microscópio Petrográfico	40
3.2.3. Difractometria de Raios -X	42
3.2.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	44
3.2.5. Medição de brilho	44
3.3. Métodos de aplicação das tecnologias no serpentinito.....	46
3.3.1. Corte por jato d'água	46
3.3.2. Processo de gravação a laser	47
3.3.3. Beneficiamento final	50
3.4. Desenvolvimento da linha de joias.....	52
Capítulo 4 – RESULTADOS	53
4.1. Caracterização mineralógica do serpentinito.....	53
4.2. Corte por Jato d'água	61
4.2.1. Resultados dos testes de velocidade e de espaçamento.....	62
4.3. Gravação a laser	70
4.3.1. Resultados para Formas Retas e Curvas	70
4.3.2. Resultados para preenchimentos	82
4.3.3. Análise da interação do feixe laser com o material	85
4.3.4. Resultados para espaçamentos	87
4.3.5. Resultados para saturação de preto	92
4.4. Beneficiamento final.....	94
4.4.1. Resultados para polimento	94
4.4.2. Resultados para resinagem	102
4.5. Desenvolvimento da coleção de joias	105

Capítulo 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120
5.1. Sugestões para trabalhos futuros:	125

REFERÊNCIAS	126
-------------------	-----

Anexo A – DRX dos minerais presentes na composição dos serpentinitos.....	132
---	-----

Anexo B – DRX dos asbestos do grupo dos anfibólios.....	134
---	-----

Apêndice A – Estudo referencial do Pampa gaúcho.....	136
--	-----

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

Os estudos referentes à valorização de culturas locais, no design e nas demais áreas do conhecimento, despontaram devido a um fato um tanto quanto contraditório ao que se pensava no advento da era da globalização, quando se acreditou que o homem se tornaria um ser multicultural, perdendo características próprias e singulares de seu local e agregando diversas outras características provenientes de outras culturas do globo. Porém, de acordo com Borges (2003, p. 63), “quanto mais a tal da globalização avança trazendo consigo a desterritorialização, mais [...] a gente sente necessidade de pertencer a algum lugar, aquele canto do mundo específico que nos define”. Assim, sendo o design uma atividade responsável pela criação de bens materiais, cada vez mais trata da incorporação de características culturais e saberes locais no desenvolvimento de produtos.

Esse aumento do interesse por produtos culturais se configura como possibilidade de promover a qualidade de vida e autoestima destas localidades, acarretando em uma melhoria não só econômica e cultural, mas também social, na medida em que impulsiona o sentido de pertencimento dos sujeitos, refletindo em âmbitos diversos da convivência em sociedade (GAUTIER, 2003). Além disso, Braga (2003) ressalta que a valorização dos produtos culturais configura-se como estratégia para que as micro e pequenas empresas locais possam se diferenciar no mercado globalizado, por meio de produtos e serviços com elevado apelo cultural.

A valorização de produtos locais, portanto, tem relação direta com o desenvolvimento local. Conforme Rutten e Boekema (2007), o desenvolvimento econômico de um local é resultado de uma interação entre a inovação em redes regionais e os ativos tangíveis e intangíveis da região. Desta forma, para que um desenvolvimento regional seja realmente satisfatório e duradouro, são necessários investimentos em tecnologia e conhecimento técnico por um lado, e por outro, o envolvimento dos atores locais –

empresas, poder público e privado, artesãos – gerando assim uma rede compartilhada de conhecimentos.

Tecnologia, portanto, é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico regional, mas é através de redes regionais de inovação que a tecnologia se transforma em prosperidade e é o capital social regional que decide quão afetiva esta transformação será (RUTTEN; BOEKEMA, 2007, p. 1844, tradução do autor).

Assim, a tecnologia é um dos meios de proporcionar inovações em produtos, facilitando o processo e permitindo novas aplicações, e é fundamental para a criação de novas oportunidades no mercado global. No Rio Grande do Sul, o beneficiamento de gemas é carente de tecnologias que atribuam valor, que gerem inovação e que aumentem sua competitividade no mercado. Atualmente, os produtos confeccionados no estado são, na maioria das vezes, exportados no estado bruto ou com pouco valor agregado. Desta forma, o design aliado às novas tecnologias de beneficiamento, pode ampliar a gama de materiais possíveis de serem utilizados como material gemológico para aplicação em joalheria e demais objetos de adorno (DUARTE et al, 2010). Neste sentido, estudos recentes apontam técnicas como a Usinagem por Comando Numérico Computadorizado (CNC), o corte por jato d'água e o processo de corte e gravação a laser como principais técnicas de beneficiamento em gemas (CIDADE, 2012).

Considerando o contexto apresentado, de superprodução e de hiperconcorrências em que se encontra o mercado atualmente, a união de dois fatores como a valorização de aspectos locais e a utilização de novas tecnologias destaca-se como uma forma de agregar valor e aumentar a competitividade de produtos locais. Conforme salienta Cabral (2004), a introdução de componentes tecnológicos no desenvolvimento de produtos, sem descuidar do respeito às tradições e aos saberes locais, pode proporcionar ao objeto mais condições de enfrentar o mercado competitivo atual.

Este cenário, portanto, é favorável ao estudo que se propõe esta pesquisa, de estudar a aplicação de técnicas de beneficiamento em serpentinito com o intuito de valorizar sua utilização como material gemológico local para aplicação em joalheria. O serpentinito é considerado uma gema ornamental rara, devido ao baixo número de depósitos no planeta e, no Brasil, ele só ocorre em terras de embasamento cristalino, localizado a oeste do estado do Rio Grande do Sul. Desta forma, a rocha possui um potencial

simbólico relevante para a região onde ocorre, porém carece de pesquisas que valorizem e potencializem sua utilização no mercado interno.

Esta pesquisa se caracteriza como teórico-prática, partindo de um levantamento bibliográfico acerca do design e da valorização local, perpassando pelo entendimento dos elementos essenciais no desenvolvimento de produtos culturais e identitários. Este levantamento abrangerá também o design e a joalheria, a fim de compreender as origens, tendências e situação do setor no Brasil e no Rio Grande do Sul, adentrando o conhecimento da origem, formação e caracterização gemológica e tecnológica da rocha serpentinito. Por fim, buscar-se-á compreender as relações do design e da tecnologia, com foco no setor joalheiro, buscando conhecer as tecnologias de beneficiamento na valorização de materiais gemológicos para aplicação em joalheria.

A etapa prática compreenderá a pesquisa experimental, com a realização dos testes das tecnologias de corte por jato d'água, gravação a laser e acabamentos superficiais, polimento e resinagem, em oito amostras de serpentinito selecionadas. A etapa aplicada compreenderá o desenvolvimento de uma linha de joias utilizando-se dos resultados obtidos na etapa experimental.

Os equipamentos utilizados na etapa experimental são pertencentes a: Laboratório de design e seleção de materiais – LdSM/UFRGS (gravação a laser); Centro Tecnológico de Pedras, Gemas e Joias do Rio Grande do Sul / CTPedras localizado no município de Soledade / RS (corte por jato d'água); Laboratório de Microanálise do Instituto de Física da UFRGS (beneficiamento final). Como equipamentos de análise dos resultados, utilizou-se a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), a Lupa estereoscópica, o Microscópio Petrográfico, o Difratometro de raios X (por pó e por incidência rasante) e o medidor de brilho. As oito amostras de serpentinito utilizadas nesta pesquisa, são oriundas do Laboratório de Gemologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Labogem/UFRGS) e de doação de exemplares brutos do material pela família Horvath durante saída de campo à cidade de Bagé/RS.

1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Quais são os parâmetros de aplicação de técnicas de beneficiamento em serpentinitos para viabilizar seu uso como material gemológico aplicado ao design de joias?

1.2. OBJETIVOS DA PESQUISA

1.2.1. Objetivo Geral

Definir os parâmetros de utilização de técnicas de beneficiamento na rocha serpentinito, propondo sua utilização como material gemológico local aplicado ao design de joias.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Compreender a importância da valorização de aspectos identitários no desenvolvimento de produtos locais;
- Caracterizar a rocha serpentinito quanto aos aspectos gemológicos e tecnológicos do material;
- Realizar os testes de beneficiamento em amostras selecionadas da rocha serpentinito tendo como foco o uso destes resultados no desenvolvimento de joias;
- Definir os parâmetros aplicáveis ao serpentinito de acordo com a técnica de beneficiamento empregada;
- Propor uma linha de joias que agregue os parâmetros definidos aos elementos identitários estudados.

Capítulo 2

REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo trata da fundamentação teórica, no qual são aprofundados os assuntos que permeiam a pesquisa em questão. Desta forma, é abordado no primeiro tópico, 'Design e valorização local', o processo em que se deu o surgimento da tendência de valorização local no design de produtos, bem como, os elementos envolvidos no desenvolvimento de um produto local.

O tópico seguinte, 'Design e joalheria', trata especificamente do setor joalheiro, partindo do surgimento e dos rumos do design de joias no Brasil, perpassando a compreensão do que vem a ser joalheria contemporânea e sua relação com a tendência de valorização local neste setor, e finalizando com apresentação da rocha serpentinito, gema ornamental rara do Rio Grande do Sul, trazendo informações sobre sua origem, suas aplicações e sua relação com o local em que ocorre.

O penúltimo tópico, 'Design e tecnologia', trata da importância da tecnologia no desenvolvimento de produtos com qualidade e com potencial inovador, adentrando o estudo de tecnologias de beneficiamento no setor joalheiro, com foco no estado do Rio Grande do Sul. Ao final, são apresentadas duas técnicas de beneficiamento gemológico, o corte por jato d'água e a gravação a laser, a serem aplicadas em amostras da rocha serpentinito, a fim de entender seus funcionamentos e características de aplicação.

2.1. DESIGN E VALORIZAÇÃO LOCAL

O design no Brasil, desde sua constituição oficial nos anos 60, sustentou o modelo racional-funcionalista moderno com o intuito de guiar o país rumo à industrialização, e sair da condição de periferia, subdesenvolvimento e pobreza. Tal fator ocasionou a não inserção

de símbolos da cultura local brasileira na produção de seus bens materiais pela indústria, por não serem compreendidos no momento, como uma forma de promover o desenvolvimento no país. Somente com a chegada dos ideais da cultura pós-moderna no Brasil, juntamente com o fim da ditadura militar no País (1964-1985), é que houve um impulso por parte dos designers brasileiros em ir contra o design local vigente, que não conseguia instituir-se de maneira autônoma e definitiva. Apesar dos movimentos iniciarem nos anos 80, apenas na metade dos anos 90 o design local despontou como nova cultura projetual, iniciando no Brasil o surgimento de um design plural, que tem origem e inspiração nas diversas culturas do país (LAGES; BRAGA; MORELLI, 2004).

Desde então, os estudos referentes a valorização de culturas locais se intensificaram, no design e nas demais áreas do conhecimento, também devido a um fato contrário ao que se pensava no advento da era da globalização, cujo fenômeno caracteriza-se pela compressão espaço-tempo, aproximando e intensificando cada vez mais as trocas materiais e culturais (HARVEY, 1992). Segundo Giddens (2002), a globalização se caracteriza pelos laços genuinamente mundiais, ou seja, quando eventos que ocorrem em um lado do globo afetam comunidades e relações sociais no outro, e vice-versa. Desta forma, acreditou-se que o homem se tornaria um ser multicultural, perdendo características próprias e singulares de seu local e agregando diversas outras características provenientes das constantes trocas com outras culturas do globo.

Porém, percebeu-se um movimento oposto, onde a necessidade é de diferenciação dos demais, de resgatar elementos que identificam o local, os costumes, as crenças e os hábitos que envolvem o indivíduo representado. De acordo com Borges (2003, p. 63), “quanto mais a tal da globalização avança trazendo consigo a desterritorialização, mais [...] a gente sente necessidade de pertencer a algum lugar, àquele canto do mundo específico que nos define”. Potanto, diante do fenômeno da globalização é que se recolocou, segundo Oliven (2006), a questão das diferenças iniciando um intenso processo de reconstrução de identidades. “Somos todos cidadãos do mundo na medida em que pertencemos à espécie humana, mas necessitamos de marcos de referência que estejam mais próximos de nós” (OLIVEN, 2006, p. 166).

Essa necessidade de se preservar o eu é uma forma de proteger nosso passado, nossa origem, pois sem saber de onde viemos, dificilmente saberemos para onde estamos indo,

por isso, manter as culturas e tradições vivas torna-se um fator importante na vida em sociedade, compondo um sistema estável e organizado que permite devolver a confiança dos indivíduos em meio aos avanços e as mudanças do mundo (HEWISON, 1987 apud HARVEY, 2010). Este panorama, de acordo com Montiel (2003), fez com que se potencializasse o intercâmbio de bens culturais, tornando-se um dos ramos de maior crescimento na economia mundial.

Da mesma forma, Harvey (2010) ressalta que:

“O encolhimento do espaço que faz diversas comunidades do globo competirem entre si **implica estratégias competitivas localizadas** e um sentido ampliado de consciência daquilo **que torna um lugar especial e lhe dá vantagem competitiva**. Essa espécie de reação confia muito mais na **identificação do lugar**, na construção e indicação de suas **qualidades ímpares** num mundo cada vez mais homogêneo, mas fragmentado” (HARVEY, 2010, p.247, grifo nosso).

Neste contexto, o que torna um local especial e com qualidades ímpares, é a sua cultura, que, de acordo com Arantes (2004, p. 91), “refere-se ao conjunto de significados explícitos ou subjacentes à ação social, que a tornam reconhecível como sendo própria de determinado grupo ou categoria social”. Gomez Barrera (2010) destaca que esta abarca além dos planos físicos, mentais, psicológicos e espirituais do ser humano, os planos ideológicos e tecnológicos da sociedade. Além disso, ele afirma que a cultura também corresponde aos valores e significados das pessoas e coisas, atuando de forma a regular as atividades da sociedade, relacionando-se com o desenvolvimento intelectual e espiritual, o qual se objetiva através de produtos culturais.

Para Ono (2011) as culturas são conjuntos de significados e interconexões que desde o nascimento fazem parte do indivíduo sem que este precise pensar sobre essas relações, é o que molda as identidades, que são múltiplas e que o indivíduo pode assumir a que lhe parecer mais adequada, baseado na necessidade de se familiarizar ou de se diferenciar de algo ou alguém. A identidade, portanto, nasce da cultura assim como, a cultura nasce da identidade, estando a cultura diretamente ligada à noção de identidade, já que, através de símbolos e representações, ela identifica, singulariza e congrega o que é interno e único, do que é externo (VILLAS-BOAS, 2002).

O design, neste contexto, está no centro da relação entre economia e cultura, pois é responsável pela criação de signos e símbolos que se intercambiam comercialmente e se

consomem pelo valor que adquirem na sociedade (GOMEZ BARRERA, 2010). O design assume assim, a função básica de tornar os produtos comunicáveis em relação às funções simbólicas e ao uso dos mesmos, tornando essa prática profissional decisiva no desenvolvimento de suportes materiais, relações simbólicas e práticas dos indivíduos nas sociedades (ONO, 2004).

O design brasileiro, segundo Moraes (2006), compreendido entre a pós-modernidade e a globalização, começa a buscar referências na riqueza e na expressividade das próprias manifestações culturais do país, promovendo e fomentando o design local. Corroborando com isso, no momento em que se utiliza a cultura como incentivador da aquisição do produto, sendo tratados assim de forma conjunta, a comprar passa a se tornar um momento simbólico, transcendendo o ato mecânico de produzir e comprar, para um ato de reconhecimento e aproximação de culturas, valores e identidades (FAGIANNI, 2006).

Com base no estudo referente aos movimentos que levaram ao cenário atual de valorização de aspectos da cultura local no desenvolvimento de produtos, bem como, a importância do profissional de design neste processo, como mediador e fator crucial neste intercâmbio, percebe-se a necessidade de compreender como se dá o desenvolvimento de produtos deste cunho. Assim, no próximo tópico, aprofundar-se-á o processo de criação de produtos com referencial cultural e identitário, exemplificado por meio de casos que utilizam a temática de valorização local.

2.1.1. O desenvolvimento de produtos de referência cultural

Mediante esta relação do design com a materialização das práticas sociais e culturais de determinados territórios, é que se conceitua o desenvolvimento de produtos culturais. Um produto cultural caracteriza-se pelo tipo de valor agregado, seja ele um bem ou um serviço, possuindo assim, além de valor econômico e mercadológico, o valor cultural ligado a um grupo em particular, cujos elementos o distinguem de outros grupos (THROSBY, 2008).

Valor cultural agregado, segundo Arantes (2004), são os objetos, estilos e atividades que, mediante o estudo dos códigos culturais vigentes, caracterizam determinados grupos sociais mediante o reconhecimento de signos e significações presentes nos mesmos. Ou

seja, um produto, para ser considerado de valor cultural agregado, deve utilizar-se de uma 'rede' estabelecida de signos e símbolos que determinam o local, a partir do estudo de suas referências. As referências, portanto, são sentidos atribuídos aos objetos, práticas sociais e lugares, que foram apropriados pela cultura na construção da identidade de determinado grupo, e que popularmente são chamadas de 'raízes da cultura' (ARANTES, 2004).

O design no desenvolvimento de produtos locais, tem como papel, segundo Krucken (2009), auxiliar esses territórios na tarefa de transpor suas culturas e conhecimentos singulares em produtos, mediando produção e consumo, tradição e inovação, qualidades locais e relações globais. Desta forma, o desenvolvimento de produtos locais tem como propósito o enaltecimento de uma identidade específica, através dos quais seja possível compreender o contexto cultural do qual se origina e promover a permanência viva dessas especificidades, respeitando o território e o meio ambiente.

Na Constituição de 1988, artigo 126, seção II, Patrimônio Cultural Brasileiro é entendido como os bens de natureza material e imaterial que tenham referência à identidades, ações, memórias de diferentes grupos que compõem a sociedade brasileira, nos quais se incluem: formas de expressão; modos de criar, fazer, viver; as criações científicas, artísticas e tecnológicas; as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais; e conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico. (CABRAL, 2004).

Conforme Niemeyer (2007), a identidade de um produto torna-se comunicável por meio de sua configuração estética, dos materiais e processos produtivos utilizados, da composição e organização das partes, das cores empregadas, dos odores que exala e dos sons que produz. Além de conter informações sobre a sua origem, cultural e geográfica, e qualidade.

Para Barroso (2008), um produto com identidade é aquele que reporta ao seu lugar de origem, que pode se dar através do uso de matérias-primas ou técnicas de produção típicas da região, ou pelo uso de elementos simbólicos que façam explícita menção às origens de seus produtores. Tais informações compõem a cultura material local que se divide em: arte e arquitetura (Sacra, popular/vernacular, pretérita e contemporânea), artefatos (industriais ou artesanais: religiosos, utilitários, decorativos, lúdicos, etc), folclore

(música, danças, mitos, lendas, vestuário, culinária) e iconografia fauna e flora (imagens representativas de animais, pássaros, flores, paisagens) (BARROSO, 2008).

Para facilitar o entendimento e a partir dos elementos identificados por cada autor como meios de se valorizar uma cultura local em produtos, elaborou-se uma divisão desses elementos entre categorias identitárias e referenciais culturais (Figura 1).

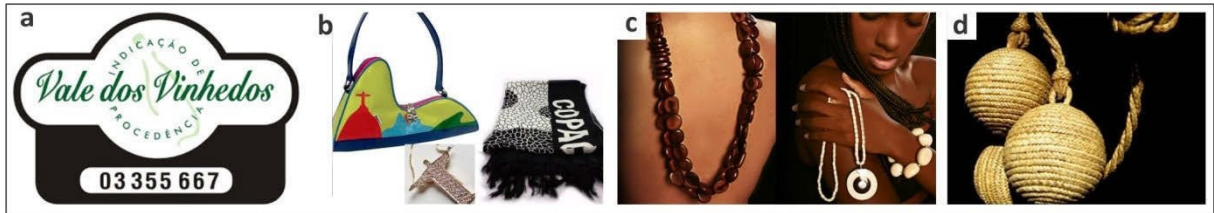
Figura 1: Categorias identitárias e referencias culturais no desenvolvimento de produtos.

Categorias identitárias	Referência cultural
ORIGEM (cultural ou geográfica)	(modos de criar, fazer, viver) SABERES
CONFIGURAÇÃO ESTÉTICA	(linguagem, arte, cores, formas) EXPRESSÃO
MATERIAIS	(celebrações, danças, cantos) FOLCLORE
TÉCNICAS DE PRODUÇÃO	(paisagens, edificações) LUGARES
	(artesanato, obras, objetos).ARTEFATOS
	(fauna e flora) RIQUEZAS NATURAIS

Fonte: adaptado de Pichler e Mello (2012).

Assim, a identificação de um produto cultural por seu valor local pode se dar por meio de sua origem ou indicação geográfica, como é o caso dos vinhos provenientes do Vale dos Vinhedos na região da Serra do Rio Grande do Sul (Figura 2a); por meio de sua configuração estética, com formas, cores e representações imagéticas que simbolizam tal território, como é o caso do corcovado, do Cristo redentor e do calçadão de Copacabana no Rio de Janeiro (Figura 2b); por meio do uso de materiais locais, como é o caso das sementes e palhas de vegetações típicas do Amazonas, utilizados na confecção de inúmeras peças de artesanato (Figura 2c); e por meio de técnicas de produção, como por exemplo, os trançados em couro típicos do Rio Grande do Sul (Figura 2d). Ressalta-se ainda, que um produto pode abarcar mais de uma categoria em seu desenvolvimento, além de relacionar diversos referenciais em um mesmo objeto. De acordo com Niemeyer (2007), quanto mais informação contiver um produto, mais forte será a identidade do mesmo.

Figura 2: Exemplos do uso de categorias identitárias no desenvolvimento de produtos culturais. Indicação de origem para vinhos provenientes da região da serra do RS (a), configuração estética aplicada em produtos do Rio de Janeiro (b), materiais naturais da Amazonia aplicados em joias (c) e técnicas de trançado aplicado em artefatos do RS (d).



Fonte: VINHO FORTALEZA, 2011 (a); LAMARCA, 2012 (b); LISBOA, 2013 (c); GUASQUEIRO, 2013 (d).

Como referências culturais, estas foram divididas em saberes, compreendendo o conhecimento local, suas formas de criar e produzir e de viver; expressões, que contempla a linguagem local, suas visões de mundo, cores e formas; folclore, constituindo suas danças, músicas, mitos, crenças e cantos; lugares, que são suas paisagens, sua configuração urbana e sua arquitetura; artefatos, como os objetos do cotidiano, seu artesanato e suas obras de arte; e riquezas naturais, compreendendo a diversidade fauna e flora do local. Os exemplos destes elementos em produtos podem ser conferidos na Figura 3.

Figura 3: Exemplos de referenciais imagéticos culturais. Representando: saberes (a); folclore (b); lugares (c); expressão (d); artefatos (e) e riquezas naturais (f).



Fonte: adaptado de Dib (2013).

Mediante o levantamento, percebe-se uma forte relação entre suas propostas teóricas e práticas, cuja relevância vai além da simples criação de um produto que contenha elementos culturais locais, mas que também impacta nos âmbitos sociais e econômicos do local. Sob este viés, enaltece-se o papel do designer, permitindo que o produto de seu trabalho atinja esferas de necessidade pública, onde se enquadra o desenvolvimento local.

2.2. DESIGN E JOALHERIA

Acredita-se que o homem começou a utilizar adornos antes mesmo da vestimenta. Essa relação tão forte com o adorno faz da joalheria um dos objetos mais simbólicos, sendo meio para expressar os sentimentos e a individualidade do ser humano. Conforme Zugliani (2010), a joia foi criada para transmitir beleza e identidade, sendo também um documento de registro dos períodos históricos (Figura 4).

Figura 4: Evolução da joia conforme os períodos históricos. A – Medalhão de 1595 em ouro esmaltado; B – Colar com pendente de safira de 1660; C – Tapa de caixa em ouro esmaltado, ano de 1745; D – Ornamento floral de 1850; E – Fivela de cinto em prata fundida, esmaltada e montada com gemas cabochão de corte de 1905; F – Pingente em ouro esmaltado de 1900; G – Broche em platina e ouro com aplicação de diamantes amarelos, esmeraldas, safiras e rubis.



Fonte: Victoria and Albert Museum, 2014.

O Renascimento, que abrange os séculos XV e XVI, foi o momento de apogeu da joalheria, principalmente na Itália, onde ocorreu um grande avanço das artes e dos ofícios. Nesse período, mecenas e membros da igreja contratavam artistas para desenhar joias e objetos para usar como ornamento ou como objetos cerimoniais com o intuito de demonstrar a grandiosidade e o poder destes frente aos seus súditos (GOLA, 2014; CAMPOS, 2007). As técnicas joalheiras tiveram um grande avanço nesse período, com o emprego abundante da esmaltação, que tornou-se mais detalhado e colorido, e o uso de técnicas de corte, aumentando o brilho das gemas utilizadas (Figura 4A e B).

A ascensão da burguesia, que passou a ser o novo investidor das artes, provocou uma mudança na cultura artística. Na joalheria, esta perdeu sua função cerimonial e se tornou uma mera decoração pessoal, adotando um estilo mais realista e naturalista. As evoluções seguiram os caprichos e modas das cortes, e até o século XVIII, a joalheria era de uso exclusivo de nobres e da realeza, sendo inclusive sancionado em lei a proibição do uso de joias por outras classes sociais (PIGNOTTI, 2011). As características das peças eram narrativas, onde se reproduziam cenas complexas, com inúmeras figuras e que contavam um evento mítico ou religioso (Figura 4C).

Somente com a Revolução Industrial é que se projetou um novo cenário de clientes, não havendo mais o financiamento da igreja. Essa mudança promoveu o descobrimento de outros materiais, proporcionando joias com igual beleza, porém economicamente mais acessíveis. Apesar destes pontos favoráveis, devido a produção em série, cada vez mais a joalheria se distanciou da produção artesanal, sendo as técnicas de ourivesaria quase que esquecidas. “O trabalho industrial levava a outro tipo de separação, a separação dos momentos de criação de uma obra. Os trabalhadores eram especializados somente em uma tarefa exclusiva do trabalho total” (PIGNOTTI, 2011, p. 44, tradução nossa). Assim, as peças desse período fazem uma releitura das épocas anteriores, como o período medieval e renascentista. Outra forte vertente do período, devido ao interesse da época pela botânica, muitos elementos da natureza, como flores, frutos e folhas, foram incorporados às peças (Figura 4D).

No final do século XIX, começou a surgir uma preocupação quanto ao valor da arte frente a nova sociedade industrial. Surge então o movimento *Arts & Crafts*, cujo intuito era o de revalorizar as artes aplicadas baseado em uma profunda rejeição ao mundo

industrializado. Assim, as peças utilizavam a beleza mais simples do cabochão e formas orgânicas, rejeitando as gemas lapidadas e as formas geométricas e repetitivas (Figura 4E). Mais tarde, na metade do século XIX, tendo origem nos ideais do movimento *Arts & Crafts*, o movimento *Art Nouveau* marcou uma mudança dramática no design de joias, se distanciando das pedras preciosas convencionais e utilizaram-se de materiais como chifres, vidros e esmaltes (Figura 4F).

Depois da Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento econômico acentuou ainda mais a oferta de produtos luxuosos acessíveis a todos, popularizando assim a joalheria devido ao seu baixo custo. Neste período, a intensificação do mercado da moda, desencadeou a produção de um grande volume de peças iguais, ou ainda, copiadas e reproduzidas por todo o mundo. As formas geométricas reproduzidas nas peças comemoravam a idade da máquina, outra característica é a abundância de pedras preciosas (Figura 4G).

Assim, a chegada do século XX trouxe consigo essa radical transformação do mundo patriarcal para o de massa, incitando a vanguardia artística a declarar-se definitivamente contra a ordem social burguesa e exigir a liberdade de expressão das artes. Desde então, os limites da joalheria vem sempre sendo redefinidos, incorporando novos materiais e novas técnicas de produção.

Assim também no Brasil que, desde seu descobrimento, teve a expressão artística na joalheria e demais áreas suprimida pela influência européia, sendo a contribuição indígena irrelevante para a comunidade colonizadora. Assim, até o século XX, a produção nacional foi uma cópia da joalheria europeia. Somente com os crescentes movimentos culturais, como a Semana de Arte Moderna de 1922, que teve início a criação de joias com gemas nacionais, produzidas por ourives brasileiros e adquiridas pela elite, que antes só adquiria joias europeias (ZUGLIANI, 2010).

Nas décadas de 50 e 70, as joias eram projetadas pelos ourives mais experientes ou por alguns poucos desenhistas provenientes de cursos como Belas Artes e Arquitetura. Nesse momento, pós Segunda Guerra Mundial, começaram a desenhar joias com o objetivo de desenvolver o design nacional (CAMPOS, 2011).

Porém, mesmo assim, a criação de joias no Brasil seguia as tendências e criações vindas da Europa. Somente a partir dos anos 90, com o plano real e o aumento da

competitividade interna com a vinda dos produtos importados, é que surgiu uma nova preocupação no setor joalheiro no sentido de estabelecer um traço criativo próprio e com o desenvolvimento de peças exclusivas. A partir deste momento, a criação de escolas de ourivesaria e o incentivo à criação por meio de concursos do setor alavancaram o design brasileiro, assumindo uma nova colocação no panorama mundial (ZUGLIANI, 2010; CAMPOS, 2007).

Outro fator favorável ao desenvolvimento da produção de joias no Brasil é o seu reconhecido potencial gemológico, por ser um dos grandes produtores mundiais de gemas (LICCARDO; CHODUR, 2009). Devido a isso, atualmente, o setor joalheiro vem apresentando grande crescimento e recebendo muitos investimentos, tanto em tecnologia como em pesquisas. De acordo com o Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos (IBGM, 2013), o setor tem aproximadamente 3.900 empresas que atuam na lapidação, criação de joias, artefatos de pedras, folheados e bijuterias, localizadas nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Bahia, os quais representam os principais pólos do país.

Mediante esse potencial presente no Brasil, um fator que alavancou a produção de joias no país, foi a criação de concursos no setor. Como o IBGM Design Awards que, por meio da competição, incentiva o uso de gemas nacionais, estimula a criatividade e a produção de joias genuinamente brasileiras, explorando temas como natureza, artesanato local e tradições.

De acordo com a designer Karina Achôa (2014) a pedra brasileira sempre foi bastante valorizada no mercado internacional, porém, agora elas chegam com um valor agregado maior, mais criativa e com características do Brasil. Além disso, a designer salienta a união de metais nobres com materiais locais e reutilizados, que deu à joia brasileira uma segmentação diferenciada.

Esse panorama que hoje apresenta o setor joalheiro é resultado de uma gama de investimentos em tecnologia, em capacitação e, principalmente, em design. Para a designer Regina Machado (2014), o design é tão importante quanto o material empregado na peça, já que o consumidor hoje procura joias que o surpreenda, que sejam inovadoras e que materializem um novo tempo. “A joia hoje não tem mais o valor estipulado pelo peso do

metal empregado na fabricação. O que vale é o peso da ideia, do desenho, do conceito” (MACHADO, 2014, p. 18).

Neste sentido, percebe-se a importância da atuação do design no desenvolvimento de produtos de melhor qualidade, preços competitivos e valor agregado, incorporando às peças a diversidade das gemas brasileiras (IBGM, 2013). Além disso, a participação do designer no setor é de grande importância no que tange a criação de objetos diferenciados e que, utilizando-se de gemas regionais, promova a criação de peças com uma identidade local (JUCHEM et al, 2009).

2.2.1. O material gemológico na joalheria contemporânea

As joias contemporâneas, caracterizam-se por traduzir as inquietações do mundo moderno, buscando representar a individualidade em suas expressões estéticas. Atualmente, as joias contemporâneas são um nicho de mercado que encontra-se em ascensão (IBGM, 2012). Como a história da joalheria no Brasil é relativamente recente, não possui a carga tradicionalista no desenvolvimento das peças como ocorre em países europeus, por exemplo. Assim, acredita-se que a aparente falta de comprometimento com algo pré-determinado, permite que o design de joias brasileiro ouse mais, tanto na linguagem como no emprego de novos materiais e mistura de cores (CAMPOS, 2007).

De acordo com Cathrine Clarke (2014), a joalheria contemporânea está orientada para a representação dos símbolos culturais e poéticos, os quais evoluem com a sociedade. Desde o surgimento, por volta dos anos 60, até o momento atual, a joalheria contemporânea busca um novo olhar sobre o adorno, experimentando novas formas, novos materiais, novas técnicas de criação e novos conceitos (Figura 5). Essa aproximação da joalheria contemporânea com a arte se relaciona fortemente “com o estado psicológico do homem, seus sentimentos, seu gosto, sua sensibilidade” (CLARKE, 2014, p. 3). Assim, a joia cria símbolos originais com os quais seja possível uma identificação real e humana. Segundo Clarke (2014), é importante que, mesmo que a inspiração da joia seja regional, seu desenho contenha uma expressão universal. Portanto, a joalheria contemporânea tem como papel transpor uma mensagem que é de âmbito local, para uma expressão que seja recebida e

resignificada em âmbito universal. Nesse contexto, é possível perceber a tênue linha que separa uma joia tradicional de uma joia contemporânea, que está em sua forma de transpor e reproduzir significados.

Figura 5: Exemplos de joias contemporâneas. A – Braclete confeccionado com fios de ouro, prata e nylon; B – Anel em acrílico e bronze; C – Colar com estrutura de metal e coberto com papel machê pintado.



Fonte: Victoria and Albert Museum, 2014.

Por outro lado, a joia sempre foi entendida como um ornamento confeccionado com materiais preciosos, tendo nesses materiais empregados, os elementos de sua definição (CAMPOS, 2011). Conhecendo o potencial gemológico do Brasil e seu papel relevante na exportação de gemas mundial, é de grande valia analisar e entender como ocorre atualmente a união da riqueza gemológica do Brasil e a sua produção de joias. Assim, foram reunidos alguns exemplos, voltados para a valorização local, desenvolvidos em diferentes regiões do Brasil.

Como primeiro exemplo, tem-se um projeto desenvolvido na cidade de Pedro II, no estado do Piauí, cujas peças criadas tiveram como objetivo a valorização da identidade regional e o aproveitamento da opala, gema produzida na região (LICCARDO; CHODUR, 2009). Além do material ser de uma matéria prima local, as formas das peças foram inspiradas em elementos da região, como o cactus e o formato do estado do Piauí (Figura 6). A cidade, com os investimentos e valorização da opala, vem se desenvolvendo rapidamente. De acordo com Guimarães (2011), desde a reestruturação do mercado de pedras da cidade, 30 novas empresas se estabeleceram na região, as quais produzem por mês 30 quilos de joias finalizadas. Os retornos oriundos da agregação de valor às gemas, incentivou também a consolidação de um Arranjo Produtivo Local (APL), a iniciativa de registro de indicação geográfica junto ao Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) e a criação de uma escola profissionalizante, a fim de oferecer formação aos jovens do município (GUIMARÃES, 2011).

Figura 6: Exemplos de joias com valorização da identidade regional. Pingente (tamanho aproximado de 6 cm) em forma de cactus em prata e aplicação de opala(esq.); peça no formato do estado do Piauí (tamanho aproximado de 5cm) coberto com mosaico de opala(dir.).



Fonte: LICCARDO; CHODUR (2009).

Outra iniciativa semelhante foi implementada no Pará por meio do Programa de Desenvolvimento do Setor de Joias e Metais Preciosos do Pará, mantido pelo Governo do Estado e gerenciado pelo Instituto de Gemas e Joias da Amazônia (Igama). O Programa tem como eixos estratégicos a criatividade, o empreendedorismo, o design e a produção artesanal, e como princípios norteadores a diversidade cultural, inovação, inclusão produtiva e sustentabilidade, visando a complementariedade de competências (redes de parceiros) e a valorização da natureza amazônica e sua biodiversidade. Ao total já foram lançadas três coleções: “Joias de Nazaré – a fé no tempo” em 2008, “O Luxo da Cultura e da Natureza Amazônica” em 2010 e “Manualidades – lapidando tendências” em 2011. As peças são desenvolvidas com o intuito de possuírem características únicas, aliando as riquezas naturais da floresta amazônica (sementes, fibras, madeiras, cascas, entre outros) com as riquezas minerais (maior província mineral do planeta) e as riquezas da cultura local. Abaixo, dois exemplares retirados do catálogo da coleção “Manualidades – lapidando tendências” (Figura 7).

Figura 7: Exemplos de joias da Coleção “Manualidades lapidando tendências”. Pingente ‘sabor de manga’ em prata, fibra de miriti (verde), incrustação de malaquita, madeira certificada e cascalho de peridoto (esq.) e bracelete ‘encanto Marajoara II’ em chifre de búfalo e prata com incrustação paraense e ônix cabochão (dir.).



Fonte: Instituto de Gemas e Joias da Amazônia, 2011.

No Rio Grande do Sul, também foi firmada no ano de 2013, uma parceria entre universidades do estado, o CTPedras de Soledade e outros colaboradores, com o apoio do Governo do Estado, para a criação de uma coleção de joias e artefatos etnográficos. As peças desenvolvidas tiveram o conceito baseado na cultura material gaúcha, valorizando a vida urbana e rural presente no estado. Além disso, na produção foram considerados os recursos, as ferramentas e os hábitos já presentes no APL, com a inserção de tecnologias que agregassem valor ao produto final e que revertesse em uma melhora na qualidade de vida dos produtores e de suas famílias (Catálogo Joias RS, 2013).

Na Figura 8 são apresentados dois exemplos da coleção retirados do catálogo Joias RS 2013 (2013). O primeiro exemplo constitui o anel “boleadeiras”, que traz a representação do trançado gaúcho, uma técnica artesanal muito antiga desenvolvida por artesãos muito habilidosos, conhecidos como guasqueiros. A gema representada na parte superior do anel é a ágata, uma das gemas mais características do estado (Figura 8b). No segundo exemplo, tem-se uma pulseira com cinco pingentes, denominada “patuás gaudérios”. Os pingentes representam, da direita para a esquerda: um chapéu, acessório presente na indumentária gaúcha; uma ferradura, que simboliza a importância do cavalo, animal símbolo do gaúcho do campo; o formato do estado do Rio Grande do Sul; a gaita, principal instrumento que embala as músicas tradicionalistas gaúchas e a cuia de chimarrão, que é a bebida tradicional do estado (Figura 8a).

Figura 8: Exemplos de joias da Coleção “Manualidades lapidando tendências”. A - pulseira com cinco pingentes inspirados na cultura gaúcha, denominada “patuás gaudérios”; B – anel “boleadeiras” com aplicação de gema, inspirado em um artefato da cultura gaúcho, a boleadeira.



Fonte: Joias RS 2013, 2013.

Nos exemplos apresentados pode-se observar as diferentes maneiras de se projetar uma joia de inspiração em elementos de uma cultura. Algumas com uma representação mais fiel e outras com uma representação mais subjetiva. Na maioria dos casos há o uso de gemas como um elemento a mais nessa caracterização, não sendo empregado somente no último exemplo dos pingentes ‘patuás gaudérios’.

Além destes exemplos aqui registrados, há um grande número de peças deste cunho que estão sendo desenvolvidas em quase todas as regiões do Brasil. Desta forma, percebe-se a viabilidade da união destes dois fatores, a valorização de identidades locais e o investimento no estudo de tecnologias que possibilitem a agregação de valor e o emprego de novos materiais ao setor joalheiro.

2.2.2. Serpentinó: uma gema ornamental rara do Rio Grande do Sul

As rochas ornamentais, também denominadas pedras naturais ou rochas lapídeas, são materiais rochosos naturais, extraídos em blocos ou placas, submetidos a diferentes graus e/ou tipos de beneficiamento ou afeiçoamento (bruta, aparelhada, picotada, esculpida ou polida) e utilizados para fins estéticos. Como principais campos de aplicação incluem peças isoladas (esculturas, tampos e pés de mesa, balcões, lápides e arte funerária em geral) e edificações (revestimento interno e externo, pisos, pilares) (MEC, 2007; CHIODI FILHO, 1995).

O Brasil, no setor de rochas ornamentais, encontra-se entre os cinco maiores produtores mundiais, sendo responsável por mais de 100 mil empregos diretos no país e alcançando altos valores de exportação e importação. O setor vem apresentando grande evolução nos últimos anos, com incremento em exportações de 10% ao ano (CHIODI FILHO, 2013; MEC, 2007). Esse desempenho positivo enfatiza a importância de estudos voltados ao uso de novas tecnologias aliada a capacidade produtiva local, pois, apesar dos números positivos apresentados, há falta de profissionais qualificados, de investimentos em tecnologias que aumentem a agregação de valor e a comercialização de produtos acabados/semiacabados. Segundo Chiodi Filho (1995) “A agregação de valor na transação de produtos acabados e semi-acabados pode ser mais de cinco vezes superior ao custo de produção da matéria-prima, garantindo assim margens de lucratividade bastante atrativas” (CHIODI FILHO, 1995, p. 5).

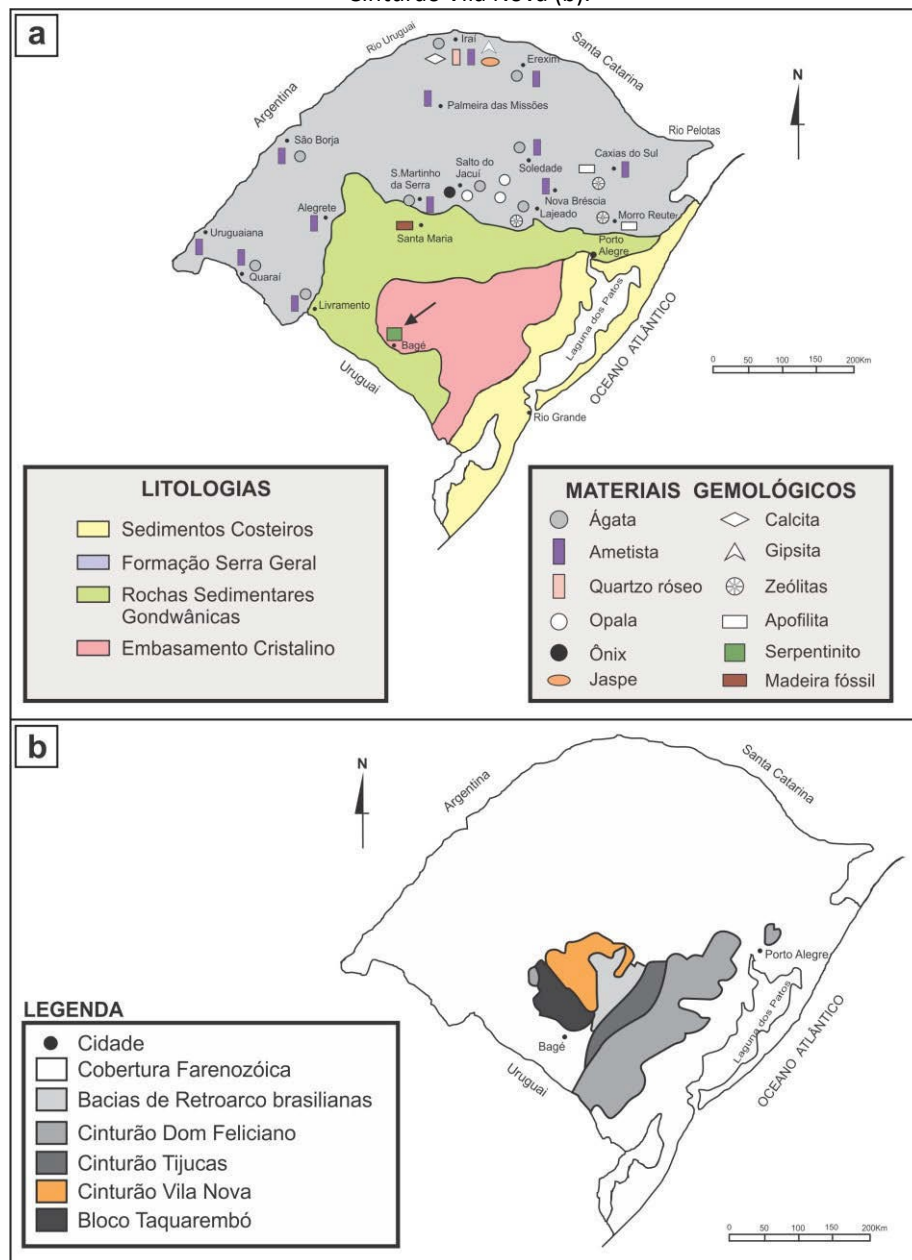
De acordo com Texeira, Melo e Oliveira (2012), as rochas ornamentais vem ocupando um lugar de destaque na economia do país e desempenhando uma forte relação com o estilo de vida da sociedade. Devido as suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, suas aplicações estão indo além de uma função utilitária, para desempenhar um papel simbólico na criação de obras de arte, monumentos históricos e adornos. Porém, o país ainda precisa avançar na incorporação de tecnologias que auxiliem no beneficiamento destes materiais, a fim de encontrar novas aplicações e atingir novos mercados, tanto nacionais como internacionais (TEIXEIRA; MELO; OLIVEIRA, 2012).

