



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN**

Flávia Lopes da Silveira

**A TÉCNICA DA ANAMORFOSE APLICADA AO DESIGN DE PRODUTOS:
uma experiência na joalheria**

Tese de Doutorado

Porto Alegre

2019

FLÁVIA LOPES DA SILVEIRA

**A técnica da anamorfose aplicada ao design de produtos:
uma experiência na joalheria**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Design.

Orientadora: Prof.^a Dra. Branca Freitas de Oliveira

Porto Alegre

2019

CIP - Catalogação na Publicação

Silveira, Flávia Lopes da

A TÉCNICA DA ANAMORFOSE APLICADA AO DESIGN DE
PRODUTOS: uma experiência na joalheria / Flávia Lopes
da Silveira. -- 2019.

177 f.

Orientador: Branca Freitas de Oliveira.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. técnica da anamorfose. 2. design de joias. 3.
materiais. 4. processos de fabricação tradicionais e
inovadores. I. Oliveira, Branca Freitas de, orient.
II. Título.

Flávia Lopes da Silveira

**A TÉCNICA DA ANAMORFOSE APLICADA AO DESIGN DE PRODUTOS:
uma experiência na joalheria**

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

Porto Alegre, 05 de julho de 2019.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS

Banca Examinadora:

Orientadora: **Prof. Dr. Branca Freitas de Oliveira**

Departamento de Design e Expressão Gráfica

Prof. Dr. Daniele Ellwanger

Departamento de Design da Universidade Franciscana – Examinador Externo

Prof. Dr. Mariana Cidade

Departamento de Desenho Industrial da Universidade Federal de Santa Maria – Examinador Externo

Prof. Dr. Anicet Rüttschilling

Departamento de Artes Visuais – Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, através de bolsa integral durante o curso.

RESUMO

SILVEIRA, F. L. **A técnica da anamorfose aplicada ao design de produtos:** uma experiência na joalheria: 2019. 177 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia / Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

Esta tese tem por objetivo aplicar a técnica da anamorfose no design de produtos, mais especificamente, em um conjunto de joias produzido de forma industrial. Foram utilizados diferentes tipos de materiais (madeira, polímero, metal) desde a concepção dos protótipos até a fabricação do produto final, bem como distintos processos de fabricação tradicionais e também inovadores (técnicas de marcenaria, impressão 3D e fundição por cera perdida). A intenção é compor a joia a partir de letras em formato tridimensional que, juntas, formam palavras anamórficas. A característica mais marcante da aplicação da técnica da anamorfose no design de produtos é a possibilidade de diferentes leituras de um mesmo objeto – neste caso, a joia –, conforme o ponto de vista de onde é observado. Os processos de fabricação adequados foram direcionados para cada um dos materiais selecionados a fim de possibilitarem as devidas interferências até que adquirissem a forma escolhida durante os estudos de aplicabilidade. Além de ser uma técnica de desenho criativa que explora uma série de habilidades do universo e do interesse dos designers, a anamorfose pode trazer resultados positivos quando aplicada em produtos, uma vez que produz efeitos visuais inusitados, tornando o produto visualmente mais atrativo.

Palavras-chave: técnica da anamorfose, design de joias, materiais, processos de fabricação tradicionais e inovadores, estudos de aplicabilidade.

ABSTRACT

SILVEIRA, F. L. The technique of anamorphosis applied to product designs: an experience in a jewelry store: 2019. 177 f. Thesis (PhD in Design) – School of Engineering/Architecture College, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

This thesis aims to apply the technique of product design, more specifically, in a set of jewels produced in low scale in an industrial manner. Different kinds of materials were used (wood, polymer, metal), from the conception of the prototypes to the manufacture of the final product as well as distinct traditional or innovative manufacturing processes (woodworking techniques, 3D printing and lost wax casting). The intention focuses on composing this jewel from 3-dimensional shaped letters, that together, form anamorphic words. The most remarkable feature obtained by applying the anamorphosis technique in a product design is the possibility of different readings about the same object, in this case a jewel, according to the point of view that it is observed. Inside this context, the processes of suitable fabrication were directed to each one of the selected materials, in order to make possible the due interferences until each object had its chosen form during the studies of applicability. Besides being a creative design technique that explores a series of universe skills, something the designers are interested in, the anamorphosis may also bring positive aspects when applied in products, once it produces unusual visual effects, making the product more visually attractive.

Keywords: anamorphosis technique, jewelry design, materials, traditional and innovative processes, applicability studies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cruzamento das áreas de interesse da pesquisa	19
Figura 2 – Diferentes objetos estudados durante estágio docente	20
Figura 3 – Painel-retrato de Hesy-re no Museu do Cairo, datado de 2.750 a.C.....	24
Figura 4 – Friso pintado em parede na cidade de Pompeia, datado de 50 a.C.....	25
Figura 5 – Obra: (A) <i>A expulsão dos diabos de Arezzo</i> , de Giotto; (B) Estudos de perspectiva da mesma obra.....	26
Figura 6 – Representação do Hospital dos Inocentes, em Florença, pela técnica do “véu”, de Alberti.....	27
Figura 7 – Demonstração de técnica de perspectiva de Albrecht Dürer, de 1525.....	28
Figura 8 – Estudo de pontos de fuga de diagonais para edificações	28
Figura 9 – Desenho anamórfico de Leonardo da Vinci, datado de 1485: (A) Formato alongado disforme; (B) Figura de um rosto	32
Figura 10 – Planos de projeção: (A) Perpendicular ao eixo do cone de visão; (B) Oblíquo ao eixo do cone de visão.....	33
Figura 11 – Obra: (A) <i>The Ambassadors</i> , de Hans Holbein, datado de 1533; (B) Detalhe em anamorfose.....	34
Figura 12 – Crânios em coordenadas curvilíneas.....	35
Figura 13 – Obra: (A) Esboço antes da deformação central; (B) Sistema de rede para o abaulamento central; (C) Gravura	36
Figura 14 – <i>A apoteose de Santo Inácio</i> , localizada na Igreja de Santo Inácio, em Roma, obra de Andrea Pozzo.....	37
Figura 15 – <i>Anamorphose cylindrique représentant Louis XIII</i> , de Simon Vouet, datada de 1646	38
Figura 16 – Sinalização horizontal com desenho de bicicleta em distorção	40
Figura 17 – Painéis publicitários anamórficos ou publimetas.....	41
Figura 18 – <i>Swimming-pool in the high street</i> , de Julian Beaver	43
Figura 19 – Primeira pintura anamórfica no Brasil, de Eduardo Kobra.....	43
Figura 20 – Obra: (A) <i>Série Desaparência</i> , exposta no Museu Iberê Camargo no ano de 2011; (B) Detalhe da obra.....	45
Figura 21 – Obra intitulada <i>Luz/Zul</i> , exposta no CCBB no ano de 2003	45
Figura 22 – Vídeos: (A) Honda - <i>An impossible made possible</i> ; (B) Ok Go – <i>The writing’s on the wall</i>	46