Quanto à classificação, as rochas ornamentais e de revestimento, são subdivididas comercialmente em granitos (rochas silicatadas) e mármore (rochas carbonatadas). Mas, além destes comumente conhecidos, há outros tipos litológicos, como o quartzito, a ardósia e o serpentinito (CHIODI FILHO, 1995).

O serpentinito, além de rocha ornamental, pode ser utilizado como material gemológico, sendo considerado uma gema ornamental rara, pela *Swiss Gemological Society* (SGS, 1988), porque existem poucos depósitos deste material no planeta. No interior do Rio Grande do Sul ocorrem depósitos dessa rocha, em terrenos de embasamento cristalino (Escudo sul-rio-grandense), onde estão as rochas mais antigas do estado (Figura 9a). Esses depósitos encontram-se em litologias da associação de rochas denominada de Cinturão Vila Nova (Figura 9b), na parte a oeste do Escudo Sul-rio-grandense, entre os municípios de São

Gabriel e Vila Nova do Sul, associados a rochas máficas e ultra-máficas (xistos, gabros e anfíbolitos). Esse conjunto de rochas é do Neoproterozóico, que corresponde a idades entre 700 e 750 Ma (milhões de anos) (CHEMALE JR., 2000; SOUZA, 2011). Ocorrem como vários corpos alongados na direção preferencial NE-SW, com a largura variando de metros a dezenas de metros e comprimento da ordem de algumas centenas de metros (SOUZA, 2011).

Figura 9: Mapa dos principais depósitos gemológicos do Rio Grande do Sul e associações de rochas do escudo Sul-rio-grandense. Indicando a região onde é beneficiado o serpentinito (a) e o depósito de serpentinitos Cinturão Vila Nova (b).



Fonte: a - adaptado de Juchem et al (2007); b - adaptado de Chemale Jr. (2000).

Até o momento, obteve-se apenas um registro de beneficiamento desse material, na cidade de Bagé, interior do Rio Grande do Sul, por um artesão que produzia objetos ornamentais desde a década de 70, denominado de William Horvath. Os objetos produzidos (vasos, porta objetos, entre outros) possuíam alto padrão de qualidade (Figura 10). Apesar disso, o serpentinito é pouco conhecido no estado, pois todas as peças produzidas eram destinadas à exportação, e não há conhecimento de outro uso comercial deste material (RIVALDO, 2006; JUCHEM et al, 2009). Após o falecimento do artesão no ano de 1996, as peças pararam de ser produzidas pois ninguém da família deu continuidade ao ofício. Pesquisas relacionadas ao aproveitamento econômico do serpentinito do Rio Grande do Sul ainda são incipientes, fator que torna o estudo deste material instigante e necessário. Em vista disso, o serpentinito é uma matéria-prima local que carece de mais estudos que valorizem e potencializem sua utilização no mercado interno e externo.

Figura 10: Peças ornamentais fabricadas pelo artesão William Horvath com serpentinito do Rio Grande do Sul.



Com relação às propriedades físicas e mecânicas da rocha, conforme Rivaldo (2006), o serpentinito apresenta alta porosidade e por isso o grau de absorção de água é muito alto, sendo vulnerável a ataques químicos e a alterações intempéricas. Assim, seu uso não é indicado para ambientes externos ou locais muito úmidos. Porém, o material possui coeficiente de dilatação térmica e densidade que possibilitam seu uso, por exemplo, no revestimento externo de lareiras (RIVALDO, 2006). Quanto à dureza, de acordo com Rivaldo (2006), a serpentina apresenta valores considerados baixos na escala de Mohs, em torno de 4. Tal propriedade inviabiliza seu uso para revestimentos de pisos externos, porém torna esse material interessante para usos envolvendo sua usinabilidade. Desta forma, Rivaldo (2006) conclui que, mediante os testes físicos realizados, a rocha não apresenta restrições para uso como gema ornamental, desde que utilizada em acabamentos de não exposição ao meio ambiente.

2.2.2.1. Normas para extração, produção e comercialização do serpentinito

Asbesto é um termo comercial utilizado para se referir de forma generalizada a seis espécies de minerais fibrosos que são utilizados na indústria, por serem bons isolantes térmicos e retardantes de fogo e por possuírem alta resistência a produtos químicos. Esses minerais pertencem ao grupo das serpentinas (crisotilo) e ao grupo dos anfibólios (crocidolita, amosita, antofilita, tremolita e acinolita).

Segundo Nascimento (2006), existem doenças pulmonares relacionadas ao asbesto, decorrentes da inalação do seu pó, sendo necessária a utilização de equipamentos de proteção pelo trabalhador quando exposto a este tipo de material. Essas doenças foram muito exploradas pela mídia, mas de forma sensacionalista e errônea, pois não esclareceram sobre os diferentes tipos de asbestos que existem, o que levou muitas pessoas a acreditarem que poderiam ficar doentes apenas manuseando ou convivendo com materiais que possuem asbestos na sua composição (telhas, forros, carpetes, cerâmicas, entre outros).

No entanto, o asbesto composto por crisotilo (95% do asbesto utilizado no mundo), é diferente do asbesto constituído pelos minerais do grupo dos anfibólios (crocidolita e amosita - 4 a 5% do asbesto utilizado no mundo) proibidos de serem utilizados pela

legislação brasileira, porque estes últimos são duros, retos e pontiagudos, enquanto que o crisotilo é curvo, flexível e sedoso. Além disso, esses dois tipos de asbestos possuem composição química e estruturas cristalinas diferentes, o que faz com que tenham reações diferentes no organismo humano. Segundo Klein & Dutrow (2008), experimentos de laboratório mostram que o PH dos pulmões humanos é capaz de dissolver fibras de crisotilo em um período de aproximadamente 9 meses, enquanto que a crocidolita levaria centenas de anos para ser dissolvida, o que causa doenças como o câncer. Desta forma, a inalação de crisotilo não causa prejuízos à saúde como os asbestos do grupo dos anfibólios.

A utilização do serpentinito como gema ornamental não é proibida por lei, apesar de possuir em sua composição a presença do asbestos do tipo crisotilo. Conforme a lei nº 9.055 de 01 de junho de 1955, Art. 2º, as rochas que contenham crisotilo, podem ser extraídas, comercializadas e utilizadas, desde que estejam de acordo com as exigências desta mesma Lei, com relação às normas de segurança, higiene e saúde dos envolvidos em sua extração, pesquisa e comercialização. Assim, mesmo sendo permitida a sua utilização, ressalta-se a necessidade de se adequar as exigências quanto à segurança e à proteção dos trabalhadores envolvidos. Essas exigências envolvem a fiscalização do uso de medidas preventivas, como o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) pelos trabalhadores, o cumprimento do limite máximo de 2 fibras por cm³ de ar (Lei 9.055/95) e a avaliação da qualidade do ar a cada seis meses.

Para minimizar os riscos de utilização desse material, neste trabalho, serão primadas as técnicas que reduzam a formação de pó, como é o caso do corte por jato d'água e nas peças produzidas serão realizados testes de revestimento com resina, para garantir ao usuário que as fibras não se soltem do material ao longo de tempo de uso, garantindo, além da não inalação das fibras, uma durabilidade maior à gema.

2.3. DESIGN E TECNOLOGIA

Os grandes avanços técnico-científicos do nosso século, foram acarretados de uma revolução tecnológica iniciada no final do século XX. Em decorrência desses avanços, são

profundas as mudanças também em âmbito social, já que, os detentores do poder são aqueles que detem o conhecimento. Assim, passou a ser de crucial importância a educação tecnológica, sendo que esta deve estar voltada para a produção da capacidade de criar, e não somente de copiar. Desta forma, o conhecimento seria gerado dentro do país, não estando mais a mercê de um conhecimento que vem de fora (CARVALHO, 1997).

A busca da autonomia tecnológica passa pela autonomia na produção do conhecimento. Torna-se necessário desenvolver programas de pesquisas que coloquem como prioridades nossos verdadeiros e reais problemas e não prepare os técnicos somente para o “consumo” de conhecimentos produzidos alhures que nem sempre têm relação com os problemas específicos de nossa população (CARVALHO, 1997, p. 13).

Corroborando com esta visão, Vieira (2010), salienta que a inovação e a tecnologia compreendem os meios para amparar as empresas no mundo contemporâneo, principalmente os empreendimentos locais, e que, para isso, é necessária uma forte parceria com instituições de pesquisa, que desenvolvam projetos científicos direcionados a estes empreendimentos. O Rio Grande do Sul, conforme Rempel (2010), encontra-se em uma fase de grandes avanços no sentido de modernizar o setor joalheiro por meio do emprego de novas tecnologias, deixando a produção artesanal para incorporar a produção industrial, desde o pequeno produtor até grandes empresas. De acordo com Duarte et al (2010), o emprego de tecnologias inovadoras confere às joias acabamentos refinados e diferenciados, agregando valor a novos materiais e ampliando as possibilidades de criação do designer.

Em 2013, o IBGM em parceria com o SEBRAE/NA, traçou o perfil da indústria de pedras, gemas, joias, folheados e bijuterias, entrevistando 261 empresas em todo o país. De acordo com a pesquisa, o Rio Grande do Sul é o terceiro estado com o maior número de empresas atuando no setor (19,9%). Das empresas respondentes, em 79% dos casos a empresa não exporta produtos, contra 21% de empresas que exportam, sendo o segmento de Gemas o que mais exporta (90,5%) e o de joias o que menos exporta (8,3%). Quanto as dificuldades enfrentadas na produção e comercialização, destacam-se: tributação excessiva, concorrência das importações e/ou contrabandos e a dificuldade de atingir o mercado externo, já o item ‘Design e qualidade do produto’ foram apontados como de menor dificuldade. Porém, quando questionados sobre problemas enfrentados no processo de

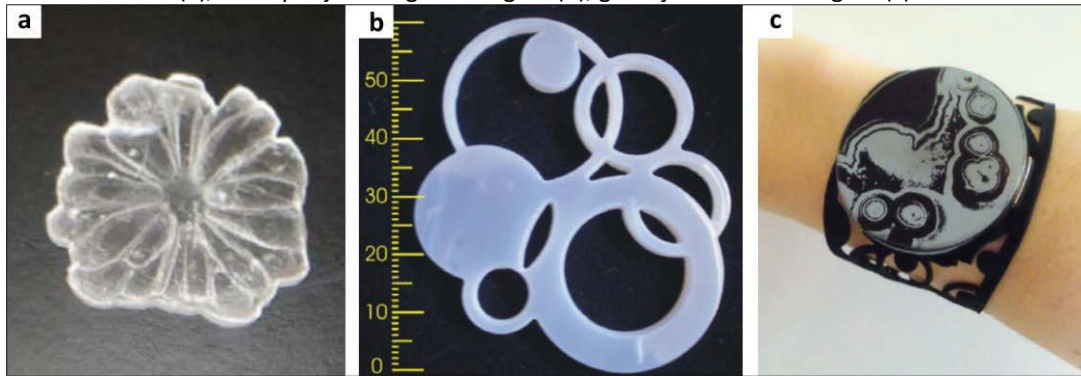
produção, o item design e concepção aparece em terceiro lugar, com 25%, antecedido pelos itens acabamento (28%) e modelagem (27%). Com base na pesquisa realizada, percebe-se o imenso potencial que o setor joalheiro tem no país e o quanto a necessidade de diferenciação dos produtos é urgente. Além disso, percebe-se a carência de profissionais capacitados e que possam auxiliar as empresas na utilização das tecnologias disponíveis para tornar seus produtos mais competitivos, já que 74% das empresas entrevistadas não utilizam toda a sua capacidade produtiva (IBGM, 2013).

No que tange ao Design, em recente estudo que retrata o panorama atual da atividade no Brasil realizado pelo Centro Brasil Design, salienta-se a necessidade de o design brasileiro continuar investigando e implementando elementos para o desenvolvimento tecnológico de produtos, além de identificar e implantar essas novas tecnologias no mercado. Assim, dentre as tecnologias-chave para o design, destacou-se as inovações em processos produtivos, as quais incluem a inovação em operações na industrialização de produtos, que embora sejam voltadas a área da produção, devem ser reconhecidas pelo designer (MDIC; APEX-BRASIL, 2014).

Embora as inovações nos processos produtivos sejam tecnologias da área de produção, o designer necessita reconhecer e interagir com estas, realizando constantes testes e experimentações em seus projetos, assim como visualizando novas possibilidades para o seu trabalho e para o atendimento dos diferentes desejos do consumidor (MDIC; APEX-BRASIL, 2014, p. 78).

Como exemplos de trabalhos que buscam a aproximação da pesquisa acadêmica de tecnologias empregadas à joalheria, tem-se os estudos realizados no LdSM/UFRGS, cujo intuito é testar o uso de novas tecnologias no beneficiamento de materiais gemológicos (Figura 11). Tais trabalhos utilizam como principais tecnologias a usinagem CNC (Figura 11a), o corte por jato d'água (Figura 11b) e a gravação a laser (Figura 11c)

Figura 11: Exemplos de aplicação de novas tecnologias em materiais gemológicos. Usinagem CNC em gipsita (a), corte por jato d'água em ágata (b), gravação a laser em ágata (c).



Fonte: a - SILVEIRA et al (2010); b - BARP (2009); c - CIDADE (2012).

Desta forma, os trabalhos apresentados reforçam a eficácia da utilização destas tecnologias na valorização de materiais gemológicos, proporcionando a estes novas aplicações e aos designers novas possibilidades de criação e agregação de valor às peças. Conforme Benutti, Silveira e Pinheiro (2009), a utilização de novos materiais na fabricação de joias, nunca utilizados para este fim ou utilizados de forma diferenciada, faz com que a participação do designer se torne cada vez mais fundamental, transpondo esse tom de individualidade e diferenciação que o mundo globalizado anseia. Assim, nos próximos itens, serão tratadas com maior profundidade as técnicas de corte por jato d'água e de gravação a laser para um melhor entendimento de seu funcionamento e aplicações.

2.3.1.1. Corte por Jato d'água

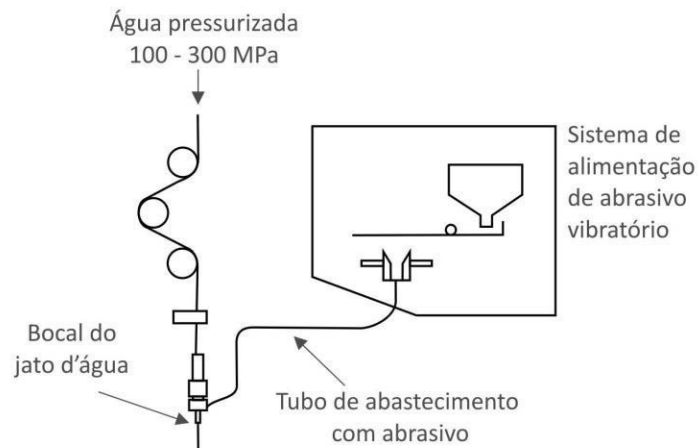
A tecnologia de jato d'água possui um histórico de mais de quarenta anos, tendo hoje uma vasta gama de aplicações práticas como: usinagem e fabricação, corte de pedras, demolição, preparação de superfícies, tratamento de alimentos, aplicações médicas, entre outros (ENGIN; BAYRAM; YASITLI, 2013). O estudo da remoção de material por impacto de gotas de água iniciou na década de 1950, porém somente em 1982 que foram introduzidos os abrasivos à tecnologia, sendo possível assim cortar materiais duros como metais, cerâmica, concreto e pedras em alta velocidade e precisão (SHIMIZU, 2011).

Os jatos d'água abrasivos são caracterizados pela adição de partículas abrasivas à corrente de água, potencializando a capacidade de remoção de materiais. Os jatos d'água

abrasivos são classificados como de injeção (fluxos de jato sólido) ou de suspensão (fluxos de jato sólido-líquido), e também como jatos contínuos (sem interferência artificial de mecanismos externos) ou descontínuos (com interferência de mecanismos externos) (SHIMIZU, 2011).

O funcionamento do jato d'água inicia pelo fornecimento de água em alta pressão a partir de uma bomba intensificadora que gera uma pressão de injeção de 100 a 300 MPa. Já o abrasivo é armazenado em outro compartimento e que, por meio de um sistema de alimentação por vibração, é direcionado ao bocal do jato d'água, local onde se une com a água e gera o jato d'água abrasivo (Figura 12) (SHIMIZU, 2009).

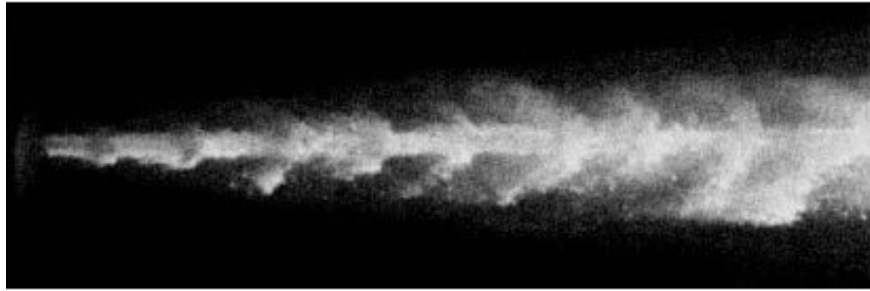
Figura 12: Esquema de funcionamento do jato d'água abrasivo.



Fonte: adaptado de SHIMIZU (2009).

A largura de corte obtida depende do diâmetro do tubo de mistura, onde ocorre a união das partículas abrasivas à corrente de água em alta pressão, e da distância do bocal até a superfície do material a ser cortado. Isto ocorre porque o jato quando expelido pelo bocal, passa a expandir em formato de cone, aumentando a espessura do corte a cada milímetro a mais de afastamento (Figura 13) (SHIMIZU, 2011).

Figura 13: Fotografia do "cone" gerado no jato d'água abrasivo quando expelido do bocal.



Fonte: YAN, 2007 apud SHIMIZU, 2011.

Com relação ao desempenho da tecnologia em rochas, sabe-se que a construção de um modelo único de desempenho para todas as rochas é muito difícil, pois os parâmetros variam conforme as propriedades das mesmas, podendo apresentar resultados diferentes até mesmo em uma mesma rocha (KARAKURT; AYDIN; AYDINER, 2013). Porém, conforme Miranda e Quintino (2005), o jato d'água apresenta grandes vantagens no processamento desses materiais, como:

- Corte de formas exatas e com bom acabamento de superfície;
- A largura do corte é menor do que as conseguidas com métodos tradicionais (serras);
- Sistema de corte é integrado a sistemas CAD/CAM facilitando o processo de corte de formas;
- Sistema não gera poeira, melhorando as condições de trabalho e meio ambiente.

Devido as vantagens citadas, são frequentes os estudos desenvolvidos com o intuito de verificar a relação entre as propriedades das rochas e os parâmetros de corte por jato d'água (ENGIN; BAYRAM; YASITLI, 2013). Os resultados permitem novas aplicações e diminuem os custos de produção, os quais são importantes para aumentar a competitividade desses produtos no mercado.

2.3.1.2. Gravação a laser

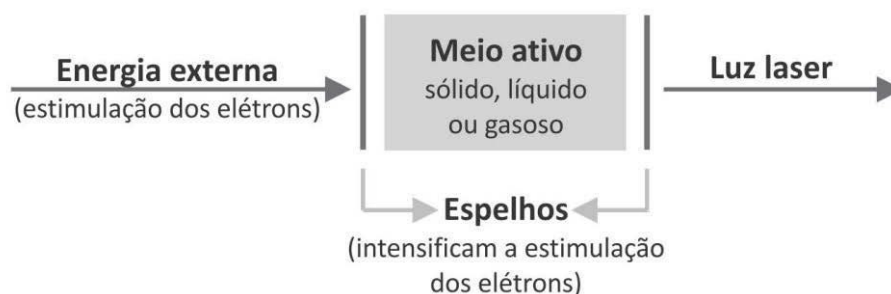
O primeiro conceito sobre a tecnologia laser foi criado no ano de 1950, porém, apenas em 1960 ocorreu a primeira demonstração de seu funcionamento por Theodore

Maiman na Califórnia. Até então, o laser não possuía uma aplicação visível na sociedade e somente em 1974 realizou-se a primeira aplicação como scanner de código de barras em supermercados. Desde então, o laser passou a ser uma ferramenta vital para diversas áreas, com inúmeras aplicações industriais, como por exemplo, em operações de montagem e fabricação como as técnicas de solda e corte a laser (BOGUE, 2010).

O termo laser é a abreviação de *Light Amplified by Stimulated Emission of Radiation*, que caracteriza o princípio de funcionamento do mesmo a partir da interação da radiação luminosa com a matéria (BAGNATO, 2008). De acordo com Hecht e Teresi (1998), a luz do laser difere da luz proveniente de uma lanterna, por exemplo, por ser intensa (medida pela força por unidade de área), direcionada (os feixes de laser são estreitos e não dispersos como os feixes de luz comum), coerente (as ondas de luz do laser são alinhadas, iniciadas ao mesmo tempo e em uma mesma direção) e monocromática (emite somente um espectro de luz, por possuir apenas um comprimento de onda, por isso quando em funcionamento, enxerga-se somente uma linha vermelha).

De acordo com Bagnato (2001), o funcionamento do laser pode ser explicado a partir de três partes fundamentais: o meio ativo, a fonte de energia externa e os espelhos (Figura 14). O meio ativo pode ser sólido, líquido ou gasoso, e é a parte que contém as moléculas ou átomos que serão estimulados, e que, devido aos saltos de nível de energia, emitirão luz. A fonte de energia externa é responsável pela estimulação dos elétrons presentes no meio ativo, fazendo com que um grande número de átomos sejam estimulados. Por fim, os espelhos ou cavidades óticas, que provocam a reflexão dos átomos de volta ao meio ativo, fazendo com que sejam ainda mais estimulados. Quando o máximo de luz for extraído do meio, uma porção dessa luz constituirá o feixe de luz laser (BAGNATO, 2001).

Figura 14: Esquema simplificado do funcionamento do laser.



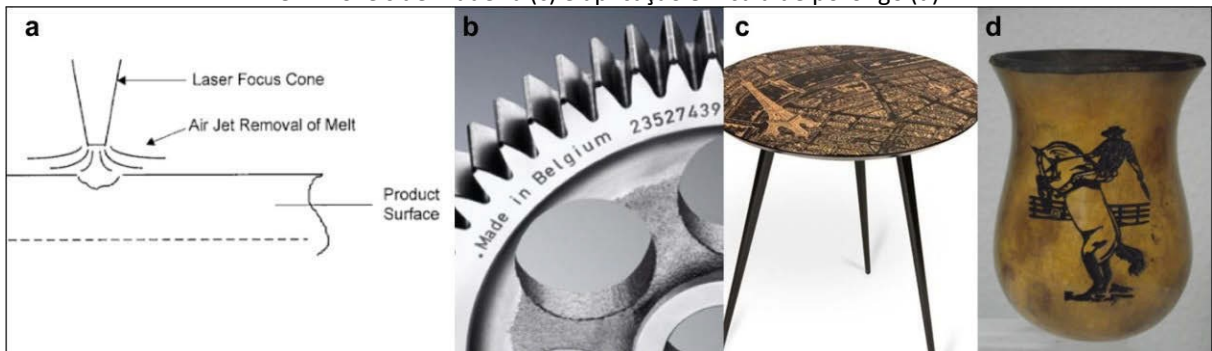
Fonte: Adaptado de BAGNATO (2001).

Um dos meios ativos gasosos mais utilizados nos processos de gravação a laser é o dióxido de carbono (CO_2), que é armazenado em uma ampola com as misturas dos gases N_2 e CO_2 (CIDADE, 2012). Além disso, os geradores de CO_2 são mais potentes e mais baratos, fatores que explica a sua generalizada utilização pela indústria (LAMIKIZ et al, 2005).

Os primeiros testes utilizando laser para gravação em madeira ocorreram a mais de 20 anos e chamaram a atenção pela versatilidade e detalhamento possibilitados pela tecnologia (BOSWORTH, 2001). Seu funcionamento caracteriza-se pela incidência do feixe de laser sobre a superfície do material por meio de pulsos de alta potência (Figura 15a), marcando pequenos pontos que formarão linhas, até atingir o desenho desejado (LEIBINGER-KAMÜLLER, 2007).

Atualmente, o processo de gravação é uma das aplicações mais comuns da tecnologia laser na indústria, e pode ser usado para marcar uma infinidade de materiais incluindo metais, plásticos, cerâmica, vidro, madeira (Figura 15c), bem como superfícies pintadas, emulsões fotográficas (HAN e GUBENCU, 2008) e materiais naturais como o porongo (Figura 15d). Os usos na indústria compreendem, principalmente, a gravação de logotipos e de identificadores de componentes (Figura 15b) (BOGUE, 2010).

Figura 15: interação do laser com os materiais e tipos de aplicação da gravação a laser. Interação do feixe laser com o material no processo de gravação (a); aplicação industrial na identificação de componentes (b); aplicação em móveis de madeira (c) e aplicação em cuia de porongo (d).



Fonte: a, b - LEIBINGER-KAMÜLLER (2007); c - GUIMAR (2013); d - CUIAS FRACARI (2013)

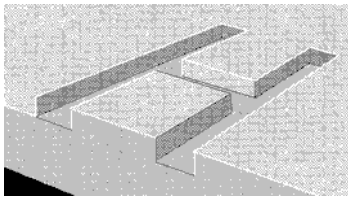
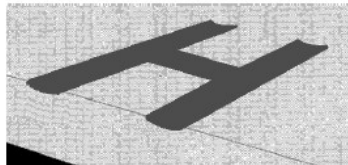
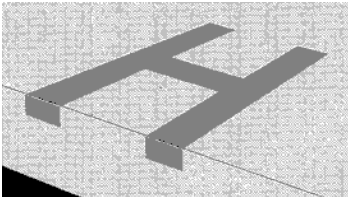
Além disso, segundo Han e Gubencu (2008), a gravação a laser oferece maior flexibilidade e qualidade superior se comparado às técnicas de gravação tradicionais, como a estampagem ou a usinagem, apresentando como vantagens:

- Produção de marcas de alta qualidade e permanência;

- Alta eficiência e baixo custo de operação;
- Bom desempenho mesmo em superfícies irregulares;
- Fácil de automatizar e integrar ao processo produtivo;
- Alta capacidade de posicionamento do feixe de laser na peça;
- Alta capacidade de reprodutividade e alta velocidade;
- Livre de contaminações.

A gravação no material se dá a partir de três princípios (Quadro 1), por vaporização (criando marcas profundas no material), por fusão (criando contraste da marca com o material por reação química ou térmica) ou por recozimento (produzindo uma marca escura no material sem penetração aparente na superfície do material) (HAN; GUBENCU, 2008).

Quadro 1: Mecanismos de gravação a laser.

<i>Processo</i>	<i>Efeito</i>	<i>Mecanismo</i>	<i>Aplicação</i>
Vaporização		Feixe de laser é focado em um ponto, elevando a temperatura acima do ponto de fusão. O material é removido por vaporização, produzindo marcas profundas.	Plásticos, vidros, cerâmicos, metais e borrachas.
Fusão		A densidade de energia excede o ponto de ignição do material criando contraste da marca com o material por reação química ou térmica.	Metais, plástico e vidros.
Recozimento		Material é submetido a certa densidade de energia, abaixo do ponto de fusão, mas que podem causar alterações na composição química ou nas estruturas moleculares do material, dependendo do comprimento de onda utilizado.	Metais, aço, titânio e plásticos.

Fonte: Adaptado de Han e Gubencu (2008).

De acordo com SINTEC (2013), a qualidade de uma gravação a laser pode ser avaliada por suas características de legibilidade como contraste, profundidade, salpicos e microfissuras. A escolha dos níveis aceitáveis de cada característica varia conforme as exigências do projeto a ser desenvolvido ou conforme os requisitos do fabricante (SINTEC,

2013). Segundo Leibinger-Kammüller (2007), os resultados devem encontrar um equilíbrio entre o tempo de duração da gravação e sua qualidade.

Conforme já explicitado, o laser é uma tecnologia em plena expansão, que otimiza os processos produtivos oferecendo resultados de alta qualidade, flexibilidade de formas e resultados e de baixo custo (BOGUE, 2010). Além disso, segundo Han e Gubencu (2008), a necessidade de desenvolver produtos com características especiais tornam a tecnologia laser um sistema capaz de atender esses requisitos. Tal característica vem ao encontro do desenvolvimento de produtos culturais que envolvem principalmente a singularidade e a diferenciação dos produtos conforme sua origem cultural e geográfica.

Capítulo 3

MÉTODOS DE PESQUISA

A presente pesquisa é de natureza aplicada, já que o intuito é conhecer o comportamento da rocha serpentinito frente às técnicas de beneficiamento para aplicação em joalheria. Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa aplicada objetiva gerar novos conhecimentos de aplicação prática para problemas específicos e de interesse local.

Quanto aos seus procedimentos técnicos, essa pesquisa classifica-se como experimental que, de acordo com Gil (2008), consiste em submeter um objeto à influência de certas variáveis, em condições controladas pelo pesquisador, para observar os resultados que a variável produz no mesmo. Desta forma, os itens que se seguem neste capítulo, indicarão os métodos e procedimentos a serem adotados no desenvolvimento do experimento com a rocha serpentinito, bem como o processo de desenvolvimento da linha de joias.

Assim, este capítulo dividiu-se nos itens: 3.1 – Amostras de serpentinito; 3.2 – Caracterização da rocha serpentinito e análise dos resultados: Lupa estereoscópica, Microscópio Petrográfico, Difractometria de raios X, Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) e Glossmeter; 3.3 – Métodos de aplicação das tecnologias no serpentinito: corte por jato d'água, gravação a laser e beneficiamento final; 3.4 – O desenvolvimento da linha de joias. O método de pesquisa adotado pode ser visualizado na Figura 16, onde as etapas, tanto da pesquisa experimental quanto da aplicada, são especificadas.

Figura 16: Fases e etapas da pesquisa experimental e aplicada.



Conforme demonstra a figura, o método se divide em dois grupos, o da pesquisa experimental e o da pesquisa aplicada. Estes dois grupos, por sua vez, dividem-se em seis macro etapas que constituem as seis grandes ações a serem realizadas na pesquisa, são elas: conhecer, testar, analisar, definir e aplicar. Observar-se também que o processo de desenvolvimento da linha de joias acompanha o desenvolvimento da pesquisa experimental, já que os resultados desta influenciam diretamente o processo de criação das peças.

3.1. AMOSTRAS DE SERPENTINITO

Para a realização de estudos preliminares com essa rocha, foram examinadas visualmente várias amostras brutas e manufaturadas pertencentes ao acervo do Laboratório de Gemologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Labogem/UFRGS), que apresentam uma grande variedade de cores e texturas. A cor dessas amostras compreende várias tonalidades de verde, ocorrendo também o verde amarelado, com presença de manchas, bandas ou veios de cor verde escuro, preta, lilás, branco amarelado e castanho. Essa variação de cores se deve à presença de outros minerais além das serpentinas, como talco, clorita e magnetita (SCHUMANN, 1985; JUCHEM et al, 2009).

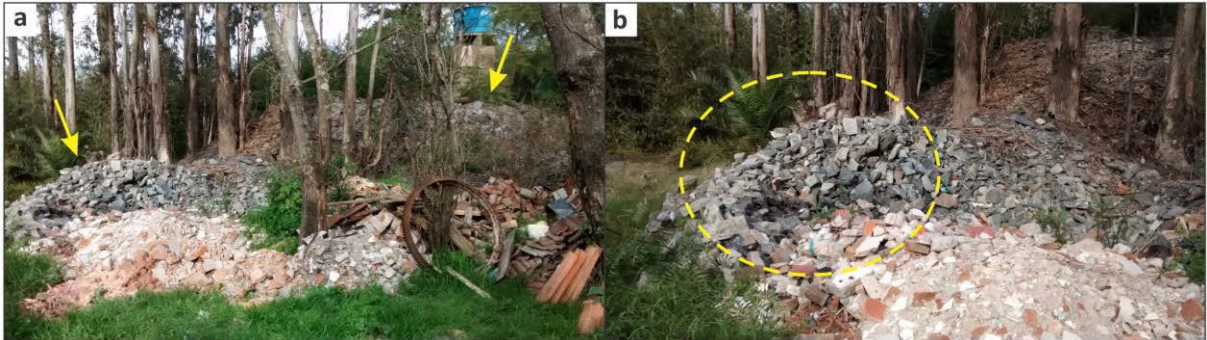
Dessa análise, foram selecionadas duas amostras (uma com predomínio de serpentina lamelar e outra com serpentina fibrosa) para os primeiros estudos. Os testes preliminares resultaram positivos e foram apresentados na Mostra de pesquisas, produtos e tecnologias aplicadas ao arranjo produtivo de gemas e joias do Rio Grande do Sul, que ocorreu junto à Feira Internacional de Pedras Preciosas, na cidade de Soledade-RS, motivando a continuidade desta pesquisa (PICHLER et al, 2013).

Para dar continuidade aos estudos, foi realizada uma visita à casa da família de William Horvath, artesão que trabalhou durante muitos anos no beneficiamento desse serpentinito em Bagé, a fim de obter informações sobre as técnicas de beneficiamento que foram utilizadas e sobre as áreas de onde foram extraídas essas rochas. As informações sobre o beneficiamento foram perdidas ao longo dos anos, porque nenhum familiar deu continuidade aos trabalhos, mas a família ainda possui, nos fundos da propriedade, estoques do material bruto (Figura 17), que é representativo das rochas que foram trabalhadas pelo artesão. Dessa pilha de fragmentos de rochas, foram retiradas amostras cedidas pela família, e que foram utilizadas no desenvolvimento desta pesquisa.

Destes fragmentos adquiridos, buscou-se selecionar exemplares que possuíssem diferentes texturas (padronagens superficiais), além da presença de cores variadas. Posteriormente, fez-se uma nova triagem, retirando as amostras que eram muito semelhantes entre si e selecionado aquelas que tivessem tamanhos que permitissem a realização de todos os testes previstos. Desta triagem, foram selecionadas seis amostras

que, junto com as amostras utilizadas nos testes preliminares, constituem um grupo de oito rochas que foram caracterizadas neste trabalho.

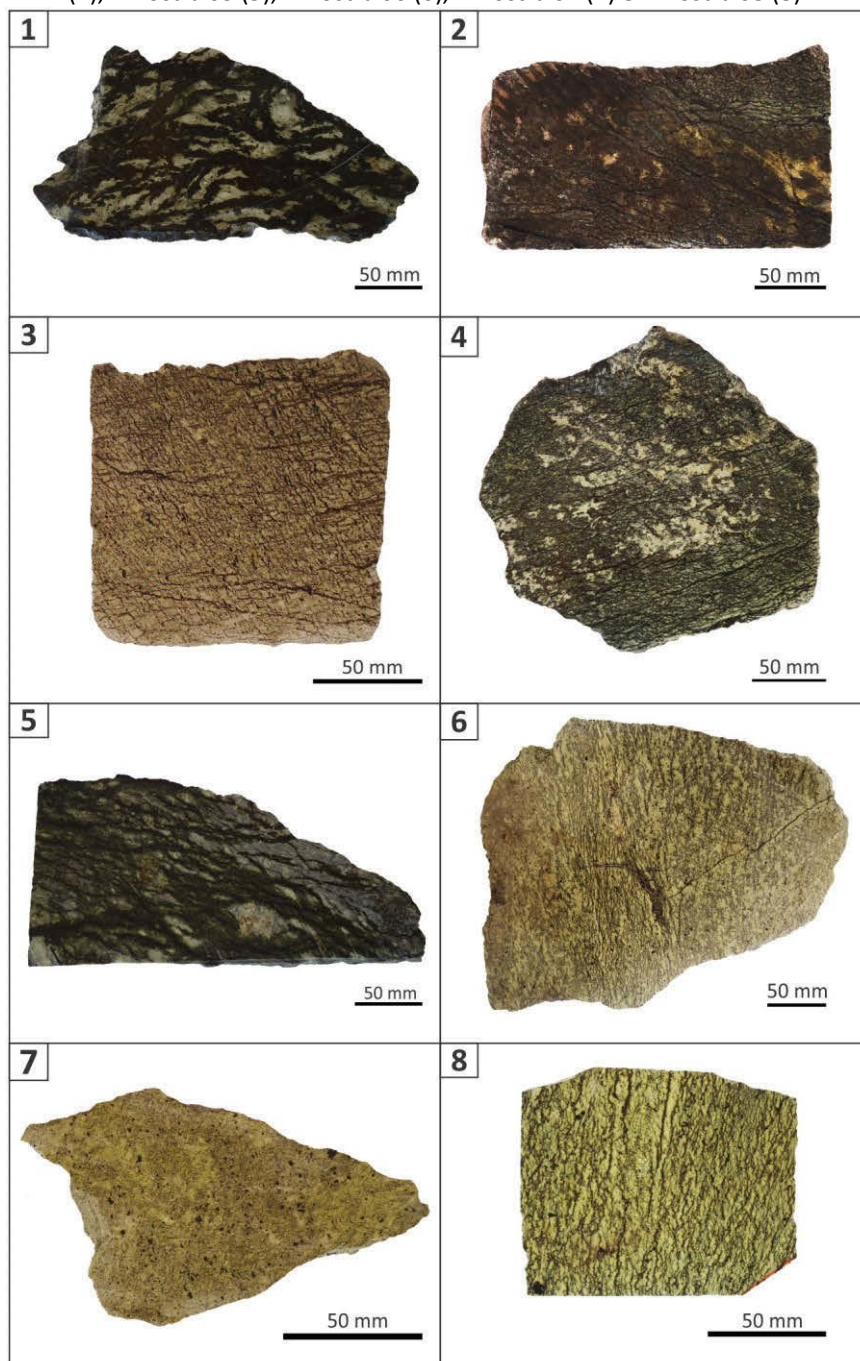
Figura 17: Depósito de serpentinito na casa da família Horvath em Bagé - RS. Fotografia identificando os depósitos do material na propriedade da família Horvath (a) e identificação do local onde foram coletadas as amostras para a realização da pesquisa (b).



Na Figura 18, são apresentadas fotografias dessas oito amostras no estado bruto, que foram numeradas para facilitar a identificação das mesmas ao longo do trabalho. Conforme observado na Figura 18, a amostra 01 apresenta manchas de coloração branco amarelada entre veios largos de cor preta. A amostra 02, possui manchas orientadas marrom acinzentadas com finos veios de um material preto, por vezes metálico, em meio a uma massa de material verde claro a verde escuro. Na amostra 03, tem-se a ocorrência novamente de veios finos e pretos, formando uma espécie de malha sob um fundo de coloração heterogênea, em tons de amarelo claro a cinza escuro. Os mesmos veios finos e pretos são observados na superfície da amostra 04, porém, sua cor predominante é o verde acinzentado com algumas manchas brancas, conferindo ao conjunto um aspecto de malha. Na amostra 05, observa-se veios de cor verde escura com a parte central preta em meio a uma massa de um material verde acinzentado. Estes veios são mais largos do que os observados nas amostras anteriores e são orientados numa direção preferencial. As amostras 06 e 08, são bastante semelhantes, apresentando coloração amarelada e veios finos de cor verde escuro ou preto que atravessam a amostra; na amostra 06 esses veios parecem mais finos do que os da amostra 08 e tem um aspecto capilar. A amostra 07, dentre todas as selecionadas, é a que apresenta coloração mais homogênea, de tom verde claro e presença de alguns pontos pretos dispersos na superfície e somente nesta amostra é possível observar, em amostra de mão, a presença de crisotilo. Após a seleção das amostras,

estas foram submetidas aos testes de caracterização mineralógica e posteriormente, aos testes de beneficiamento que se seguem.

Figura 18: Amostras de serpentinito selecionadas. Amostra 01 (1), Amostra 02 (2), Amostra 03 (3), Amostra 04 (4), Amostra 05 (5), Amostra 06 (6), Amostra 07 (7) e Amostra 08 (8).



3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ROCHA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para realizar a caracterização do serpentinito, utilizou-se a Lupa Estereoscópica, o Microscópio Petrográfico e a Difratomia de raios X. Para a análise dos resultados, utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), a Lupa estereoscópica e o medidor de brilho. O emprego destes equipamentos permite o estudo da qualidade dos resultados produzidos no material. Assim, a partir da coleta de dados nestes equipamentos, será possível analisar e identificar os melhores parâmetros de aplicação das técnicas de beneficiamento no serpentinito. Abaixo, são descritos os equipamentos utilizados e seu funcionamento.

3.2.1. Lupa estereoscópica

A lupa estereoscópica utilizada nesta pesquisa é do modelo SZX16, da marca Olympus®, pertencente ao LdSM/UFRGS. Este equipamento é utilizado no estudo de microestruturas, sistemas óticos e de iluminação de materiais. No caso da observação de materiais opacos, como as rochas, apenas a superfície desses materiais é passível de ser analisada a partir do uso de reflexão das regiões microestruturais do material. Assim, a estrutura visualizada é decorrente das propriedades de refletância de cada grão presente no mesmo (CALLISTER, 2006).

3.2.2. Microscópio Petrográfico

O Microscópio Petrográfico foi utilizado para identificar a mineralogia e as texturas das amostras e para obtenção de fotomicrografias de amostras de serpentinito, podendo ser operado de duas maneiras: como um microscópio petrográfico (com luz transmitida) para descrição e identificação de minerais formadores de rochas, e como um microscópio metalográfico (luz refletida), para descrição e identificação de materiais ou minerais metálicos. Para realizar a análise, foram confeccionadas lâminas de amostras do serpentinito

com espessura de 30 μm , que na fase final foi polida com alumina para obtenção de uma melhor qualidade das imagens. Nessa espessura, a grande maioria dos minerais formadores de rochas ficam transparentes ou translúcidos, o que permite sua análise com luz transmitida.

O microscópio foi utilizado com luz transmitida e, nesta configuração, os microscópios petrográficos operam com luz polarizada, o que permite descrever não só a morfologia e características físicas de um mineral (como clivagem, fraturas, inclusões, etc.), mas também identificar propriedades ópticas relacionadas à sua estrutura cristalina e que são fundamentais para a identificação das diferentes espécies minerais.

A luz que penetra no mineral que está sendo examinado sobre uma platina giratória é polarizada¹ (direção N-S) e as observações feitas dessa maneira são chamadas de “observações à luz natural” (LN). Os minerais anisótipos² desdobram esse feixe de luz em dois feixes também polarizados, com velocidades de propagação diferentes e com planos de polarização perpendiculares entre si. Esses feixes de luz são então direcionados para um segundo polarizador (analisador), que polariza a luz em uma direção perpendicular à direção do primeiro polarizador (E-O) e as observações feitas com esse dispositivo são chamadas de “observações à luz polarizada” (LP).

Ocorrem então dois fenômenos: a) quando a direção de polarização de um dos feixes de luz emitidos pelo mineral anisótropo coincidir com a direção do polarizador (N-S), o outro feixe de luz é eliminado e o mineral só transmite luz na direção N-S, que não passa pelo analisador (pois este só deixa passar luz polarizada na direção E-O) e o mineral fica preto (extinto); essa posição se repete a cada 90 graus. b) quando as direções de polarização dos feixes de luz emitidos pelo mineral estiverem em outras posições que não coincidam com a direção N-S, parte da luz passa pelo polarizador E-O e o que os olhos do observador captam é a interferência dos comprimentos de onda de cada um dos feixes de luz, que por terem velocidades diferentes, tem também comprimentos de onda diferentes e

¹ Os campos eletromagnéticos que compõem um feixe de luz, vibram em todas as direções perpendiculares à sua direção de propagação. A luz é polarizada ou plano polarizada, quando essa vibração ocorre em uma só direção.