Figura 23 – Mapa anamórfico ou mapa estatístico.....	47
Figura 24 – Obra: (A) Desenho em anamorfose para o filme <i>What will come (has already come)</i> ; (B) Detalhe da distorção	48
Figura 25 – Fotografia de escultura anamórfica de Hurwitz	49
Figura 26 – Nationale Nederlanden Office Building.....	50
Figura 27 – Grand Palais des Beaux-Arts: (A) Ponto de vista que permite ver a obra completa; (B) Ponto de vista	51
Figura 28 – <i>Anamorphic Series</i> , de McBride	52
Figura 29 – Conchas marinhas perfuradas da Cueva de los Aviones.....	54
Figura 30 – Peitoral da Idade do Bronze, com desenho de espirais	55
Figura 31 – Amuleto em formato de falcão encontrado em Memphis, Egito	55
Figura 32 – Camafeu em sardônix e ouro, século XVI, Biblioteca Nacional da França.....	56
Figura 33 – Joias do designer Naum Slutzky, Victoria and Albert Museum, Londres	57
Figura 34 – Colar de papel da designer Nel Linssen.....	58
Figura 35 – <i>Signature vase</i> , do designer Frank Tjepkema, ano de 2003.....	61
Figura 36 – <i>Pixelvases</i> , do designer Frank Tjepkema, ano de 2010	61
Figura 37 – Crua Design, acessórios a partir de resíduos de madeira	63
Figura 38 – Modelo de anel em resina obtido por impressão 3D.....	63
Figura 39 – Produto: (A) Anel Puzzle em ouro amarelo; (B) Anel Puzzle Curvo em prata	64
Figura 40 – Pingente obtido por impressão 3D em metal, do designer Lionel Dean.....	65
Figura 41 – Esculturas em metal de Bathsheba Grossman fabricadas mediante impressão 3D	66
Figura 42 – Anel em prata de Sarah Herriot.....	66
Figura 43 – Pulseira de Ron Arad, impressão 3D em poliamida	67
Figura 44 – Classificação dos materiais	69
Figura 45 – <i>Pinus</i> : (A) Corte tangencial; (B) Corte radial	70
Figura 46 – Filamentos de polímero para impressão 3D.....	74
Figura 47 – Resina fotossensível para impressão 3D	75
Figura 48 – Materiais: (A) Prata pura; (B) Liga para ser misturada à prata.....	77
Figura 49 – Classificação das técnicas de manufatura aditiva baseadas no tipo de matéria-prima	81
Figura 50 – Etapas de fundição por cera perdida	84
Figura 51 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem a palavra <i>design</i>	87
Figura 52 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa	88

Figura 53 – Processo de desmontagem dos paletes	89
Figura 54 – Equipamentos e materiais: (A) Serra esquadrejadeira; (B) Tábua antes do corte e ripas após o corte	90
Figura 55 – Equipamentos: (A) Lixadeira de cinta; (B) Lixadeira de disco	91
Figura 56 – Equipamentos: (A) Serra de esquadria; (B) Detalhe de cortes angulares	91
Figura 57 – Serra tico-tico	92
Figura 58 – Equipamentos e objeto: (A) Grampeador pneumático; (B) Processo de montagem	93
Figura 59 – Preparo da superfície da madeira para pintura	93
Figura 60 – Vistas: (A) Visão perspectiva do objeto concluído; (B) Vista frontal e leitura da palavra <i>design</i>	94
Figura 61 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem as palavras <i>paz</i> e <i>luz</i>	96
Figura 62 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa	97
Figura 63 – Peças cortadas, lixadas e prontas para montagem	97
Figura 64 – Objeto: (A) Processo de montagem; (B) Secagem da massa de nivelamento	98
Figura 65 – Objeto: (A) Leitura da palavra <i>paz</i> ; (B) Leitura da palavra <i>luz</i>	99
Figura 66 – Objeto: (A) Necessidade de apoio estrutural; (B) Visão perspectiva do objeto concluído	99
Figura 67 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem as palavras <i>sol</i> e <i>lua</i>	100
Figura 68 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa	101
Figura 69 – Processo de montagem do objeto	101
Figura 70 – Objeto: (A) Leitura da palavra <i>sol</i> ; (B) Leitura da palavra <i>lua</i>	102
Figura 71 – Visão perspectiva do objeto concluído	102
Figura 72 – Modelo tridimensional virtual do <i>protótipo 4</i> no SOLIDWORKS® 3D	104
Figura 73 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®	105
Figura 74 – Processo de impressão 3D	105
Figura 75 – Impressão 3D após limpeza de suportes	106
Figura 76 – Modelo tridimensional virtual do <i>protótipo 4</i> após adição de reforços	106
Figura 77 – Vistas: (A) Visão perspectiva da impressão final; (B) Vista frontal e leitura da palavra <i>design</i>	107
Figura 78 – Modelo tridimensional virtual do <i>protótipo 5</i> no SOLIDWORKS® 3D	108
Figura 79 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®	108
Figura 80 – Modelo após processo de impressão 3D	109
Figura 81 – Impressão 3D após limpeza de suportes	109

Figura 82 – Modelo tridimensional virtual do <i>protótipo 4</i> após adição de reforços	110
Figura 83 – Objeto: (A) Leitura da palavra <i>paz</i> ; (B) Leitura da palavra <i>luz</i>	110
Figura 84 – Visão perspectiva da impressão final	111
Figura 85 – Modelo tridimensional virtual do <i>protótipo 6</i> no SOLIDWORKS® 3D.....	111
Figura 86 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®	112
Figura 87 – Modelo após processo de impressão 3D	112
Figura 88 – Objeto: (A) Leitura da palavra <i>sol</i> ; (B) Leitura da palavra <i>lua</i>	113
Figura 89 – Visão perspectiva da impressão final	113
Figura 90 – Resultado final dos protótipos construídos em madeira	115
Figura 91 – Resultado final dos protótipos em impressão 3D.....	116
Figura 92 – Modelo tridimensional virtual da primeira seção do pingente no Rhinoceros®	118
Figura 93 – Modelos virtuais no Rhinoceros®: (A) Segunda seção; (B) Terceira seção do pingente	119
Figura 94 – Preparação para impressão no VisCAM®	119
Figura 95 – Equipamentos: (A) Impressora 3D; (B) Peça sendo retirada da imersão.....	120
Figura 96 – Resultado de impressão.....	120
Figura 97 – Equipamentos: (A) Preparo do molde em silicone; (B) Vulcanizadora hidráulica automática.....	121
Figura 98 – Molde: (A) Após vulcanizadora; (B) Silicone pronto.....	122
Figura 99 – Equipamentos e moldes: (A) Injetora de cera; (B) Moldes em silicone com ceras prontas	123
Figura 100 – Cera no formato tridimensional final	123
Figura 101 – Modelo em cera: (A) Fixação na haste; (B) Árvore com diversos modelos	124
Figura 102 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Árvore em tubo; (B) Gesso em bomba de vácuo.....	125
Figura 103 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Deceramento em forno; (B) Inclusora/câmara de vácuo.	125
Figura 104 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Forja elétrica; (B) Inclusão da prata	126
Figura 105 – Etapas do processo: (A) Retirada do gesso do tubo; (B) Árvore após lavagem	127
Figura 106 – Peça em fase de acabamento	127
Figura 107 – Colar: (A) Detalhe da união entre corrente e pingente em uma das laterais; (B) Pingente e corrente	128
Figura 108 – Colar: (A) Posição de leitura da palavra <i>sol</i> ; (B) Posição de leitura da palavra <i>lua</i>	129

Figura 109 – Observação de um dos diferentes ângulos possíveis.....	130
Figura 110 – Estruturas principais dos brincos conectadas à árvore.....	131
Figura 111 – Brincos: (A) Terminal em formato de gota; (B) Detalhe da fixação da corrente ao pendente.....	131
Figura 112 – Par de brincos com destaque para nuances do acabamento	132
Figura 113 – Regiões escurecidas por falta de polimento adequado.....	134
Figura 114 – Conjunto de colar e brincos.....	135
Figura 115 – Pingente em ponto de vista que permite a leitura da palavra <i>lua</i>	135
Figura 116 – Conjunto: (A) Distintos pontos de vista; (B) Posicionamento descentralizado do pingente	136
Figura 117 – Produtos: (A) Organizador multifuncional de escritório; (B) Organizador multifuncional de cozinha	136
Figura 118 – Produtos: (A) Apoio para livros; (B) Apoio para livros	137
Figura 119 – Produtos: (A) Modelo <i>design</i> ; (B) Modelo <i>paz e luz</i> ; (C) Modelo <i>sol e lua</i>	137
Figura 120 – Infográfico para aplicação da anamorfose no design de joias.....	142
Figura 121 – Diferentes etapas projetuais, desde a ideia inicial até o produto final	145

LISTA DE ABREVIATURAS

ABS	<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
HIPS	<i>High Impact Polystyrene</i>
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectual
PLA	<i>Polylactic Acid</i>
RS	Rio Grande do Sul
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SLA	<i>Stereolithography</i>
STL	<i>Standard Triangle Language</i>
UFN	Universidade Franciscana
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
3D	Terceira Dimensão

LISTA DE *SOFTWARES* UTILIZADOS

DigitalWax®	versão 2014, fabricante DWS
Rhinoceros®	versão 5, fabricante Robert McNeel & Associates
SOLIDWORKS® 3D	versão SP 1.0, fabricante Dassault Systèmes
VisCAM®	versão RP 5.0, fabricante Marcam Engineering
Z-SUITE®	versão 1.11.4, fabricante Zortrax

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	16
1.3 PROBLEMA	17
1.4 OBJETIVOS	17
1.4.1 Objetivo Geral	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 JUSTIFICATIVA	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 PERSPECTIVA	23
2.2 TÉCNICA DA ANAMORFOSE	29
2.2.1 Conceitos	29
2.2.2 Surgimento	32
2.2.3 Atualidade	39
2.3 JOALHERIA	54
2.3.1 Origem e evolução	54
2.3.2 Design de joias	58
2.4 ESTADO DA ARTE	60
3 MATERIAIS E MÉTODOS	68
3.1 MATERIAIS SELECIONADOS	68
3.1.1 Natural: <i>pinus</i>	69
3.1.2 Polímeros: ABS, HIPS, PLA e resina fotossensível	72
3.1.3 Metal: prata	75
3.2 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO	77
3.2.1 Técnicas de marcenaria	78
3.2.2 Impressão 3D: FDM e SLA	80
3.2.3 Fundição por cera perdida	83
4 APLICABILIDADE DA ANAMORFOSE	86
4.1 <i>PINUS</i> : TÉCNICAS DE MARCENARIA	86
4.1.1 Protótipo 1	86
4.1.2 Protótipo 2	94
4.1.3 Protótipo 3	99

4.2 POLÍMEROS: IMPRESSÃO 3D FDM	103
4.2.1 Protótipo 4	103
4.2.2 Protótipo 5	107
4.2.3 Protótipo 6	111
4.3 RESULTADOS PRÉVIOS E DIRECIONAMENTOS.....	113
5 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO	117
5.1 PRATA: IMPRESSÃO 3D SLA E FUNDIÇÃO POR CERA PERDIDA	117
5.2 RESULTADOS	132
6 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO DA ANAMORFOSE NO DESIGN DE JOIAS	140
7 CONCLUSÃO	143
7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	145
BIBLIOGRAFIA	146
APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS	154
ANEXO A – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL	160
ANEXO B – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL	165
ANEXO C – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL	170

1 INTRODUÇÃO

Na dissertação de mestrado defendida em 2011 pela autora desta pesquisa nesta instituição, foram analisadas obras do artista gráfico Maurits Cornelis Escher, que dedicou boa parte de sua vida profissional à composição de desenhos, utilizando simetria, modularidade, continuidade e encaixe, foco da pesquisa acadêmica realizada naquele momento. Em determinado período de sua carreira, Escher dedicou-se também ao desenvolvimento de trabalhos que propunham diferentes tipos de distorções e ilusões de óptica que a todo instante brincam com o olhar do observador, confundindo-o e desafiando-o. Essas temáticas despertaram grande interesse na autora e, principalmente, a vontade de investigar a possibilidade de aplicação de distorções e ilusões de óptica no design de produto. O tema foi então retomado anos mais tarde, na pesquisa de doutorado, com o estudo da anamorfose.

A anamorfose é uma técnica de distorção de imagem, mais precisamente, um tipo peculiar de perspectiva, extremamente criativa, que explora uma série de habilidades do universo e do interesse de um profissional da área do design. Além disso, pode trazer resultados positivos quando aplicada em produtos, uma vez que produz efeitos visuais inusitados, tornando o produto mais atrativo visualmente e esteticamente, logo, conferindo-lhe maior valor de mercado.

O setor joalheiro é responsável por produzir aparatos ornamentais tipicamente feitos com metais nobres e/ou gemas. Ao lado desses materiais tradicionais, um dos processos de fabricação industrial historicamente mais utilizados na fabricação de joias é o de fundição por cera perdida. Dentre os principais produtos fabricados nesse setor, estão: anéis, alianças, colares, brincos e pingentes. Destaca-se que tanto os processos de fabricação quanto os materiais e produtos estão em constante evolução; a cada ano, surgem novas alternativas de tecnologias e materiais, além de outras possibilidades de aplicações e usos. Com um leque maior de opções, surge uma nova geração de produtos, não menos nobre e exclusiva, mas com mais liberdade criativa e níveis inéditos de complexidade de forma.

Ano após ano, a indústria joalheira vem explorando novos caminhos, em uma busca permanente por inovação e renovação dos produtos. O designer de joias é um profissional chave para esse mercado, pois o processo de produção começa com a criação da joia. A aplicação de novas técnicas criativas nesse setor pode ser uma mola propulsora no desenvolvimento de soluções inusitadas, por isso esse profissional é tão importante no cenário joalheiro.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

A presente pesquisa foi planejada com três pilares de sustentação: a aplicação da técnica da anamorfose no design de produto, a utilização de diferentes tipos de matérias-primas e o emprego de processos de fabricação tradicionais e inovadores em prol do desenvolvimento prático de um conjunto de joias originais e autênticas. Além desses três pilares, outros métodos auxiliares foram necessários para a pesquisa ser, de fato, aplicada.

Os estudos de aplicabilidade efetuados em diferentes tipos de materiais foram o principal método auxiliar utilizado. Na primeira etapa, os estudos de aplicabilidade foram realizados com o objetivo de viabilizar o contato prático inicial com a técnica da anamorfose, principalmente o estudo das formas tridimensionais, que foram testadas em madeira. Após reconhecimento, definição e adaptação das formas, na segunda etapa, os testes foram feitos com o objetivo de experimentar novos materiais e escalas, além de permitirem o primeiro contato com a tecnologia de impressão 3D.

Um dos fatores que motivaram o início deste estudo foi a aplicação da técnica da anamorfose na área do design de produto. A anamorfose é uma técnica de desenho que associa diferentes áreas do conhecimento. Também exige raciocínio espacial, habilidade psicomotora e capacidade expressiva e criativa. Essas aptidões são de grande interesse dos designers e também de outras profissões afins.

De outro lado, está o uso de diferentes tipos de materiais, desde os naturais, passando por polímeros sintéticos e chegando aos metais. Cabe destacar que, na etapa inicial dos testes experimentais, em que a madeira foi utilizada para construir os primeiros protótipos do estudo, a matéria-prima selecionada provinha do reaproveitamento de rejeitos, ou seja, tinha sido usada em outro formato e com outra função, sendo eliminada após o uso. Portanto, na fase inicial dos estudos, houve preocupação com o meio ambiente, por meio da reutilização de uma matéria-prima nobre que seria descartada. Acredita-se que o designer pode e deve interferir no processo de beneficiamento das matérias-primas e propor o desenvolvimento de projetos que, justamente, partam do reaproveitamento de resíduos descartados, o que reduz os custos de pesquisa ao evitar-se a compra de matéria-prima virgem.