² Minerais anisótipos para a luz, são aqueles que tem a propriedade de desdobrar um feixe de luz que os atravessa (polarizada ou não) em dois feixes de luz polarizada, com velocidades diferentes e com planos de polarização perpendiculares entre si. Os minerais isotópicos para a luz são aqueles que transmitem um feixe de luz sempre com a mesma velocidade em qualquer direção e não polarizam a luz.

consequentemente emitem, cada um, uma cor diferente; à medida que o mineral é girado sobre a platina do microscópio, a cor do mineral varia (é a chamada de cor de interferência) e essas cores, que em geral são diferentes da cor que o mineral apresenta em LN, são uma importante característica para diferenciar certas espécies minerais. Maiores detalhes técnicos sobre a análise ao microscópio petrográfico podem ser obtidas em Klein & Dutrow (2008) e Phillips (1971).

As análises petrográficas e as fotomicrografias foram realizadas com um microscópio *Zeiss Axio Imager*, do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da UFRGS, com câmera modelo *AxioCam MRc* da marca Zeiss acoplada ao microscópio, que por sua vez está ligado a um computador que opera com o programa *Snap 2550 Zen lite* ano 2012 para gerenciar a obtenção e a qualidade das imagens.

3.2.3. Difractometria de Raios -X

De acordo com Callister (2006), um dos principais usos da difratometria de raios X é a determinação de estruturas cristalinas, o tamanho e geometria das células unitárias dos cristais e suas orientações cristalográficas. Nessa técnica, feixes de raios X monocromático incidem em diferentes ângulos (θ) sobre a amostra a ser analisada e são difratados pelos diversos planos atômicos do cristal, de acordo com a lei de Bragg:

$$n\lambda = 2d\sin\theta$$

Nessa fórmula, n é um número inteiro, λ é o comprimento de onda do raio X utilizado, d é a distância entre os planos de átomos do cristal e θ é o ângulo de difração, que corresponde ao ângulo entre o raio X incidente e o plano atômico considerado. Um detector colocado em uma posição angular equivalente à da incidência (θ em relação à superfície da amostra, 2θ em relação ao feixe incidente) constata ou não a presença desses raios X refletidos.

No presente trabalho, foram utilizadas duas técnicas de difração de raios X (DRX): a convencional, com amostras em pó, para caracterizar as amostras de serpentinito no estado bruto, e a de incidência rasante (GIXRD – *grazing incidence x-ray diffraction*), para analisar a

área das rochas que foram gravadas com laser e que não puderam ser submetidas ao processo de pulverização.

Na análise convencional (amostras em pó), a incidência de raios X ocorre em ângulos variados (2θ variando de 2 a 80°), a fim de analisar todas as superfícies dos grãos que estão presentes na amostra. Na GIXRD, o feixe incidente é fixo a um ângulo rasante α (entre 0.5 e 5°), e o detector se movimenta pela faixa angular β a ser analisada, que corresponde a $2\theta - \alpha$. Quanto mais rasante é o feixe de incidência, menor a profundidade alcançada na amostra. Nesta técnica, a condição de Bragg é constatada pelo conjunto de planos que dão origem ao pico e que servem de referência para o ângulo de refração, e não pela superfície da amostra.

Os resultados das duas técnicas são mostrados em gráficos (difratogramas), que relacionam os valores dos ângulos 2θ com as diferentes intensidades das reflexões, permitindo o cálculo dos espaçamentos interplanares (valores de d) que são uma propriedade física fundamental, servindo como uma espécie de “impressão digital” do mineral. A interpretação dos difratogramas é realizada por meio de comparação com um banco de dados disponível em programas de computador, denominado PDF (*powder diffraction file*), que permite determinar por semelhança, milhares de fases minerais (FORMOSO, 1984; HINRICHS, 2014).

Para análise de DRX em pó, utilizou-se o difratômetro da marca Siemens Brucker AXS modelo D5000, ângulo 2θ variando de 2 a 80° , radiação $K\alpha$, com tubo de cobre a 40KV e 25mA, do Centro de Estudos em Petrologia e Geoquímica, do Instituto de Geociências da UFRGS. Para análise por GIXRD, utilizou-se o difratômetro da marca Shimadzu XRD-6000, com tubo de cobre, ângulo de incidência de 3° , passo de 0.05° em 2θ e fenda de divergência de 0.3 mm, do Laboratório de Microanálise do Instituto de Física da UFRGS.

A identificação dos minerais nos difratogramas foi feita pelo próprio laboratório onde foram realizadas as análises, utilizando programas de computador que comparam os dados com os disponíveis no banco de dados *powder diffraction file*. Essas informações foram confirmadas com dados disponíveis nas páginas virtuais *Ruff Mineral Database* (<http://rruff.info/>) e *Web Mineral* (<http://webmineral.com/>).

3.2.4. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Microscopia eletrônica de varredura é um dos instrumentos mais versáteis para observação e análise de microestruturas de objetos sólidos, devido a sua alta resolução, aparência tridimensional das imagens geradas e profundidade de foco (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007). Segundo Vasconcellos e Hinrichs (2010), o equipamento auxilia na identificação de inclusões sólidas na superfície, defeitos, fraturas e faces de crescimento de gemas. O princípio de funcionamento do MEV consiste no rastreamento da superfície da amostra por meio de um feixe de elétrons refletidos, ponto a ponto, que são coletados e transmitidos em imagem para uma tela catódica (televisor ou monitor) em tons de cinza. Esta imagem produzida representa as características da superfície da amostra observada, permitindo assim sua análise (DEDAVID; GOMES; MACHADO, 2007; CALLISTER, 2006).

Para a presente pesquisa, foi utilizado o equipamento Hitachi® modelo TM 3000, cuja aceleração do feixe é de 15 KeV e possibilita aumentos de até 30.000 vezes. O equipamento utilizado pertence ao LdSM/UFRGS.

3.2.5. Medição de brilho

O brilho é a quantidade e a qualidade da luz que um determinado material tem a capacidade de refletir e está diretamente relacionado com seu índice de refração, mas é influenciado também pela qualidade do seu polimento. A medida do brilho é feita através da refletância (ou refletividade) dos materiais, que expressa em valores numéricos o quanto um feixe de luz que atinge uma superfície é refletido, comparado com um padrão. A refletância pode ser definida pela equação simplificada de Fresnel (READ, 1978), como:

$$R = \frac{I}{I_0} = \frac{(n - a)^2}{(n + a)^2}$$

Onde R = refletância

I = intensidade do feixe refletido

I_0 = intensidade do feixe incidente

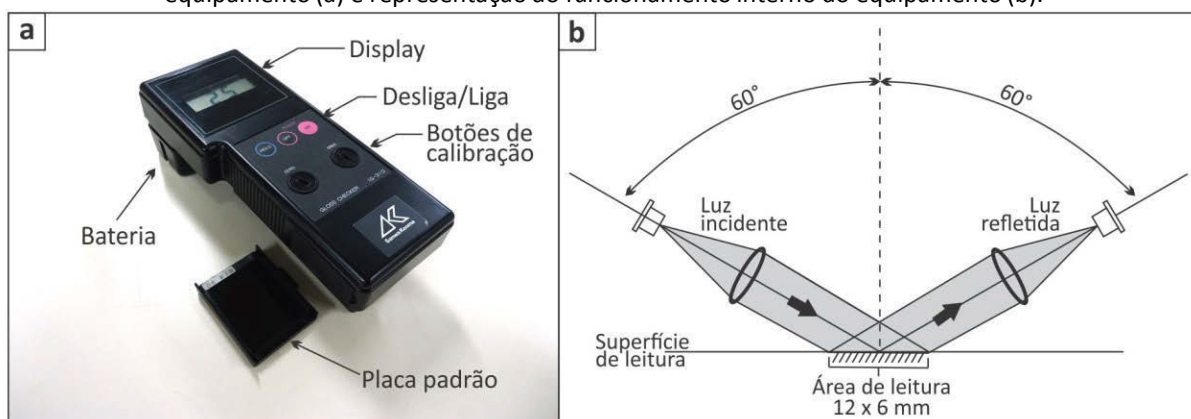
n = índice de refração do material

a = índice de refração do ar

Para medição de brilho das superfícies das amostras estudadas após o processo de polimento, foi utilizado o equipamento *Handy Gloss Checker* da marca Horiba modelo IG-310 (Figura 19a), com ângulo de incidência e reflexão do feixe de luz de 60° e área de leitura elíptica de 12 x 6 mm (Figura 19b). O equipamento pertence à Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul (CIENTEC), localizada em Porto Alegre e foi disponibilizada para este trabalho pelo Prof. Dr. Clóvis Gonzatti, do Departamento de Mineralogia e Petrologia do Instituto de Geociências da UFRGS.

A medida numérica resultante, expressa a intensidade de luz refletida da superfície de um objeto. Esse valor é determinado por comparação da intensidade de luz recebida na área de medida com o valor obtido na calibração do aparelho com a placa padrão. De acordo com a JIS Z8741, norma japonesa para medição de brilho (país fabricante do equipamento), um objeto que tenha o índice de refração de 1.567, é definido como valor de brilho 100. Segundo Horiba (2014) os materiais com esse índice de refração são quimicamente instáveis, e por isso a calibração do aparelho é realizada com uma placa de vidro preta e polida (placa padrão, Figura 19a) que tem o valor de brilho definido como 90, sendo este o valor de comparação utilizado na definição do brilho da superfície analisada.

Figura 19: Funcionamento do medidor de brilho (*Gloss Checker*). Identificação dos componentes do equipamento (a) e representação do funcionamento interno do equipamento (b).



Fonte: Acervo do autor (a) e adaptado de Horiba, 2014 (b).

Para realizar a medida do brilho, a área de leitura do aparelho deve ser posicionada no ponto desejado da superfície ser analisada, e o valor correspondente à refletância aparece no display do aparelho. Neste trabalho, foram realizadas 10 leituras para cada tipo de acabamento realizado nas amostras de serpentinito. Com estes valores foi possível

conhecer os índices de brilho alcançáveis, de acordo com os diferentes tipos de textura da rocha.

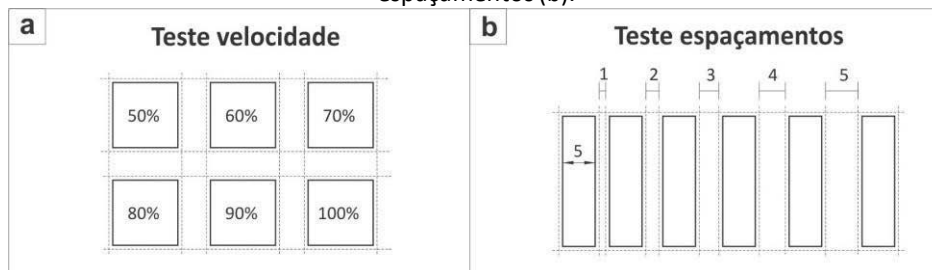
3.3. MÉTODOS DE APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS NO SERPENTINITO

3.3.1. Corte por jato d'água

Os testes de corte por jato d'água foram realizados no CTPedras na cidade de Soledade. O equipamento utilizado foi o GA-JETSTREAM II JETTEK WATERJET, que possui motor de 40 cavalos (CV), força suficiente para que a água empurre o pó abrasivo constituído de mineral de alta dureza moída (pó de granada) contra a amostra presa à chapa onde o corte é efetuado. O corte é orientado por coordenadas X e Y, e pode atravessar materiais com até 6 polegadas (aproximadamente 15cm) de espessura. A amplitude inicial do jato é de 1,2 mm e vai expandindo gradativamente, podendo perder precisão do corte em peças com espessuras superiores a 4cm. No jato d'água, as variáveis que interferem em um bom corte são: a dureza do material, a espessura da amostra a ser cortada e a velocidade de realização do corte. Para isso, as amostras submetidas aos testes de jato d'água foram laminadas com espessuras de 5mm, a fim de que todas elas possuam a mesma condição para a realização do corte.

Os arquivos para a realização dos cortes foram confeccionados em *Software* de desenho vetorial bidimensional CorelDRAW X5® e exportados na extensão dfx (*Drawing Exchange Format*), arquivo importável no programa *AutoCad*, responsável pela finalização das imagens e posterior execução do corte na máquina. O primeiro teste a ser executado nas amostras é o de velocidade, que compreende o corte de formas cúbicas com espaçamento regular de 5mm entre elas, variando a velocidade de 50% a 100%, como pode ser observado na Figura 20a abaixo. O segundo teste, compreende o corte de formas retangulares com espaçamentos que variam de 1mm a 5mm entre elas, conforme Figura 20b.

Figura 20: Testes de corte por jato d'água. Arquivos para realização dos testes de velocidade (a) e de espaçamentos (b).



Com estes testes será possível definir os parâmetros de velocidades aplicáveis ao corte da rocha, bem como verificar os distanciamentos mínimos necessários para se obter um corte de boa qualidade e com baixa fragilização do material.

3.3.2. Processo de gravação a laser

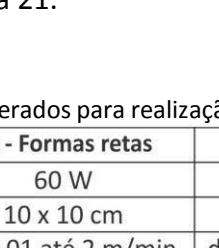
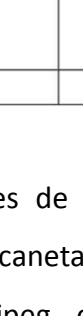

No processo de gravação a laser foi utilizado o equipamento da marca Mira, da empresa Automatisa Sistemas®, localizado no Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul / UFRGS. Este equipamento utiliza como meio ativo para geração da luz laser o CO₂ dopado com Nitrogênio. Conforme citado anteriormente, a ativação do laser com CO₂ e N, por ser mais potente e barato, é o mais utilizado pela indústria, sendo assim o mais adequado na realização dos testes a que se propõe esta pesquisa. A movimentação do feixe se dá por sistema galvanométrico (ponto do laser é fixo e a movimentação do feixe é realizada por espelhos) e a área de trabalho da máquina possui uma limitação que varia de acordo com o tamanho de lente acoplada.

De acordo com Cidade (2012), em seu estudo sobre os parâmetros de gravação a laser em ágata, a autora realizou uma análise da relação existente entre as lentes utilizadas, a potência empregada e a consequente intensidade do feixe gerada pela máquina no momento da gravação. A autora concluiu que a lente de 10 cm x 10 cm possui maior intensidade de gravação em comparação às demais lentes (20 cm x 20 cm e 30 cm x 30 cm), sendo a intensidade do feixe inversamente proporcional à área e diretamente proporcional à potência do equipamento.

O trabalho de Cidade (2012) também serviu de referência para a elaboração do método a ser utilizado na gravação das amostras de serpentinito. Conforme a autora, o método compreende a criação de formas gráficas em *Software* de desenho vetorial bidimensional *CorelDRAW X5®* e a utilização de dois tipos de arquivos de exportação, PLT (arquivo de plotadora HPGL) para linhas, e JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) para testes de preenchimento.

Primeiramente foram aplicados os testes de velocidade em todas as amostras do material. O primeiro teste de velocidade compreendeu a gravação de formas retas e curvas, exportadas na extensão PLT, e o segundo teste de velocidade compreendeu a gravação de cubos preenchidos com 100% de saturação de preto, exportados na extensão JPEG, conforme demonstrado na Figura 21.

Figura 21: Parâmetros e arquivos gerados para realização dos testes de velocidade de gravação a laser.

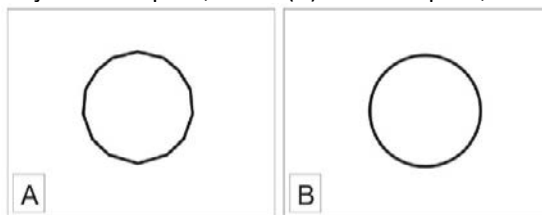
Teste	A - Formas retas	B - Formas curvas	C - Preenchimento
Potência	60 W	60 W	60 W
Lente	10 x 10 cm	10 x 10 cm	10 x 10 cm
Velocidade (m/min)	de 0,01 até 2 m/min	de 0,01 até 2 m/min	de 2 até 10 m/min
Arquivo			
Extensão	PLT	PLT	JPEG

As imagens referentes aos testes de formas retas e curvas foram desenhadas utilizando a espessura mínima de linha (caneta de contorno) possibilitada pelo *software*. Todas as imagens, tanto em extensão jpeg. como em plt., foram exportadas com a resolução de 300 dpi, que apresenta um número maior de pixels por polegada, acarretando em uma melhor qualidade de imagem. Conforme Kan, Yuen e Cheng (2010) a resolução é entendida como uma variável que define a intensidade do feixe de laser em dada área, quanto maior for o número de pontos por polegada mais intenso será o feixe de laser na execução da gravação.

Cidade (2012) salienta que as formas curvas ou arredondadas, quando utilizam resoluções maiores que 0,01mm reproduzem arestas, gerando gravações não uniformes. Assim, na configuração de exportação do arquivo se deve atentar para a utilização de

formato avançado com resolução menor que 0,01mm, obtendo-se assim traçados contínuos e sem a presença de arestas (Figura 22).

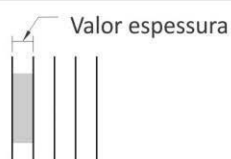
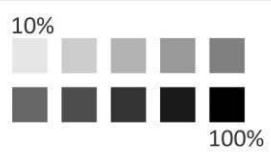
Figura 22: Diferença na continuação dos traços na exportação de imagens. Para arquivos exportados com resolução maior que 0,01mm (A) e menor que 0,01mm (B).



Fonte: CIDADE (2012).

Com os testes concluídos, estes foram submetidos as análises e assim, foram definidos os primeiros parâmetros de gravação, com identificação das amostras que obtiveram resultados satisfatórios para a aplicação do laser. Nestas amostras, foram realizados os testes de espaçamentos e de graduação de cinza, conforme Figura 23.

Figura 23: Parâmetros e arquivos utilizados na realização dos testes de espaçamento e de saturação de preto.

Teste	D - Espaçamentos	E - Graduação de preto
Potência	60 W	60 W
Lente	10 x 10 cm	10 x 10 cm
Velocidade (m/min)	A definir	A definir
Arquivo		
Extensão	PLT	JPEG

A realização do teste de espaçamento tem como intuito avaliar a interação do laser com a superfície do material em diferentes distâncias de traçados, bem como analisar a interferência entre linhas, estipulando espaçamentos mínimos utilizáveis no momento de projetar o desenho a ser gravado. O teste de saturação de preto, permite definir o número de tons aplicáveis ao serpentinito, a fim de formar uma imagem. Tais resultados irão compor os requisitos de projeto, quando da definição dos desenhos a serem gravados. Com estes testes, tem-se concluído o estudo dos melhores parâmetros de gravação a laser aplicáveis em serpentinito.

3.3.3. Beneficiamento final

O termo beneficiamento final, de acordo com Silveira (2007), refere-se às tecnologias que conferem características de forma, conformação e especificação ao produto final, como o polimento e outros acabamentos especiais. Assim, para esta etapa, são realizados os testes de lixamento, polimento e resinagem.

Os ensaios de lixamento e polimento foram realizados em três equipamentos: 1 – Politriz de bancada Multi Machine, marca Lapidart, pertencente ao LdSM/UFRGS; 2 – Politriz automática, marca Struers, pertencente ao LACER/UFRGS; 3 – Politriz lixadeira de velocidade variável, modelo PL02E, da marca Teclago, pertencente ao Laboratório de Microanálise do Instituto de Física/UFRGS.

Cada amostra de serpentinito foi submetida a dois ensaios. O primeiro ensaio (PS1), consistiu no lixamento das amostras com o abrasivo Carborundum (carbeto de silício), em diferentes granulometrias. No segundo ensaio (PS2), além do lixamento com o abrasivo Carborundum, foi realizado o polimento com o abrasivo Alumina (óxido de alumínio). Na Tabela 1 abaixo, tem-se os parâmetros preliminares de lixamento e polimento executados.

Tabela 1: Parâmetros preliminares de lixamento e polimento.

Estágio de tratamento da superfície		Granulometria	Abrasivo	Tempo (min.)	Velocidade (rpm)
Ensaio PS1	E1	320	Carborundum	2	300
	E2	500	Carborundum	2	300
	E3	1.000	Carborundum	2	300
	E4	2.000	Carborundum	2	300
Ensaio PS2	E1	320	Carborundum	2	300
	E2	500	Carborundum	2	300
	E3	1.000	Carborundum	2	300
	E4	2.000	Carborundum	2	300
	Polimento	3 nm	Alumina	2	300

O tempo de 2 minutos estipulado para cada etapa do ensaio, refere-se ao trabalho realizado por Aigueira e Filgueira (2006), que calcularam este parâmetro com base em politrizes industriais para rochas ornamentais. Quanto à velocidade de rotação da politriz, utilizou-se a velocidade média de 300 rpm (rotações por minuto) em todas as fases, porque,

de acordo com estudo efetuado por Camargo (2013) sobre o polimento em rochas ornamentais, o aumento da velocidade de rotação do abrasivo não acarretou em maior brilho, concluindo que o uso de rotações de média/baixa velocidade (400/300 rpm) é satisfatório na obtenção do brilho.

Quanto aos abrasivos, a Alumina é o tipo principal consumido pela indústria de abrasivos, devido ao seu desempenho e por não representar riscos à saúde dos trabalhadores (MME, 2009). O Carborundum é muito utilizado como abrasivo principalmente para corte, moagem e polimento de materiais não metálicos e não ferrosos como granitos, mármore e quartzo. Além disso, em comparação com outros abrasivos disponíveis, o Carborundum reúne a propriedade de elevada dureza (9,3 na escala Mohs) com custo mais baixo (FERREIRA; GONÇALVES; BRANCO, 2012).

Ressalta-se que, entre cada etapa de lixamento e polimento, as amostras, as lixas e o feltro de polimento, foram lavados em água corrente com o auxílio de uma escova, para a retirada de resíduos que podem modificar os resultados das etapas seguintes. Como método de análise, realizou-se a medição da refletância³ das superfícies polidas com o medidor de brilho.

Quanto à resinagem, o intuito deste teste não se refere à melhoria das propriedades mecânicas do material, mas sim à proteção do consumidor quanto à dispersão do asbesto crisotilo pelo ar. Assim, realizou-se a aplicação de resina acrílica líquida de ativação química a temperatura ambiente, cujo componente principal é o metacrilato de metila (MMA). Como vantagens, a resina acrílica é incolor, inodora, atóxica, de baixo custo e de secagem rápida a temperatura ambiente (FORTES, 2007; ZUCOLOTO, 2014). Após a aplicação da resina, uma nova medida de refletância foi efetuada nas superfícies das amostras para verificar o ganho de brilho com a aplicação da mesma. O ensaio referente à aplicação de resina foi denominado de PS3.

³ Valor medido a partir dos índices de refração dos meios de acordo com o ângulo do feixe de luz incidente utilizado (CALLISTER, 2006).

3.4. DESENVOLVIMENTO DA LINHA DE JOIAS

Como método para o desenvolvimento da linha de joias, utilizou-se a metodologia de desenvolvimento de produtos proposta por Lobach (2001), o qual divide o processo nas etapas de Preparação, Geração, Avaliação e Execução. Na etapa de Preparação foram levantadas informações e imagens referenciais do local a ser valorizado nas peças, as quais permeiam os saberes; o folclore; os lugares; a expressão; os artefatos e as riquezas naturais.

A partir deste levantamento, na etapa de Geração, foram confeccionados os painéis semânticos, propostos por Baxter (2000). Estes painéis, juntamente com os parâmetros de gravação a laser definidos na fase experimental da pesquisa, é que nortearam a geração das alternativas. Na etapa seguinte, de Avaliação, foram escolhidas dentre as alternativas geradas, aquelas que melhor atendiam aos objetivos da pesquisa, aos parâmetros de gravação definidos e aos princípios de valorização local desejados. Na última etapa, de Execução, as peças escolhidas foram produzidas.

Capítulo 4

RESULTADOS

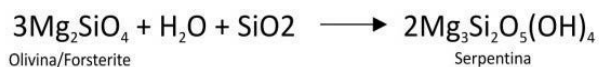
Neste capítulo serão apresentados os resultados quanto a aplicação das tecnologias de beneficiamento no serpentinito. Este estudo foi realizado em oito amostras da rocha, as quais foram escolhidas quanto as suas diferenças de padrões estéticos superficiais. Em primeiro momento, serão apresentados os resultados quanto a caracterização mineralógica do serpentinito, a fim de facilitar a análise e a avaliação dos resultados que se seguem.

4.1. CARACTERIZAÇÃO MINERALÓGICA DO SERPENTINITO

Para a caracterização mineralógica das oito amostras de serpentinito selecionadas para este estudo, foram feitas análises por difratometria de Raios X (DRX) pelo método do pó e também confeccionadas lâminas delgadas que foram descritas ao microscópio petrográfico, cujos resultados são descritos a seguir.

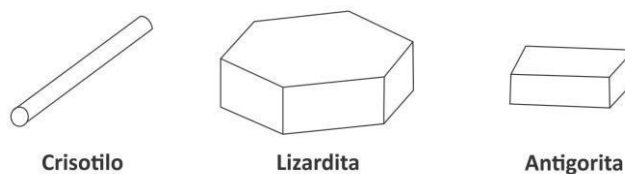
Os principais minerais das rochas estudadas são do grupo da serpentina, silicatos hidratados de Mg, cuja composição química geral é $2Mg_3Si_2O_5(OH)_4$. A origem dessas serpentinas é resultado de um metamorfismo⁴ sobre silicatos magnesianos (principais componentes de dunitos e piroxenitos, que são rochas constituídas por olivina e piroxênios magnesianos), com alteração hidrotermal (entrada de água quente no sistema, carregada de íons) principalmente sobre a forsterita, um mineral do grupo das olivinas (CHEMALE JR., 2000; SOUZA, 2011). As transformações que ocorrem nesse processo podem ser sintetizadas pela equação (DEER et al, 1966):

⁴ Metamorfismo é um processo de transformação no estado sólido da textura e da mineralogia de rochas, em diferentes condições de pressão e temperatura.

Metamorfismo

As serpentinas ocorrem com diferentes morfologias, caracterizando diferentes espécies (IMA, 2014): maciça a granular fina e lamelar (antigorita e lizardita) e fibrosa (crisotilo) e geralmente constituem agregados micro a criptocristalinos (Figura 24). Grande parte da literatura mineralógica (DEER et al., 1966; KLEIN; DUTROW, 2008) consideram essas três espécies minerais como polimorfos⁵. No entanto, existem controvérsias a respeito, pois as três espécies tem estruturas cristal químicas muito semelhantes, não havendo inclusive concordância na literatura quanto ao(s) sistema(s) em que cristalizam (DEER et al., 1966; KLEIN; DUTROW, 2008, WEBMINERAL, 2014).

Figura 24: Principais estruturas que podem assumir os minerais do grupo das serpentinas.



Fonte: Adaptado de Deer, 1966.

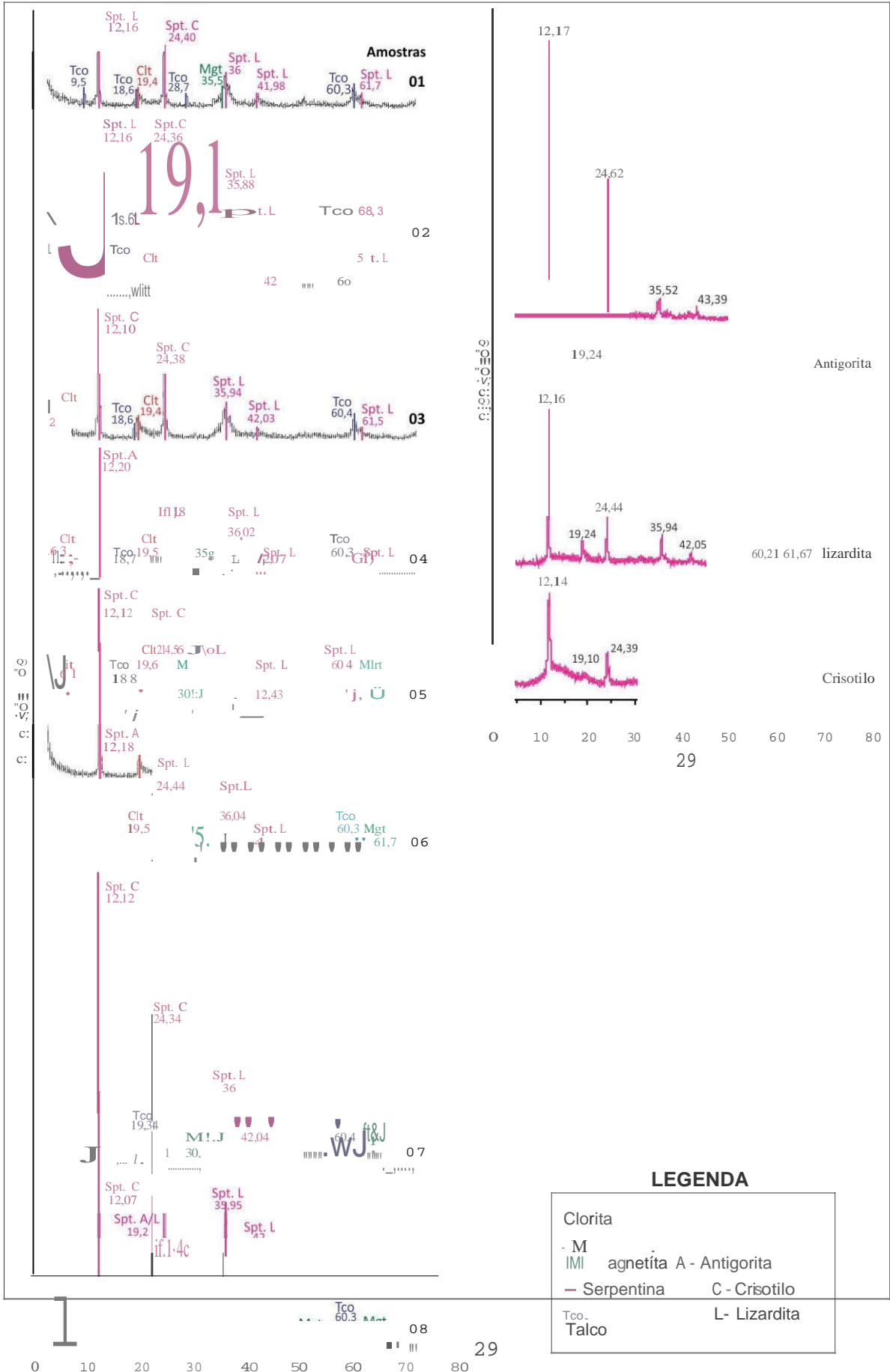
Segundo Deer et al (1966) e Klein & Dutrow (2008), essas três espécies minerais são constituídas de camadas estratificadas de moléculas de $2\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$, semelhante aos minerais argilosos; pode haver pequenas quantidades de Fe e Ni substituindo o Mg, e de Al substituindo o Si. Esses minerais são constituídos, portanto, de agregados lamelares nanoscópicos, sendo a principal diferença entre a antigorita, lizardita e o crisotilo, apenas a morfologia macro ou microscópica, o que não é suficiente para caracterizar polimorfismo. Klein & Dutrow (2008) descrevem a lizardita como um material extremamente fino que ocorre como “matriz” na “serpentina”, enquanto que Deer et al, (1966) consideram que a serpentina fibrosa (crisotilo) pode ser constituída de minúsculos agregados de lamelas orientadas de lizardita. Já Page (1968) considera que podem existir pequenas variações na quantidade de moléculas de OH e de Fe substituindo Mg nas diferentes espécies, o que

⁵ Polimorfos são minerais com a mesma composição química mas que cristalizam em diferentes estruturas cristalinas, originando morfologias e propriedades físicas distintas. Ex.: Diamante e grafite são polimorfos de carbono.

caracterizaria politipos de um mesmo mineral e não propriamente polimorfos. Essa semelhança entre as estruturas cristalóquímicas da antigorita, lizardita e crisotilo, faz com que os gráficos de DRX dessas três espécies minerais sejam muito semelhantes (Figura 25 B), o que não caracteriza polimorfos e também não permite uma distinção satisfatória dessas três espécies minerais com essa metodologia.

A Figura 25 mostra os difratogramas obtidos nas oito amostras estudadas (Figura 25A), comparados com os difratogramas de antigorita, lizardita e crisotilo obtidos na página da internet *RUFF mineral database* (Figura 25B). Observa-se que os difratogramas da Figura 25B são praticamente idênticos, havendo apenas algumas variações nos valores de 2θ , às vezes tão pequenos que poderiam estar dentro do intervalo de erro da metodologia de análise. Assim, nos DRX das amostras estudadas (Figura 25A), estão marcados os picos correspondentes ao ângulo 2θ compatíveis com serpentina (Spt) e, quando possível, foram marcados aqueles valores mais próximos de cada uma das espécies (A = antigorita; L = lizardita; C = crisotilo), de acordo com os gráficos da Figura 25B. Observa-se nas amostras estudadas, a predominância da serpentina como principal componente dessas rochas, ocorrendo ainda, em menor proporção, talco, clorita, magnetita e hematita.

Figura 25: Análise mineralógica por Difratomogramas de raios X. Difratomogramas das amostras analisadas (A) e de serpentinas segundo RUFF mineral database (B).



As análises das rochas ao microscópio confirmaram a composição mineralógica identificada por DRX. As rochas são constituídas predominantemente por serpentinas, em agregados microcristalinos ou lamelares (antigorita e lizardita) e fibrosos (crisotilo), este geralmente constituindo veios, não se identificando relictos (restos de minerais) da olivina e/ou piroxênio que originaram as serpentinas. As serpentinas, que aparecem com cores de interferência em diferentes tons de cinza, em geral formam glóbulos circundados por outros minerais, constituindo a denominada textura *mesh* (minerais em um arranjo que lembra uma malha) ou como faixas com orientação paralela a sub paralela, com aspecto de cordas, constituindo a denominada textura *ribbon* (Imperial College, 2014). A textura *mesh* pode ocupar toda a rocha como nas Figuras 27-6 e 27-8 ou pode estar localizada, como nas Figuras 26-3, 26-4 e 26-5, onde se observa também parte da serpentina constituindo agregados orientados, caracterizando a textura *ribbon*.

Nas rochas das Figuras 26-3, 26-4 e 26-5, observa-se também veios de crisotilo que cortam a textura da rocha e na Figura 26-5 um veio cortando inclusive um cristal opaco (possivelmente magnetita), indicando uma fase mais tardia de cristalização desse mineral; esse crescimento tardio já havia sido descrito para os serpentinitos dessa região por Souza (2011). O crisotilo geralmente aparece cristalizado com as fibras perpendiculares aos veios (Figura 26-4), mas observou-se também fibras paralelas à direção de alinhamento dos veios (Figura 27-7) e por vezes fibras misturadas com serpentina lamelar (antigorita). Talco e clorita aparecem disseminados em todas as rochas, em geral em pequena quantidade e como minúsculas lamelas em torno das massas de serpentina (Figura 27-6 e 27-8), só possíveis de identificar devido ao seu fraco pleocroísmo⁶ (na clorita) e devido às cores de interferência em tons de amarelo (no talco).

A rocha da Figura 26-2 é uma exceção, pois o talco aparece em lamelas mais desenvolvidas, sendo facilmente reconhecido por sua clivagem em uma direção e suas cores de interferência. Os minerais opacos presentes são a magnetita (por vezes identificada em amostras de mão devido ao seu magnetismo) e a hematita. A magnetita ocorre em geral como minerais opacos poliédricos, mas pode ocorrer, juntamente com a hematita, constituindo pequenos veios, por vezes de aspecto arborescente a dendrítico, como

⁶ Pleocroísmo é a variação de cor de absorção de um mineral, quando observado em LN (luz natural).

observado nas Figuras 26-2, 26-3, 27-6 e 27-8. Esse tipo de cristalização ocorre devido ao Fe que sobra na composição da rocha, durante os processos de transformação da olivina em serpentina (DEER, et al, 1966). Nesses veios, os minerais opacos por vezes exibem uma cor avermelhada, como consequência de processos de oxidação do Fe presente na sua composição.

Figura 26: Exemplos de fotomicrografias do serpentinito obtidas ao microscópio petrográfico. Detalhe da amostra 02 em LN (2a) e LP (2b), mostrando massas de serpentina (Spt), minerais opacos (Op) poliédricos e preenchendo fraturas (com bordos capilares) e lamelas de talco (Tco). Detalhe da amostra 03 em LN (3a) e LP (3b), mostrando serpentina com textura mesh (1) e textura ribbon (2) predominante, ambas cortadas por veios de crisotilo (Crt). Observam-se minerais opacos (Op) poliédricos e de aspecto capilar associados a talco (Tco) e clorita (Clt). Detalhes dos veios de crisotilo em LP, nas amostras 04 (4) e 05 (5), em meio a textura mesh da serpentina. Observa-se na amostra 04 fibras transversais no veio maior (1) e na amostra 05 um veio cortando um mineral opaco. No entorno desses opacos, finas lamelas de talco e clorita.

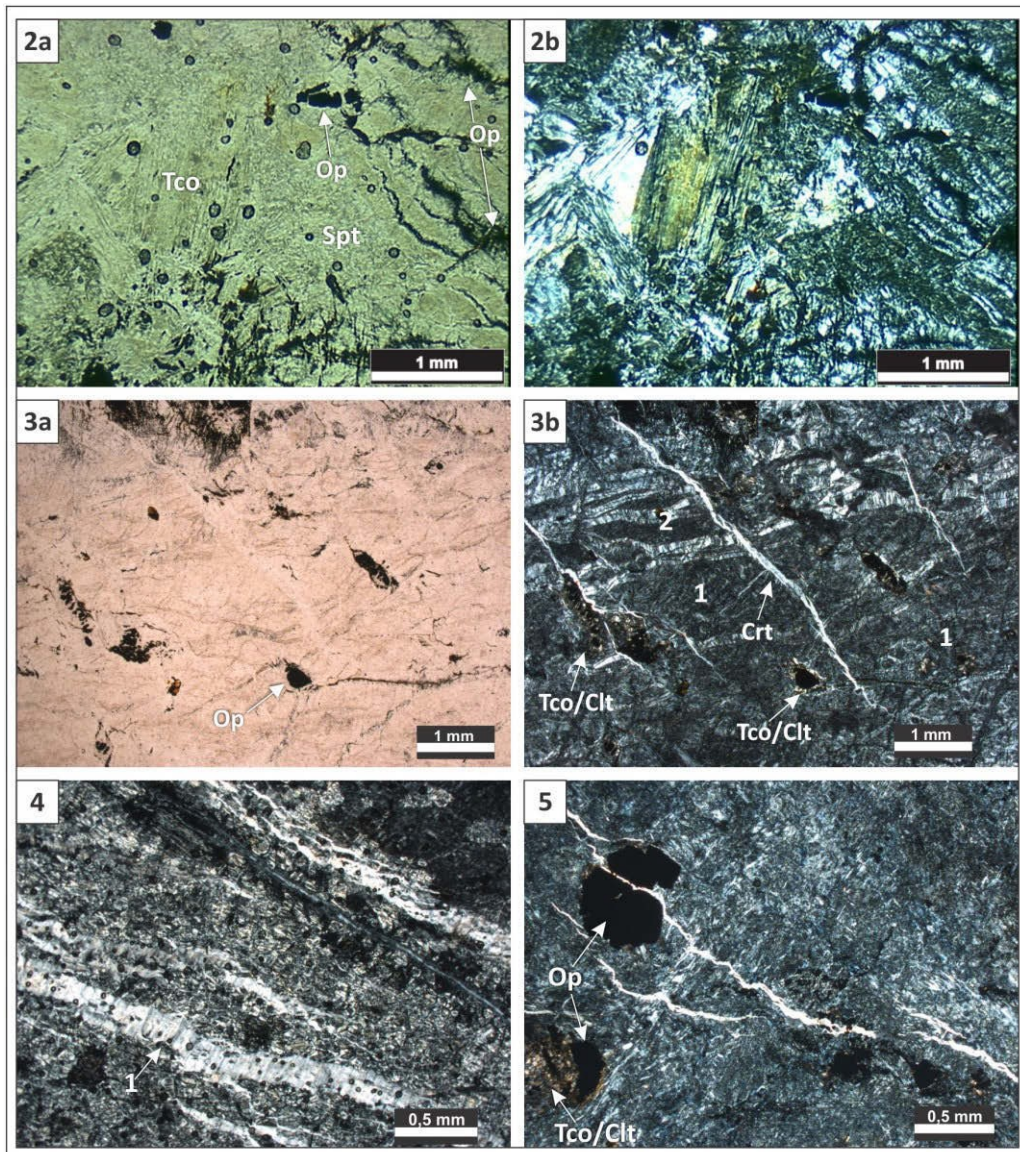
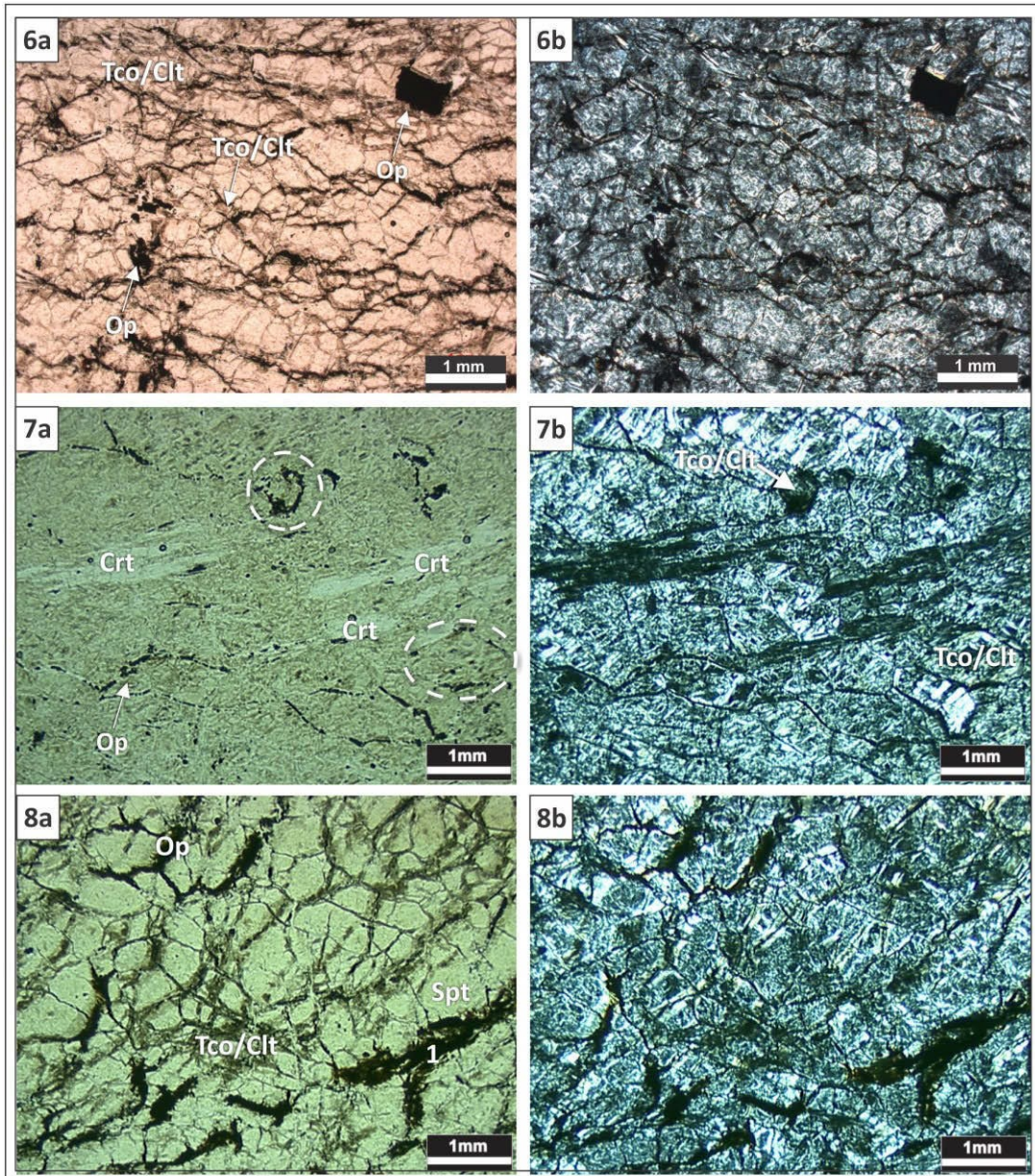


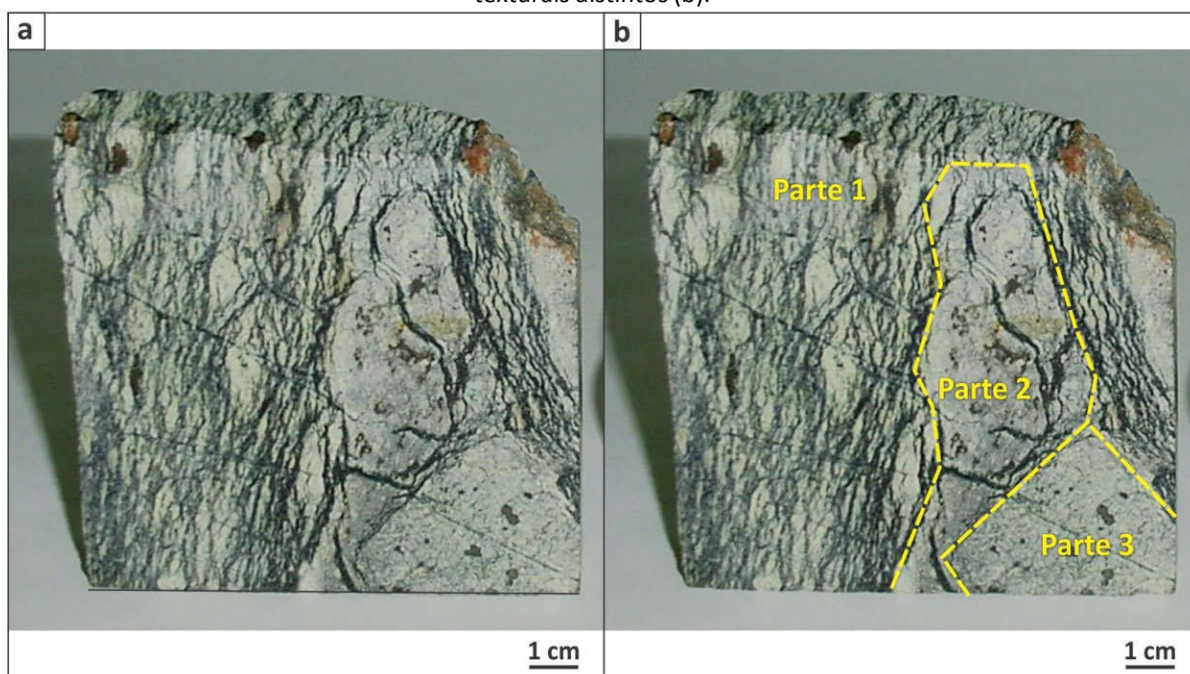
Figura 27: Exemplos de fotomicrografias do serpentinito obtidas ao microscópio petrográfico. Detalhe da amostra 06 em LN (6a) e LP (6b) mostrando uma textura mesh mais grossa, possivelmente devido à morfologia da olivina que originou essa serpentina. Observam-se alguns grãos de opacos poliédricos e massas de opacos (Op) contornando as lamelas de serpentina associado a clorita (Clt) e talco (Tco). Detalhe da amostra 07 com veios descontínuos de crisotilo (Crt) em meio a massa de serpentina, observando-se veios finos de minerais opacos (Op) e em duas partes da lâmina, com contorno poliédrico (no destaque) que lembram o formato de olivina, onde se identifica talco e clorita. Detalhe da amostra 08 mostrando uma textura mesh mais grossa, com o contorno das lamelas de serpentina (Spt) preenchidos por clorita, talco e minerais opacos, alguns com bordos avermelhados - hematita? (1).