Os processos de fabricação tradicionais e inovadores foram o terceiro pilar que viabilizou a construção desta pesquisa. Os processos de fabricação também foram de vital importância para a execução prática deste trabalho, pois possibilitaram as devidas interferências nos materiais até que estes adquirissem a forma desejada. Estabelece-se, assim, uma relação diacrônica entre materiais e processos de fabricação, apresentando-se tanto a descrição das

interferências tecnológicas, quanto as mudanças ocorridas nos materiais ao longo dos testes.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Nesta pesquisa, optou-se por trabalhar com materiais naturais, polímeros sintéticos e metais, utilizando-se cada um dos materiais em etapas distintas do estudo. Na classificação dos materiais naturais, a madeira foi escolhida, mais especificamente, a espécie *Pinus elliottii*. Já os polímeros sintéticos selecionados, que variam entre termoplásticos e termofixos, foram: ABS, HIPS, PLA e resina fotossensível. No grupo dos metais, optou-se pelos não-ferrosos, como a prata de liga 925.

O tratamento da madeira foi feito com emprego de técnicas tradicionais de marcenaria, por interferência tanto de equipamentos quanto de ferramentas adequadas para tal. Já o processo escolhido para interferência nos diferentes polímeros foi o de impressão 3D, no caso, as tecnologias FDM e SLA. Por fim, o tratamento da prata ocorreu pelo processo de fundição por cera perdida. As três tecnologias, juntas, propiciaram uma gama de possibilidades, o que permitiu o direcionamento do processo mais adequado às características do material que recebeu a interferência. Houve preocupação com a otimização do processo em função da execução em menor tempo, mas também com a obtenção do melhor resultado no que tange ao acabamento final dos materiais e à viabilidade produtiva.

Mediante a união da técnica da anamorfose e do uso de processos de fabricação tradicionais e inovadores, transformaram-se as matérias-primas, primeiramente, em diferentes modelos de protótipos e, em seguida, após definição e escolha da forma, em um conjunto de joias. A ideia é que, seja como protótipo ou como produto final, os objetos desenvolvidos permitam observar uma ou mais figuras anamórficas, revelando diferentes facetas e interpretações quando observados de diferentes ângulos. As figuras escolhidas para serem representadas em anamorfose são letras em formato tridimensional que, agrupadas, formam palavras em anamorfose. De alguns ângulos, os objetos também podem ser interpretados, basicamente, como esculturas abstratas.

O resultado final é a aplicação da técnica da anamorfose no design de produtos – neste trabalho, a execução de um conjunto de joias composto por um colar com pingente e um par de brincos. Dentre as formas testadas nos diferentes protótipos, a escolhida para o desenvolvimento do produto final foi a que apresentou melhor desempenho nos testes experimentais.

1.3 PROBLEMA

Como é possível desenvolver um conjunto de joias produzido de forma industrial, utilizando-se diferentes tipos de materiais, desde a concepção dos protótipos até a fabricação do produto final, e distintos processos de fabricação, tanto tradicionais quanto inovadores, a fim de aplicar a técnica da anamorfose no design de produtos?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Aplicar a técnica da anamorfose no design de produtos, mais exatamente, no desenvolvimento de um conjunto de joias fabricado de forma industrial, sendo cada joia composta a partir de letras em formato tridimensional que, juntas, formam palavras anamórficas, com utilização de materiais de diferentes origens, desde a concepção dos protótipos até a fabricação do produto final, empregando processos de fabricação tradicionais e também inovadores no beneficiamento desses materiais.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) estudar a origem, estrutura e variações da palavra *anamorfose*;
- b) localizar as distintas áreas do conhecimento em que a anamorfose existe e os seus diferentes conceitos;
- c) delimitar quais áreas específicas são de real interesse nesta pesquisa;
- d) compreender a técnica da anamorfose mediante seu resgate histórico, que contempla seu surgimento, os artistas que utilizavam a técnica, os locais onde as representações anamórficas eram aplicadas e quais mensagens transmitiam ao observador;
- e) definir os diferentes tipos de anamorfose e as peculiaridades de cada um desses tipos, além de trazer exemplos de aplicações;
- f) verificar os mesmos aspectos citados anteriormente quando da técnica na atualidade e quais características e aplicações foram sendo incorporadas ao longo da história;

- g) identificar projetos de produtos atuais imersos nos campos de estudo em que a pesquisa transita, seja por identificação ou similaridade com a técnica da anamorfose, seja pela utilização dos mesmos processos de fabricação;
- h) desenvolver estudos de forma usando técnicas tradicionais de desenho à mão livre e também a criação de modelos virtuais em *softwares* de modelagem 3D, com vistas à aplicação no design de produtos;
- i) selecionar materiais de diferentes origens a partir do estudo de suas empregabilidades e direcioná-los adequadamente para as diferentes etapas do processo de desenvolvimento de produto, desde a construção dos protótipos até a concepção do produto final;
- j) investigar distintos processos de fabricação disponíveis, tanto tradicionais quanto inovadores, e verificar como podem interferir nas matérias-primas selecionadas;
- k) analisar a viabilidade de aplicação prática da anamorfose no projeto de produto, mais especificamente, no design de joias;
- l) revisar o design e retornar ao processo laborioso tantas vezes quantas forem necessárias até o design ter sido otimizado;
- m) propor a aplicação da técnica da anamorfose em um conjunto de joias exclusivo;
- n) propor a aplicação da técnica da anamorfose em outros projetos de produto;
- o) desenvolver uma proposta de metodologia de uso de anamorfose no design de joias.

1.5 JUSTIFICATIVA

Considera-se relevante a inserção de diferentes áreas no desenvolvimento de projetos de design. O olhar atento às investigações relacionadas especificamente à técnica da anamorfose, à seleção de materiais e ao uso de diferentes tecnologias reforça a importância da interdisciplinaridade nos projetos de design. A tônica desta tese de doutorado é justamente esta: a costura entre as distintas áreas, tendo em conta a maneira como coexistem em prol de um mesmo fim e como se retroalimentam no contexto de uma pesquisa científica em design. Seguindo esta linha de raciocínio, e fazendo uma alusão à teoria das cores, na Figura 1, vê-se o modo como essas três áreas distintas, que formam os três pilares de sustentação desta pesquisa, existem de maneiras independentes e, ao mesmo tempo, se intersectam.

Figura 1 – Cruzamento das áreas de interesse da pesquisa



Fonte: Própria autora, 2019.

O caminho a ser trilhado nesta pesquisa parte, em um primeiro momento, do estudo dessas três áreas do conhecimento como independentes, autônomas. Em uma segunda etapa, focaliza-se o encontro das áreas, ou seja, o estudo do conhecimento gerado por seu cruzamento. Por fim, é definida a parte central, onde se situa o presente estudo, na união dessas três áreas.

No que se refere às formas tridimensionais criadas especificamente para a execução dos protótipos, as letras na composição de palavras em anamorfose foram escolhidas por alguns motivos específicos, dentre tantas possibilidades.

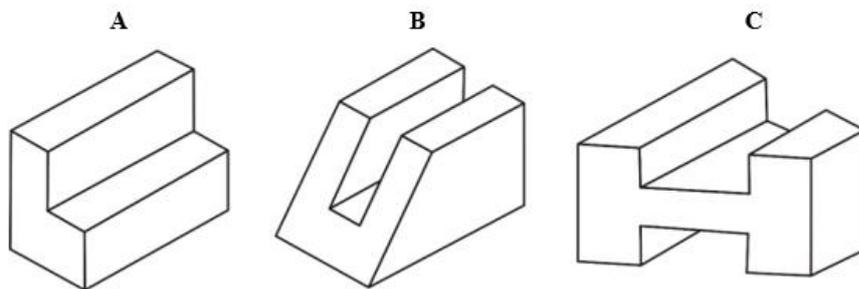
O estágio docente deste doutorado, obrigatório para alunos bolsistas, foi realizado na disciplina de Desenho Técnico I-A, vinculada à Faculdade de Arquitetura e ao Departamento de Design e Expressão Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O objetivo geral da disciplina de Desenho Técnico é capacitar o aluno a representar objetos segundo os princípios gerais da geometria na elaboração de esboços rápidos à mão livre, como um meio utilitário de concepção preliminar de formas e objetos. Os objetivos específicos da disciplina consistem em desenvolver a capacidade de visualização, interpretação e transformação de formas geométricas tridimensionais vinculadas ao objeto, bem como registrá-las e desenvolvê-las por meio dos principais sistemas de representação de desenho técnico.