Conforme indica a descrição petrográfica das amostras de serpentinito selecionadas, há uma grande variedade de padrões texturais entre cada uma das amostras. Esses padrões ocorrem na rocha de forma que, em um mesmo fragmento de rocha, pode-se

obter mais de uma parte com padrões texturais distintos. Abaixo, na Figura 28, é apresentado um fragmento de rocha, onde é possível identificar três partes com diferentes texturas.

Figura 28: Fragmento de serpentinito com padrões texturais distintos (a). Identificação das partes com padrões texturais distintos (b).



Conforme a Figura 28, a parte 1 possui a ocorrência de vários veios de cor preta sob um fundo de coloração acinzentada. Na parte 2, percebe-se uma diminuição da ocorrência destes veios, apresentando grãos maiores de coloração acinzentada e veios mais largos de coloração preta. A parte 3, por sua vez, aparenta ser uma massa maciça de cor acinzentada, com algumas ocorrências de minerais opacos, e esta região possui orientação contrária a dos demais nódulos, sendo nítido a ocorrência de veios menores nos limites entre as partes 2 e 3.

Assim, devido a esta característica do serpentinito, os resultados que se seguem neste trabalho, fundamentam-se nesta variação de padrões texturais presentes, muitas vezes, em um mesmo fragmento de rocha. Isto é necessário, já que, as diferenças de padrões texturais interferem nos resultados frente às técnicas de beneficiamento testadas. Além disso, a correta identificação destas partes deve ser realizada quando da seleção das partes da rocha a serem empregadas no desenvolvimento das peças de joalheria.

4.2. CORTE POR JATO D'ÁGUA

Para a realização dos testes de jato d'água, as amostras tiveram que ser padronizadas em sua espessura, a fim de possibilitar uma avaliação mais precisa dos resultados. Para isso, as amostras foram inicialmente cortadas com o auxílio de uma serra diamantada com lubrificação a óleo, para tornar as amostras planas e posteriormente, foram fatiadas em lâminas de 5mm de espessura no jato d'água. Como as amostras selecionadas para este trabalho não eram de tamanhos uniformes (variando em altura e comprimento), as lâminas foram cortadas visando o máximo aproveitamento do material.

Abaixo, tem-se uma tabela resumo dos resultados obtidos no fatiamento das amostras no jato d'água (Tabela 2). Nesta tabela, tem-se a relação entre a altura total da amostra, a velocidade de corte do jato empregada e a medida máxima (com relação a medida da altura da amostra) em que se obteve um corte satisfatório (sem defeitos decorrentes da perda de precisão do jato).

Tabela 2: Resultados obtidos no teste de fatiamento das amostras no jato d'água.

Amostra	Altura da amostra	Velocidade			Medida corte satisfatório
		Total (%)	Linha reta (mm/s)	Linha curva (mm/s)	
01	30 mm	40	100	80	20 mm
02	60 mm	40	100	80	25 mm
03	60 mm	40	100	80	25 mm
04	25 mm	40	100	80	25 mm
05	35 mm	40	100	80	25 mm
06	30 mm	40	100	80	30 mm
07	45 mm	40	100	80	45 mm
08	37 mm	40	100	80	37 mm

Neste procedimento, observou-se que o jato d'água perdeu a precisão de corte quando ultrapassa a medida de 25 mm para as amostras 02, 03, 04 e 05. Para as demais amostras, houve uma variação nesta medida, sendo menor para a amostra 01 (20mm) e maior para as amostras 06, 07 e 08. O comportamento das amostras observado, relaciona-se a textura e forma de disposição dos minerais na rocha, já que as amostras 02, 03, 04 e 05, que apresentaram o mesmo resultado, possuem texturas muito semelhantes. Para as

demais amostras, há uma variação de tamanho de grão e na disposição destes materiais pela rocha, o que permite melhor ou pior desempenho do corte com jato d'água na amostra.

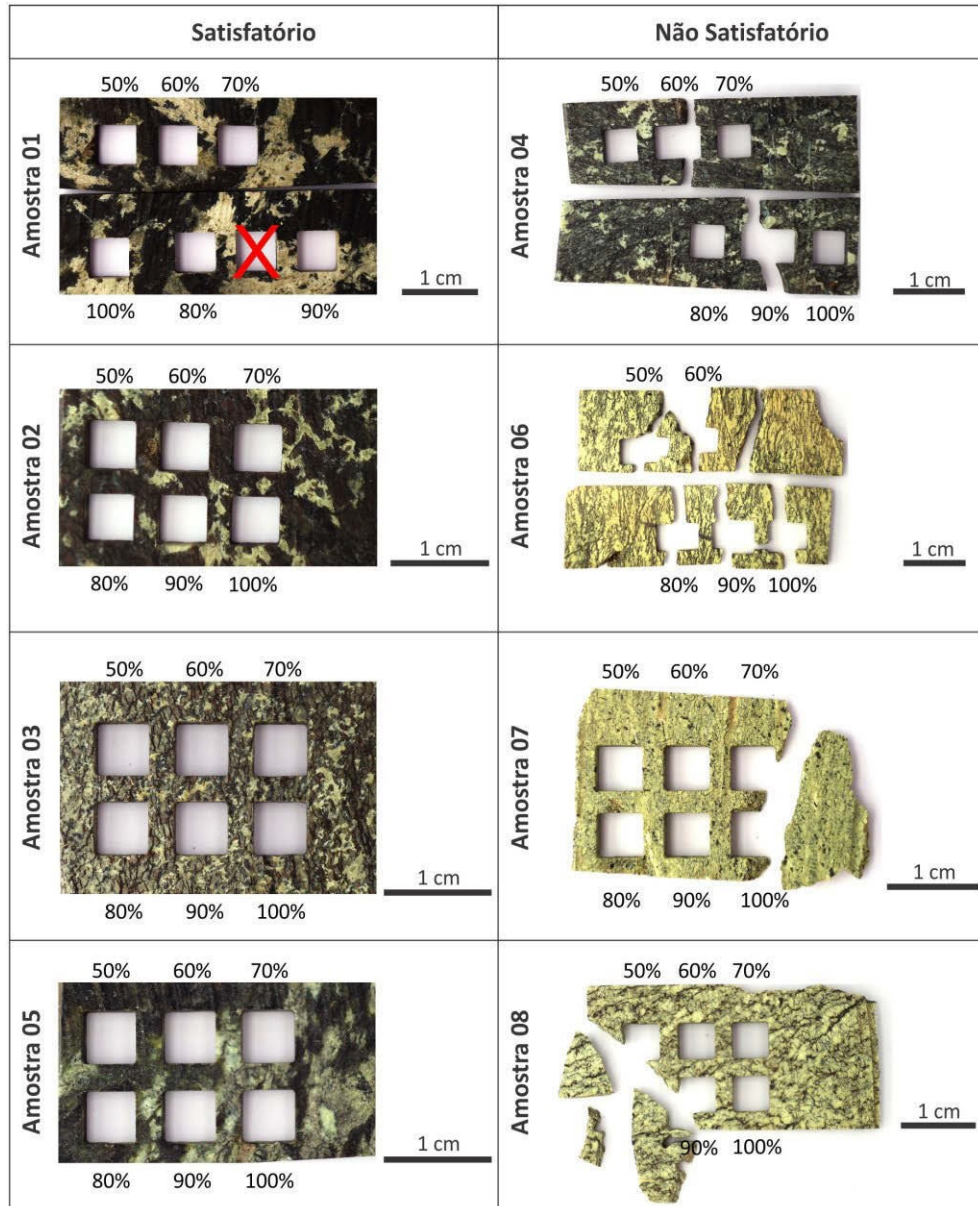
Ressalta-se que a rocha serpentinito pode ser fatiada da maneira tradicional, utilizando serra diamantada lubrificada (a água ou a óleo), porém, para se obter espessuras menores, o jato d'água é uma opção, porém, deve-se observar os limites de espessura para cada textura da rocha com que se está trabalhando.

4.2.1. Resultados dos testes de velocidade e de espaçamento

Após a confecção dos corpos de prova, partiu-se para a realização dos testes de velocidade e espaçamentos. Primeiramente, as amostras foram fixadas a uma chapa de madeira compensada. Feito isso, iniciaram-se os testes, primeiramente o de velocidades, conforme apresentado na metodologia deste trabalho. As velocidades empregadas partiram de 50% da capacidade da máquina, que corresponde a 125 mm/s em linhas retas e 100 mm/s em linhas curvas, até atingir 100% da velocidade, que corresponde a 250 mm/s em linhas retas e 200 mm/s em linhas curvas. Os resultados podem ser observados na Figura 29.

Conforme a Figura 29, obteve-se resultados satisfatórios em quatro das oito amostras submetidas ao teste (amostras 01, 02, 03 e 05). Nas demais (amostras 04, 06, 07 e 08), ocorreram fraturas no material durante o processo de corte. Estes comportamentos podem ser explicados mediante a caracterização previamente realizada, em que as amostras 01, 02, 03, 04 e 05 apresentam minerais de maior granulometria, com ocorrência de minerais opacos (magnetita) em veios, que dão maior resistência ao material nos variados sentidos da amostra. Já as amostras 06, 07 e 08, essa granulometria é bastante inferior, e há ocorrência de veios, porém estes são compostos por outros minerais como talco e clorita, os quais, em comparação com a magnetita, ao invés de melhorar as propriedades físicas do material, o tornam mais frágil.

Figura 29: Resultado do teste de velocidades no jato d'água, agrupando as amostras conforme o resultado, se foi satisfatório ou não satisfatório.



A amostra 04, apesar de possuir granulometria semelhante às amostras que tiveram resultados satisfatórios, conforme descrição mineralógica efetuada no item anterior, possui veios preenchidos com serpentina crisotilo (fibrosa), que cruzam a amostra em sentido oposto aos grãos. Estes veios foram analisados na Lupa estereoscópica, sendo possível visualizar a disposição das fibras dentro do veio (Figura 30). Esses veios são frágeis e quando submetidos a pequenas pressões, ocasionam a quebra do material. Isso também explica o fato de as fraturas terem ocorrido em diferentes velocidades do jato, conforme demonstra a

Figura 31. Neste momento, devido a fragilidade da amostra 04, esta foi eliminada dos próximos testes.

Figura 30: Observação de veios de serpentina da variedade crisotilo na Amostra 04. Fotografia da superfície com indicação da área observada na Lupa estereoscópica (a) e fotografia com magnificação de 5x do veio onde se pode observar a presença de serpentina da variedade crisotilo em seu interior (b) e observação da presença do veio nos limites de uma fratura, com magnificação de 4x (c).

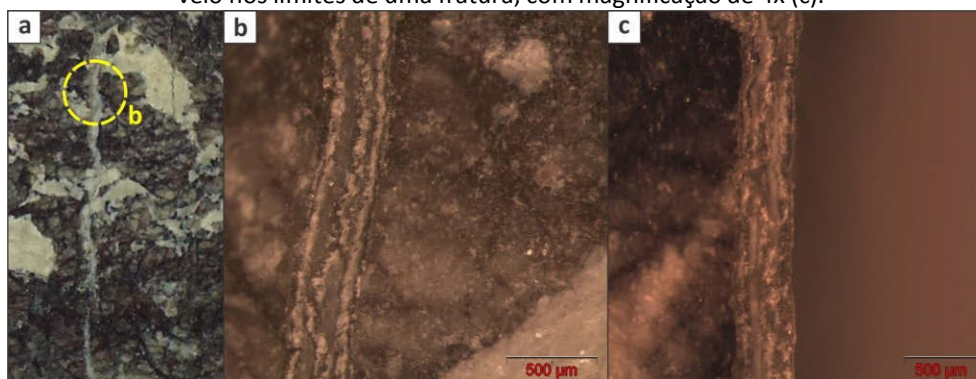
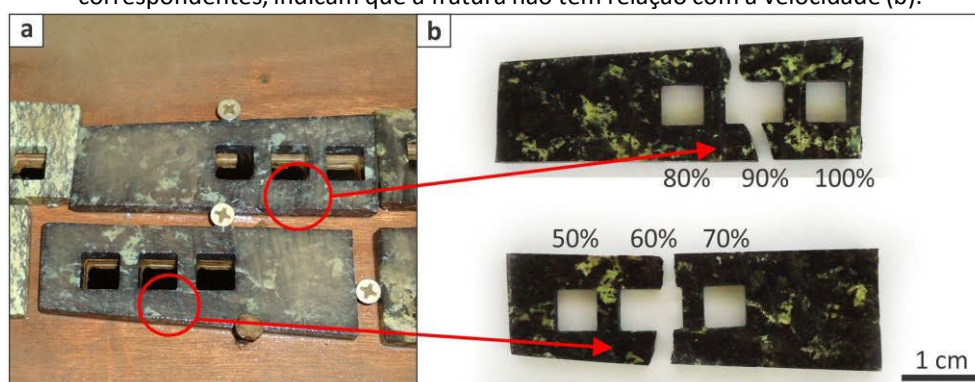


Figura 31: Resultado do teste de velocidade no jato d'água da amostra 04. Fotografia da amostra fraturada na mesa de trabalho da máquina (a); Fotografia da amostra após o corte, identificando as velocidades correspondentes, indicam que a fratura não tem relação com a velocidade (b).

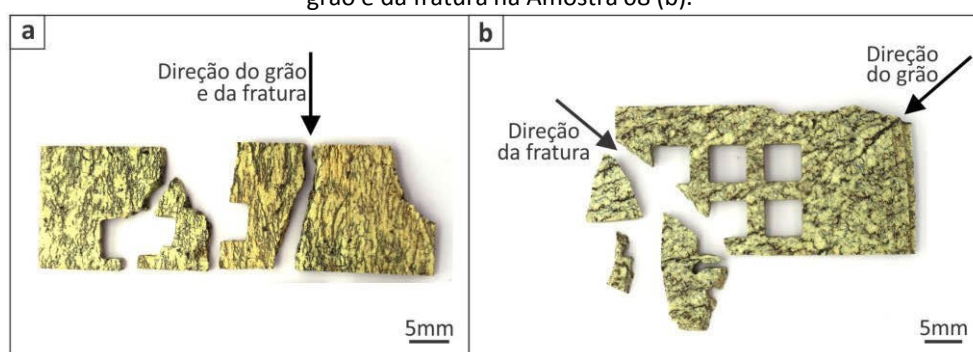


O ocorrido com a amostra 04, pode ser observado também nas amostras 07 (Figura 29). Conforme a caracterização mineralógica (item 4.1), esta amostra possui fibras (crisotilo) dispostas paralelas à direção de alinhamento dos veios, que tornam o material frágil quando exposto à pressão, como no caso do jato d'água. Na amostra 06, mesmo em amostra de mão, percebe-se que as fraturas ocorreram no sentido do grão, diferente do observado na amostra 08, em que a direção do grão é oposta à direção da fratura (Figura 32). A caracterização mineralógica mostrou que essas amostras possuem talco e clorita disseminados ao longo das lamelas de serpentina e também acompanhando os veios de

opacos. Como a amostra 06 possui apenas uma orientação, a mesma dos veios, a fratura ocorre neste mesmo sentido.

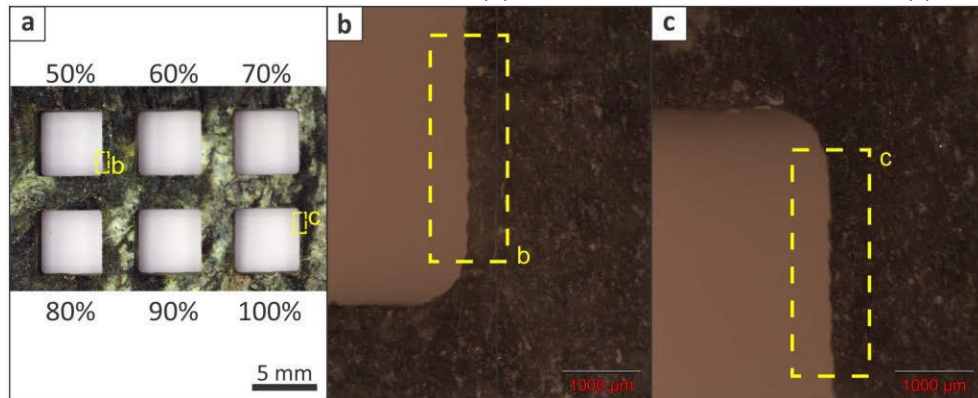
Na amostra 08, observa-se uma orientação preferencial de veios de minerais opacos, mas existe uma direção secundária, onde ocorrem veios mais finos de minerais opacos. Essa menor espessura dos veios e a presença de finas lamelas de clorita e talco, devem ter deixado a rocha mais frágil e por isso quebra mais facilmente nessa direção.

Figura 32: Exemplos de fraturas decorrentes da pressão do jato d'água sobre as Amostras 06 e 08. Indicação do mesmo direcionamento do grão e da fratura na Amostra 06 (a) e indicação dos direcionamentos opostos do grão e da fratura na Amostra 08 (b).



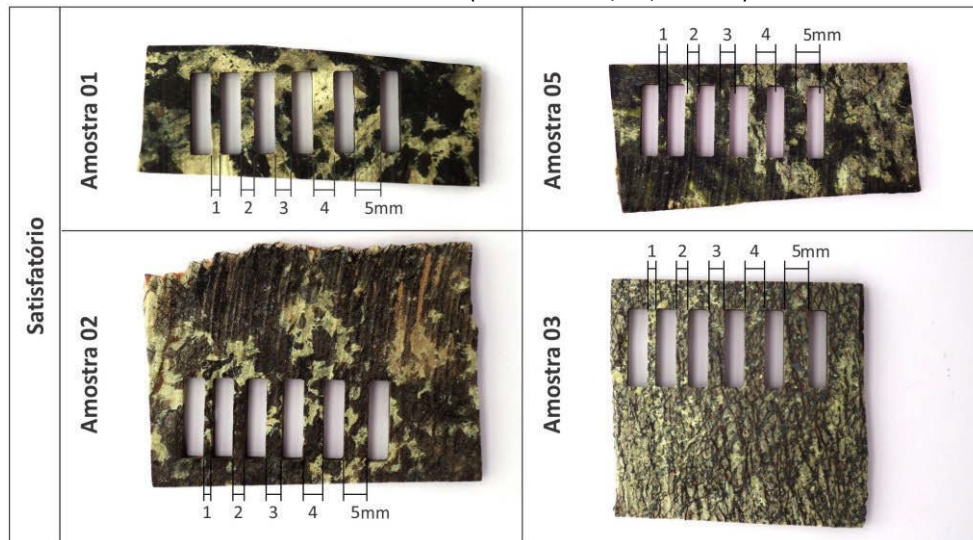
As amostras que apresentaram resultados satisfatórios neste primeiro teste (amostras 01, 02, 03 e 05), foram observadas na lupa estereoscópica para verificação da qualidade do corte nas diferentes velocidades testadas. Observou-se que, tanto na velocidade de 50% como na de 100%, a qualidade de corte é inalterada, apresentando os mesmos resultados em acabamento. Na Figura 33, tem-se a observação com aumento de 2x da amostra 05, onde é possível visualizar o resultado do corte com 50% da velocidade (Figura 33b) e com 100% da velocidade (Figura 33c). Esse resultado constitui um fator positivo do ponto de vista produtivo, já que agiliza o processo e impacta diretamente nos custos de produção. Porém, para a realização do segundo teste, o de espaçamentos, optou-se por utilizar uma velocidade mais baixa, de 50% da capacidade da máquina, a fim de verificar a resistência das amostras frente a uma exposição prolongada à pressão do jato.

Figura 33: Observação dos resultados do teste de velocidade no jato d'água da Amostra 05. Fotografia da Amostra 05 com identificação das áreas observadas na Lupa estereoscópica (a); Fotografia com magnificação de 2x do corte com velocidade de 50% (b) e do corte com velocidade de 100% (c).



Para o teste de espaçamentos, foram utilizadas as amostras 01, 02, 03 e 05 que apresentaram resultados satisfatórios no teste de velocidade. Os resultados para este teste são apresentados na Figura 34, indicando que foram satisfatórios para todas as amostras, sem ocorrência de fraturas.

Figura 34: Resultados satisfatórios e não satisfatórios obtidos no teste de espaçamentos nas cinco amostras submetidas ao teste (Amostras 01, 02, 03 e 05).



De acordo com a Figura 34 e mediante observação na Lupa estereoscópica, nos resultados satisfatórios, os cortes foram executados com boa qualidade de acabamento em todos os espaçamentos testados (de 1mm até 5mm). Como estas amostras apresentam

texturas semelhantes, para testes mecânicos como o corte por jato d'água, estas amostras apresentam comportamento semelhante.

Assim, com base nesses resultados, constata-se que a aplicação da tecnologia de corte por jato d'água demonstrou-se viável em metade das amostras testadas (amostras 01, 02, 03 e 05), apresentando fraturas nas amostras 04, 06, 07 e 08. Abaixo, tem-se uma tabela resumo com os resultados obtidos na aplicação do jato d'água e os parâmetros aplicáveis para cada amostra (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados observados nos testes de velocidade e espaçamento no corte por jato d'água.

Identificação	Velocidade	Espaçamento	Ocorrência	Resultado
Amostra 01	100%	1mm – 5mm	-----	Positivo
Amostra 02	100%	1mm – 5mm	-----	Positivo
Amostra 03	100%	1mm – 5mm	-----	Positivo
Amostra 04	-----	-----	Fratura	Negativo
Amostra 05	100%	1mm – 5mm	-----	Positivo
Amostra 06	-----	-----	Fratura	Negativo
Amostra 07	-----	-----	Fratura	Negativo
Amostra 08	-----	-----	Fratura	Negativo

Mediante os resultados não satisfatórios observados no corte por jato d'água das Amostras 06, 07 e 08, realizou-se o teste de corte em serra diamantada. O equipamento utilizado pertence ao Laboratório de Microanálise do Instituto de Física da UFRGS. A máquina modelo IsoMet 1000 *precision saw*, da marca Buehler, realiza cortes com precisão e de tamanhos reduzidos, fatores que são satisfatórios para o uso em joalheria.

O equipamento permite o corte de peças com tamanhos reduzidos e com velocidade de avanço controlada (de 100 a 975 rpm). Abaixo, tem-se a imagem do equipamento com identificação de seus componentes (Figura 35a), bem como, uma fotografia do equipamento em uso (Figura 35b).

Figura 35: Equipamento utilizado na realização dos testes de corte de precisão com serra diamantada. Imagem do equipamento com identificação de seus componentes (a). Fotografia do equipamento em uso (b).



Fonte: adaptado de Buehler, 2014 (a), acervo do autor (b).

Foram realizados cortes nas três amostras (06, 07 e 08), iniciando com a velocidade de 100 rpm, até abrir um sulco na amostra. Logo, esta velocidade foi aumentada gradativamente, até atingir a velocidade de 150 rpm para a Amostra 07, de 200 rpm para a Amostra 06 e de 300 rpm para a Amostra 08.

Na Amostra 06, quando a velocidade é aumentada além dos 150 rpm, percebe-se a quebra de pequenas partes da rocha nas adjacências do traçado da serra, deixando o acabamento com menos qualidade e deformando o corte. O mesmo é observado nas demais amostras, quando a velocidade passa os limites já mencionados.

Quanto ao acabamento de corte, este se mostrou superior ao observado no corte por jato d'água, apresentando aspecto mais liso e homogêneo. Isto pode ser resultado de vários fatores, como: 1 – a serra diamantada apresenta dureza superior (10 na escala Mohs) em comparação a granada, utilizada como abrasivo no jato d'água (dureza de 6,5 a 7 na escala Mohs); 2 - a serra já realiza um acabamento na região cortada por esta “deslizar” na lateral da serra; 3 – o princípio de corte por jato d'água é menos preciso e está sujeito a interferências, provocando irregularidades de força e de direção do jato de água com o abrasivo.

Ao final do corte, salienta-se a necessidade de reduzir gradativamente a velocidade de corte ao final do processo, retornando para a velocidade inicial de 100 rpm. Quando mantida a mesma velocidade, o material pode fraturar, deixando rebarbas.

Assim, constatou-se que, para a realização de corte em serpentinitos, recomenda-se:

- Evitar rochas onde se observa a presença de veios de serpentina da variedade crisotilo, já que esta causa fragilidade no material, fraturando quando exposto à pressão exercida pelo jato d'água, como foi o caso da Amostra 04.
- Em rochas de maior granulometria e predominância da serpentina antigorita e lizardita (maciças e lamelares), a resistência do material é superior, cortando desenhos com alta e baixa velocidade com boa qualidade e sem fraturas; para estes nódulos, são suportados espaçamentos mínimos de 1mm de espessura com boa qualidade de corte.
- Em rochas de menor granulometria e com predominância de serpentina crisotilo (fibras), o corte em jato d'água deve ser evitado, sendo recomendado nestes casos, o corte das formas com serra diamantada de precisão, com velocidade limite de 150 rpm.
- Devido às limitações do corte com serra diamantada, para estes nódulos da rocha, as formas possíveis de serem cortadas são geométricas e simples (cubos, retângulos, elipses).

Abaixo, na Tabela 4, tem-se uma compilação dos parâmetros de corte aplicáveis em serpentinito.

Tabela 4: Parâmetros recomendáveis para aplicação de corte por jato d'água em Serpentinitos.

Identificação	Técnica	Velocidade para cortes simples	Velocidade para cortes complexos	Espaçamento
Amostra 01	Jato d'água	Até 100%	Até 100%	1mm – 5mm
Amostra 02	Jato d'água	Até 100%	Até 100%	1mm – 5mm
Amostra 03	Jato d'água	Até 100%	Até 100%	1mm – 5mm
Amostra 04	-----	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica
Amostra 05	Jato d'água	Até 100%	Até 100%	1mm – 5mm
Amostra 06	Serra diamantada	100 a 150 rpm	Não se aplica	Não se aplica
Amostra 07	Serra diamantada	100 a 200 rpm	Não se aplica	Não se aplica
Amostra 08	Serra diamantada	100 a 300 rpm	Não se aplica	Não se aplica

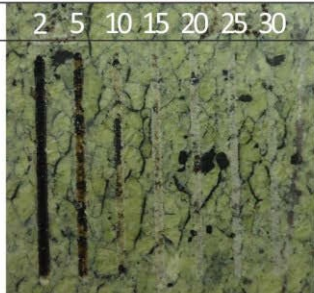
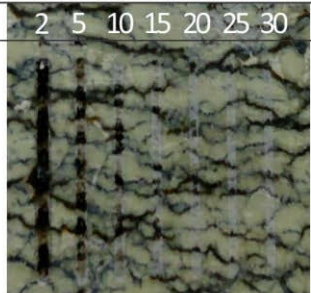
4.3. GRAVAÇÃO A LASER

Conforme o método adotado para a realização dos testes de gravação a laser, estes iniciaram-se com a gravação de formas retas, curvas e de preenchimento para definição das velocidades aplicáveis. Posteriormente, a partir dos resultados adquiridos nestes primeiros testes, serão aplicados os testes de preenchimento com escala de saturação de preto e o teste de espaçamento entre linhas. Desta forma, este tópico será subdividido em: Resultados para formas retas e curvas; Resultados para preenchimentos e Resultados para espaçamentos entre linhas.

4.3.1. Resultados para Formas Retas e Curvas

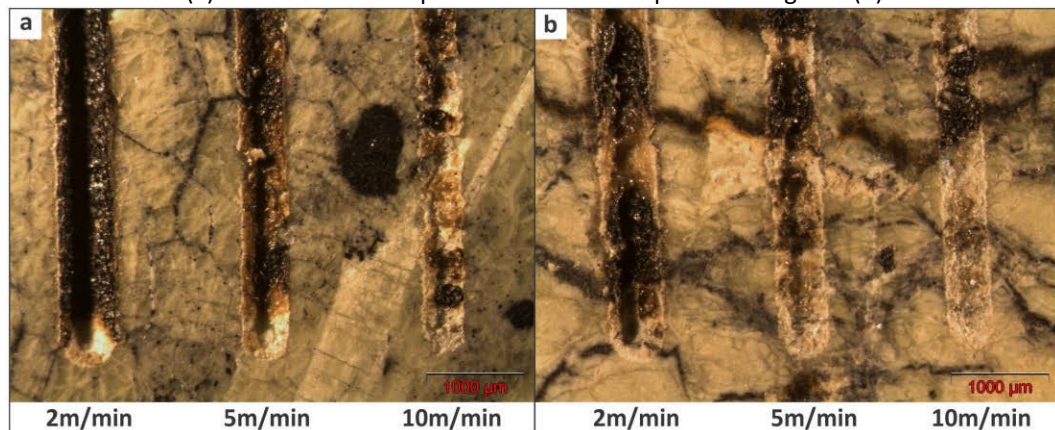
Conforme especificado na metodologia deste trabalho, a potência de gravação empregada foi de 60W (potência máxima da máquina) e a lente utilizada foi a de 10x10 cm. Primeiramente, foram realizados testes preliminares em duas amostras de serpentinito, uma com predominância de serpentina antigorita (lamelar / amostra 08) e outra com predominância de serpentina crisotilo (fibrosa / amostra 07). Nestes testes foram aplicadas as velocidades de 2m/min a 30 m/min, e os resultados podem ser visualizados na Figura 36 abaixo.

Figura 36: Resultado dos teste preliminares de gravação a laser nas amostras com predominancia de serpentina crisotila e de serpentina antigorita.

Amostra	Serpentina Crisotila	Serpentina Antigorita
Potência	60 W	60 W
Lente	10 x 10 cm	10 x 10 cm
Velocidade (m/min)	2 5 10 15 20 25 30	2 5 10 15 20 25 30
Resultado		

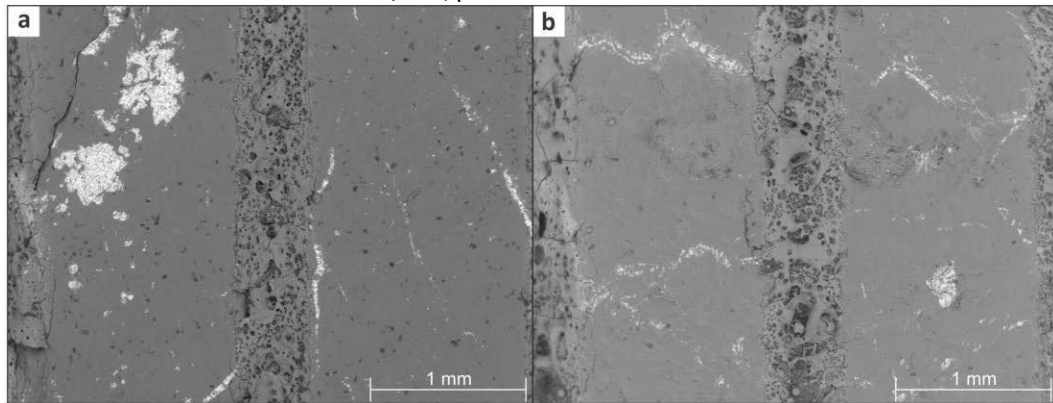
Por meio de imagens obtidas na lupa estereoscópica, observa-se que na amostra com predominância de serpentina antigorita (Figura 37b), a gravação não apresentou resultados satisfatórios, pois a marcação do traçado não é uniforme nas velocidades mais baixas (2 e 5 m/min) e nas velocidades mais altas (de 10 a 30 m/min) a intensidade do laser não foi suficiente para marcar a superfície do material, obtendo-se um traçado de baixa profundidade e contraste. Na velocidade de 2 m/min, o traçado ficou mais visível, porém ainda apresentando descontinuidades ao longo do traçado. Na amostra com predominância de serpentina crisotilo (Figura 37), são observados resultados semelhantes a amostra anterior, porém o traçado obtido com velocidade de 2 m/min apresentou maior nitidez e boa profundidade.

Figura 37: Imagens na lupa das amostras gravadas com velocidades de 2, 5 e 10 m/min, potência de 60W e lente de 10x10 cm. Imagens com magnificação de 2,5x da amostra com predominância de serpentina crisotilo (a) e da amostra com predominância de serpentina antigorita (b).



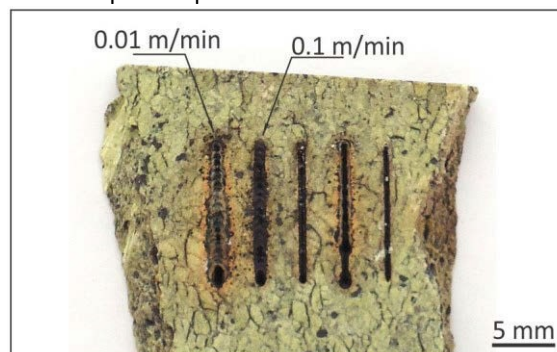
Ao MEV observou-se que nas duas amostras gravadas com velocidade de 5 m/min, potência de 60W e lente de 10 x 10 cm (Figura 38), é possível identificar com maior nitidez as descontinuidades presentes no traçado. Na amostra com predominância de serpentina antigorita a descontinuidade do traçado é mais evidente, com presença de regiões de material mais e menos fundido (Figura 38b). Na amostra com predominância de serpentina crisotilo essas descontinuidades estão menos acentuadas, o volume de material fundido está mais distribuído no traçado, resultando em um aspecto de gravação mais uniforme (Figura 38a).

Figura 38: Imagens ao MEV com magnificação de 50x das amostras fibrosa (a) e lamelar (b) gravadas com velocidade de 5m/min, potência de 60W e lente de 10x10 cm.



Desta forma, optou-se por realizar novos testes utilizando velocidades inferiores a 2 m/min. O primeiro teste foi executado com as velocidades de 0.01, 0.1, 0.5, 1, 1.5 e 2 m/min. Porém, observou-se que na velocidade de 0.01 m/min, o laser atravessou as amostras e, na velocidade de 0.1 m/min, a queima foi muito intensa, criando grandes vales no traçado, descontinuidades e queimaduras na superfície do material, como pode ser observado na Figura 39.

Figura 39: Resultado para os primeiros testes de formas retas na Amostra 07.



Assim, as velocidades tiveram que ser novamente revistas, aplicando o teste com as velocidades de 0.5 m/min, 1 m/min, 1.5 m/min e 2 m/min, potência de 60W e lente de 10 x 10 cm. Nas Figura 40 e Figura 41, tem-se os resultados obtidos nos testes de formas retas e curvas.

Figura 40: Testes de gravação a laser de formas retas com potência de 60W, lente de 10 x 10mm e velocidades de 0,5, 1, 1,5 e 2 m/min nas Amostras 01 (a), 02 (b), 03 (c), 04 (d), 05 (e), 06 (f), 07 (g) e 08 (h).

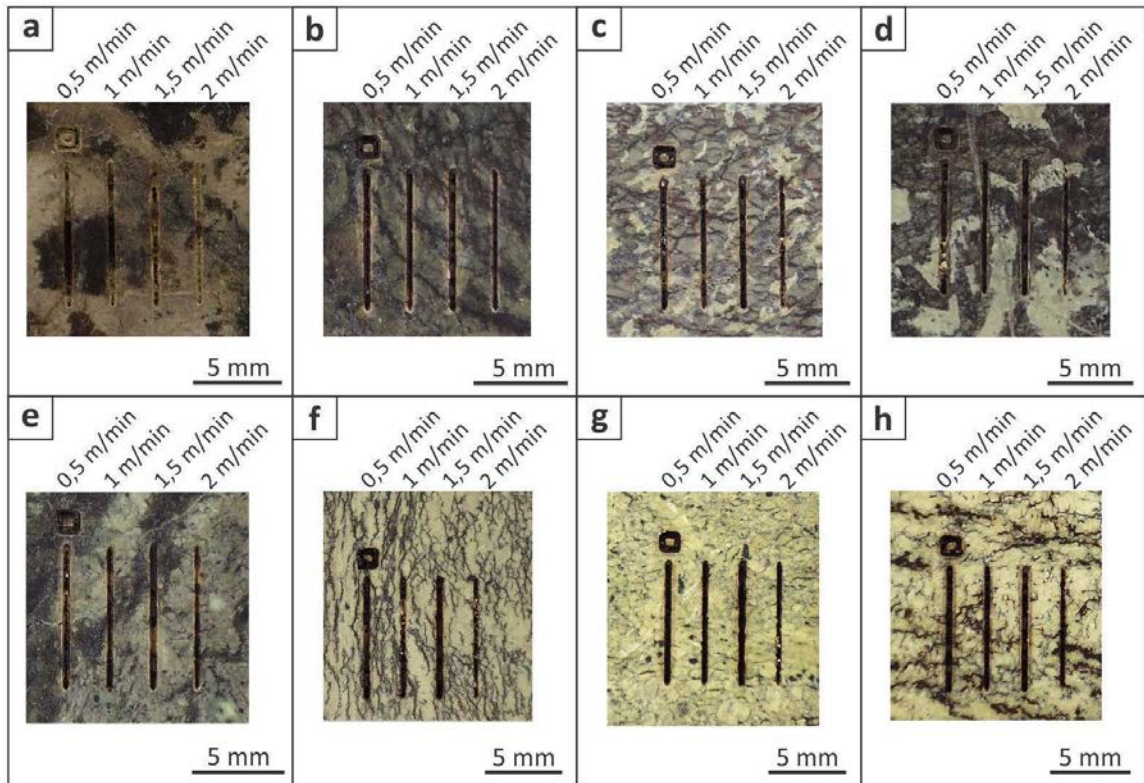
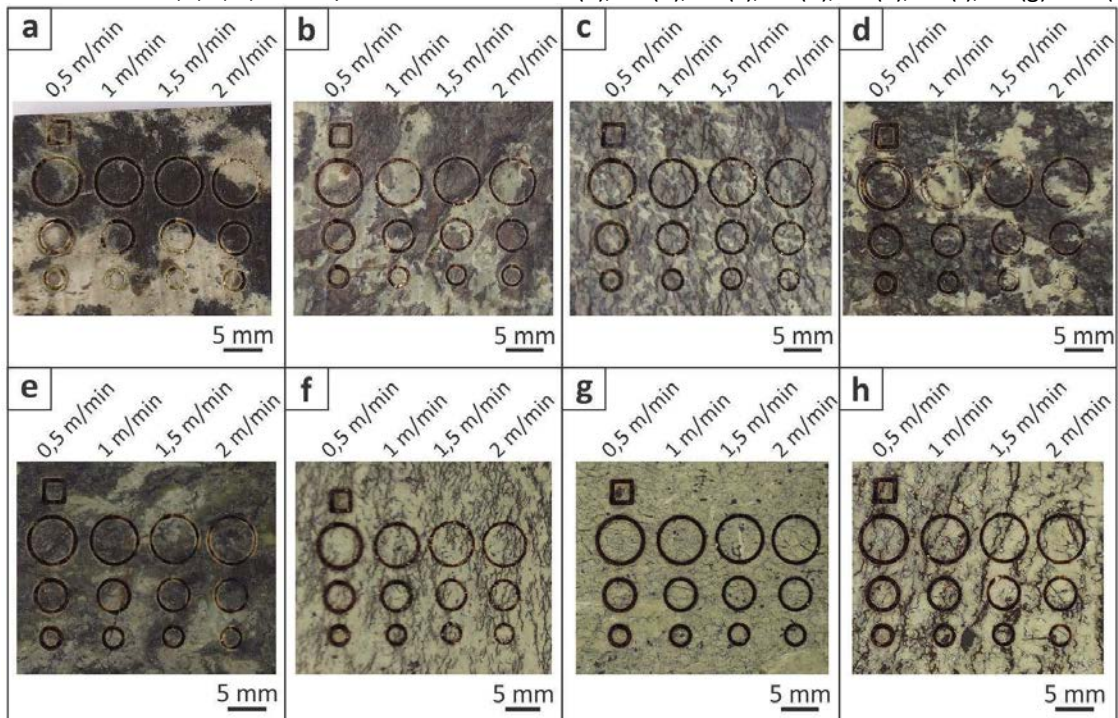


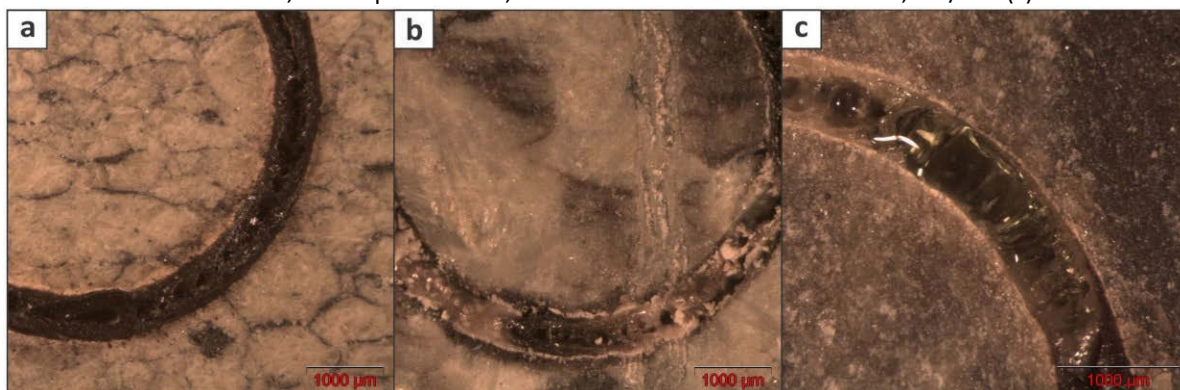
Figura 41: Testes de gravação a laser de formas curvas com potência de 60W, lente de 10 x 10mm e velocidades de 0,5, 1, 1,5 e 2 m/min nas Amostras 01 (a), 02 (b), 03 (c), 04 (d), 05 (e), 06 (f), 07 (g) e 08 (h).



A primeira análise passível de ser realizada foi por meio da percepção visual e tátil das amostras gravadas. Nesta análise, percebe-se que a ação do laser proporciona uma modificação na superfície da rocha, deixando uma marca de coloração predominantemente preta e rugosa. O processo observado é denominado de ablação que está associado a ruptura da superfície em escala macroscópica, decorrente da fusão e rápida solidificação. Este processo, por sua vez, culmina na perda da estequiometria⁷ e a consequente alteração da composição química da superfície tratada com laser. Tal fenômeno será melhor explorado no item 4.3.3, que trata da interação do laser com a superfície do material.

Ainda quanto às primeiras impressões analisadas, percebe-se, em alguns pontos, que a cor da gravação se modifica, adquirindo um aspecto vítreo e variando sua coloração em tons de branco amarelado a esverdeado. Tais observações foram feitas na Lupa estereoscópica, cujas imagens são expostas abaixo (Figura 42).

Figura 42: Observação da coloração obtida na gravação a laser das Amostras nos testes de formas curvas. Observação com magnificação de 2x da coloração escura obtida na gravação da Amostra 07 com velocidade de 0,5 m/min (a), da coloração branco amarelada da Amostra 04 com velocidade de 1 m/min (b) e da coloração esverdeada, com aspecto vítreo, da Amostra 01 com velocidade de 0,5 m/min (c).



Essa variação de cores pode estar associada a modificação da composição superficial do material em contato com o laser. Assim, essas colorações se repetem em todas as amostras, com exceção das amostras 07 e 08 que apresentam cor preta mais uniformes. Como o objetivo é adquirir um contraste suficiente da gravação com a superfície da rocha, quanto mais homogênea e escura for a gravação, melhor será sua aplicação no

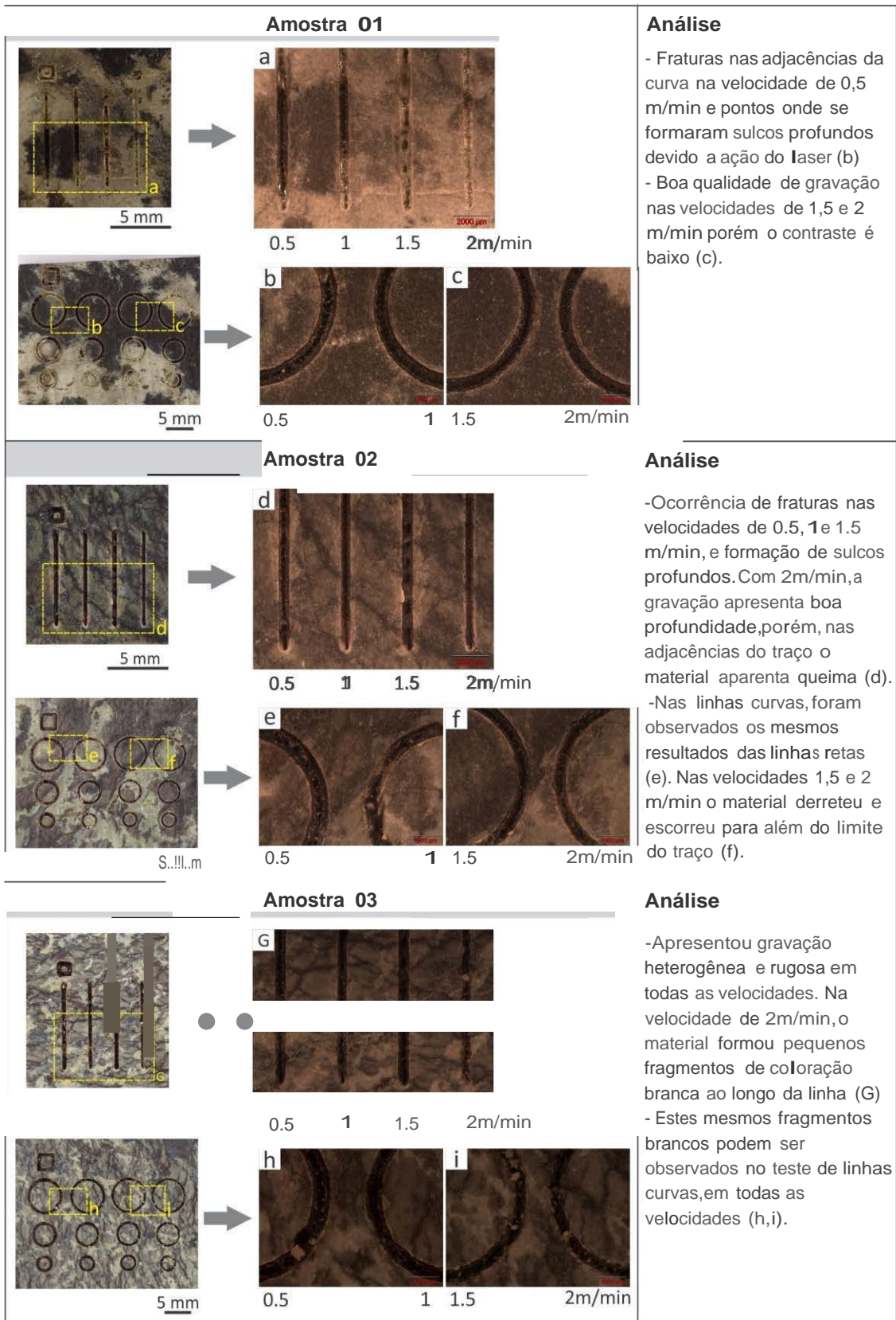
⁷Estado de equilíbrio do material, em que o mesmo possui exatamente a razão de cátions para ânions especificada pela fórmula química (CALLISTER, 2006).

desenvolvimento de desenhos que venham a compor a peça de joalheria. Portanto, a gravação disforme, variando a coloração e a profundidade, não são interessantes.

Ao observar a amostra 01 na Lupa estereoscópica (Figura 43), como já constatado, o laser em contato com a rocha causa uma fusão localizada, provocando a vitrificação do material em alguns pontos. Com isso, a gravação obtida nesta amostra é bastante disforme, variando a coloração do escuro ao branco amarelado. Além disso, observa-se algumas fraturas nas adjacências das gravações com velocidade de 0.5m/min (Figura 43a). Também é visível a descontinuidade dos traços, onde as retas e curvas apresentam locais em que a gravação é profunda e outros em que a gravação é superficial (Figura 43b, c). A melhor qualidade é obtida com as velocidades de 1.5 e 2m/min. Porém, o contraste da gravação com a rocha é baixo, não sendo viável sua aplicação na gravação de elementos gráficos com base em linhas.

A amostra 02 também apresentou características semelhantes às observadas na amostra 01, com ocorrência de fraturas e formação de sulcos profundos ao longo dos traçados nas velocidades de 0.5, 1 e 1.5 m/min. Com 2m/min, a gravação apresenta boa profundidade, porém, nas adjacências do traço o material adquiriu um aspecto de queimado, indicando que a temperatura de queima do laser é alta nesta velocidade, causando manchas no material (Figura 43d). Nas linhas curvas, foram observados os mesmos resultados das linhas retas, com presença de sulcos profundos e fraturas na gravação (Figura 43e), nas velocidades 1.5 e 2 m/min, observou-se também que o material fundido “escorreu” para além dos limites dos traçados, gerando uma descontinuidade da gravação (Figura 43f). Na amostra 03 também obteve-se uma gravação disforme e rugosa em todas as velocidades. Na velocidade de 2m/min, o material formou pequenos fragmentos de cor branco amarelada ao longo do traçado, além das variações de profundidade da gravação em todas as velocidades testadas, tanto para formas retas como para curvas (Figura 43 G, h, i).

Figura 43: Imagens obtidas na Lupa estereoscópica das Amostras 01, 02 e 03 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas. As imagens dos testes de linhas retas foram feitas com magnificação de 1x (a, d, G), e dos testes de linhas curvas com magnificação de 2x (b, c, e, f, h, i).

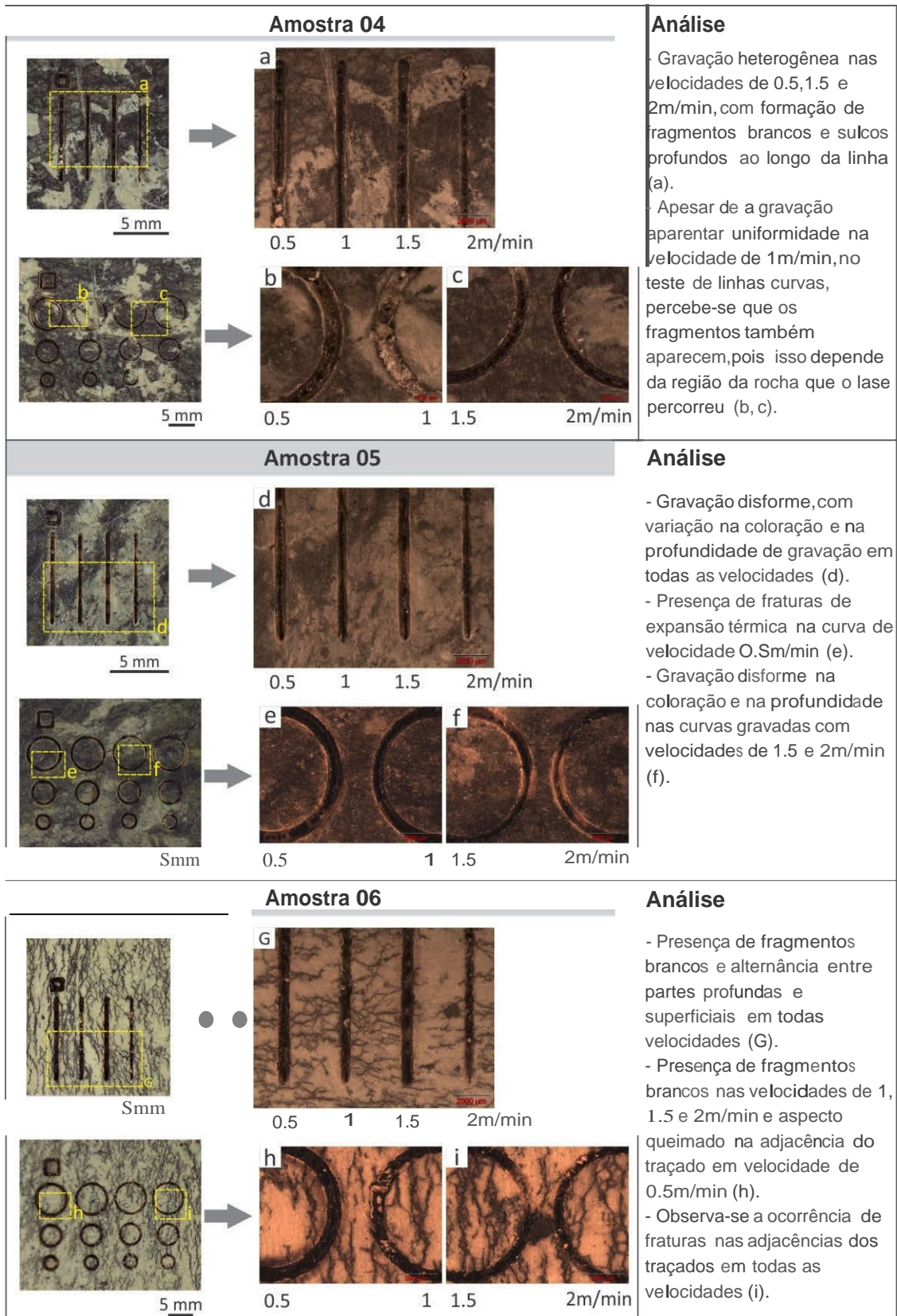


A amostra 04 apresentou características semelhantes às amostras 01, 02 e 03 (Figura 44). No teste de formas retas a gravação ocorreu de forma disforme nas velocidades de 0,5, 1 e 2m/min, formando fragmentos esbranquiçados e sulcos profundos ao longo dos traçados (Figura 44a). Somente na velocidade de 1m/min a gravação foi mais uniforme, porém, se observarmos a mesma gravação para formas curvas, constata-se que os fragmentos esbranquiçados também ocorrem, bem como a variação de profundidade da marcação (Figura 44b, c). Observa-se também que ocorre uma variação da profundidade de gravação e da coloração conforme o mineral que é atingido pelo feixe.

De igual forma, a amostra 05 apresentou gravação disforme nos dois testes, variando a coloração e a profundidade em todas as velocidades testadas (Figura 44d, e, f). O contraste da gravação com a superfície da rocha, em alguns pontos é satisfatório, porém, devido a variação de coloração que ocorre em diferentes pontos dos traçados retos e curvos, comprometem o contraste, diminuindo a nitidez do desenho.

Na amostra 06 foi observado o mesmo ocorrido nas amostras anteriores. Identificou-se novamente a presença de fragmentos brancos e a alternância entre partes profundas e superficiais na gravação de formas retas e curvas com a mesma velocidade (Figura 44G). Nas imagens das formas curvas, percebe-se, além da presença de fragmentos brancos, a dispersão do material fundido pela superfície da rocha e nas adjacências das curvas (Figura 44h). Na gravação da curva de raio 4mm, observa-se a ocorrência de fraturas de expansão térmica no traçado (Figura 44i). Assim, a melhor velocidade observada foi a de 2 m/min, pois apresentou menos descontinuidades no traçado e com boa profundidade no teste de linhas retas. Porém, ressalta-se que a porosidade do material pode acarretar em defeitos na gravação do material.


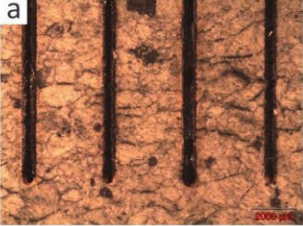
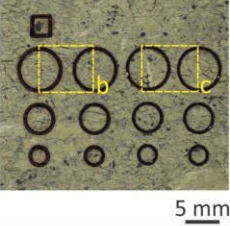
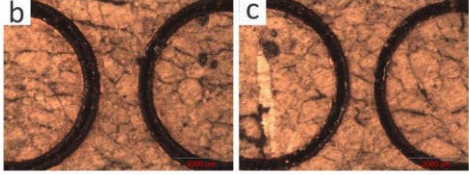
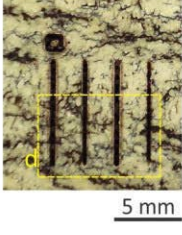
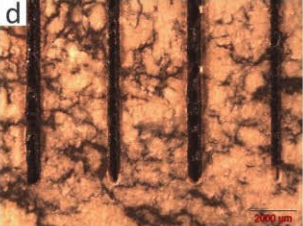
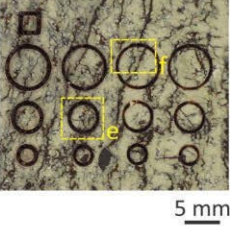
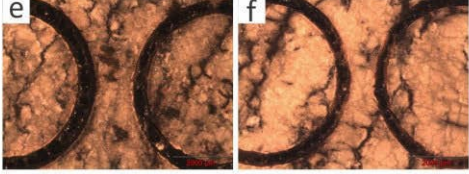
Figura 44: Imagens obtidas na Lupa estereoscópica das Amostras 04, 05 e 06 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas. As imagens dos testes de linhas retas foram feitas com magnificação de 1x (a, d, G), e dos testes de linhas curvas com magnificação de 2,5x e de 2x (b, c, e, f, h, i).



A amostra 07 apresentou os melhores resultados no processo de gravação a laser dentre todas as amostras testadas. Tal fator está relacionado a sua granulometria, que é menor, apresentando assim, uma superfície de coloração homogênea, favorecendo o contraste entre a superfície e a gravação. Apesar disso, também houveram ocorrências de sulcos profundos e descontinuidade dos traçados nas velocidades de 0.5 e 1.5 m/min. Ainda na velocidade de 0.5 m/min, o traçado apresentou aspecto de queimado nas suas adjacências que são perceptíveis a olho nú (Figura 45a). Assim, para formas retas o melhor resultado é obtido com a velocidade de 2m/min. Para formas curvas, o melhor resultado obteve-se com as velocidades de 1.5 e 2m/min (Figura 45b, c).

Na amostra 08, para linhas retas e curvas, o melhor resultado foi obtido com a velocidade de 1m/min (Figura 45d, f). Nas demais velocidades, observou-se que a gravação ocorreu de forma disforme, com variação de profundidades ao longo dos traçados e dispersão de material fundido nas suas adjacências (Figura 45e). Além disso, na velocidade de 0.5m/min para formas retas, o material obteve um aspecto de queimado nas adjacências do traçado perceptível a olho nú. O mesmo pode ser observado na velocidade de 1.5 m/min. Na velocidade de 2m/min, o traço perdeu intensidade, profundidade e, por consequência, sua uniformidade.

Figura 45: : Imagens obtidas na Lupa estereoscópica das Amostras 07 e 08 referente aos testes de gravação a laser de linhas retas e curvas. As imagens dos testes de linhas retas foram feitas com magnificação de 1x e 2,5x (a, d) e dos testes de linhas curvas com magnificação de 2x (b, c, e, f).

Amostra 07		Análise	
 <p>5 mm</p>	 <p>0.5 1 1.5 2m/min</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Gravação com bom contraste pois essa amostra apresenta menor granulometria e coloração mais homogênea. - Para linhas retas o melhor resultado observado foi com velocidade de 1m/min, e para linhas curvas as velocidades de 1.5 e 2m/min. 	
 <p>5 mm</p>	 <p>0.5 1 1.5 2m/min</p>		
Amostra 08			Análise
 <p>5 mm</p>	 <p>0.5 1 1.5 2m/min</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Para linhas retas e curvas apresentou melhor resultado com velocidade de 1m/min (d). - Nas demais velocidades apresentou gravação heterogênea, com variação de profundidade e espalhamento de material fundido nas adjacências dos traçados (e, f).
 <p>5 mm</p>	 <p>0.5 1 1.5 2m/min</p>		

Mediante a análise realizada, percebe-se de modo geral, que a característica da rocha de possuir grãos maiores de minerais distintos, dificulta a aplicação da técnica de gravação a laser. Isto porque, cada mineral reage de maneira diferente frente a ação do feixe laser. Assim, mesmo obtendo uma gravação uniforme, sem um contraste suficiente, o uso da tecnologia não se mostra relevante na marcação de desenhos que tenham como base as linhas.

Assim, quanto a gravação a laser de formas retas e curvas, alguns parâmetros foram definidos como satisfatórios para as amostras 06, 07 e 08, que apresentaram contraste

relevante do laser com a superfície da rocha. Assim, elaborou-se uma tabela resumo dos resultados obtidos e parâmetros aplicáveis nas oito amostras (Tabela 5).

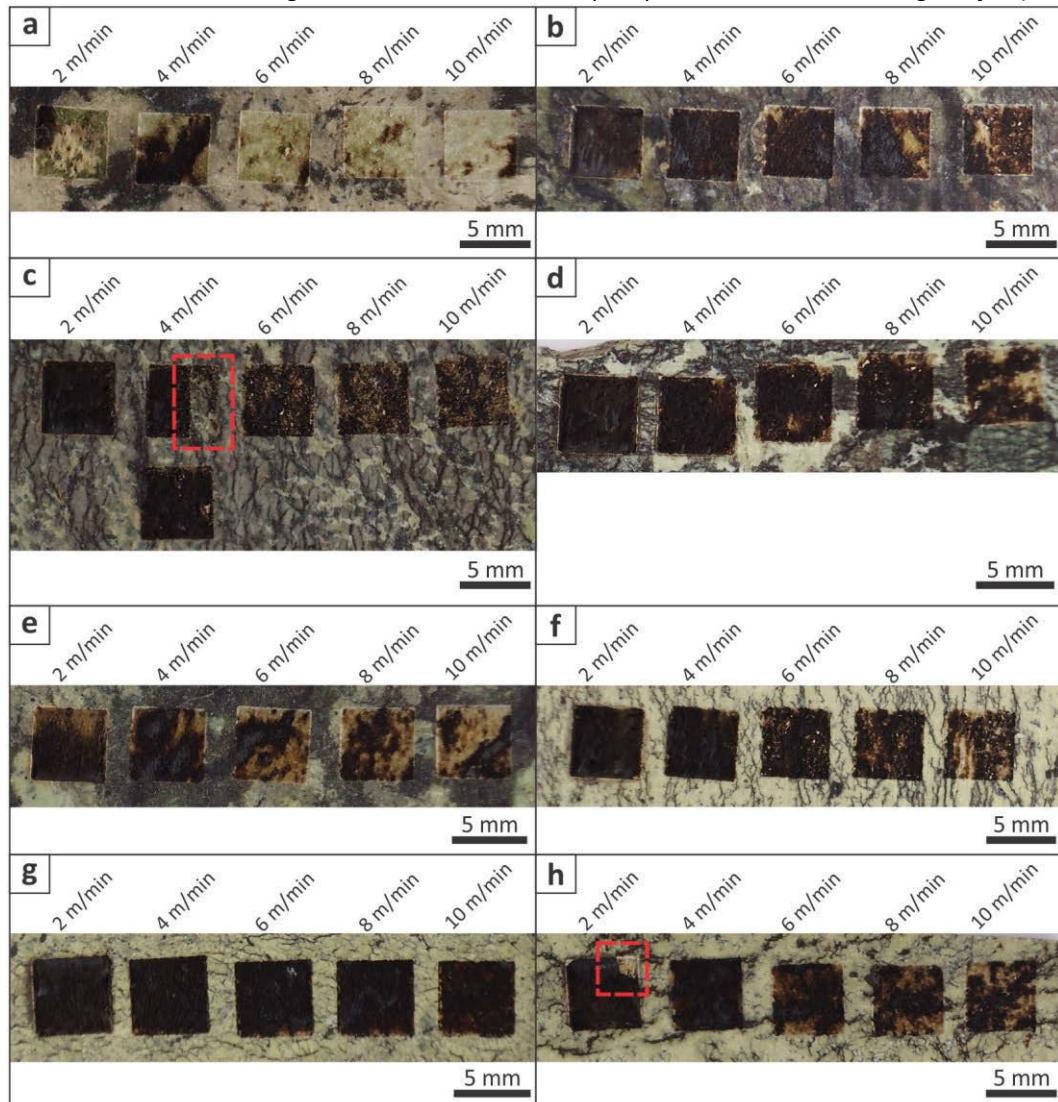
Tabela 5: Parâmetros de gravação a laser para formas retas e curvas em serpentinito. Os campos destacados com a cor verde representam os resultados positivos.

Amostra	Potência	Lente	Velocidade	Ocorrência	Resultado
01	60W	10 x 10 cm	Todas as velocidades	Gravação disforme e ocorrência de fraturas.	Não se aplica
02	60W	10 x 10 cm	Todas as velocidades	Gravação disforme, ocorrência de fraturas e aspecto queimado nas adjacências do traçado.	Não se aplica
03	60W	10 x 10 cm	Todas as velocidades	Gravação disforme, com formação de fragmentos brancos.	Não se aplica
04	60W	10 x 10 cm	Todas as velocidades	Gravação disforme, com formação de fragmentos brancos.	Não se aplica
05	60W	10 x 10 cm	Todas as velocidades	Gravação disforme e aspecto de queimado no traçado.	Não se aplica
06	60W	10 x 10 cm	0,5 m/min	Gravação disforme, descontinuidades e fraturas de expansão térmica	Negativo
			1 m/min		
			1,5 m/min		
			2 m/min	Para linhas retas	Positivo
07	60W	10 x 10 cm	0,5 m/min	Sulcos profundos e aspecto queimado no traçado	Negativo
			1 m/min		
			1,5 m/min	Para linhas curvas	Positivo
			2 m/min	Para linhas curvas e retas	
08	60W	10 x 10 cm	0,5 m/min	Sulcos profundos e aspecto de queimado nas adjacências do traçado.	Negativo
			1 m/min	Para linhas retas	Positivo
			1,5 m/min	Para linhas curvas	
			2 m/min	Para linhas curvas e retas	

4.3.2. Resultados para preenchimentos

O teste de preenchimento compreendeu um novo estudo quanto à velocidade empregada na marcação. Para a gravação de formas preenchidas, utilizam-se arquivos exportados em JPEG, fator que modifica os parâmetros e velocidades informadas no software de gravação do equipamento. O teste foi realizado com potência de 60W, lente de 10x10 cm e velocidades de: 2 m/min, 4 m/min, 6 m/min, 8m/min e 10 m/min. Abaixo, na Figura 46, são apresentados os resultados.

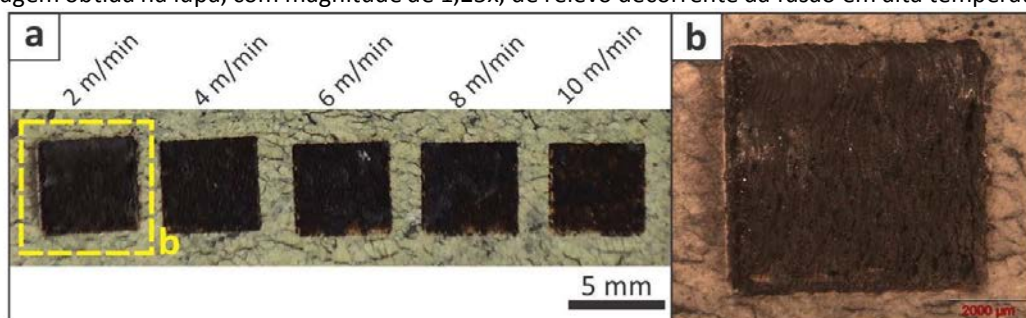
Figura 46: Testes de gravação a laser de preenchimentos, com potência de 60W, lente de 10 x 10mm e velocidades de 2, 4, 6, 8 e 10 m/min nas Amostras 01 (a), 02 (b), 03 (c), 04 (d), 05 (e), 06 (f), 07 (g) e 08 (h). Destacados em vermelho regiões das Amostras 03 e 08 que apresentaram defeitos na gravação (c e h).



As marcações geradas pelo laser na superfície do material puderam ser avaliadas em amostras de mão, já que, na maioria dos casos a gravação apresentou aspecto disforme e rugosidades salientes, facilmente sentidas pelo tato. Assim, de modo geral, observou-se um padrão de resultados de gravação que se repetiram em todas as amostras, dependendo da velocidade empregada.

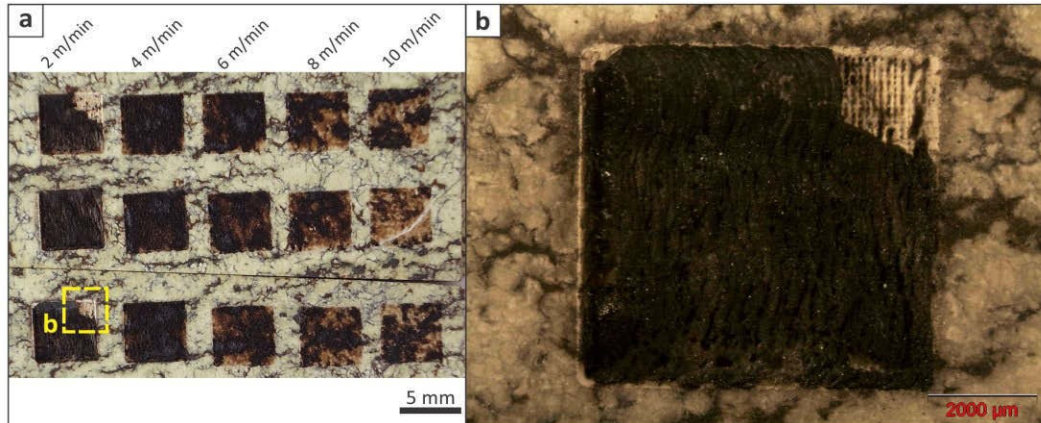
Na velocidade de 10 m/min, todas as amostras apresentaram irregularidades de coloração, sendo predominantemente em tom preto com presença de manchas amareladas. A presença destas manchas diminui o contraste com a superfície da rocha, não sendo interessante para uso em gravação de elementos ou desenhos. Nas velocidades mais baixas, de 2m/min, 4 m/min e 6 m/min, a temperatura do laser é muito elevada, criando, na parte superior dos cubos gravados, um aumento de massa, como se o material fundido se agrupasse nessa região. Apenas na amostra 07 é que se obteve uma gravação uniforme em todas as velocidades, sem presença de mancha, porém, nas velocidades mais baixas (2m/min, 4 m/min e 6 m/min) também apresentou a mesma rugosidade elevada (Figura 47).

Figura 47: Teste de preenchimento na amostra 07. Identificação da região observada na Lupa estereoscópica (a). Imagem obtida na lupa, com magnitude de 1,25x, de relevo decorrente da fusão em alta temperatura (b).



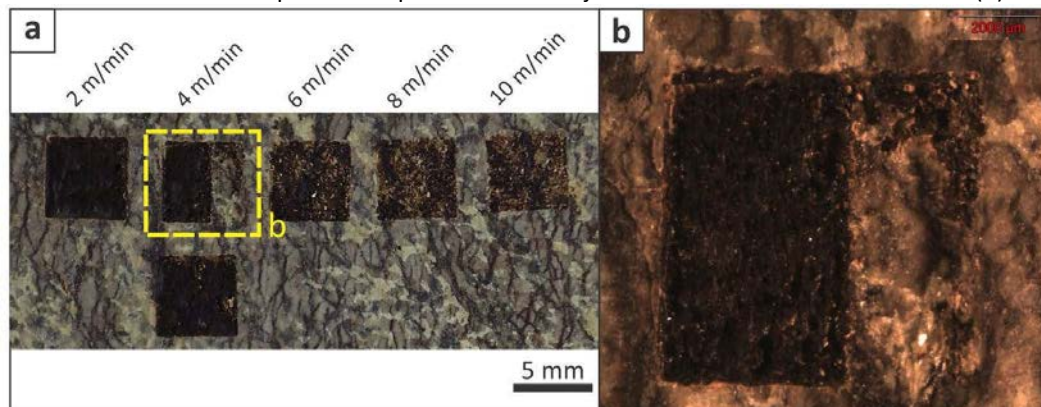
De forma isolada, as amostras 03 e 08 apresentaram defeitos na gravação das velocidades de 4 m/min e 2 m/min respectivamente, ocorrendo um descolamento de parte fundida da rocha no momento da gravação. Na Lupa estereoscópica, quando observada a região onde tem-se esse descolamento na Amostra 08, percebe-se que somente o material fundido da rocha se desprende, já que as marcas dos pontos da ação do laser permaneceram na rocha (Figura 48).

Figura 48: Testes de preenchimento na amostra 08. Realização de novos testes para avaliar a reincidência do descolamento do material fundido na superfície da rocha no momento da gravação (a). Observação com magnitude de 1,25x do descolamento ocorrido na velocidade de 2m/min (b).



Com isso, identificou-se que a gravação de formas preenchidas na velocidade de 2m/min, como a fusão é mais intensa, torna essa região muito frágil. Já na velocidade de 8m/min, cuja alteração ocorre em temperaturas mais baixas, o material não atinge esse grau de fragilidade. Na amostra 03, observa-se algo semelhante na região percorrida pelo laser com velocidade de 4m/min (Figura 49). Porém, diferentemente do observado na Amostra 08, parte da superfície da rocha não fundida se deslocou juntamente com a massa de material fundido. Ao pressionarmos a ponta do dedo contra outras partes de material fundido desta mesma amostra, o descolamento foi facilmente ocasionado, concluindo-se que esta ocorrência é em virtude da fragilidade do material.

Figura 49: Teste de preenchimento na amostra 03. Indicação da região observada na Lupa estereoscópica (a). Imagem obtida na Lupa, com magnitude de 1,25x, da gravação realizada com velocidade de 4m/min, da região de descolamento de parte da superfície da rocha juntamente com o material fundido (b).



Com base nos resultados observados, a velocidade que apresentou os resultados mais satisfatórios foi a de 8 m/min. Nesta velocidade, obteve-se uma gravação uniforme, com poucas ou nenhuma mancha, sólida (não apresentou descolamentos de material) e de coloração mais intensa. Para as amostras 01, 02, 03, 04 e 05, a aplicação da gravação a laser como elemento gráfico não se apresenta como uma técnica interessante, pois o contraste adquirido é baixo, sendo mais aconselhável o uso da gravação a laser como técnica de criação de texturas superficiais. Somente para as amostras 06, 07 e 08 a gravação de elementos gráficos mais complexos é possibilitada (resultados satisfatórios para formas retas e curvas).

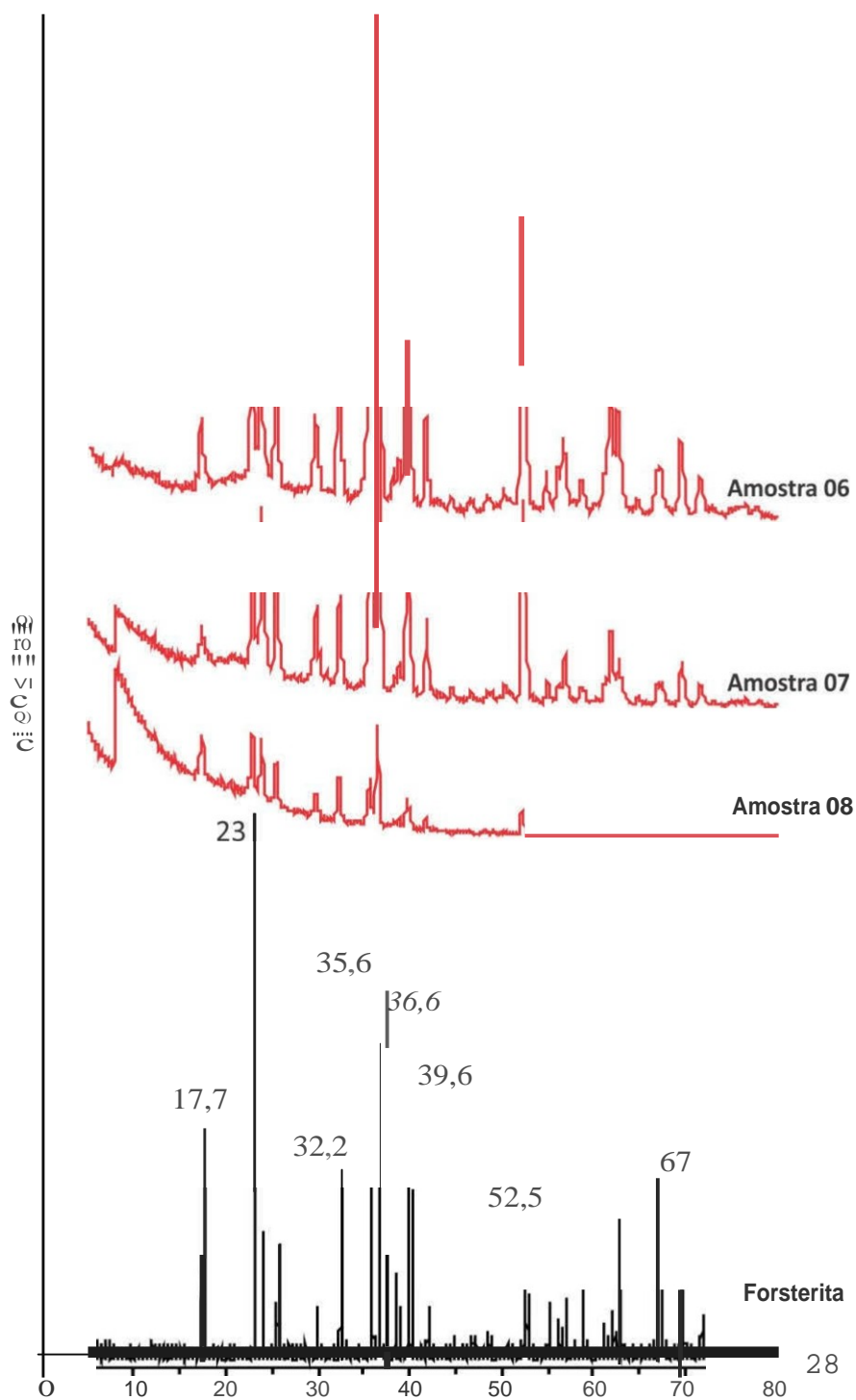
4.3.3. Análise da interação do feixe laser com o material

Com o intuito de compreender o que ocorre na superfície do material após a queima com laser, realizou-se a difração de raios X com incidência rasante (GIXRD) das superfícies das amostras 06, 07 e 08 que apresentaram resultados satisfatórios a esse processo. Mediante este procedimento, é possível identificar quais minerais presentes na rocha são mais e menos resistentes ao processo (Figura 50).

A partir dos resultados observados na Figura 50, percebe-se que nas três amostras analisadas, ocorreu uma inversão do processo de formação da serpentina, gerando picos característicos de forsterita (olivina). A forsterita, conforme relatado no item sobre a formação do serpentinito, por ação de metamorfismo e hidrotermalismo (acréscimo de água e de sílica) se transformou em serpentina. Quando a serpentina é submetida à queima com laser, o calor gerado retira a água do material, revertendo o processo, resultando novamente em forsterita. Além disso, a formação de forsterita após a ação do laser também explica a coloração decorrente do processo, já que esta possui cor verde e aspecto vítreo.

Segundo Deer et al (1966), a serpentina aquecida no ar a cerca de 600°C, perde sua água estrutural, transforma-se em forsterita. Ban et al (2004), observaram que essa transformação pode ocorrer a 500°C. O feixe de laser é uma fonte de luz concentrada que, em contato com objetos que absorvem a luz, aquecem. O sobreaquecimento dessas regiões em que o laser incide é que resultam no corte ou na gravação do material.

Figura 50: Difratograma de raios X com incidência rasante das superfícies das amostras 06, 07 e 08 após tratamento superficial com laser, e difratograma da forsterita (grupo das olivinas) com indicação das medidas de 2 θ para comparação.



Portanto, a temperatura de queima está relacionada à quantidade de luz que o material absorve e não há um valor de temperatura determinável para o feixe. Sabe-se

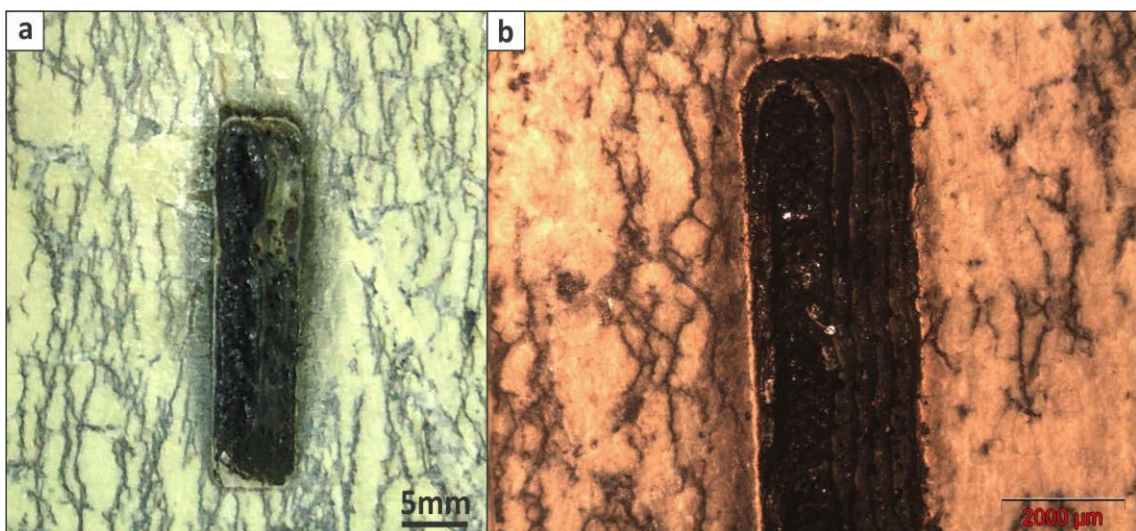
apenas que um único feixe pode alcançar temperaturas da ordem de 1.000°C, valor suficiente para reverter o processo e transformar a serpentina em forsterita.

4.3.4. Resultados para espaçamentos

De acordo com os resultados adquiridos, o teste de espaçamentos foi aplicado somente nas amostras 06, 07 e 08, pois estas mostraram resultados satisfatórios para a gravação de elementos gráficos. Como o teste de espaçamentos objetiva a definição das medidas adicionais necessárias no processo de desenvolvimento dos desenhos a serem gravados, a realização deste teste nas demais amostras não é relevante para fins deste estudo.

Os parâmetros aplicados no teste de espaçamentos foram: potência de 60 W, lente de 10 x 10 mm e velocidade de 2 m/min (melhor velocidade observada para formas linhas e curvas). Ressalta-se que os arquivos gerados para o teste de preenchimentos foram salvos na extensão PLT. Iniciou-se o teste de espaçamento com a distância de 0.5 mm entre linhas, porém, observou-se que a esta distância ocorre a sobreposição das linhas, como pode ser observado na Figura 51.

Figura 51: Resultado de teste com espaçamento de 0.5 mm na Amostra 06. Fotografia da amostra gravada a laser com espaçamento de 0.5mm (a). Imagem realizada na Lupa estereoscópica com magnificação de 1.25x, mostrando a sobreposição dos traçados gravados.



Com isso, o estudo dos parâmetros foi efetuado a partir do espaçamento de 1 mm até 2 mm entre linhas. Para definição destes parâmetros, as amostras foram observadas na lupa estereoscópica e medidos os espaçamentos resultantes após a queima do material. Foram medidas as distâncias entre linhas em quatro pontos diferentes dos traçados. Abaixo, nas Figura 52, Figura 53 e Figura 54, tem-se os resultados observados em cada amostra, com imagem à lupa dos espaçamentos, as medidas entre traçados, a média das distâncias por conjunto de espaçamentos e a medida adicional recomendada.

Figura 52: Resultados para espaçamentos da Amostra 06. Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1 mm (a). Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1.5 mm (b). Imagem na Lupa com magnificação de 1x do espaçamento de 2 mm (c).