A escolha pontual e específica de representar letras e/ou palavras em anamorfose dá-se pela possibilidade de aplicar, nesta pesquisa, formas similares às estudadas durante o período do estágio docente, uma vez que muitos objetos vistos em sala de aula se assemelham a letras quando observados de certo ponto de vista, o que faz lembrar uma projeção anamórfica. Apesar

da livre associação das formas desses objetos com desenhos de letras, os objetos pertencem ao universo da engenharia, podendo ser entendidos como partes de engrenagens ou peças de máquinas e equipamentos industriais.

A figura abaixo mostra exemplos de diferentes objetos explorados em sala de aula. Todos eles conferem um perfil que se assemelha ao desenho de uma letra se observados de certo ângulo – neste caso, as letras L, U e H, na sequência.

Figura 2 – Diferentes objetos estudados durante estágio docente



Fonte: BORNANCINI; PETZOLD; ORLANDI, 1987.

Aqui, a intenção é promover o diálogo entre o estágio docente e a etapa de desenvolvimento do processo criativo desta pesquisa, não só por meio da associação de formas, mas também pela aplicação de outros conhecimentos adquiridos durante o estágio, como, por exemplo, a utilização de esboços rápidos à mão livre na concepção preliminar de formas e objetos. Também se faz presente o exercício de interpretação e transformação de formas geométricas tridimensionais vinculadas ao objeto, além do uso de esboço criativo e perspectiva explodida para melhor entendimento das formas.

Tomou-se a rota tecnológica de uso da madeira para o início dos testes experimentais por tratar-se de um material oriundo de descarte, ou seja, dispensa a utilização de matéria-prima virgem, evita gastos na compra de novos materiais e prolonga a vida útil de um material que, até então, seria descartado. A madeira é um material de fácil manuseio, com o qual a autora da pesquisa tem familiaridade, visto que desde a graduação realiza trabalhos aplicados nesse material, além da própria formação em Design de Produto com habilitação em projeto de mobiliário, ramo no qual notoriamente a madeira se destaca. Além de todos esses aspectos, a matéria-prima presta-se muito bem para a finalidade desejada nessa etapa da pesquisa, que envolve o primeiro contato prático e as primeiras experiências com a anamorfose.

A opção pelo uso de técnicas de marcenaria dá-se de modo muito espontâneo, uma vez que a marcenaria é justamente o trabalho de transformar a madeira em objetos, sejam eles utilitários ou decorativos. Também cabe salientar que a marcenaria abrange processos artesanais e industriais, o que é exatamente o caso dos objetos construídos aqui, pois a construção abrange tanto etapas manuais, quanto auxiliadas por equipamentos e máquinas. Ademais, assim como com a madeira, a autora tem grande intimidade com as técnicas de marcenaria, o que lhe permite concentrar a atenção totalmente no estudo e reconhecimento da anamorfose.

Após a primeira fase de reconhecimento e adaptação das formas dos objetos, vê-se a possibilidade de execução dos mesmos modelos em outros materiais e escalas. O objetivo de experimentar novos materiais e testar diferentes dimensões é ampliar as possibilidades de reflexão acerca dos testes experimentais como um todo, mas principalmente no que diz respeito ao surgimento de possibilidades de aplicações em produtos. Além do contato com diferentes materiais poliméricos, esta etapa viabiliza o contato com a tecnologia de impressão 3D.

O primeiro contato com a tecnologia de impressão 3D deu-se no curso *Descobrimo a impressão 3D*, promovido pela Printup 3D, empresa incubada na UFRGS desde 2015. O curso, com carga horária de seis horas, ocorreu em 15 de julho de 2017, nas dependências da própria universidade. Voltado tanto para a comunidade acadêmica quanto para a comunidade externa, abordou o potencial da tecnologia 3D, desde a criação do arquivo até a impressão final. O contato com essa tecnologia motivou a execução de novos protótipos para o estudo, principalmente por tratar-se de uma tecnologia rápida e de alta precisão. Além disso, esta pesquisa está inserida em uma estrutura de ensino predominantemente direcionada para o design e a tecnologia, portanto, a utilização da impressão 3D também reforça a intenção de explorar novas tecnologias ao lado de técnicas consideradas tradicionais, como as de marcenaria e de fundição por cera perdida, por exemplo.

A oportunidade de reduzir as formas tridimensionais a tamanhos diminutos, sem perder os detalhes das estruturas e mantendo a alta precisão – por meio da tecnologia de impressão 3D –, sugere a aplicação dos modelos desenvolvidos em diferentes áreas que, da mesma maneira, apresentam produtos de tamanhos reduzidos, como a joalheria, por exemplo. Esta aponta para uma vasta gama de possibilidades de joias em tamanhos similares aos dos protótipos impressos. Outro motivo que norteou o direcionamento do produto para a área da joalheria é o fato de, no âmbito desta pesquisa, não ter sido localizado nenhum registro de anamorfose em adornaria pessoal, acreditando-se tratar-se de uma inovação nesse segmento.

A escolha da prata para a execução prática do produto final deu-se principalmente pelo fato de ela ser um metal nobre, tradicionalmente utilizado na joalheria, e também por suas propriedades físicas atenderem às necessidades do projeto, em especial, no que diz respeito a ser moldado no formato e nas dimensões definidas e poder ser manuseado sem alterar a natureza da estrutura. A fundição por cera perdida foi escolhida para interferência no tratamento da prata por tratar-se de uma técnica muito adequada para a obtenção de peças com geometria intrincada ou complexa, exatamente o caso do produto aqui desenvolvido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O presente capítulo apresenta a fundamentação teórica, incluindo assuntos inerentes à perspectiva, à técnica da anamorfose, à joalheria e ao estado da arte.

O tópico “Perspectiva” traz uma rápida revisão histórica da perspectiva, uma vez que a técnica da anamorfose é considerada um tipo especial de perspectiva. Contém informações a respeito dos primeiros povos que sugerem noções de perspectiva e destaca os principais estudiosos do tema, assim como as obras e os artistas mais importantes.

Já o tópico “Técnica da anamorfose” aponta os diferentes significados da palavra *anamorfose* e também as distintas áreas em que a expressão é utilizada. Em seguida, passa pelo surgimento da técnica, etapa que aborda os artistas, os locais e as informações e/ou mensagens transmitidas nos primeiros registros anamórficos, além dos diferentes tipos e exemplos de aplicações. Por fim, analisa esses mesmos aspectos na atualidade.

O tópico “Joalheria” inclui um breve recorte da origem e evolução da joalheria. Traz exemplos de diferentes culturas, artistas, motivos decorativos, materiais e processos de fabricação utilizados ao longo da história. Ainda neste tópico, abordam-se aspectos relevantes do design de joias a serem considerados quando do desenvolvimento prático do produto.

Finalmente, no tópico “Estado da arte”, são abordados exemplos atuais de projetos imersos no campo de estudo da pesquisa.

2.1 PERSPECTIVA

De acordo com Doria (1958), perspectiva é a arte e a ciência de representar objetos exatamente como são vistos a olho nu. A representação desses objetos deve causar a mesma impressão espacial que os objetos reais provocam quando observados de um determinado ponto. Também se pode dizer que a perspectiva de um objeto é a sua exata projeção em uma superfície. Segundo Carvalho (1957), projeção caracteriza-se pelo conjunto de operações gráficas que estabelece a correspondência entre uma figura do espaço e sua representação em um plano.