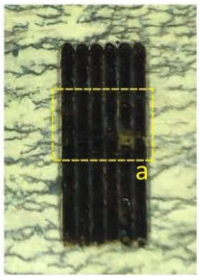
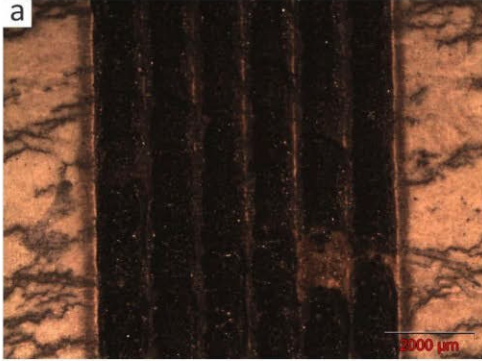
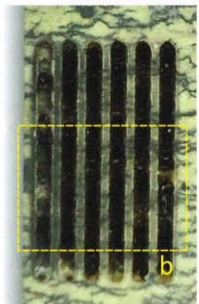
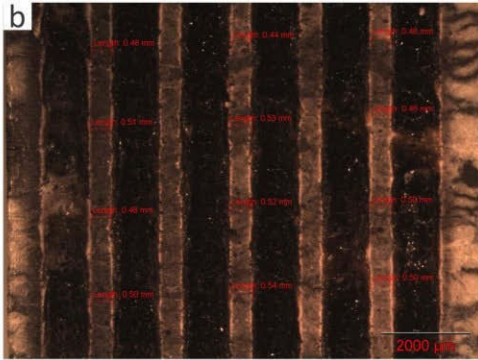
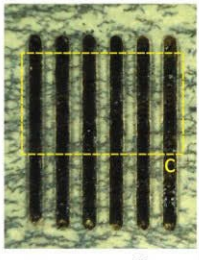
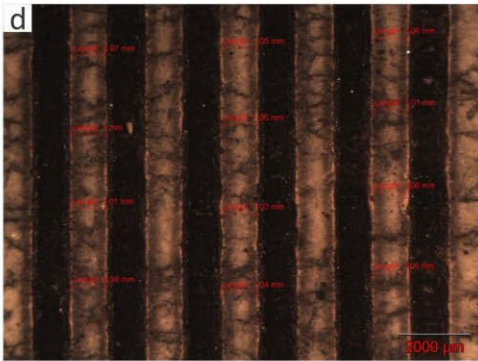
Amostra gravada	Esp. entre linhas	Medição das distâncias na Lupa estereoscópica	Média Esp. entre linhas	Medida adicional
 5 mm	1 mm		0 mm	+ 1 mm
 5 mm	1,5 mm		0,50 mm	+ 1 mm
 5 mm	2 mm		1 mm	+ 1 mm

Figura 53: Resultados para espaçamentos da Amostra 07. Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1 mm (a). Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1.5 mm (b). Imagem na Lupa com magnificação de 1x do espaçamento de 2 mm (c).

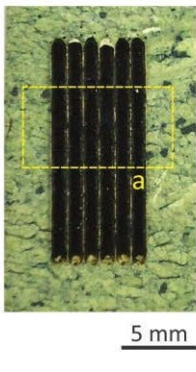

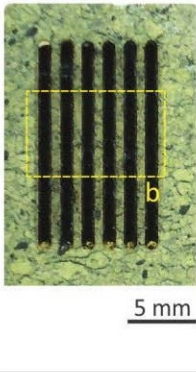
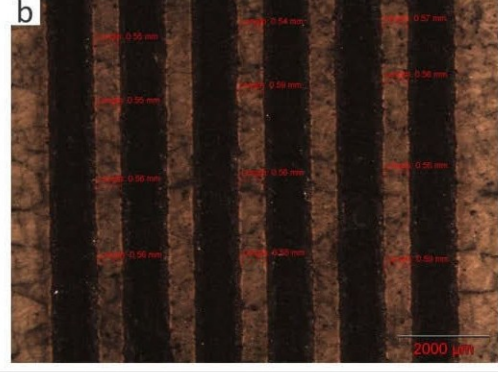
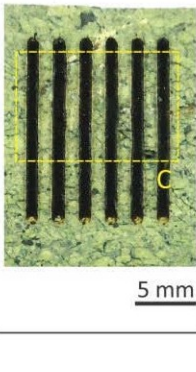
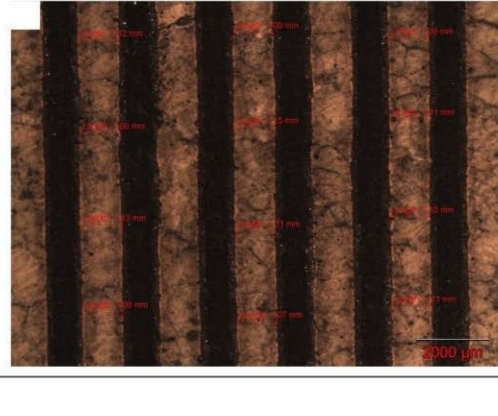
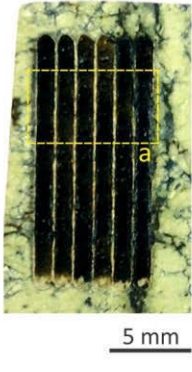
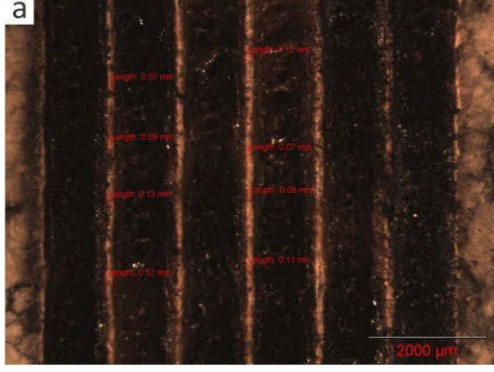
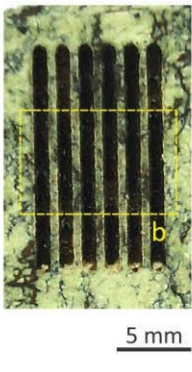
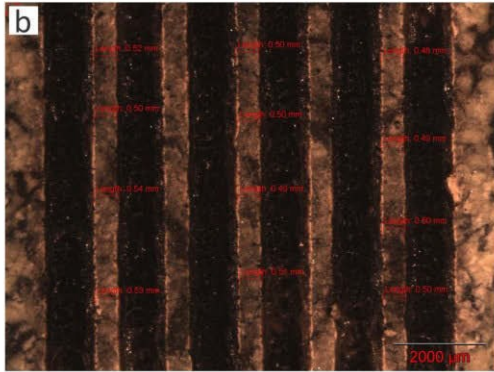
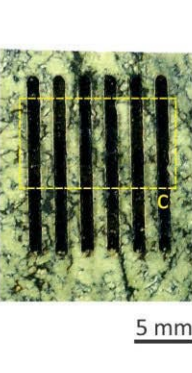
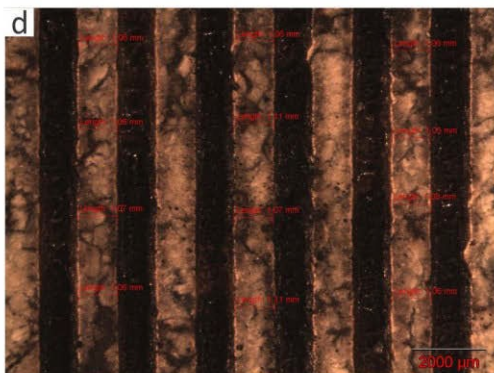
Amostra gravada	Esp. entre linhas	Medição das distâncias na Lupa estereoscópica	Média Esp. entre linhas	Medida adicional
 <p>5 mm</p>	1 mm		0,10 mm	+ 0,90 mm
 <p>5 mm</p>	1.5 mm		0,55 mm	+ 0.95 mm
 <p>5 mm</p>	2 mm		1,10 mm	+ 0.90 mm

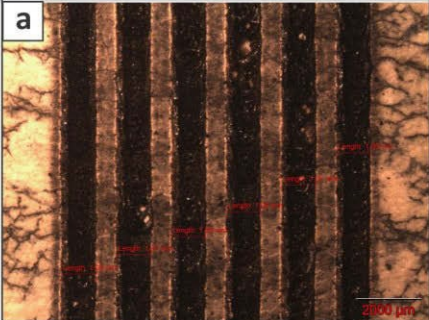
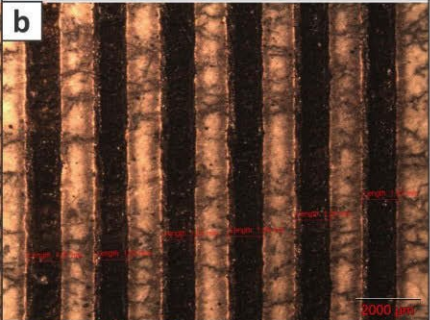
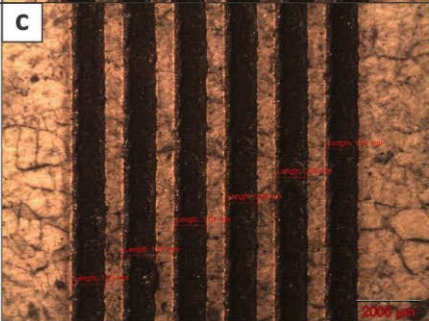

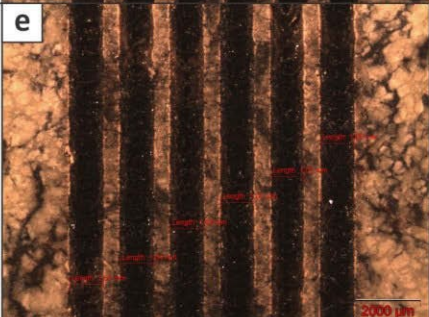
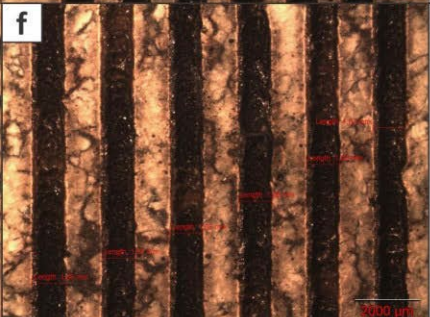
Figura 54: Resultados para espaçamentos da Amostra 08. Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1 mm (a). Imagem na Lupa com magnificação de 1,25x do espaçamento de 1.5 mm (b). Imagem na Lupa com magnificação de 1x do espaçamento de 2 mm (c).

Amostra gravada	Esp. entre linhas	Medição das distâncias na Lupa estereoscópica	Média Esp. entre linhas	Medida adicional
	1 mm		0,10 mm	+ 0,90 mm
	1.5 mm		0,5 mm	+ 0,95 mm
	2 mm		1,05 mm	+ 0.95 mm

Conforme observado, o espaçamento adicional para a amostra 06 é de 1 mm nas três medidas analisadas. Para as amostras 07 e 08, as distâncias variaram em 0.05 mm conforme o espaçamento utilizado. Porém, para os espaçamentos de 1 e 1.5 mm, a medida adicional foi a mesma, de 0.90 e 0.95 mm respectivamente, obtendo resultados distintos somente para o espaçamento de 2 mm, em que a Amostra 07 teve a medida adicional de 0.90 mm e a Amostra 08 de 0.95 mm. As uniformidades observadas nos resultados para as três amostras,

deve-se a largura do traçado gravado que, realizando o cálculo das larguras médias dos espaçamentos de 1.5 e 2 mm de cada amostra, obteve-se a média geral de 1.02 mm de largura do traçado. Na Figura 55, tem-se as imagens à lupa com as medidas das larguras dos traçados das três amostras.

Figura 55: Média das larguras dos traçados gravados nas Amostras 06, 07 e 08. Imagens obtidas na Lupa com magnificação de 1x para os espaçamentos de 1.5 mm (a, c, e) e 2 mm (b, d, f).

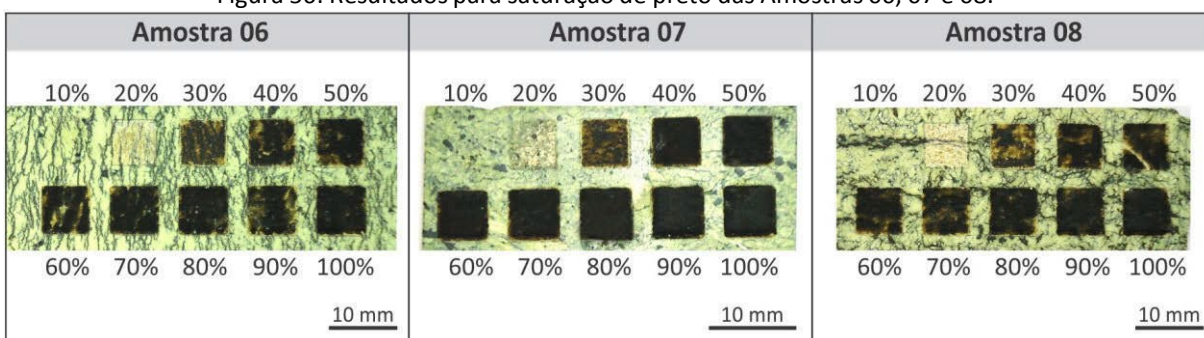
Identificação	Medida largura das linhas Espaçamento de 1.5 mm	Medida largura das linhas Espaçamento de 2 mm	Média largura das linhas
Amostra 06			a = 1.07 mm b = 1.07 mm
Amostra 07			a = 1.01 mm b = 1.01 mm
Amostra 08			a = 1.11 mm b = 1.03 mm

Assim, recomenda-se a utilização da medida adicional de 1 mm ao espaçamento pretendido no final da gravação, já que esta é a largura do traçado gravado a laser. Ou seja, ao se projetar um desenho a ser gravado na rocha, deve-se atentar para a aproximação entre linhas e adicionar a medida de 1 mm ao valor de espaçamento final pretendido. Por exemplo, se a distância final desejada é de 2 mm, no desenho a ser gravado, deve-se informar a distância de 3 mm.

4.3.5. Resultados para saturação de preto

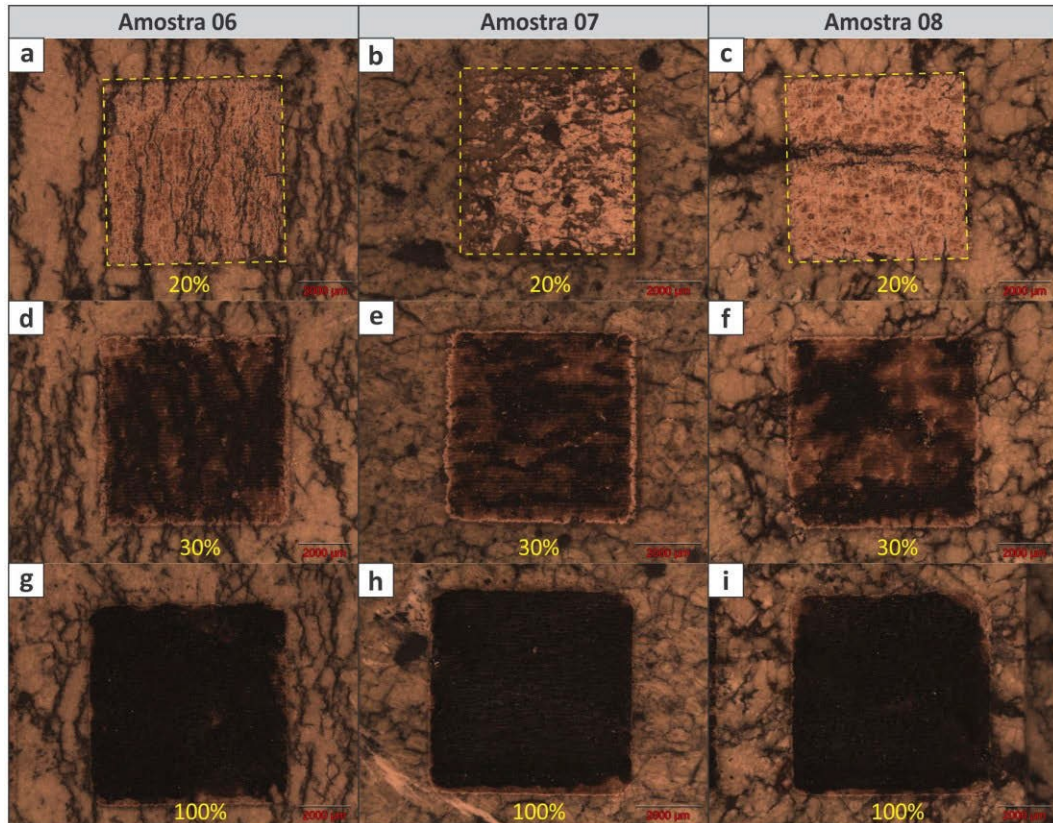
Assim como o teste de espaçamentos, o de saturação de preto foi aplicado nas amostras 06, 07 e 08, com potência de 60W e velocidade de gravação de 8 m/min, conforme resultados obtidos nos testes de velocidade para preenchimentos. Abaixo, na Figura 56, são apresentados os resultados obtidos. Ressalta-se que os arquivos gerados para o teste de preenchimentos foram salvos na extensão JPEG.

Figura 56: Resultados para saturação de preto das Amostras 06, 07 e 08.



Como pode ser observado na Figura 56, a gravação com saturação de 10% de preto não marcou a superfície de nenhuma das amostras testadas. Com 20%, a gravação apresentou uma coloração esbranquiçada e disforme (Figura 57 a, b, c). Na gravação da saturação de 30%, obteve-se uma gravação uniforme nas três amostras, sendo a graduação em que se obteve o melhor contraste com a saturação de 100% (Figura 57 d, e, f). Nas gravações das saturações de 40% a 100%, a variação de tonalidade é mínima, não representando um contraste satisfatório para a confecção de desenhos. Na Figura 57 abaixo, é possível conferir o contraste existente entre a saturação de 30% e a saturação de 100% de preto.

Figura 57: Resultados para as saturações de preto. Imagens à lupa com magnificação de 1x das Amostras 06, 07 e 08 com saturação de preto de 20% (a, b, c), 30% (d, e, f) e 100% (g, h, i).



Assim, para a realização de desenhos em que seja necessária a aplicação de preenchimentos que atinjam colorações distintas, recomenda-se o uso das saturações de 30% e 100%. Na Tabela 6 abaixo, tem-se o resumo dos resultados obtidos para os testes de gravação a laser para espaçamentos e para saturação de preto aplicáveis ao serpentinito.

Tabela 6: Parâmetros de espaçamento e de saturação de preto para gravação a laser.

Amostra	Vel. para PLT	Esp.	Esp. adicional	Vel. para JPEG	Preench. menor contraste	Preench. maior contraste
06	2 m/min	1mm	+ 1 mm	8 m/min	30%	100%
		1.5 mm				
		2 mm				
07	2 m/min	1 mm	+ 1 mm	8 m/min	30%	100%
		1.5 mm				
		2 mm				
08	2 m/min	1 mm	+ 1 mm	8 m/min	30%	100%
		1.5 mm				
		2 mm				

Tendo finalizado os testes de gravação a laser, tem-se as recomendações quanto aos parâmetros aplicáveis ao serpentinito, são elas:

- Para gravação de arquivos em PLT (formas retas e curvas), utilizar a velocidade de 2 m/min, com potência de 60 W e lente de 10 x 10 cm.
- Para gravação de arquivos em JPEG (preenchimentos), utilizar a velocidade de 8 m/min, com potência de 60 W e lente de 10 x 10 cm.
- Para espaçamentos entre linhas, adicionar a medida de 1 mm à medida final desejada.
- Para a gravação de desenhos em que se deseja o uso de dois tons de preenchimento, aplicar os mesmos parâmetros para arquivos JPEG, e a variação de saturação de preto de 30%, para os elementos mais claros, e de 100%, para os elementos mais escuros.
- Para a gravação de elementos gráficos mais detalhados, preferir o uso de rochas com granulometria menor e textura homogênea, para melhor contraste entre a gravação e a superfície gravada (exemplo: amostra 07).
- Para rochas com texturas de cor preta ou verde escuro (exemplo: amostra 01), a gravação a laser pode ser empregada como forma de se obter variações de textura na superfície, técnica bastante utilizada em joalheria, criando efeitos visuais e táteis interessantes. Para estas gravações, deve-se utilizar os parâmetros para gravação de arquivos JPEG.

4.4. BENEFICIAMENTO FINAL

4.4.1. Resultados para polimento

O teste de lixamento e polimento foi realizado nas amostras a fim de avaliar a resistência e a obtenção de brilho das mesmas, frente a esse processo que é essencial, principalmente no ramo da joalheria. O polimento foi efetuado nas amostras 01, 02, 03, 05,

06, 07 e 08. Somente não se realizou os ensaios na amostra 04, pois não apresentou resultados satisfatórios nas técnicas anteriormente testadas.

O primeiro teste foi realizado em uma politriz de bancada disponível no LdSM. Neste primeiro teste, verificou-se que, de modo geral, as amostras são facilmente lixadas e polidas, adquirindo superfícies com brilho resinoso. Porém, como o processo é manual e o lixamento é realizado mediante a pressão da amostra a 45° contra os eixos de lixamento e polimento, as superfícies apresentaram muitas irregularidades que interferiam no brilho final. Abaixo são apresentados os resultados referentes aos testes na politriz manual (Tabela 7). Durante a realização do teste, apenas a amostra 06 apresentou resultados não satisfatórios, pois fraturou logo no primeiro minuto do processo de lixamento. Esta mesma amostra apresentou também fragilidade quando exposta à pressão no corte por jato de água.

Tabela 7: Resultados do teste de lixamento em politriz manual.

Identificação	Área de polimento	Tempo de polimento	Resultado	Observação
Amostra 01	3,5 x 3cm = 10,5cm ²	7 minutos	Satisfatório	-----
Amostra 02	3,5 x 3cm = 10,5cm ²	5 minutos	Satisfatório	-----
Amostra 03	2 x 6cm = 12cm ²	6 minutos	Satisfatório	-----
Amostra 05	3,5 x 4cm = 14cm ²	5 minutos	Satisfatório	-----
Amostra 06	4 x 3cm = 12cm ²	1 minuto	Não satisfatório	Fraturou
Amostra 07	2,5 x 2cm = 5cm ²	3 minutos	Satisfatório	-----
Amostra 08	3,5 x 3,5cm = 12,25cm ²	4 minutos	Satisfatório	-----

Para o segundo teste, realizado em uma politriz automática disponível no LACER/UFRGS, fez-se primeiramente um teste de verificação da resistência do material ao processo de embutimento, e posteriormente, o teste de retirada do mesmo. O resultado não foi satisfatório, já que o material não suporta a força necessária à retirada da amostra do embutimento, conforme pode ser observado na Figura 58.

Figura 58: Resultado para o teste de embutimento das Amostras 06 e 08, no qual as duas amostras fraturaram quando da tentativa de retirada da amostra do embutimento.



Em virtude desta ocorrência, os ensaios em politriz automática foram suspensos. Assim, partiu-se para os ensaios na Politriz lixadeira de velocidade variável (PVV). Neste equipamento, devido ao parâmetro velocidade ser variável, trabalhou-se com valores aproximados da velocidade desejada (300 rpm). Os valores de velocidade resultantes no equipamento levam em consideração a força aplicada sobre a base de lixamento e/ou polimento que, por ser manual, é variável, refletindo no valor de velocidade final. Abaixo, na Tabela 8, são apresentados os parâmetros resultantes do ensaio PS1 das amostras submetidas ao testar na PVV.

Tabela 8: Parâmetros de lixamento e polimentos para o ensaio PS1 na PVV.

Ensaio PS1		Lixas	Abrasivo	Tempo (min.)	Velocidade (rpm)
Amostras 01, 02, 03 e 05	E1	180	Carborundum	3	275
	E2	500	Carborundum	2	306
	E3	1.000	Carborundum	2	306
	E4	2.000	Carborundum	2	306
Amostras 06, 07 e 08	E1	320	Carborundum	3	325
	E2	500	Carborundum	2	306
	E3	1.000	Carborundum	2	306
	E4	2.000	Carborundum	2	306

Conforme observado na Tabela 8, para as amostras 01, 02, 03 e 05 a etapa E1 foi realizada com uma lixa de maior abrasividade (180 gr) pois os sulcos que haviam na

superfície da rocha não seriam retirados utilizando somente a lixa de 320 gr. Já as amostras 06, 07 e 08, apresentaram maior maciez e foram facilmente desgastadas com a lixa de 320 gr. Porém, o tempo de 2 minutos previstos na metodologia deste trabalho, tiveram de ser acrescidos de mais 1 minuto de exposição para que a superfície chegasse ao resultado esperado nesta etapa. As demais etapas seguiram conforme o esperado. Na Tabela 9 abaixo, são apresentados os parâmetros utilizados no lixamento e polimento do ensaio PS2 na PVV.

Tabela 9: Parâmetros de lixamento e polimento para o ensaio PS2 na PVV.

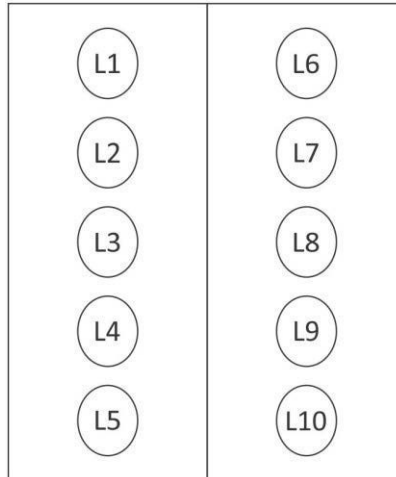
Ensaio PS2		Lixas (gr)	Abrasivo	Tempo (min.)	Velocidade (rpm)
Amostras 01, 02, 03 e 05	E1	180	Carborundum	3	275
	E2	500	Carborundum	2	306
	E3	1.000	Carborundum	2	306
	E4	2.000	Carborundum	2	306
	Polimento	0,3 nm	Alumina	2	manual
Amostras 06, 07 e 08	E1	180	Carborundum	1min. 30seg.	306
	E2	500	Carborundum	2	306
	E3	1.000	Carborundum	2	306
	E4	2.000	Carborundum	2	306
	Polimento	0,3 nm	Alumina	2	manual

Neste ensaio, para o primeiro desbaste foram utilizados os mesmos parâmetros para as amostras 01, 02, 03 e 05. Somente para as amostras 06, 07 e 08 que optou-se por testar o tempo e o resultado quanto ao uso da lixa de 180 gr. Com isso, observou-se uma redução do tempo de exposição das amostras ao abrasivo, que caiu pela metade, passando de 3 minutos para 1 minuto e 30 segundos. Quanto ao polimento, este foi realizado manualmente, sem a utilização da politriz, pois os únicos feltros disponíveis para esta etapa possuíam o tamanho mínimo de 1nm, valor superior a granulometria da Alumina utilizada (0,3 nm), fator que, ao invés de resultar em uma superfície mais bem polida, desgastada demais o material, retirando o brilho adquirido na etapa de lixamento.

Visualmente, os dois ensaios de acabamento por lixamento e polimento resultaram em superfícies com bastante brilho e baixa rugosidade. Somente são observadas variações de brilho dependendo o tipo de mineral, pois cada um alcançou um nível de brilho distinto. Tal comportamento foi também identificado quando realizadas as medições de refletância

no *Gloss meter*. As medidas seguiram o padrão apresentado na Figura 59 abaixo, totalizando 10 medições por amostra e por ensaio.

Figura 59: Procedimento de leitura adotado para medição de brilho nas superfícies das amostras.



Abaixo, são apresentadas as medidas de brilho obtidas nos dois ensaios realizados, PS1 (Tabela 10) e PS2 (Tabela 11). Na última coluna, são definidos os valores médios de brilho resultante das 10 leituras.

Tabela 10: Resultados das medições de brilho do ensaio PS1 e a média para cada amostra.

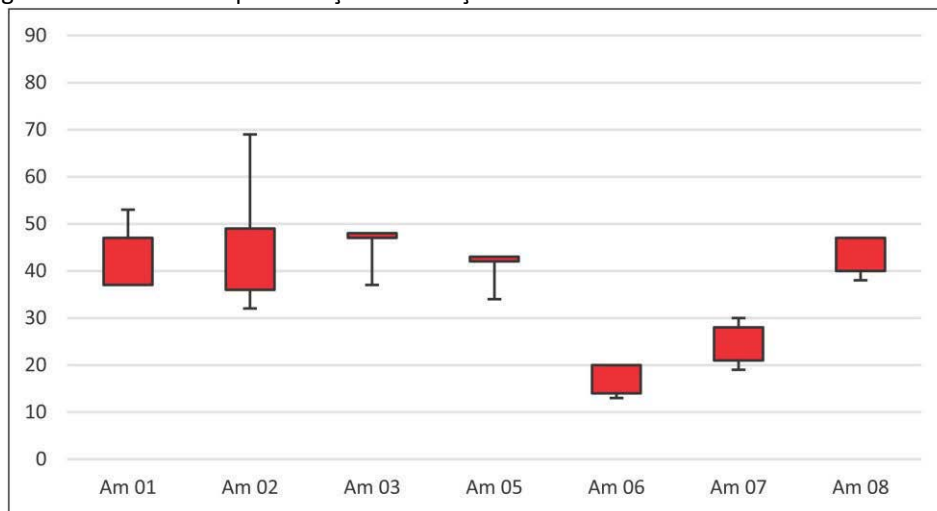
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	MEDIA
Am 01	37	48	52	38	49	38	44	53	52	47	45,8
Am 02	49	40	35	41	69	52	40	32	33	36	42,7
Am 03	48	45	46	48	40	41	37	48	45	47	44,5
Am 05	43	41	41	40	39	40	34	37	42	42	39,9
Am 06	14	17	14	18	13	16	17	18	17	20	16,4
Am 07	21	19	20	23	30	25	29	30	30	28	25,5
Am 08	47	43	40	39	43	38	41	39	38	40	40,8

Tabela 11: Resultados das medições de brilho do ensaio PS1 e a média para cada amostra.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	MEDIA
Am 01	61	56	50	67	68	23	31	40	51	60	50,7
Am 02	54	48	51	53	57	60	48	46	56	65	53,8
Am 03	49	49	56	50	44	49	51	48	48	40	48,4
Am 05	43	45	47	54	55	47	50	48	53	54	49,6
Am 06	20	21	23	23	24	21	25	24	26	26	23,3
Am 07	24	17	11	23	22	20	12	13	17	18	17,7
Am 08	38	36	34	34	31	33	35	35	33	32	34,1

Conforme demonstram os valores apresentados nas tabelas acima, percebe-se uma variação considerável a cada medida realizada nas amostras. Esta variação decorre das diferenças de refletância de cada mineral constituinte da rocha. Para facilitar o entendimento destas variações, elaborou-se gráficos de caixa, também conhecidos como *Box-plot*, que são ideais na representação da distribuição de um conjunto de dados. Nesse tipo de gráfico estatístico, trabalha-se com quatro dados principais, os valores mínimos e máximos e o 1º (valor de 25% dos dados) e 3º (valor de 75% dos dados) quartis. Assim, a utilização deste tipo de representação de dados para avaliar os índices de brilho, se mostra mais adequado na avaliação e compreensão das variações obtidas em cada amostra. Abaixo, na Figura 60, tem-se o gráfico de caixa das leituras de brilho obtidas no ensaio PS1.

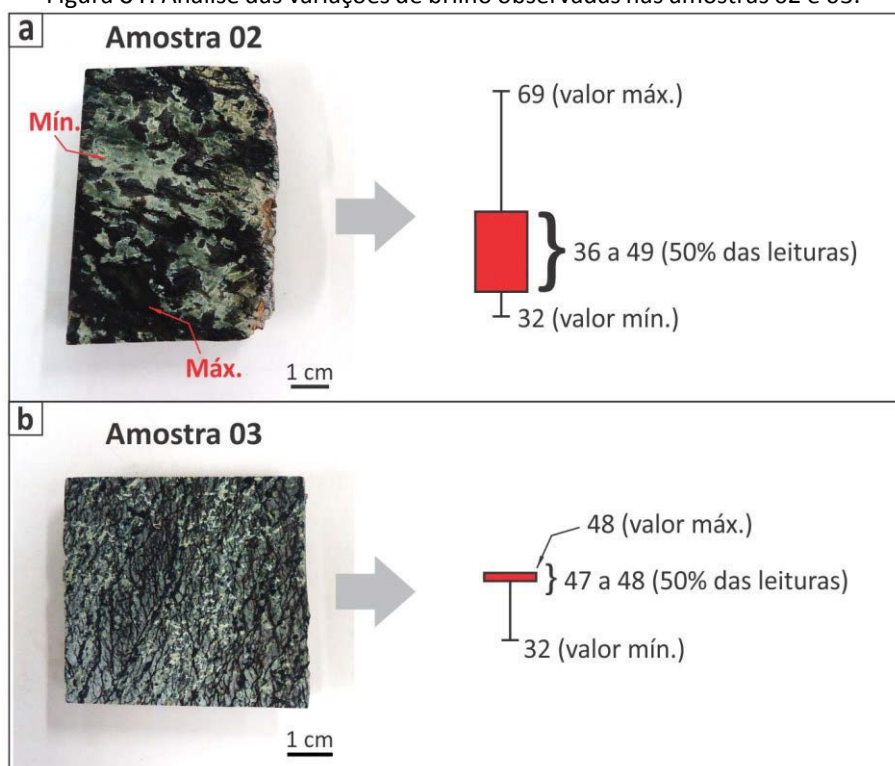
Figura 60: Gráfico de representação da variação de medidas de brilho obtidas no ensaio PS1.



No gráfico acima, a caixa em vermelho representa 50% dos valores de brilho medidos na amostra, os intervalos abaixo e acima desta caixa, representam os 50% dos dados restantes. Com esta representação, as caixas maiores representam maior variação de brilho da superfície da amostra, e caixas menores, representam superfícies com intensidade de brilho mais homogêneas em toda a amostra. Conforme o gráfico da Figura 60, na amostra 02, por exemplo, a variação de brilho é maior devido a presença de manchas branco esverdeadas que resultaram em medidas de brilho mais baixas, e ocorrência de veios verde escuros e pretos que resultaram em medidas de brilho mais altas. Nesta amostra, quando o equipamento foi posicionado sobre a área com manchas brancas, o valor obtido foi de 32, já

para a área de coloração preta (veios), obteve-se o valor de 69. A amostra 03, por sua vez, teve menor variação devido a distribuição mais homogênea dos minerais pela superfície da amostra e em tamanhos mais reduzidos. Na Figura 61, é possível comparar as superfícies das amostras 02 e 03 com os resultados de brilho obtidos.

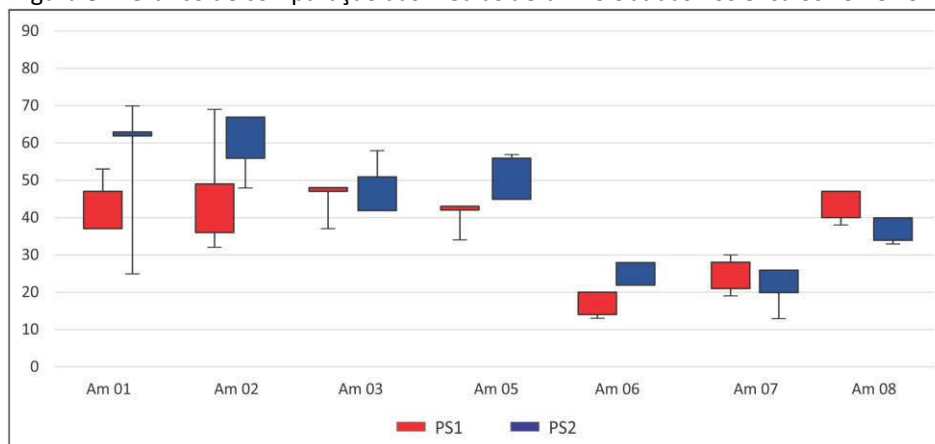
Figura 61: Análise das variações de brilho observadas nas amostras 02 e 03.



As amostras 06 e 07, conforme o gráfico da Figura 60, tiveram um desempenho bastante inferior na medição de brilho, em comparação às demais amostras (01, 02, 03, 05 e 08). Na amostra 06, observando-a em amostra de mão, é possível verificar que a rocha não adquire brilho intenso, e percebe-se uma leve rugosidade em vários pontos da amostra. A presença de rugosidades na superfície da rocha, desviam o feixe de luz, diminuindo os valores obtidos na leitura de brilho. Na amostra 07, em que há ocorrência de veios descontínuos de crisotilo, ao posicionarmos o equipamento sobre estes veios, obteve-se valores de brilho muito baixos (12). Já para a amostra 02, por exemplo, em que há ocorrência de veios com presença de minerais opacos (hematita e magnetita), os valores de brilho chegam a 69. Com isso, pode-se deduzir que a presença de serpentina crisotilo, por não adquirir brilho intenso, interfere no processo de obtenção de brilho do material.

Comparando-se os resultados obtidos no ensaio PS1 (Carborundum) com o ensaio PS2 (Alumina), percebe-se uma pequena melhora dos índices com o polimento posterior realizado com Alumina (Figura 62).

Figura 62: Gráfico de comparação das médias de brilho obtidas nos ensaios PS1 e PS2.



Conforme demonstra a Figura 62, apesar do polimento com Alumina ter elevado os índices de brilho de algumas amostras (01, 02, 03, 05 e 06), este aumento é muito pequeno. Os resultados mais significativos foram adquiridos com as amostras 01 e 02 que, aumentaram o índice de refletância da média de 40 para 60. A variação de brilho que se observa nas amostras 01, 03 e 05, podem estar relacionadas a mudanças na própria textura da rocha. Assim, se no PS1 a amostra possuía uma superfície de textura mais heterogênea (presença de manchas brancas e pretas) e no PS2 a amostra possuía textura mais homogênea, as leituras de PS1 vão apresentar maior variação dos dados do que as leituras de PS2, independente do processo de polimento adotado.

Mediante os resultados obtidos nestes dois ensaios, em que o polimento com Alumina não resultou em um aumento de brilho das amostras, deve-se avaliar a relação custo-benefício de seu uso. A Alumina, por ser um abrasivo caro, pode representar um custo maior de produção, com aumento de tempo de processo e gasto de recursos. Cabe ressaltar que foram realizados ensaios de polimento com o abrasivo Trípoli, bastante utilizado pela indústria de gemas e joias de Soledade-RS e de custo mais acessível. Porém, no tempo de exposição de 2 minutos com velocidade de 150 rpm, as amostras perderam o brilho e apresentaram pontos de rugosidade (sentidas ao tato), principalmente nas regiões onde

tem-se a ocorrência de magnetita. O Trípoli, por ser composto principalmente de micro cristais de quartzo, possui dureza 7 na escala mohs, inferior aos abrasivos Alumina e Carborundum (ambos dureza 9 na escala mohs). Como a magnetita tem dureza 5.5 – 6.5 na escala mohs, e a serpentina em torno de 4, ocorre que o abrasivo leva mais tempo para desgastar a magnetita presente no material, enquanto que a serpentina está sendo desgastada com facilidade ao redor. Desta forma, o tempo de exposição ao abrasivo deve ser aumentado até que a magnetita seja desgastada ao nível da serpentina. Assim, testou-se até o tempo de 6 minutos, e a rugosidade apresentou uma leve diminuição sentida ao tato, porém o brilho é muito inferior aos adquiridos com os abrasivos Alumina e Carborundum. Assim, deve-se analisar a relação custo benefício do uso do Trípoli como abrasivo, já que o tempo de polimento deve ser aumentado em pelo menos três vezes com relação ao tempo de exposição aos outros abrasivos testados.

4.4.2. Resultados para resinação

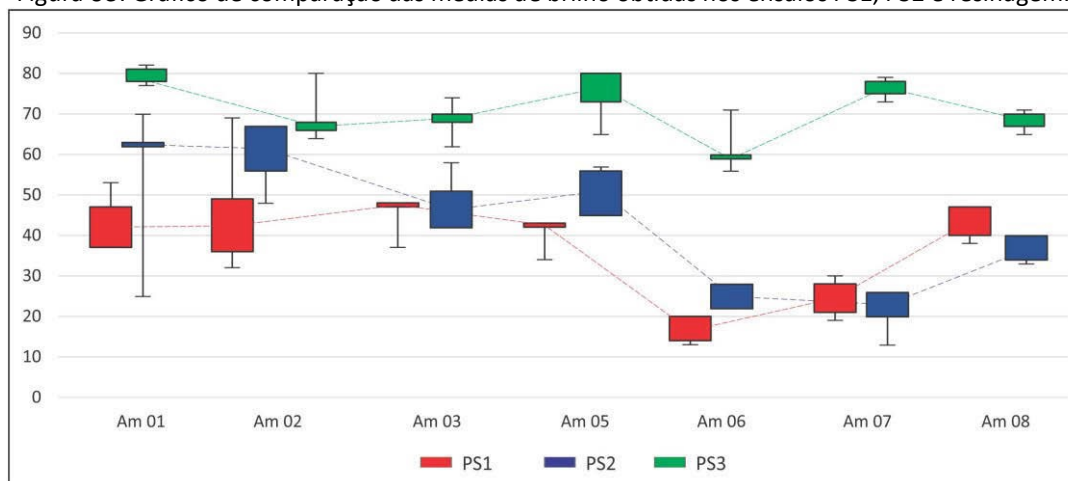
A aplicação da resina acrílica (PS3) foi realizada nas amostras de serpentinito provenientes do ensaio PS1 (lixamento com abrasivo Carborundum). Na realização de testes preliminares, percebeu-se que a resina estava muito espessa deixando marcas na superfície após a aplicação. Assim, a resina foi diluída (conforme especificações na embalagem), a fim de facilitar a aplicação e obter uma camada fina de resina cobrindo a superfície do material. A secagem é rápida, permitindo o toque após 30 minutos da aplicação, porém, a secagem total é concluída após a média de 12 horas (o tempo de secagem depende de fatores externos como a umidade do ar). Após a secagem, foi novamente realizada a medição de brilho na superfície das amostras (Tabela 12). Ressalta-se que o método de leitura dos índices foi o mesmo utilizado para análise dos ensaios anteriores.

Tabela 12: Resultados das medições de brilho do ensaio PS3 (resinagem) e a média para cada amostra.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	MEDIA
Am 01	76	76	76	78	80	75	77	76	77	79	77
Am 02	64	62	70	73	77	78	75	72	71	66	70,8
Am 03	68	62	61	66	72	60	67	61	68	66	65,1
Am 05	71	74	74	77	63	69	69	71	78	78	72,4
Am 06	58	56	59	58	58	54	69	68	66	57	60,3
Am 07	76	77	75	71	71	74	74	74	75	73	74
Am 08	65	65	65	64	69	65	65	63	67	68	65,6

Analisando os dados da tabela, constata-se que a resina acarreta em um aumento considerável de brilho ao material. Nas médias de brilho obtidas para cada amostra, percebe-se que no ensaio PS3 a variação de brilho na superfície da amostra é reduzido. Mesmo nas amostras em que nos ensaios PS1 e PS2 apresentaram minerais que não adquiriram brilho, com a aplicação da resina, alcançaram índices mais homogêneos de leitura nas várias regiões da amostra. Tal observação pode ser conferida na Figura 63 abaixo, onde são comparadas as variações de brilho para cada amostra nos três ensaios realizados.

Figura 63: Gráfico de comparação das médias de brilho obtidas nos ensaios PS1, PS2 e resinagem.



Analisando o gráfico acima, percebe-se que a resina acarretou, além de maior brilho, uma melhora na homogeneidade de leitura dos índices em toda a superfície das amostras. Tanto nas regiões mais escuras como nas mais claras, obteve-se medidas muito próximas. Outro fator, é o aumento de brilho nas amostras 06, 07 e 08 que, nos ensaios PS1 e PS2

estavam bem abaixo dos valores obtidos pelas demais amostras e, após a aplicação da resina, elas se equiparam as demais.

Devido aos índices de brilho alcançadas com a resina, em comparação aos alcançados com a Alumina, levando em consideração o custo e os benefícios adquiridos, a aplicação de resina é mais eficaz e mais acessível, devido ao seu baixo custo de aquisição. Principalmente em amostras com predominância da serpentina crisotilo, que apresentaram os índices mais baixos nos ensaios PS1 e PS2 (amostras 06 e 07), a aplicação da resina, além de conferir índices de brilho nos mesmos valores das demais, auxilia na proteção das gravações realizadas com laser e na não dispersão das fibras de asbesto pelo ar.