A palavra *perspectiva* origina-se do latim *prospicere* e significa “ver através”. Desde épocas remotas, conhecem-se tentativas de representar corpos de três dimensões em superfícies de apenas duas dimensões mediante processos geométricos que permitem desenhá-los com suas deformações aparentes (DORIA, 1958).

Na Suméria, no Egito e na Mesopotâmia, é possível encontrar reproduções de figuras humanas, animais e plantas. Em alguns casos, há um extraordinário realismo nessas representações. No entanto, essas figuras normalmente aparecem desenhadas de perfil, evitando-se a perspectiva (PARRAMÓN, 1998), como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Painel-retrato de Hesy-re no Museu do Cairo, datado de 2.750 a.C.

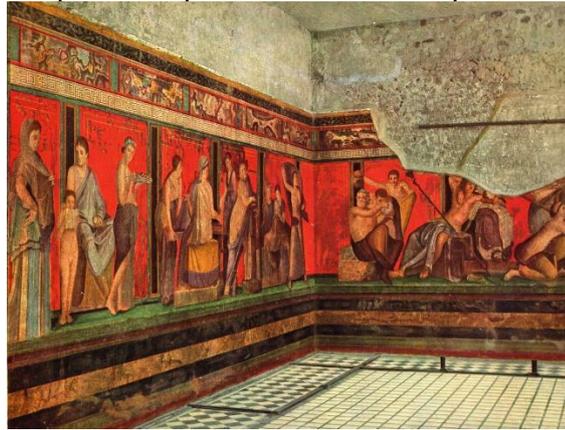


Fonte: JANSON, 1965.

Segundo Parramón (1998), o arquiteto romano Vitrúvio, no século I antes da Era Cristã, atribuiu aos filósofos gregos Demócrito e Anaxágoras (nascidos nos anos 460 e 500 a. C.) a primeira referência escrita sobre a arte da perspectiva. Em torno de 200 anos depois, o matemático Euclides, conhecido pela geometria euclidiana, escreveu um tratado sobre óptica. Neste tratado, Euclides estabelece que nossa imagem visual é constituída por linhas retas procedentes do olho em sentido divergente, formando um cone. Fruto dessas primeiras teorias, vemos, na Grécia e, em seguida, em Roma, a aplicação intuitiva da perspectiva.

Conforme Chiesa (1980), as pinturas murais da cidade de Pompeia (Figura 4) demonstram que os romanos, assim como os gregos, possuíam noções de perspectiva. Não se sabe exatamente se esses cenários e pinturas eram desenhados com base em regras fixas ou se somente a intuição das leis naturais guiavam os artistas da época.

Figura 4 – Friso pintado em parede na cidade de Pompeia, datado de 50 a. C.



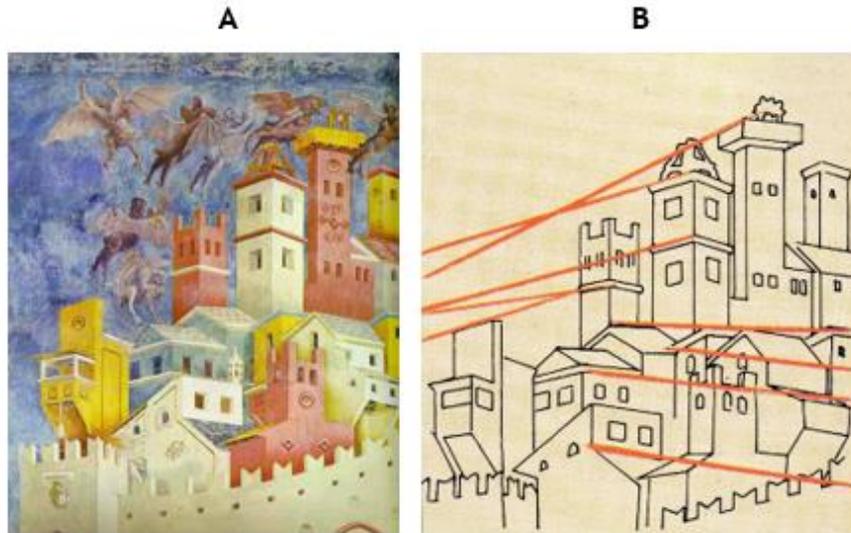
Fonte: JANSON, 1965.

Conforme Parramón (1998), a decadência e queda do Império Romano promoveram o período recessivo da Idade Média, o qual deteve a evolução da arte em cerca de mil anos. Após esse obscuro período, a perspectiva ganhou novos estudos no Renascimento (séculos XIV a XVII). Nessa época, alguns pintores demonstraram maior interesse pela exata reprodução da perspectiva, e os estudos gerados determinaram regras, as quais foram seguidas por muitos artistas (CHIESA, 1980).

A seguir, estudos de Parramón (1998) revelam as contribuições mais relevantes para a evolução do campo da perspectiva. Diante de inúmeros artistas, os nomes citados de forma particular e específica dão preferência àqueles que tiveram um forte direcionamento de suas técnicas para as questões ligadas ao estudo e entendimento da perspectiva. As obras desses artistas são um reflexo de seus estudos e mostram de forma particular *como* a perspectiva os auxiliou em suas representações.

Giotto di Bondone (1266-1337) foi o primeiro artista que, de uma maneira consciente, tratou de acrescentar a perspectiva em seus quadros. Ele demonstrou a preocupação de que as linhas coincidisse, como na natureza, em um ponto de projeção, conforme determinado pelos filósofos gregos Demócrito e Anaxágoras na primeira referência escrita sobre a arte da perspectiva, mencionada anteriormente.

Figura 5 – Obra: (A) *A expulsão dos diabos de Arezzo*, de Giotto; (B) Estudos de perspectiva da mesma obra



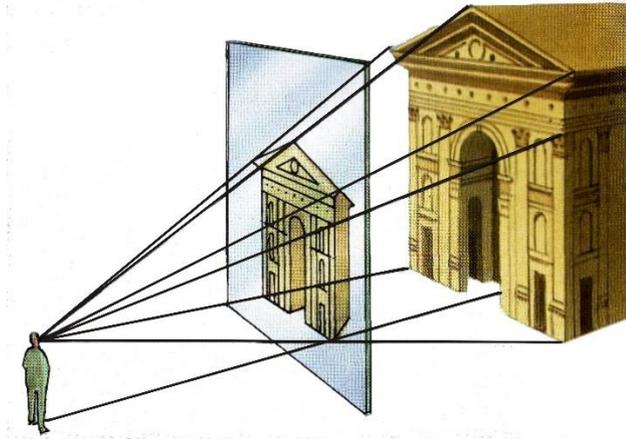
Fonte: modificado de PARRAMÓN, 1998.

Filippo Brunelleschi (1377-1446) e Donato di Niccolò, ou somente Donatello (1386-1466), arquiteto e escultor, respectivamente, eram amigos e reuniam-se para conversar sobre os problemas de sua arte. Quando conheceram o pintor Tommaso di Ser Giovanni, mais conhecido como Masaccio (1401-1428), convidaram-no para participar dos encontros. A partir daí, delinearam o que hoje chamamos de Arte do Renascimento.

Por volta do ano de 1420, Brunelleschi começou a estudar a construção da cúpula da Catedral de Florença. Nestes estudos, estabeleceu o uso de três fatores básicos para o desenho em perspectiva: vista superior, frontal e lateral. Essa descoberta levou-o a determinar o ponto de vista principal, ou ponto de fuga, da perspectiva paralela. De acordo com Carvalho (1957), entende-se por ponto de vista o vértice do cone visual e, conseqüentemente, o lugar do espaço onde se encontra o olho do observador.