Assim, recomenda-se como beneficiamento final de peças em serpentinito:

- Para rochas com predominância da serpentina antigorita/lizardita (exemplo: amostra 01), realizar o processo de lixamento com lixas de carbetto de silício (Carborundum), com tempo mínimo de exposição de 2 minutos. A sequência de lixas recomendada é: 180, 500, 1000 e 2000.
- Para rochas com predominância da serpentina crisotilo (exemplo: amostra 06), realizar o processo de lixamento com lixas de carbetto de silício (Carborundum), com tempo mínimo de exposição de 3 minutos para a lixa 320 e de 1 minuto e 30 segundos para a lixa 180. Após, recomenda-se a sequência de lixas 500, 1000 e 2000, com tempo de abrasão mínimo de 2 minutos para cada lixa.
- Para a obtenção de mais brilho no material, pode-se utilizar o polimento com alumina (brilho tênue) e a aplicação de resina acrílica (brilho intenso).
- Para redução de custos de beneficiamento, recomenda-se realizar o processo de lixamento com carbetto de silício (carborundum) e logo a aplicação de resina acrílica, já que este processo dará índices de brilho satisfatórios à rocha sem a necessidade do processo de polimentos com Alumina, cujo custo é mais elevado.
- A aplicação da resina também é indicada para proteção do material, quanto à dispersão do asbesto crisotilo, e da peça, quando do uso de técnicas de gravação a laser.

4.5. DESENVOLVIMENTO DA COLEÇÃO DE JOIAS

O desenvolvimento da coleção de joias tem como intuito demonstrar as aplicações das técnicas de beneficiamento em serpentinito estudadas neste trabalho. Como ponto de partida ao processo de desenvolvimento da coleção, foi realizado um estudo das tendências em joalheria para o ano de 2015, publicado pela IBGM em parceria com o SEBRAE (IBGM, 2014). Abaixo, na Figura 64, são apresentados os quatro grandes conceitos e seus elementos, são eles: Essencialismo, *Memory games*, *Very Important Classics (VIC)* e Ludicidade.

Figura 64: Painel dos quatro grandes conceitos que serão tendência no ano de 2015 para joalheria.

ESSENCIALISMO

- Traços simples
- Formas geométricas
- Futurista, limpeza no design



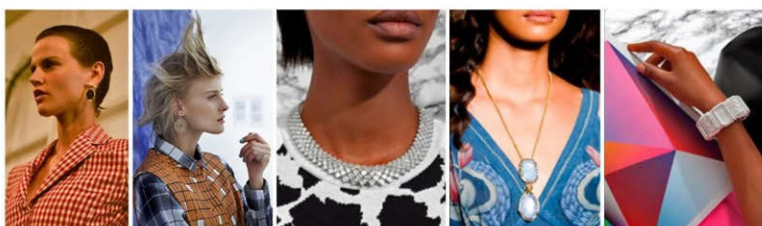
MEMORY GAMES

- Nostalgia
- Flores, pássaros, borboletas
- Romântico e suave
- Exalta a natureza



V.I.C.

- *Very Important Classics*
- Clássicos renovados
- Novos referenciais temáticos



LUDICIDADE

- Contempla os movimentos artísticos contemporâneos
- Grafismo, tribalismo, materiais alternativos, surrealismo
- Cores vivas



Fonte: IBGM, 2014.

Como inspiração formal, elegeu-se enaltecer as riquezas e características da região do Pampa, no Rio Grande do Sul, já que é neste local onde se deu a formação da rocha

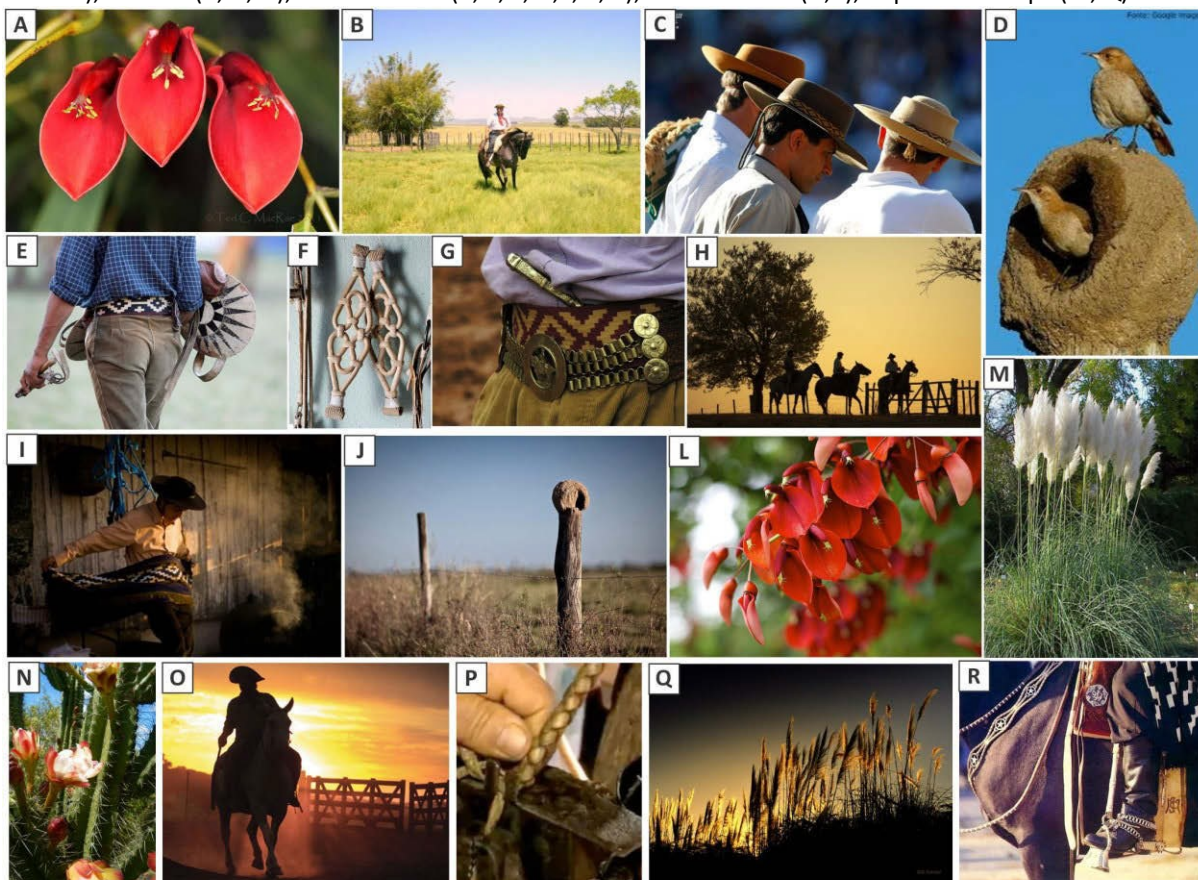
Serpentinito. Assim, fez-se um levantamento das imagens que mais representam o local, baseando-se nos elementos identitários estudados no referencial teórico deste trabalho: os saberes, o folclore, os lugares, a expressão, os artefatos e as riquezas naturais. Conforme consta no referencial teórico, quanto mais informações do local o produto tiver, maior será sua relação com a identidade representada, porém, ressalta-se que estes elementos identitários não serão aplicados em uma única peça, mas sim, cada peça irá enaltecer um aspecto em especial. Abaixo, no Quadro 2, tem-se um panorama dos referenciais utilizados no desenvolvimento da coleção de joias.

Quadro 2: Elementos locais utilizados como referenciais na confecção da coleção de joias.

Categorias identitárias	Uso na Coleção	Elemento local	Referencial cultural	Uso na Coleção	Elemento local
Origem	Sim	Pampa gaúcho	Saberes	Sim	Trançados em couro
Configuração estética	Sim	O gaúcho e o Pampa	Expressão	Sim	Paleta de cores
Materiais	Sim	Serpentinito, couro, prata, madeira	Folclore	Sim	Indumentária gaúcha
Técnicas de produção	Sim	Trançados em couro	Lugares	Sim	Pampa
			Artefatos	Sim	Acessórios, indumentária gaúcha
			Riquezas naturais	Sim	Fauna e flora do Pampa

A partir do estudo realizado, foram selecionadas imagens representativas do tema e do local. A partir desta seleção, elaborou-se o painel temático, do qual serão extraídas as referências visuais para gerar as alternativas de joias, e o painel de cores extraídas do painel temático (Figura 65).

Figura 65: Painel temático de referência visual para a criação da coleção de joias. Imagens: Flor de corticeira (A, L); Gaúcho (B, H, O); Indumentária (C, E, F, G, I, P, R); João de barro (D, J); Capim-do-Pampa (M, Q).



Paleta de cores:



Conforme consta na Figura 65, os elementos culturais locais selecionados foram o gaúcho que vive no Pampa, sua indumentária e seus artefatos, acessórios utilizados na lida do campo; a flor de corticeira e o capim-do-pampa, espécies da flora muito presentes na paisagem local; e o João de Barro, um dos principais representantes da fauna pampeana. O estudo das relações existentes entre estes elementos e o local (Pampa), são melhor apresentados no Apêndice A, mencionado anteriormente.

Como requisitos de projeto, foram levados em consideração todos as recomendações estabelecidas com base nos resultados obtidos na aplicação das técnicas de beneficiamento estudadas. No Quadro 3, são apresentados os requisitos de projeto gerados com base nos resultados obtidos quanto a aplicação das tecnologias de beneficiamento no serpentinito.

Quadro 3: Requisitos de projeto.

REQUISITOS DE PROJETO	
Configuração	Considerar o desenvolvimento de algumas peças com formas geométricas simples e formas orgânicas mais complexas;
	Considerar a criação de elementos com variações de cor (arquivos JPEG);
	Considerar a criação de elementos baseados em linhas (arquivos PLT)
	Projetar para que a rocha esteja em evidência na peça.
	Basear-se nas tendências em joalheria estudadas: ludicidade, essencialismo, <i>VIC</i> e <i>memory games</i> .
Materiais	Utilizar como material de apoio o couro
	Considerar o uso de acessórios para joalheria já existentes no mercado (fechamentos, haste para brincos, entre outros).
	Para gravações, considerar o espaçamento adicional de 1 mm entre linhas.
Fabricação	Para gravações de formas preenchidas considerar o uso de contraste com as saturações de 30%, para o menor contraste, e de 100% para o maior contraste.
	Para o corte de formas geométricas simples, utilizar a serra diamantada de precisão, e para o corte de formas orgânicas, utilizar o corte por jato d'água.
	Para a etapa de beneficiamento final, realizar o processo de polimento iniciando com lixas de 180/320 (dependendo da profundidade das ranhuras presentes na superfície), e concluindo co processo na sequencia de grãos: 500, 1000 e 2000.
	Realizar a resinagem após a etapa de polimento e de gravação a laser, quando for o caso.

Tendo concluída a etapa de Preparação, partiu-se para a geração de alternativas, que culminou na definição das peças a comporem a coleção. Assim, a coleção será composta por

seis peças, são elas: colar e brinco corticeira, colar e pulseira João de barro, colar Capim-do-Pampa e colar Pampeano.

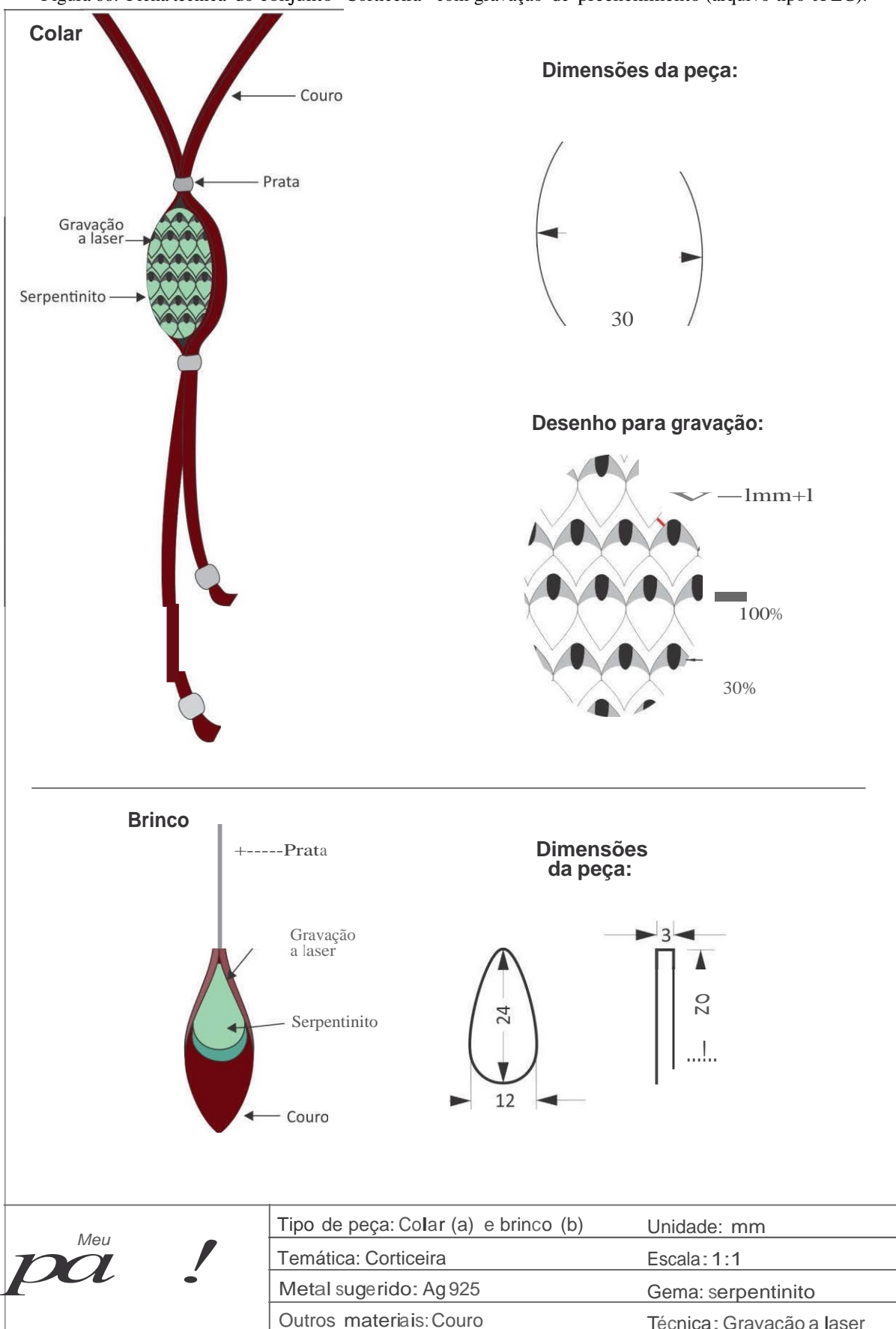
Como o intuito desta coleção é apresentar a aplicação das técnicas estudadas em peças de joalheria, buscou-se propor peças que utilizassem uma ou mais técnicas definidas como aplicáveis ao serpentinito, são elas: gravações a laser de linhas (arquivos PLT), de preenchimentos com variação na saturação de preto (arquivo JPEG com saturações de 30% e 100%) e de preenchimento como elemento textural (arquivo JPEG); corte por jato d'água e corte com serra diamantada. Como beneficiamento final, todas as amostras foram lixadas com o abrasivo carborundum e resinadas. Para facilitar a visualização das técnicas e parâmetros utilizados, foram elaborados quadros com a determinação das técnicas de beneficiamento e parâmetros utilizados, entre outras informações relacionadas a fabricação e ao acabamento dos protótipos das peças; e uma ficha técnica, onde constam as dimensões, os materiais sugeridos e os elementos gráficos gravados, quando for o caso. Ressalta-se que, na ficha técnica, sugere-se o uso da prata (Ag 925) em substituição ao Níquel.

Assim, o primeiro conjunto a ser detalhado é o colar e brinco "Corticeira". Neste conjunto, a técnica principal é a gravação a laser de arquivo em JPEG com saturação de preto de 30% e 100%. Para o melhor resultado, utilizou-se a amostra 07 como exemplar do serpentinito, já que esta apresentou os melhores resultados quanto a gravação de elementos gráficos a laser. Devido a presença de serpentina crisotilo (fibrosa) nesta amostra, o corte da peça foi realizado com serra diamantada de precisão. Para montagem do protótipo da peça, utilizou-se tiras de couro na cor Cranberry na espessura de 4mm, e peças em níquel como: terminal e fecho lagosta para fechamento do colar, entremeios conforme especificado no desenho, e base de brinco anzol. No Quadro 4, são apresentados os parâmetros de fabricação e acabamento, e na Figura 66 a ficha técnica para melhor entendimento das peças.

Quadro 4: Dados de fabricação e acabamento utilizados no desenvolvimento do conjunto "Corticeira".

PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO Conjunto Corticeira	
Amostra:	Amostra 07
Técnicas empregadas:	- corte por serra diamantada - gravação a laser de preenchimentos (arquivo JPEG)
Parâmetros de corte:	Velocidade inicial: 100 rpm Velocidade de avanço: 200 rpm Velocidade de conclusão: 100 rpm
Parâmetros de gravação a laser:	Potência: 60 W (100%) Lente: 10cm x 10cm Velocidade: 8 m/min Saturação de preto: 30% e 100%
Materiais de apoio:	Couro tingido cor <i>Cranberry</i> Terminal para colar, fecho lagosta e entremeio em Níquel Base de brinco anzol em níquel
Beneficiamento final:	Lixamento com carbetos de silício (320, 500, 1000, 2000) Acabamento com resina acrílica

Figura 66: Ficha técnica do conjunto "Corticeira" com gravação de preenchimento (arquivo tipo JPEG).

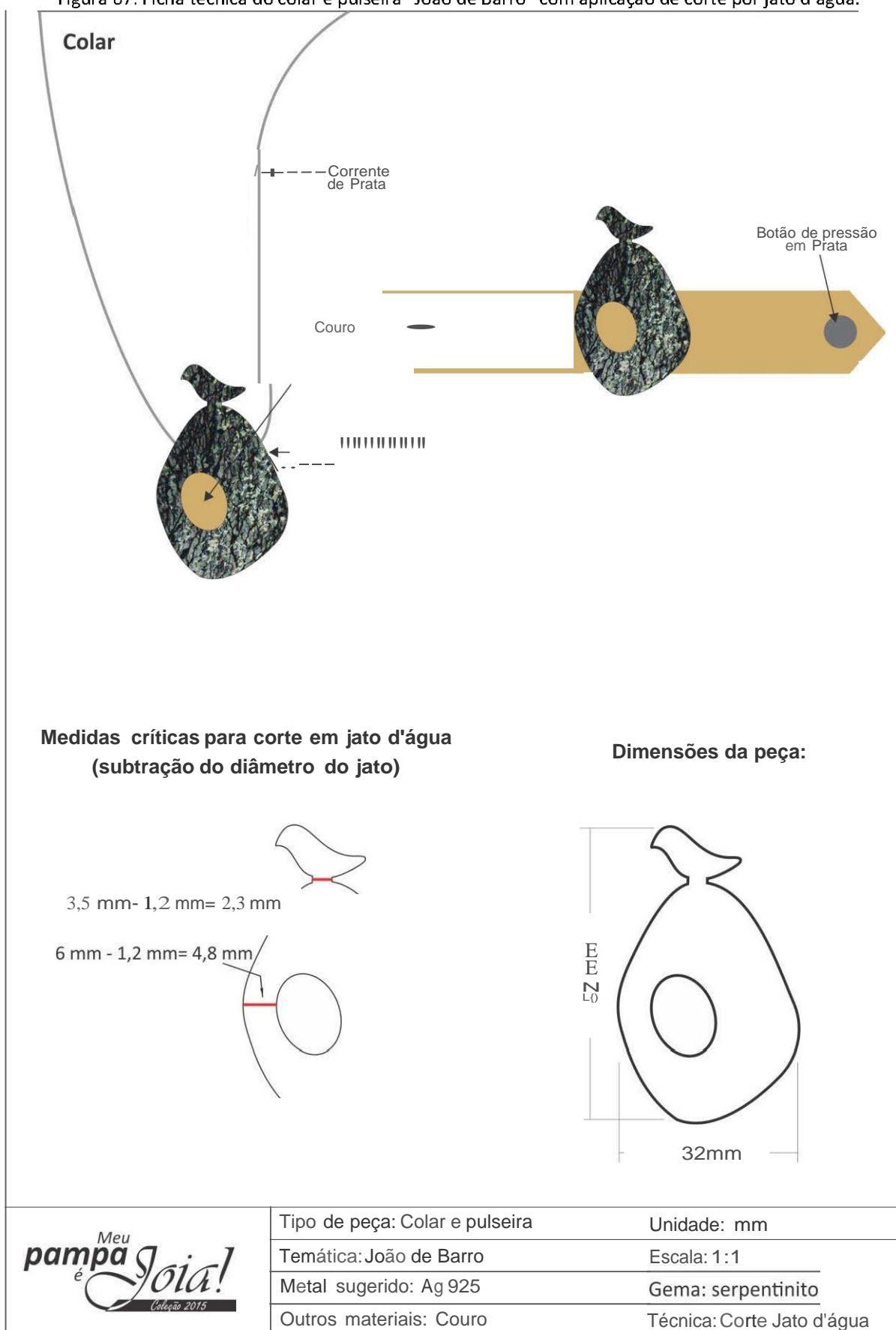


O segundo conjunto a ser descrito é o colar e pulseira “João de Barro”, cuja técnica principal é o corte por jato d’água. Como exemplar de serpentinito a ser utilizado na confecção da peça, elegeu-se a amostra 03. Esta amostra possui predominância de serpentina antigorita/lizardita (maciça e lamelar) e, devido a isso, tem bom desempenho frente a esta técnica. Abaixo, no Quadro 5, são apresentadas as técnicas e os parâmetros utilizados, e na Figura 67, é apresentada a ficha técnica com detalhes do desenho da peça.

Quadro 5: Dados de fabricação e acabamento utilizados no desenvolvimento do colar e pulseira “João de Barro”.

PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO Colar e pulseira João de Barro	
Amostra:	Amostra 03
Técnicas empregadas:	Corte por jato d’água
Parâmetros de corte:	Velocidade: 100% (200 mm/s (curvas) e 250 mm/s (retas)) Diâmetro do bico: 1,2 mm
Parâmetros de gravação a laser:	Não se aplica
Materiais de apoio:	Couro Natural (Marrom médio) Corrente em Prata
Beneficiamento final:	Lixamento com carbetto de silício (320, 500, 1000, 2000) Acabamento com resina acrílica

Figura 67: Ficha técnica do colar e pulseira “João de Barro” com aplicação de corte por jato d’água.

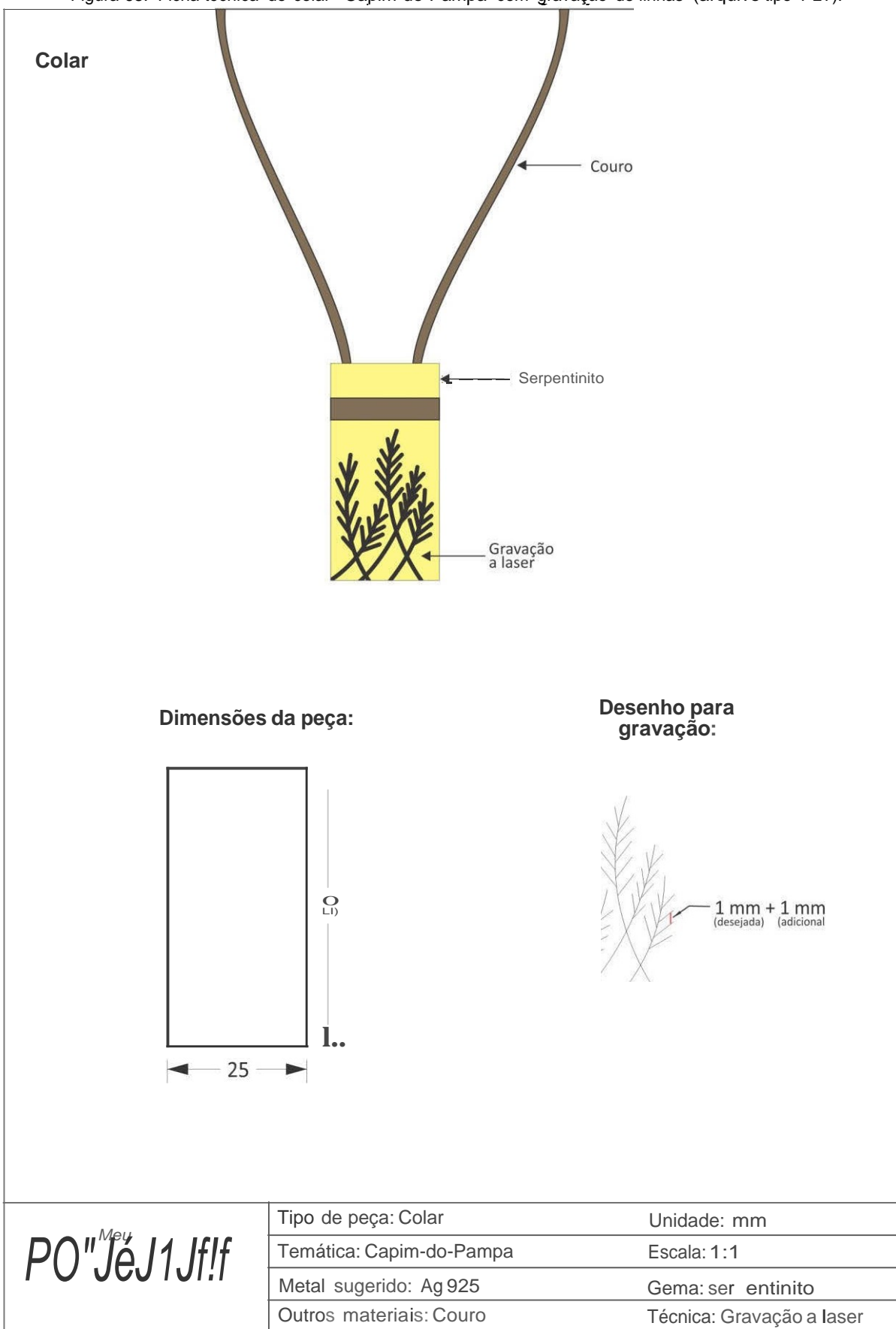


Para o desenvolvimento do colar “Capim-do-Pampa” foram utilizados o corte por serra diamantada e a gravação a laser em linhas (arquivo PLT). A amostra a ser utilizada é a amostra 06, com predominância de serpentina crisotilo e que apresentou grande fragilidade frente a aplicação do corte por jato d’água. Abaixo, no Quadro 6, tem-se o detalhamento das técnicas e, na Figura 68, a ficha técnica com detalhes do desenho a ser gravado.

Quadro 6: Dados de fabricação e acabamento utilizados no desenvolvimento do colar “Capim-do-Pampa”.

PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO Colar Capim-do-Pampa	
Amostra:	Amostra 06
Técnicas empregadas:	- corte por serra diamantada - gravação a laser de linhas (arquivo PLT)
Parâmetros de corte:	Velocidade inicial: 100 rpm Velocidade de avanço: 150 rpm Velocidade de conclusão: 100 rpm
Parâmetros de gravação a laser:	Potência: 60 W (100%) Lente: 10cm x 10cm Velocidade: 2 m/min Espaçamento entre linhas: valor desejado + 1mm
Materiais de apoio:	Couro Natural na cor marrom escuro Ponteira e fecho em níquel
Beneficiamento final:	Lixamento com carbetto de silício (320, 500, 1000, 2000) Acabamento com resina acrílica

Figura 68: Ficha técnica do colar "Capim-do-Pampa" com gravação de linhas (arquivo tipo PLT).

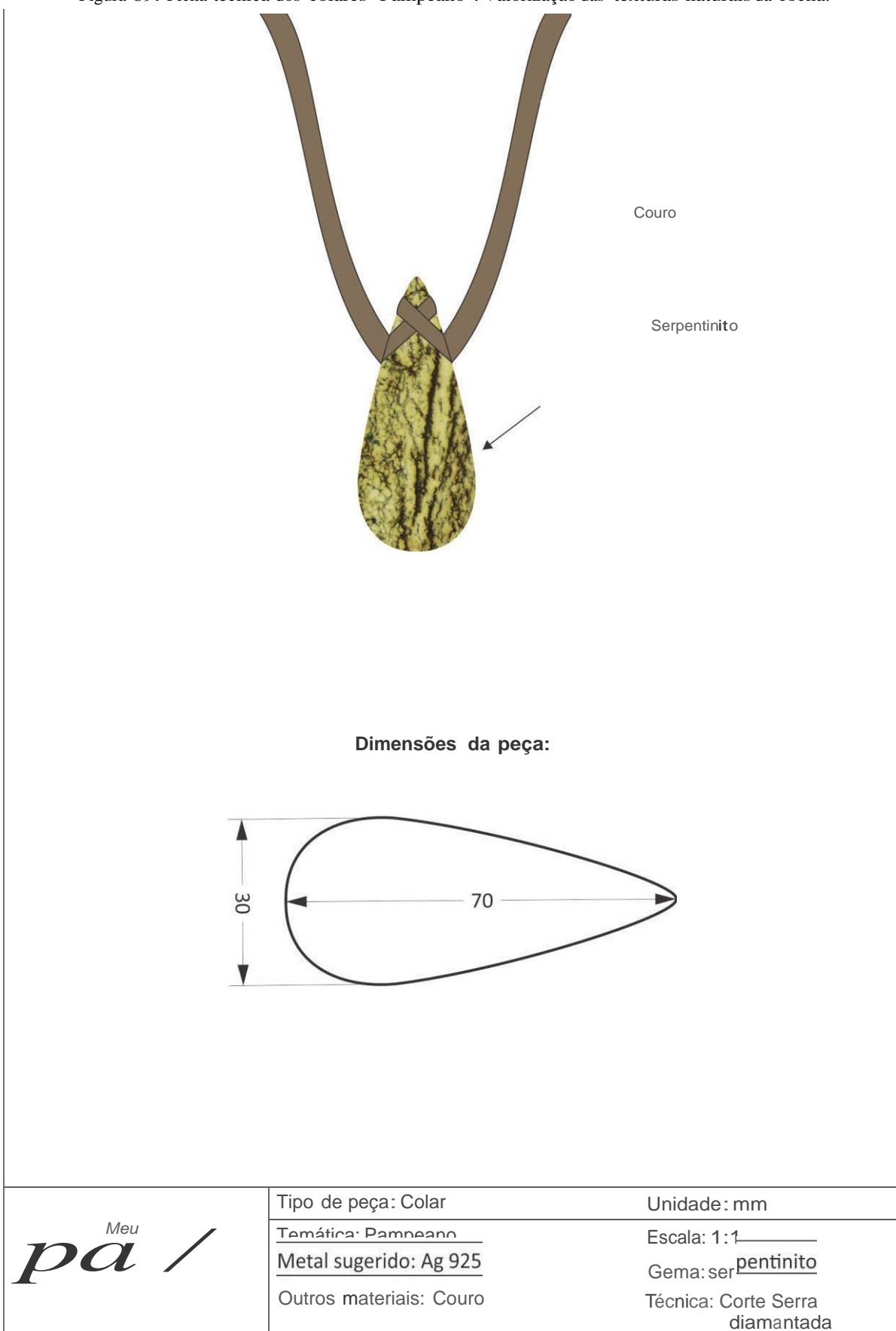


No desenvolvimento do colar “Pampeano”, com a utilização da amostra 08, buscou-se valorizar a textura natural do serpentinito, sem aplicação de elementos gráficos. A amostra somente passou pelo processo de corte em serra diamantada de precisão. Abaixo, no Quadro 7, tem-se o detalhamento das técnicas empregadas e, na Figura 69, a ficha técnica com as dimensões da peça.

Quadro 7: Dados de fabricação e acabamento utilizados no desenvolvimento dos colares “Pampeano”.

PRODUÇÃO E BENEFICIAMENTO Colares Arreios	
Amostra:	Amostras 08
Técnicas empregadas:	Corte por serra diamantada
Parâmetros de corte:	Velocidade inicial: 100 rpm Velocidade de avanço: 300 rpm Velocidade de conclusão: 100 rpm
Parâmetros de gravação a laser:	Não se aplica
Materiais de apoio:	Couro Natural na cor preta Ponteira e fecho em níquel
Beneficiamento final:	Lixamento com carbetto de silício (320, 500, 1000, 2000) Acabamento com resina acrílica

Figura 69: Ficha técnica dos colares "Pampeano". Valorização das texturas naturais da rocha.



Abaixo, são apresentadas as gemas de serpentinito com aplicação das técnicas de corte e de gravação testados. Na Figura 70a, fotografia da amostra 08 cortada em serra diamantada de precisão para aplicação no colar “Pampeano”. Na Figura 70b, fotografia da amostra 03, após a realização do corte por jato d’água, para aplicação no conjunto “João de Barro”. Na Figura 70c, fotografia da amostra 06 com aplicação da gravação a laser de linhas (arquivo PLT), para aplicação no colar “Capim-do-Pampa”. Na Figura 70d, fotografia da amostra 07 com aplicação da gravação a laser de preenchimento com saturação de preto de 30% e 100% (arquivo JPEG), para aplicação no colar “Corticeira”. Na Figura 71, tem-se as fotos da coleção com as peças finalizadas.

Figura 70: Fotografia das peças após aplicação das tecnologias de beneficiamento no serpentinito. Amostra 08 após corte com serra diamantada (a), amostra 03 após corte por jato d’água (b), amostra 06 após aplicação de gravação a laser de linhas (c) e amostra 07 após aplicação de gravação a laser de preenchimentos (d).

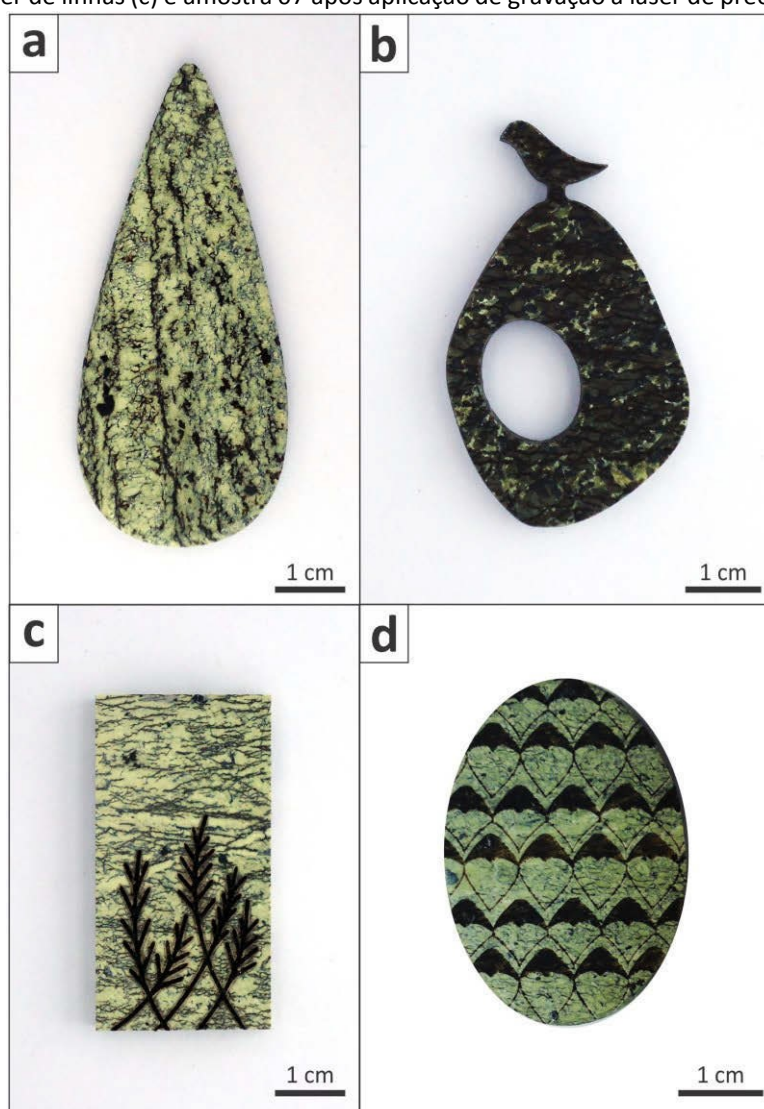


Figura 71: Peças da coleção "Meu pampa é joia" finalizadas.



Capítulo 5

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a globalização e as inúmeras interferências culturais que recebemos todos os dias, faz com que se volte a valorizar as coisas que são genuinamente de um local. Este fenômeno, já discutido por muitos autores, enaltece a nossa vontade de consumir produtos que carreguem em si elementos de uma cultura, de um lugar, de um povo. Estes produtos culturais ou identitários, cada vez mais representam também, uma forma de resgatar a competitividade dos mercados locais, frente aos avanços tecnológicos e às produções em massa dos mercados nacionais e internacionais.

Porém, o produto local, por possuir essência identitária, não exclui a necessidade de incorporar em seus processos produtivos, tecnologias que venham a melhorar a qualidade, aumentar a produção e as possibilidades de aplicação. Principalmente no caso dos materiais gemológicos, o uso de tecnologias em seu beneficiamento, acarreta em valorização do material e aumento do preço de venda no mercado.

Uma gema beneficiada aumenta inúmeras vezes o seu preço de venda em comparação à venda do material bruto, e agregando valor a um material que pertence a um local, significa também valorizar o que é genuinamente pertencente a este local. A rocha serpentinito, que ocorre no Rio Grande do Sul, é um material com grande potencial comercial e que, se beneficiado, pode ser empregado na confecção de diversos produtos, entre eles a joalheria. Por ocorrer e ter sido beneficiado na região da campanha do estado (São Gabriel, Vila Nova do Sul e Bagé, RS), pode representar um ramo de investimento e de desenvolvimento regional, promovendo emprego e renda à população local, além de incentivar o desenvolvimento de outros setores como: universidades, centros tecnológicos, turismo e comércio.

O estudo da aplicação de tecnologias no beneficiamento da rocha serpentinito é, portanto, um ponto de partida para o conhecimento desta rocha, suas potencialidades e

comportamentos frente às tecnologias como o jato d'água e a gravação a laser. Estas tecnologias vêm se tornando cada vez mais usuais no desenvolvimento de produtos, e o conhecimento dos parâmetros utilizáveis é uma forma de avaliar a aplicação destas aos materiais em estudo. Assim, a aplicação e padronização destes processos ao serpentinito visam incentivar o uso da rocha serpentinito como material gemológico local no desenvolvimento de produtos, que neste trabalho se centrou na sua aplicação em joalheria.

Como resultados obtidos nesta pesquisa, com relação à aplicação das tecnologias de beneficiamento testadas no serpentinito, considera-se:

- As tecnologias testadas no serpentinito mostraram resultados satisfatórios, sendo viável a aplicação das mesmas no beneficiamento da rocha para aplicação em joalheria;
- Devido às diferentes texturas presentes neste material, em decorrência de sua formação, apresenta diferentes resultados de aplicação das tecnologias, sendo necessário avaliar este aspecto quando da seleção do material a ser beneficiado;
- O serpentinito possui como principais minerais, os do grupo das serpentinas, crisotilo (fibroso), antigorita e lizardita (maciços e lamelares), além da presença de minerais opacos (hematita e magnetita), talco e clorita;
- A partir de análises de DRX com incidência rasante de fragmentos da rocha tratadas a laser, observou-se que houve uma reversão do processo de formação da serpentina, constatando-se a ocorrência de olivina (fase anterior a serpentinação);
- As rochas com predominância de serpentina antigorita e lizardita, por possuírem estrutura mineral maciça e lamelar, apresentaram melhor desempenho no corte por jato d'água, podendo ser empregadas altas velocidades de corte sem interferir na qualidade do mesmo. Além disso, pode-se utilizar espaçamentos mínimos, partindo de 1mm de espessura;

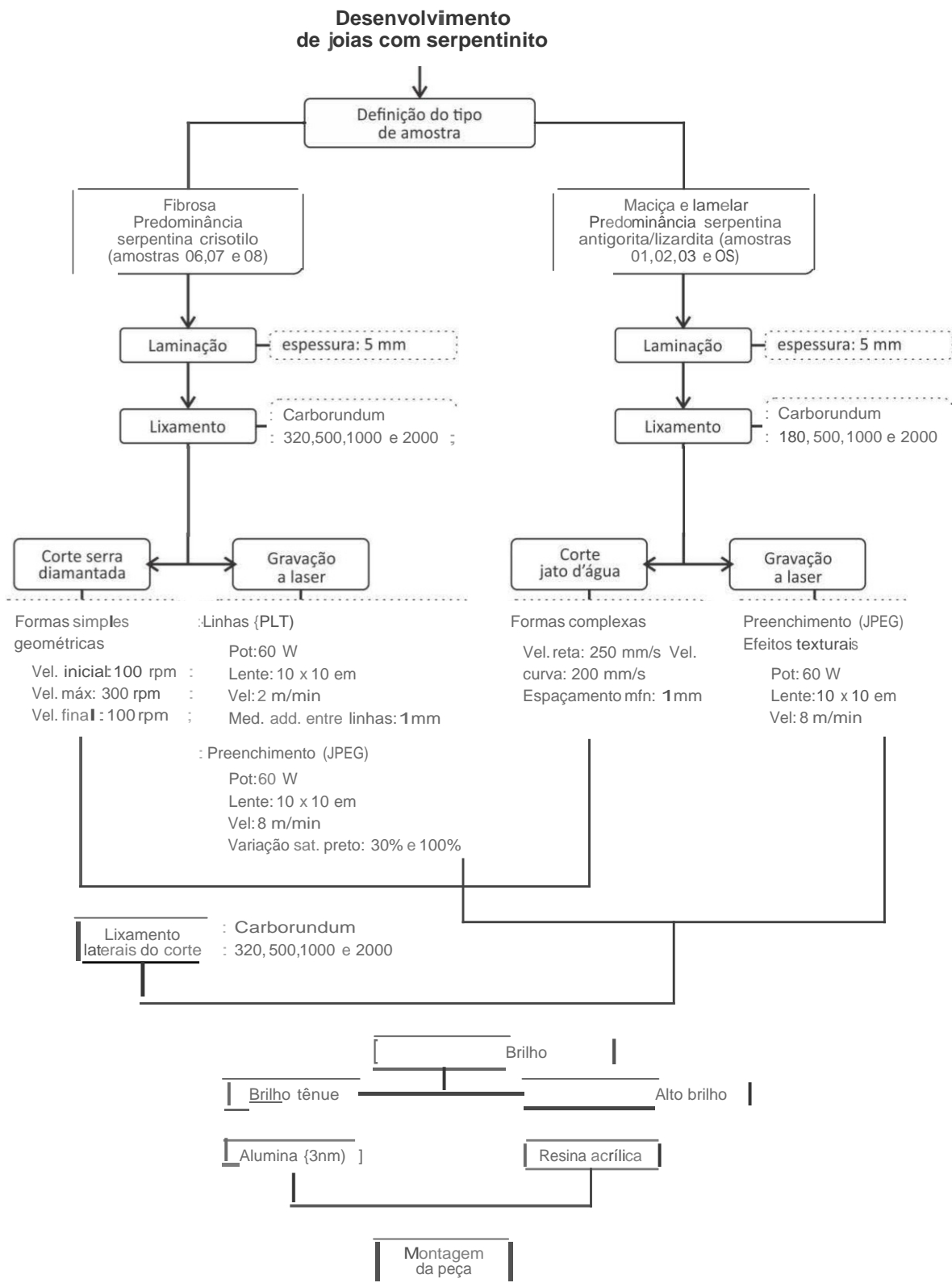
- A possibilidade de cortar peças com facilidade e em alta velocidade (100% - 250 mm/s em linhas retas e 200 mm/s em linhas curvas) são pontos positivos já que, reduzem o tempo e o custo de produção, viabilizando o processo;
- As rochas com ocorrência de serpentina crisotilo e de talco e clorita em maior quantidade, fraturam quando expostas a pressão do jato d'água. Estas fraturas podem ocorrer no sentido dos veios, que criam uma direção de fragilidade, ou em orientações com presença de talco e clorita, minerais que fragilizam o material;
- Evitar rochas onde se observa a presença de veios de serpentina da variedade crisotilo, que conferem fragilidade ao material, fraturando com facilidade;
- Para rochas de menor granulometria e com predominância de serpentina crisotilo (fibras), recomenda-se o corte das formas com serra diamantada de precisão, partindo da velocidade de 100 rpm, para criação do sulco na rocha, e atingindo a velocidade limite de 150 rpm, para evitar pequenas fraturas nas adjacências do corte;
- Devido às limitações do corte com serra diamantada, somente é possível cortar formas simples e geométricas (cubos, retângulos, elipses);
- Para gravação de arquivos em PLT (formas retas e curvas), utilizar a velocidade de 2 m/min, com potência de 60 W e lente de 10 x 10 cm e para gravação de arquivos em JPEG (preenchimentos), utilizar a velocidade de 8 m/min, com potência de 60 W e lente de 10 x 10 cm;
- Quando do desenvolvimento de desenhos para gravação de linhas, deve-se adicionar a medida de 1 mm à medida final desejada, a fim de evitar interferências e sobreposições de linhas;
- Para a gravação de desenhos em que se deseja o uso de dois tons de preenchimento, aplicar os mesmos parâmetros para arquivos JPEG, e a variação de saturação de

preto de 30%, para os elementos mais claros, e de 100%, para os elementos mais escuros;

- Para a gravação de elementos gráficos mais detalhados, preferir o uso de rochas com granulometria menor e textura homogênea, para melhor contraste entre a gravação e a superfície gravada;
- Para rochas com texturas de cor preta ou verde escuro, a gravação a laser pode ser empregada como forma de se obter variações de textura na superfície, técnica bastante utilizada em joalheria, criando efeitos visuais e táteis interessantes. Para estas gravações, deve-se utilizar os parâmetros para arquivos JPEG;
- Como beneficiamento final (lixamento e polimento) recomenda-se o uso de lixas de carbetto de silício (Carborundum) na ordem 180, 500, 1000 e 2000, pelo tempo mínimo de abrasão de 2 minutos a uma velocidade média de 300 rpm, para rochas com maciças e com evidentes defeitos de superfície;
- Para rochas mais macias, recomenda-se o uso de lixas de carbetto de silício (Carborundum) de 320 por 3 minutos (ou metade do tempo com lixa 180), e de 500, 1000 e 2000, pelo tempo mínimo de 2 minutos a uma velocidade média de 300 rpm;
- Para a obtenção de brilho mais intenso no material, pode-se utilizar o polimento com alumina (brilho tênue) e a aplicação de resina acrílica (brilho intenso). Ressalta-se a importância de se avaliar o custo benefício da utilização do polimento com Alumina, já que esta tem alto custo de aquisição e não apresentou um aumento de brilho que justifique;
- A aplicação da resina é indicada para proteção do material, quanto a dispersão do asbesto crisotilo no ar, e da peça, para proteger as gravações na superfície da rocha, quando for o caso.

Para melhor visualização dos resultados, elaborou-se um quadro de tomada de decisão para desenvolvimento de joias com uso do serpentinito (Figura 72).

Figura 72: Quadro tomada de decisão no desenvolvimento de joias com serpentinito.



5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS:

Como trabalhos futuros com o serpentinito, sugerem-se os seguintes caminhos para continuidade da pesquisa:

- O estudo da aplicação da tecnologia de usinagem por comando numérico computadorizado (CNC), a fim de conferir ao material outros usos comerciais;
- Estudos da aplicação de outros tipos de resina que confirmem melhores propriedades mecânicas à rocha, como é o caso das técnicas de telagem, que consistem na aplicação de um sistema epóxi e tela de fibra de vidro, que conferem maior resistência mecânica a rochas ornamentais muito frágeis. Estudos semelhantes foram feitos com mármore e granito pelos autores Pazeto e Paraguassú (2013). Esse sistema pode aumentar a gama de variedades de serpentinito utilizáveis, não somente na joalheria, como também, para confecção de outros objetos e revestimentos, para uso na construção civil;
- No âmbito da joalheria, avaliar o uso de resinas com pigmento, para criação de elementos gráficos coloridos em rochas com texturas mais homogêneas.

REFERÊNCIAS

- ABREA (Associação Brasileira dos Expostos ao Amianto). **Amianto ou asbesto**. Disponível em: <<http://www.abrea.org.br/02amianto.htm>>. Acesso em: 05 set. 2013.
- AIGUEIRA, R. B.; FILGUEIRA, M. Mecanismo de resistência à abrasão de compósitos a base de Poliéster-SiC para uso em coroas de polimento de rochas ornamentais. **Revista Polímeros: Ciência e tecnologia**, v. 16, n. 3, p. 187 – 192, 2006
- ANCHÔA, Karina. Com a cara e o molejo brasileiros. In: Lapidando a imagem da joia brasileira. Editora Coronário: SEBRAE/NA. Disponível em: <<http://arquivopdf.sebrae.com.br/setor/artesanato/sobre-artesanato/tipologias-e-categorias/adornos-e-acessorios/bol-lapidando-a-imagem-da-joia-brasileira>>. Acesso em: 18 maio 2014.
- ARANTES, A. Cultura e territorialidade em políticas sociais. In: LAGES; BRAGA; MORELLI (Org). Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégias de inserção competitiva. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará / Brasília, DF: SEBRAE, 2004.
- BAGNATO, V. Os fundamentos da luz laser. **Física na escola**, v. 2, n. 2, p. 4 – 9. 2001. _____ . **Laser e suas aplicações em Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Livraria da física, 2008.
- BAN, T.; OHYA, Y.; TAKAHASHI, Y. Low-temperature crystallization of forsterite and orthoenstatite. **Journal of the American Ceramic Society**, v. 82, n. 1, 2004.
- BARP, D. R. A. Design e materiais: contribuição ao estudo do processo de corte de ágata por jato d'água em formas complexas. Dissertação de mestrado. UFRGS: Porto Alegre, 2009.
- BARROSO, E. **Quase quatro décadas de design**. 2008. Disponível em: <<http://eduardobarroso.blogspot.com/2008/05/quase-quatro-dcadas-de-design.html>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- GOMEZ BARRERA, Y. N. I. La Cultura del Diseño, estrategia para la generación de valor e innovación en la PyMe del Área Metropolitana del Centro Occidente. **Cuad. Cent. Estud. Diseño Comum.**, Colombia, n.34, 2010.
- BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o desenvolvimento de novos produtos**. 2ª Ed. Edgard Blücher: São Paulo, 2000.
- BENUTTI, M. A.; SILVEIRA, C. G. de; PINHEIRO, O. J. O design na joalheria brasileira. **Anais de evento**. I Seminário sobre Design e Gemologia de pedras, gemas e joias do Rio Grande do Sul. Soledade, 2009.
- BOGUE, R. Fifty years of the laser: its role in material processing. **Assembly automation**. V. 30, nº 4, 2010, p. 317 – 322.
- BORGES, A. **Designer não é personal trainer e outros escritos**. 2 ed. Edições Roari: São Paulo, 2003.
- BOSWORTH, D. Laser engraving makes its Mark. **Digital woodworking**. Novembro de 2001.
- BRAGA, C. A cultura nas políticas e programas do SEBRAE. In: Políticas culturais para o desenvolvimento: uma base de dados para a cultura. Brasília: UNESCO Brasil, 2003.
- BRASIL. **Lei 9.055**, de 01 de junho de 1995. Publicada no Diário Oficial da União em 02 de junho de 1995.

- BUEHLER. **IsoMet 1000 precision saw**. Disponível em:
<http://fab.cba.mit.edu/content/tools/buehler-precision-saw/products_pwb_IsoMet1000.pdf>.
Acesso em: 30 nov. 2014.
- CABRAL, F. G. S. Patrimônio cultural e desenvolvimento nacional: o potencial dos bens de natureza imaterial. In: LAGES; BRAGA; MORELLI (Org). Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégias de inserção competitiva. 1ª Ed. SEBRAE: Brasília, 2004.
- CALLISTER, JR, W. D. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais**: uma abordagem integrada. Editora LTC: Rio de Janeiro, 2006.
- CAMARGO, J. L. Influência das propriedades petrográficas na qualidade do polimento de rochas ornamentais. **Dissertação de mestrado**. Universidade Estadual Paulista: Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro-SP, 2013.
- CAMPOS, Ana Paula de. Pensando a joalheria contemporânea com Deleuze e Guattari. **Trama interdisciplinar**, v.2, n. 2, p. 167-179. 2011.
- CAMPOS, Maria Aparecida de Moraes. **A pesquisa de tendências**: uma orientação estratégica no design de jóias. 2007. Tese (doutorado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- CARVALHO, M. G. de. Tecnologia, desenvolvimento social e educação tecnológica. **Revista Educação e tecnologia**, n. 1, 1997.
- CHEMALE JR, F. Geologia da região da Palma, São Gabriel, Rio Grande do Sul. **Tese de doutorado**. Porto Alegre: UFRGS, 1989.
- CHIODI FILHO, C. **Aspectos técnicos e econômicos do setor de rochas ornamentais**. Rio de Janeiro: CNPq/CETEM, 1995. 75 p.
- _____. Balanço das Exportações e Importações Brasileiras das Rochas Ornamentais e de Revestimento de Janeiro a Maio de 2013. In: Informe ABIROCHAS 11/2013. Belo Horizonte, 2013.
- CIDADE, M. K. Caracterização e padronização do processo de gravação a laser em ágata aplicado ao design de joias. **Dissertação de mestrado**. UFRGS: Porto Alegre, 2012.
- CLARKE, Cathrine. **A arte da joalheria contemporânea**. Disponível em:
<<http://www.joiabr.com.br/artigos/acont.html>>. Acesso em: 14 maio 2014.
- CUIAS FRACARI. **Cuias personalizadas**. Disponível em:
<http://cuiasfracari.com.br/site/portfolio_categories/cuias-personalizadas/>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- DA COSTA, B. P.; QUOOS, J. H.; DICKEL, M. E (Org.). **A sustentabilidade da Região da Campanha-RS: práticas e teorias a respeito das relações entre ambiente, sociedade, cultura e políticas públicas**. Departamento de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Universidade Federal de Santa Maria, 2010.
- DEER; HOWIE; ZUSSMAN. **Rock-Forming Minerals**: orthosilicates (Volume 1A). 2ª edition. Geological Society: Inglaterra, 1997.
- _____. **Minerais constituintes das rochas**: uma introdução. Fundação Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1966.
- DEDAVID, B. A.; GOMES, C. I.; MACHADO, G. **Miscroscopia Eletrônica de Varredura**: aplicações e preparação de amostras [recurso eletrônico]. EDIPUCRS: Porto Alegre, 2007.
- DIB, P. **Perception requires involvement**. Disponível em:
<<http://www.behance.net/gallery/Perception-Requires-Involvement/1480109>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- DUARTE, L. C et al. Potencialidades do design aplicado a utilização de novos materiais gemológicos no Rio Grande do Sul. **Anais de evento**. I SDGEM: Soledade, 2009.
- _____. et al. Técnicas Inovadoras e Materiais Naturais em Joalheria no Laboratório de Design e Seleção de Materiais. In: Tecnologias para o setor de gemas, joias e mineração. Léo Afraneo Hartmann; Juliano Tonezer da Silva (Org.). IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2010.
- FAGIANNI, K. **O poder do design**. Brasília: Thesaurus, 2006.
- FERREIRA, A. D.; GONÇALVES, C. X.; BRANCO, V. D. **Carboneto de Silício e os Compósitos de**

- Diamante-Cerâmica.** Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2012. Disponível em: <http://estudomec.info/files/MCM2_TP1.pdf>. Acesso em 30 nov. 2014.
- FORMOSO, M. L. L. Difractometria de Raios-X. **In:** FORMOSO, M. L. L.; TRESCASES, J. J.; DUTRA, C. V.; GOMES, C. B. Técnicas analíticas instrumentais aplicadas à geologia. Editora Blücher: São Paulo, 1984.
- FORTES, C. B. B. Caracterização e propriedades das resinas acrílicas de uso odontológico – um enfoque voltado para a biossegurança. **Tese de doutorado.** Programa de Pós Graduação em Ciência dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.
- GAUTIER, A. Indicadores culturais para tempos de desencanto. **In:** Políticas culturais para o desenvolvimento: uma base de dados para a cultura. Brasília: UNESCO Brasil, 2003.
- GIDDENS, A. **Modernidade e identidade.** Tradução Plínio Dentzien. Jorge Zahar Editor: Rio de Janeiro, 2002.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6ª ed. Atlas: São Paulo, 2010.
- GOLA, Eliana. **Benvenuto Cellini, mestre da joalheria italiana renascentista.** Infojoia, 2010. Disponível em: <http://www.infojoia.com.br/news_portal/noticia_7628>. Acesso em: 18 maio 2014.
- GOMEZ BARRERA, Y. N. I. La Cultura del Diseño: estrategia para la generación de valor e innovación en la PyMe del Área Metropolitana del Centro Occidente. **Cuad. Cent. Estud. Diseño Comum**, n.34, p. 109-209, 2010.
- GUASQUEIRO. **Guasqueiro e a arte gaúcha no apero crioulo.** 2010. Disponível em: <<http://guasqueiro.blogspot.com/>>. Acesso em: 20 ago. 2013.
- GUIMAR. **Designers nacionais** – Isabela Vecci. Disponível em: <<http://www.guimar-interiores.com.br/secoes.asp?xsecao=00000000103752>>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- GUIMARÃES, H. **Opala:preciosidade do sertão ganha o mundo.** 2011. Revista Globo Rural. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI211452-18071,00-OPALA+PRECIOSIDADE+DO+SERTAO+GANHA+O+MUNDO.html>>. Acesso em: 10 set. 2013.
- HAN, A.; GUBENCU, D. Analysis of the laser marking technologies. **Nonconventional Technologies Review**, n. 4, p. 17 – 22, 2008.
- HARVEY, D. **Condição pós-moderna:** uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. 20ª Ed. Edições Loyola: São Paulo, 2010, 349 p.
- HINRICHS, R. Difração de raios X com incidência rasante (GIXRD). **In:** Técnicas instrumentais não destrutivas aplicadas a gemas do Rio Grande do Sul. Ruth Hinrichs (Org.). IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2014.
- HORIBA. **IG Series Brochure.** Disponível em: <http://www.horiba.com/fileadmin/uploads/Process-Environmental/Documents/HRE3313A_IG320-331.pdf>. Acesso em: 24 nov. 2014.
- IBGM. **Características da cadeia produtiva.** Disponível em: <http://www.ibgm.com.br/info_cadeia_produtiva.php>. Acesso em: 04 out. 2013.
- _____. **Pesquisa da indústria joalheira brasileira.** 2013. Biblioteca digital. Disponível em: <http://www.ibgm.com.br/admin/_upload/biblioteca/documento/724-IBGMPesquisaindustria-2013.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2014.
- INSTITUTO DE GEMAS E JOIAS DA AMAZÔNIA. **VII Pará Expojoias – Amazônia Design:** o luxo da cultura e da natureza amazônica. Igama/Sedect/Sebrae-PA: Belém, 2010.
- JUCHEM, P. L. et al. Geologia e mineralogia das gemas do Rio Grande do Sul. **In:** Roberto Lannuzzi, José Carlos Frantz. (Org.). 50 Anos de Geologia, p. 177-197. Editora Comunicação e Identidade: Porto Alegre, 2007.
- JUCHEM, P. L. et al. Potencial gemológico da região sul do Brasil. **Anais de evento.** I SDGEM: Soledade, 2009.
- KAN, C. W.; YUEN, C. W. M.; CHENG, C. W. Technical study of the effect of CO2 laser surface engraving on the colour properties of denim fabric. **Journal Coloration Technology.** Society of Dyers and Colourists. v. 126, p. 365 – 371, 2010.

- KARAKURT, I.; AYDIN, G.; AYDINER, K. An investigation on the kerf width in abrasive waterjet cutting of granitic rocks. **Saudi Society for Geosciences**, 2013. DOI 10.1007/s12517-013-0984-4.
- KLEIN, C.; DUTROW, B. **The 23rd edition of the manual of mineral science**. John Wiley & Sons: EUA, 2008.
- KRUCKEN, L. **Design e território: valorização de identidades e produtos locais**. Estúdio Nobel: São Paulo, 2009.
- LAGES, V.; BRAGA, C.; MORELLI, G. (Org). **Territórios em movimento: cultura e identidade como estratégias de inserção competitiva**. 1ª Ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará / Brasília, DF: SEBRAE, 2004.
- LAMARCA. **Arte, vestuário e acessórios do Rio para o mundo**. 2012. Disponível em: <<http://visaocarioca.com.br/2012/05/17/arte-vestuario-e-acessorios-do-rio-para-o-mundo/>>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- LAMIKIZ, A et al. CO2 laser cutting of advanced high strength steels (AHSS). **Applied surface science**. V. 242, p. 362 – 368, 2005.
- LEIBINGER-KAMÜLLER. **The laser as a tool**. TRUMPF: 2007, p. 280. Disponível em: <<http://www.trumpf.com/en/innovation/media-center/books/the-laser-as-a-tool.html>>. Acesso em: 30 abr. 2013.
- LICCARDO, A.; CHODUR, N. L. Turismo mineral no Brasil: gemologia e geoturismo. **Anais de evento**. I SDGEM: Soledade, 2009.
- LISBOA, G. **Catálogo biojoias**. Disponível em: <<http://www.gabrielalisboa.com.br/colecoes/colecoes.html>>. Acesso em 05 ago. 2013.
- LITRE, G. Os gaúchos e a globalização: vulnerabilidade e adaptação da pecuária familiar no pampa do Uruguai, Argentina e Brasil. **Tese de doutorado**. Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília: Brasília, 2010.
- LÖBACH, B. **Design Industrial: bases para a configuração de produtos industriais**. Edgard Blücher: São Paulo, 2001.
- MACHADO, Regina. Mistura de Luxo. **In: Lapidando a imagem da joia brasileira**. Editora Coronário: SEBRAE/NA. Disponível em: <<http://arquivopdf.sebrae.com.br/setor/artesanato/sobre-artesanato/tipologias-e-categorias/adornos-e-acessorios/bol-lapidando-a-imagem-da-joia-brasileira>>. Acesso em: 18 maio 2014.
- IMA (*International Mineralogical Association*). **The new IMA List of Minerals**. Publicado em: set. 2014. Disponível em: <[http://pubsites.uws.edu.au/ima-cnmnc/IMA_Master_List_\(2014-09\).pdf](http://pubsites.uws.edu.au/ima-cnmnc/IMA_Master_List_(2014-09).pdf)>. Acesso em: nov. 2014.
- MDIC; APEX-BRASIL. **Diagnóstico do Design brasileiro**. Brasília: 2014. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/arquivos/dwnl_1402666459.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2014.
- MEC. **Rochas ornamentais**. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica: Brasília, 2007.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Campos Sulinos - conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Valério De Patta Pillar; Sandra Cristina Müller; Zélia Maria de Souza Castilhos; Aino Victor Ávila Jacques (Ed.). Brasília: MMA, 2009.
- MIRANDA, R. M.; QUINTINO, L. Microstructural study of material removal mechanisms observed in abrasive waterjet cutting of calcareous stones. **Materials characterization**, 2005, v. 54, p. 370-377.
- MONTIEL, E. A comunicação no fomento de projetos culturais para o desenvolvimento. **In: Políticas culturais para o desenvolvimento: uma base de dados para a cultura**. UNESCO Brasil: Brasília, 2003.
- MORAES, D. **Análise do design brasileiro: entre mimese e mestiçagem**. Editora Edgard Blücher: São Paulo, 2006.
- NASCIMENTO, J. R. Meio ambiente do trabalho e uso do amianto: banimento ou uso controlado? Uma visão humanística em face da saúde do trabalhador. Centro Universitário de Brasília (UnICEUB/ICPD), p. 112, 2006.

- NEVES, M. C. Estudo experimental do polimento de diferentes “granitos” e as relações com a mineralogia. **Dissertação de Mestrado**. Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos. p. 115, 2010.
- NIEMEYER, L. **Elementos de semiótica aplicados ao design**. Rio de Janeiro: 2AB, 2007.
- OLIVEN, R. G. **A parte e o todo: a diversidade cultural no Brasil-nação**. 2. ed. Editora Vozes: Rio de Janeiro, 2006.
- ONO, M. M. Design, cultura e identidade, no contexto da globalização. **Revista Design em foco**, julho-dezembro, vol I, n. 1. p. 53-66, 2004.
- PAGE, N. J. Chemical differences among the serpentine “polymorphs”. **The American Mineralogist**, v. 53, p. 201 – 205, 1968.
- PAZETO, A. de A.; PARAGUASSÚ, A. B. Estudo experimental da telagem de chapas de rochas “graníticas” com fibra de sisal. **Anais de congresso**. 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013. Disponível em: <http://www.abge.org.br/uploads/imgfck/file/Artigo_EstudoExperimentaldaTelagem.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2014.
- PHILLIPS, R. **Mineral Optics: principles and techniques**. W. H. Freeman and Company: São Francisco, 1971.
- PICHLER, R. F.; MELLO, C. I. O desenvolvimento de produtos contemporâneos com potencial identitário. **Anais de congresso**. II Conferência Internacional de Design, Engenharia e Gestão para a inovação. Florianópolis, 2012.
- PICHLER, R. F. et al. Aproveitamento gemológico de serpentinito do Rio Grande do Sul, com aplicação da tecnologia laser. In: HARTMANN, L. A.; SILVA, J. T. da. (Org.). II Mostra de resultados de pesquisas aplicadas ao arranjo produtivo de gemas e joias do Rio Grande do Sul. IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2013.
- PIGNOTTI, Carmen Marcos. **La “Joyería Contemporánea”, una nueva esfera artística: de la artesanía manual a la artesanía conceptual**. 2011. Dissertação (mestrado). Universidad Politécnica de Valencia, Faculdade de Bellas Artes de San Carlos.
- PREFEITURA DE BAGÉ. **Símbolos**. Disponível em: <<http://www.bage.rs.gov.br/simbolos.php>>. Acesso em 04 set. 2014.
- PREVIEW DESIGN DE JOIAS E BIJUTERIAS. **Fruição 2015**. Instituto Brasileiros de Gemas e Metais preciosos – IBGM; Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e pequenas empresas – SEBRAE (Org.). Publicado em: 29 jul. 2014. Disponível em: <http://issuu.com/ibgm/df/docs/miolo_preview_2015>. Acesso em: 29 out. 2014.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico** [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª ed. Feevale: Novo Hamburgo, 2013.
- READ, P. G. **Gemological Instruments: their use and principles of operation**. Butterworth & Co.: London, 1978.
- REMPEL, C. A joalheria moderna no Rio Grande do Sul. In: HARTMANN, L. A.; SILVA, J. T. da. (Org.). Tecnologias para o setor de gemas, joias e mineração. IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2010.
- RICARDO, A. M., QUEIROZ, J. P. da C.; RIBEIRO, R. C. da C. Caracterização tecnológica das rochas que recobrem o monumento do Cristo Redentor como ferramenta de auxílio ao restauro. **Anais de congresso**. XVIII Jornada de Iniciação Científica do CETEM, 2010.
- RIVALDO, N. P. Caracterização geológica e tecnológica de serpentinitos, Vila Palmas e Serra da Mantiqueira, RS, Brasil. **Dissertação de mestrado**. Porto Alegre: UFRGS, 2006.
- RUTTEN, R.; BOEKEMA, F. Regional social capital: Embeddedness, innovation networks and regional economic development. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 74, p. 1834–1846, 2007.
- RRUFF MINERAL DATA. **Search RRUFF sample data**. Disponível em: <<http://rruff.info/>>. Acesso em 10 out. 2014.
- SCHUMANN, W. **Gemas do mundo**. 7ª ed. DISAL: São Paulo, 1992.
- SHIMIZU, S. Tribology in Water Jet Processes. In: New tribological ways. Taher Ghrib (Org.). InTech: Croácia, 2011.

- _____ et al. Pulsation abrasive water-jet. In: American WJTA Conference and Expo, Houston, 2009.
- SILVEIRA, F. L. et al. Uma experiência para o beneficiamento de rejeitos minerais a partir de texturas naturais. **Anais de congresso**. 9º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. São Paulo, 2010.
- SILVEIRA, L. L. L. da. Polimento de rochas ornamentais: um enfoque tribológico ao processo. **Tese de doutorado**. Universidade de São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos, 2007.
- SINTEC. **Laser Marking Mechanism and Quality Characteristics**. Disponível em: <<http://www.sintecoptronics.com/ref/MarkingMechanism&Quality.pdf>>. Acesso em: 2013.
- SGS (*Swiss Gemological Society*). 1988. Mapa Mundial de depósitos de gemas.
- SOUZA, T. L. A distribuição do níquel em perfis de alteração de rochas ultramáficas, complexo Cambaizinho, Bloco São Gabriel, RS. **Trabalho de conclusão de curso**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 2011.
- TEIXEIRA, A. F. N.; MELO, L. B. de; OLIVEIRA, N. S. M. de. Rochas ornamentais: o desenvolvimento econômico e suas relações com a sociedade brasileira e norte-riograndense. **Anais de evento**. 7º Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. VII CONNEPI: Tocantins, 2012.
- THROSBY, D. Introduction and Overview. In: GINSBURGH, V. A.; THROSBY, D. (Eds.). **Handbook of the economics of art and culture**. 2. ed. Oxford: North-Holland Elsevier, 2008. p. 3-24.
- VASCONCELLOS, M.; HINRICHS, R. Microanálise na caracterização de gemas e joias. In: Tecnologias para o setor de gemas, joias e mineração. Léo Afraneo Hartmann; Juliano Tonezer da Silva (Org.). IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2010.
- VICTORIA AND ALBERT MUSEUM. **A history of Jewellery**. Disponível em: <<http://www.vam.ac.uk/content/articles/h/history-jewellery/>>. Acesso em: 18 maio 2014.
- VIEIRA, I. O. Políticas públicas, inovação, tecnologia e Arranjos Produtivos Locais. In: Tecnologias para o setor de gemas, joias e mineração. Léo Afraneo Hartmann; Juliano Tonezer da Silva (Org.). IGEO/UFRGS: Porto Alegre, 2010.
- VILLAS-BOAS, A. **Identidade e cultura**. 2AB: Rio de Janeiro, 2002.
- VINHO FORTALEZA. I. G. **Indicação Geografica e D.O. Vale dos Vinhedos, uma conquista do Brasil**. 2011. Disponível em: <<http://vinhofortaleza.blogspot.com.br/2011/05/ig-indicacao-geografica-e-do-vale-dos.html>>. Acesso em: 05 ago. 2013.
- WEBMINERAL. **Mineralogy database**. Disponível em: <<http://www.webmineral.com>>. Acesso em: 20 out. 2014.
- ZUCOLOTO, T. F. Resinagem. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/97564522/13/%E2%80%93Polimento-em-Politriz-Manual>>. Acesso em 02 dez. 2014.
- ZUGLIANI, Giovana Mara. **Arte & joia: uma análise da joalheria contemporânea brasileira**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação.

Este trabalho foi realizado com apoio da CAPES e CNPq.

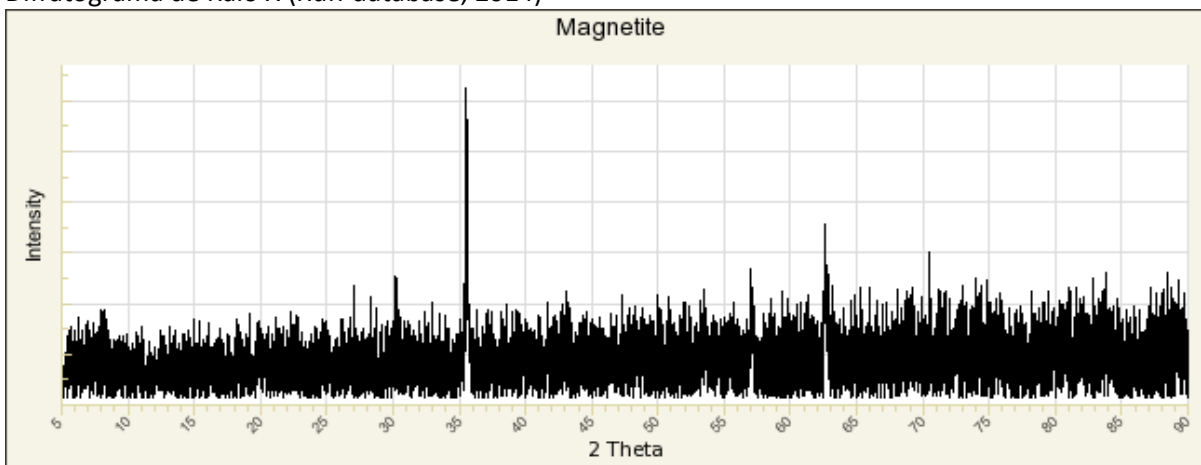
ANEXO A

DRX de minerais presentes na composição do serpentinito

1. Magnetita

Intensidade (WEB MINERAL, 2014): 2.53(1) – 1.483(0.85) – 1.614(0.85)

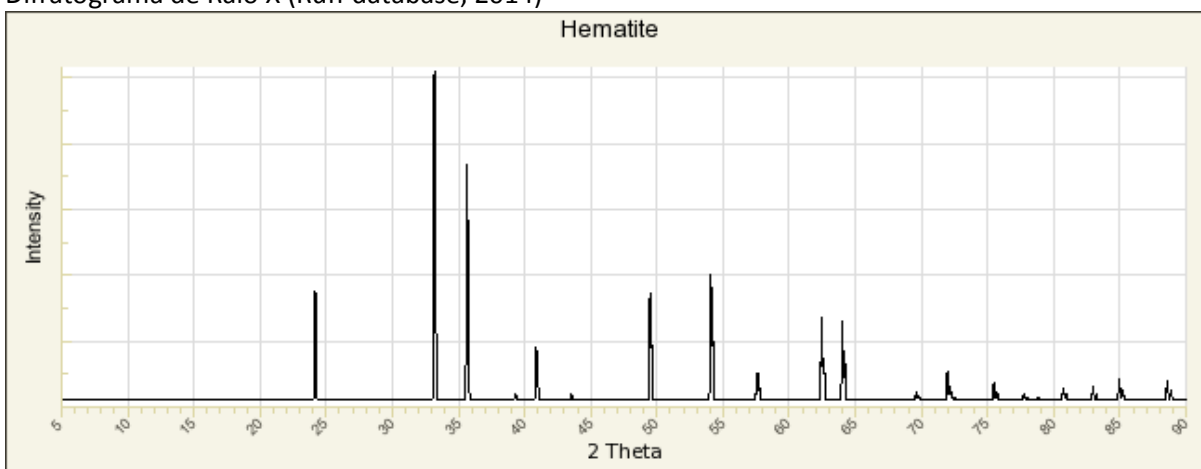
Difratograma de Raio X (Ruff database, 2014)



2. Hematita

Intensidade (WEB MINERAL, 2014): 2.69(1) – 1.69(0.6) – 2.51(0.5)

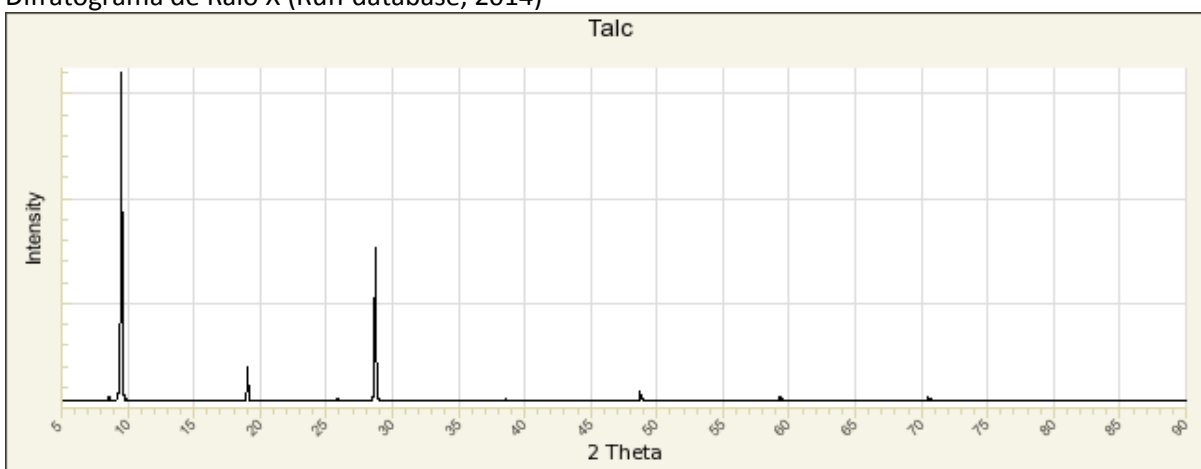
Difratograma de Raio X (Ruff database, 2014)



3. Talco

Intensidade (WEB MINERAL, 2014): 9.35(1) – 1.53(0.55) – 4.59(0.45),

Difratograma de Raio X (Ruff database, 2014)

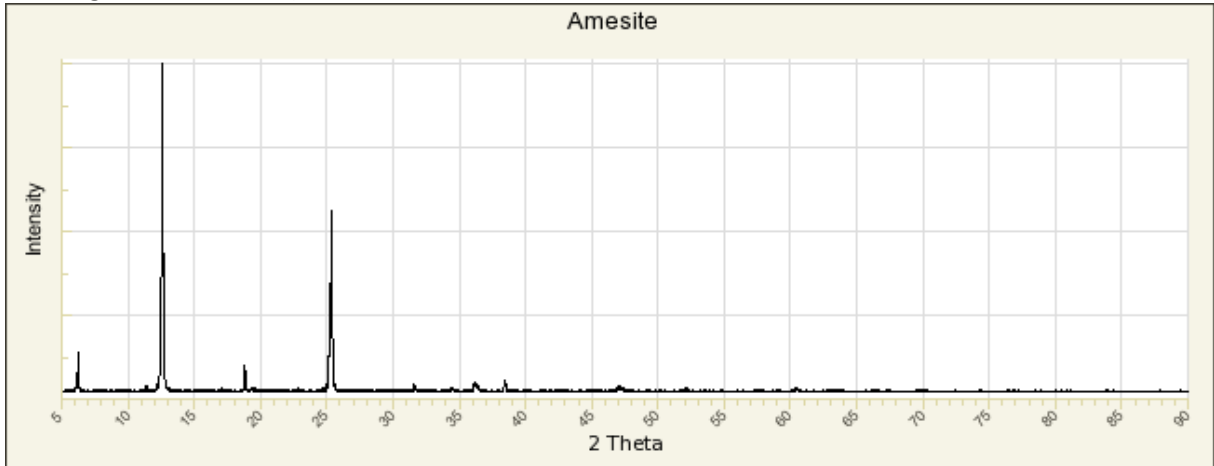


ANEXO B

DRX dos asbestos do grupo dos anfibólios

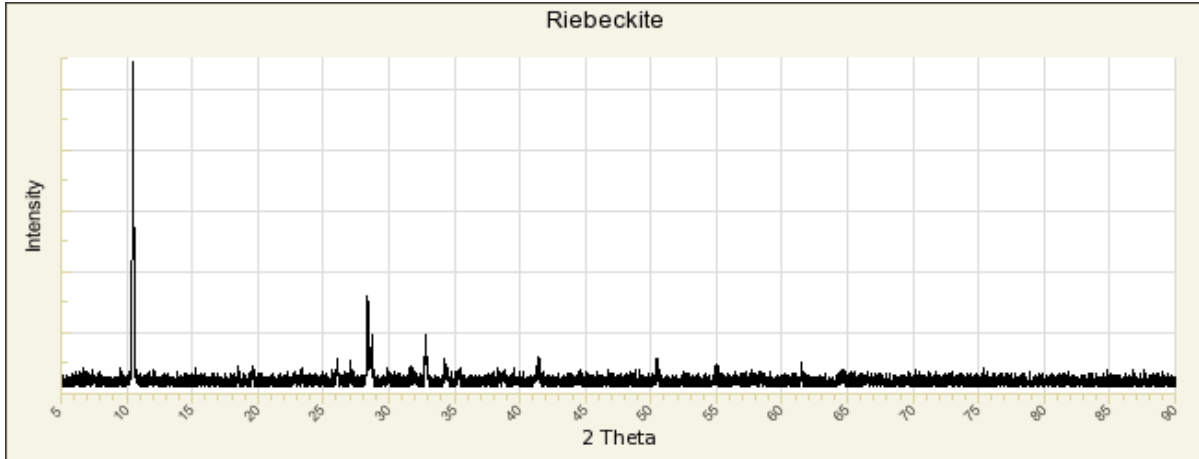
1. Amosite

Difratograma de Raio X (Ruff database, 2014)



2. Riebeckite

Difratograma de Raio X (Ruff database, 2014)



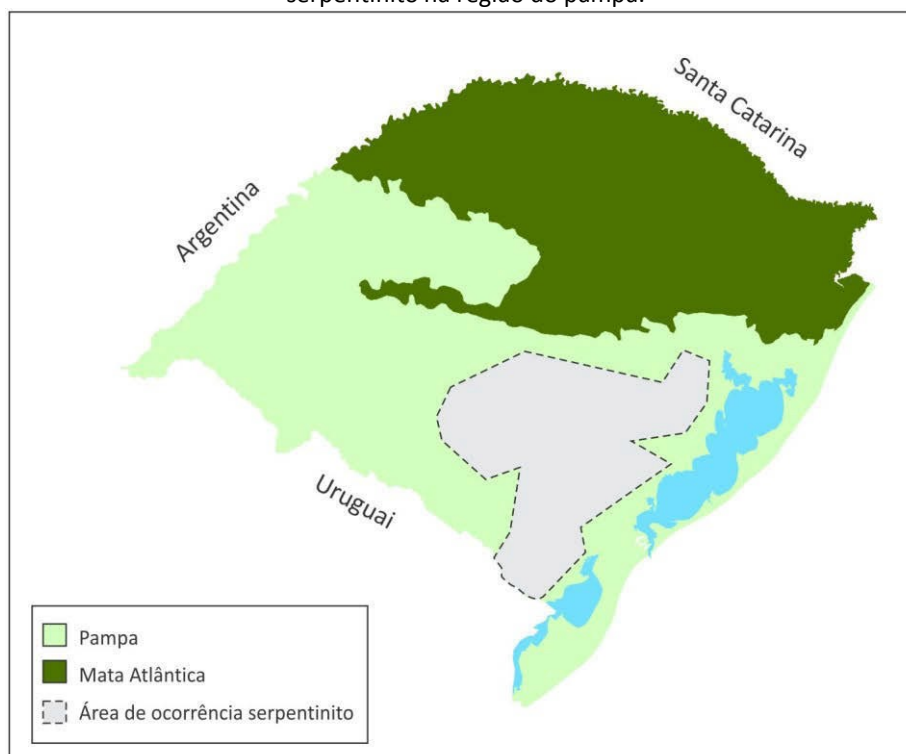
APÊNDICE A

Estudo referencial do pampa gaúcho

O Pampa Gaúcho

O Pampa, campos sulinos ou região da Campanha, é um ecossistema natural com alta diversidade de espécies, tanto animais como vegetais, cuja conservação é de suma importância para conservação de recursos hídricos, disponibilidade de polinizadores e o provimento de recursos genéticos (MMA, 2009). O Pampa é um dos sete grandes biomas reconhecidos oficialmente no Brasil, e sua extensão atinge o Rio Grande do Sul, o Uruguai e parte da Argentina (Figura 1). No Rio Grande do Sul, ele ocupa cerca de 63% do território do estado. Apesar desta região não ser conhecida do ponto de vista da sua diversidade ecológica, o Pampa abriga inúmeras espécies que são endêmicas, ou seja, que só existe neste bioma. Por esse motivo, a área é considerada de máxima importância, tendo em andamento inúmeros projetos de conservação e de uso sustentável da biodiversidade local (MMA, 2014).

Figura 1: Região de abrangência do bioma pampa no Rio Grande do Sul. Identificação da área de ocorrência do serpentinito na região do pampa.



Fonte: adaptado de IBGE, 2004.

É neste viés de preservação do bioma pampa, que algumas peças da coleção foram inspiradas, como forma de valorizar também as riquezas naturais presentes no local, despertando a admiração da população para com a diversidade existente neste bioma. Assim, como referenciais visuais no desenvolvimento destas peças, optou-se pela flor-decorticeira, o joão-de-barro e o capim-do-pampa, cujas apresentações são feitas a seguir:

Flor de Corticeira

A flor de corticeira (*Erythrina crista-galli*), segundo Costa e Morais (2008), é uma espécie característica da paisagem sulriograndense, encontrada em vários pontos do bioma. Atualmente, é ameaçada em sua conservação. Pela população local, a flor é utilizada para fins ornamentais devido a sua cor exuberante (Figura 2a).

Capim-do-Pampa

O capim-do-pampa, ou grama-do-pampa como também é conhecido, tem como principal característica a sua flor grande, plumada e branca. Por ser uma planta nativa, ocorre em toda a extensão do Pampa, mas principalmente no Rio Grande do Sul e na Argentina. Devido ao efeito causado por suas flores, o capim-do-pampa é bastante utilizado em jardins e na decoração de ambientes (Figura 2b).

João de barro

O joão-de-barro (*Furnarius rufus*), é uma das espécies mais populares e emblemáticas da fauna gaúcha, mesmo que essencialmente campestre (MMA, 2009). O pássaro, de tão forte simbologia que carrega, serve de inspiração para letras de música e poemas tradicionalistas gaúchos. Além disso, é personagem de lendas e mitos do Pampa. Sua principal característica é a sua moradia, feita de barro. Abaixo um trecho de um chote com a temática joão de barro:

“(joão de barro quando canta no inverno e no verão
É sinal, é sinal de tempo bom
É sinal, é sinal de tempo bom
joão de barro quando canta no inverno e no verão)

joão de barro faz o rancho com o bico e terra flor
quando tem, quando tem, quando tem um grande amor
diz a lenda, diz a lenda do rincão

joão de barro foi um índio fazedor de habitação

a casinha do barreiro também serve de prisão
quando tem, quando tem, quando tem um grande amor
diz a lenda diz a lenda do rincão
que ele prende a companheira que iludiu seu coração”
Paixão Cortes

O Pampa e o Gaúcho

De acordo com Litre (2010), a região pampeana se caracteriza, do ponto de vista cultural, pela presença histórica do gaúcho. De acordo com Botelho (2013), o Pampa é uma espécie de palco vivo que interagiu, nutriu e tornou possível a existência de todos os elementos que constituem o gaúcho. O gaúcho é um personagem que faz parte da paisagem do Pampa, sendo a existência de um em decorrência da existência do outro. “o pampa só é pampa por que nele viveu o gaúcho, da mesma forma que o próprio gaúcho só é gaúcho, pois viveu no pampa” (BOTELHO, 2013). Mediante tais autores, é indissociável a figura do pampa sem o gaúcho e vice-versa. Devido a isso, no desenvolvimento das peças, servirão de inspiração os acessórios, artefatos e indumentária do gaúcho do campo. Tais elementos, estão muito relacionados ao estilo de vida desse gaúcho e às suas manifestações culturais, como os rodeios com competições de tiro ao laço, danças, músicas, entre outros. Neste aspecto, os arreios (artefatos confeccionados com couro e prata) utilizados pelo gaúcho, são elementos marcantes de sua cultura, tendo como profissional, o guasqueiro, artesão que confecciona trançados para fabricação destes artefatos (Figura 2d).

Abaixo, na Figura 2, tem-se imagens dos principais referenciais culturais do Pampa utilizados na criação da coleção de joias.

Figura 2: Imagens dos principais referenciais culturais utilizados como inspiração ao desenvolvimento das joias. Flor-de-corticeira (a), Capim-do-pampa (b), joão-de-barro (c) e o gaúcho do pampa (d).



Referências:

BOTELHO, B. P. O Pampa, o gaúcho e a propriedade. Anais de congresso. II Congresso Internacional de História Regional: Passo Fundo, 2013.

COSTA, R. A. C. V.; MORAIS, A. B. B. Fenologia e visitantes florais de *Erythrina crista-galli* L. (Leguminosae: Faboideae) em Santa Maria, Rio Grande do Sul. *BrasilRevista Biotemas*, n. 21, v. 2, junho de 2008.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). Pampa. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/pampa>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

_____. Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade. MMA: Brasília, 2009.

IBGE. Mapas de biomas e de vegetações. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>>. Acesso em: 20 nov. 2014.