O arquiteto Leon Battista Alberti (1404-1472) escreveu o livro *Della Pittura*, que dedicou ao seu mestre e amigo Brunelleschi, sendo esse o primeiro livro da história que continha ensinamentos sobre perspectiva. No livro, o autor explica que o pintor deve ver o quadro através de um “véu” (que seria atualmente o nosso plano do quadro), de maneira que os raios de luz que vão do modelo para os olhos do espectador desenhem o modelo ao atravessar o “véu”, como mostra a Figura 6.

Figura 6 – Representação do Hospital dos Inocentes, em Florença, pela técnica do “véu”, de Alberti



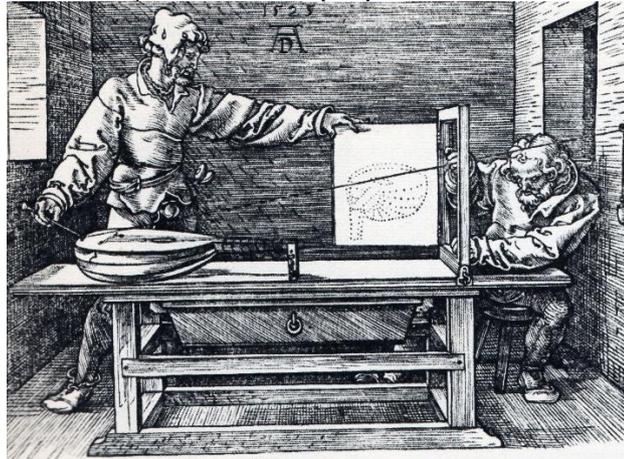
Fonte: PARRAMÓN, 1998.

Piero della Francesca (1406-1492) aperfeiçoou as técnicas de Alberti e escreveu o livro *De prospectiva pingendi*, no qual idealizou um sistema de projeção. Após a morte de Leonardo da Vinci (1452-1519), Francesco Melzi, seu aprendiz e herdeiro escolhido, reuniu uma série de apontamentos do pintor e publicou-os sob o título de *Tratado da Pintura*, no ano de 1651. Nesta coleção, mostra como da Vinci intuiu a perspectiva de dois pontos.

Já Albrecht Dürer (1471-1528) escreveu um tratado intitulado *Viático do aprendiz de pintor*, no qual explicou um modo de desenhar figuras em perspectiva. O artista também inventou um dispositivo que produzia uma imagem por meios puramente mecânicos. O intuito era demonstrar a validade da sua teoria em perspectiva.

A Figura 7 mostra a técnica desenvolvida e utilizada por Dürer em seus estudos. A imagem mostra dois homens desenhando um alaúde, como se o instrumento fosse visto de um ponto da parede indicado por um gancho. Na teoria de Dürer, o fio que passa através do gancho simula os raios visuais. O homem à esquerda marca sucessivos pontos de contorno no instrumento, enquanto o outro homem marca os locais onde a corda ultrapassa a estrutura vertical ou o plano da imagem. Posteriormente, eram indicados os pontos correspondentes na placa anexada com dobradiças ao quadro, formando-se, assim, o desenho desejado (JANSON, 1965).

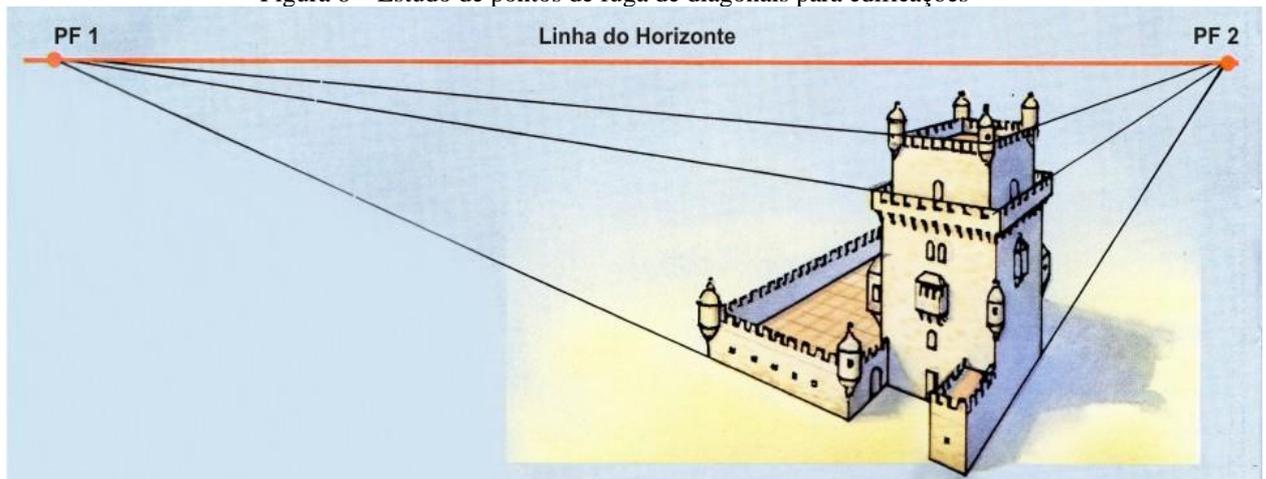
Figura 7 – Demonstração de técnica de perspectiva de Albrecht Dürer, de 1525



Fonte: JANSON, 1965.

Jean Pélerin (1445-1524) publicou, no ano de 1505, o livro *De artificialis perspectiva*, no qual pela primeira vez são destacados a linha do horizonte, o ponto de fuga central e os dois pontos de fuga das diagonais. Pélerin utilizava os pontos de fuga das diagonais para resolver a perspectiva de edifícios em que nenhum dos lados é paralelo à linha de horizonte nem convergente até o ponto central, como mostra o exemplo da Figura 8. Esta fórmula se parece com a perspectiva oblíqua de dois pontos de fuga.

Figura 8 – Estudo de pontos de fuga de diagonais para edificações



Fonte: modificado de PARRAMÓN, 1998.

Finalmente, no século XVIII, é totalmente superada a restrição de um único ponto de fuga. Os artistas que vieram na sequência, como Pablo Picasso e Salvador Dalí, já desenhavam e pintavam com pleno conhecimento da perspectiva.

2.2 TÉCNICA DA ANAMORFOSE

Segundo o *Webster's New World Dictionary* (1978), a palavra *anamorfose* tem sua origem no grego *anamorphosis* [*ana*, novamente + *morphoun*, formar] e significa transformação. Também cabe destacar que *amorpho* significa distorcido ou sem forma.

Anamorfose é um substantivo feminino que, por vezes, pode ser substituído por *anamorfismo*. Este último é um substantivo masculino, e *anamórfico* é o adjetivo. (VOCABULÁRIO ORTOGRÁFICO DA LÍNGUA PORTUGUESA, 2009).

2.2.1 Conceitos

Na história de uma língua, as palavras mudam de forma e significado; algumas desaparecem; outras são incorporadas ao idioma. No entanto, todas elas possuem uma origem. A etimologia já era uma preocupação na antiga Grécia e foi tratada por Platão no diálogo *Crátilo*¹ (NOVA ENCICLOPÉDIA BARSA, 1998).

De acordo com o *Diccionario Enciclopedico U.T.E.H.A.* (1950), etimologia é a ciência que estuda o verdadeiro significado das palavras, mediante o conhecimento de sua origem, estrutura e variações. Sabendo-se da importância da etimologia como ciência, faz-se necessário compreender o significado da palavra *anamorfose*, tendo em vista que ela designa um dos interesses desta pesquisa.

Na busca pelo significado da palavra *anamorfose*, observou-se que o termo existe em várias áreas do conhecimento. Observou-se também que, em cada uma dessas áreas, ele tem um significado específico, de acordo com o contexto em que é aplicado. É de fundamental importância identificar em quais áreas o termo *anamorfose* é utilizado e qual significado possui em cada uma dessas áreas. Dessa maneira, é possível perceber não só a amplitude que a expressão atinge em distintas áreas do conhecimento, mas também os seus diferentes conceitos.

Conforme informações disponíveis no *site* oficial da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2016), a classificação das áreas do conhecimento tem por finalidade prática proporcionar às instituições de ensino, pesquisa e inovação uma maneira funcional de sistematizar e prestar informações aos órgãos gestores da área de ciência e tecnologia. A classificação desenvolvida pela CAPES, em parceria com outros

¹ *Crátilo* é o nome de um diálogo platônico que discute se a linguagem é um sistema de símbolos arbitrários ou se as palavras possuem uma relação intrínseca com as coisas que elas significam. Este texto tornou-se uma das primeiras obras filosóficas do período clássico grego a tratar de matérias como a etimologia e a linguística.

órgãos de fomento à pesquisa, abrange oito grandes áreas do conhecimento, que são, nesta ordem: Ciências Exatas e da Terra; Ciências Biológicas; Engenharias; Ciências da Saúde; Ciências Agrárias; Ciências Sociais Aplicadas; Ciências Humanas; Linguística, Letras e Artes.

Nesta pesquisa, levando-se em consideração a classificação citada, observou-se que o termo *anamorfose* existe em três grandes áreas do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra; Ciências Biológicas; Linguística, Letras e Artes.

De acordo com o *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* (2009), Ciências Exatas é o campo da ciência cujos métodos e resultados se baseiam na fidelidade e precisão de números, grandezas e proporções. Já Ciências da Terra, ou Geociências, são as ciências relacionadas ao estudo do planeta Terra, de modo a construir conhecimento quantitativo das principais áreas ou esferas do sistema Terra. Localizaram-se quatro diferentes definições para a palavra *anamorfose* dentro da grande área de Ciências Exatas e da Terra, mais precisamente nas subáreas de: geologia, geometria, matemática e óptica. Buscou-se, então, identificar cada uma dessas definições.

Na geologia, *anamorfose* é o processo metamórfico que ocorre em grandes profundidades da crosta terrestre. Caracteriza-se pela formação de rochas de composição complexa a partir de substâncias quimicamente mais simples. Nesse contexto, a palavra *anamorfose* é comumente substituída por *anamorfismo* (HOUAISS, 2009).

Já na geometria, *anamorfose* é a correspondência obtida projetando-se, a partir de um ponto fixo ou centro de projeção, os pontos de uma figura sobre uma superfície plana ou curva. Sobre esta superfície, obtém-se uma figura correspondente ponto a ponto àquela projetada, porém deformada (DICTIONNAIRE ENCYCLOPÉDIQUE QUILLET, 1952).

Anamorfose, na matemática, é o processo que consiste em mudar as escalas de um sistema de coordenadas, com o objetivo de simplificar o gráfico de uma equação (HOUAISS, 2009).

Na óptica, é a deformação de uma imagem obtida por um sistema óptico que permite uma variação das dimensões horizontal e vertical, as quais são alteradas em proporções diferentes (HOUAISS, 2009).

Conforme definição do *Michaelis – Moderno Dicionário da Língua Portuguesa* (1998), as Ciências Biológicas ou Biociências estudam todas as formas de vida, passando pela fauna e flora e indo até o desenvolvimento humano. Constatou-se que, nessa grande área, a *anamorfose* tem três diferentes definições, nas subáreas da biologia, botânica e zoologia. Aqui também se buscou o significado da palavra em cada uma delas.

Na biologia, anamorfose é a mudança gradual da forma pela evolução, sem estágios intermediários definidos (WEBSTER'S NEW WORLD DICTIONARY, 1978).

Já na botânica, é um caso de fungos ou líquens com uma alteração anormal que lhes confere a aparência de outra espécie (ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, 1953).

Na zoologia, é uma baixa metamorfose evolutiva passada por certos artrópodes durante seu período pós-embrionário (DICCIONARIO ENCICLOPEDICO U.T.E.H.A., 1950).

Assim como nas Ciências Exatas e da Terra e nas Ciências Biológicas, a anamorfose também possui um significado específico na grande área da Linguística, Letras e Artes, mais precisamente na subárea das artes. Segundo o *Michaelis* (1998), Linguística, Letras e Artes é o campo da ciência que estuda a linguagem humana em sua totalidade. Também estuda as formações expressivas que utilizam técnicas de produção para manipular materiais no intuito de construir formas e imagens.

Anamorfose, nas artes, é a representação de uma figura cujas formas são distorcidas de tal maneira que só retomam sua configuração real quando olhadas diretamente, sob um ângulo determinado, ou indiretamente, por meio de lentes especiais ou espelhos curvos (GRANDE ENCICLOPÉDIA LAROUSSE CULTURAL, 1999).

Nesta etapa da pesquisa, a etimologia auxiliou a compreender a origem, estrutura e variações da palavra *anamorfose*. A partir da observação da existência da expressão em distintas áreas do conhecimento, passou-se a delinear quais seriam essas áreas e seus diferentes conceitos. Após compreender a amplitude da expressão e suas variadas definições, destacam-se as áreas do conhecimento em que a anamorfose se aplica e que são de real interesse nesta pesquisa, apontando-se as subáreas onde se encontra o foco deste estudo.

Dentre as grandes áreas do conhecimento em que foram encontrados diferentes conceitos de anamorfose, nesta pesquisa, tem-se interesse em duas: Ciências Exatas e da Terra e Linguística, Letras e Artes. Na grande área de Ciências Exatas e da Terra, destaca-se a subárea de geometria; na grande área de Linguística, Letras e Artes, ressalta-se a subárea das artes.

A escolha dessas áreas e subáreas ocorre porque a maior motivação desta pesquisa envolve questões relacionadas com a anamorfose enquanto técnica de distorção de imagem, de maneira que a alteração geométrica de um desenho ou figura permita a visualização de diferentes tipos de efeitos visuais. É na grande área das Ciências Exatas que métodos e resultados têm por base a fidelidade e a precisão de números, grandezas e proporções. Por essa razão, acredita-se que o estudo da anamorfose nessa grande área, por intermédio do estudo da geometria, auxilia a pesquisa no entendimento das distorções de imagem. A grande área da Linguística, Letras e Artes, por sua vez, é o campo da ciência que, além da linguagem humana,

se ocupa de formações expressivas utilizando materiais com vistas à construção de formas e imagens. Por isso, acredita-se que o estudo da anamorfose nessa grande área, particularmente na subárea das artes, auxilia a pesquisa no que tange à prática da técnica.

A etapa seguinte desta pesquisa dedica-se ao estudo mais aprofundado da anamorfose nas áreas de maior interesse do estudo: geometria e artes.

2.2.2 Surgimento

Anamorfose é um caso particular da perspectiva, pois sua construção é feita a partir de um determinado ponto de vista. De acordo com Lima (2006), a anamorfose surgiu na China há aproximadamente 700 anos, quando artistas trabalhavam empiricamente. Pintavam ao mesmo tempo em que viam o pincel através do reflexo de um espelho.

No entanto, foi durante o Renascimento, na Itália, que a técnica da anamorfose atingiu sua notoriedade. Atalay (2007) afirma que o primeiro registro da técnica da anamorfose se encontra nos cadernos de Leonardo da Vinci, no ano de 1485, no período renascentista. À primeira vista, o registro de Da Vinci apresenta um formato alongado e disforme (Figura 9A). Porém, ao colocar-se o desenho em uma posição oblíqua em relação ao observador, é possível perceber a figura de um rosto (Figura 9B).

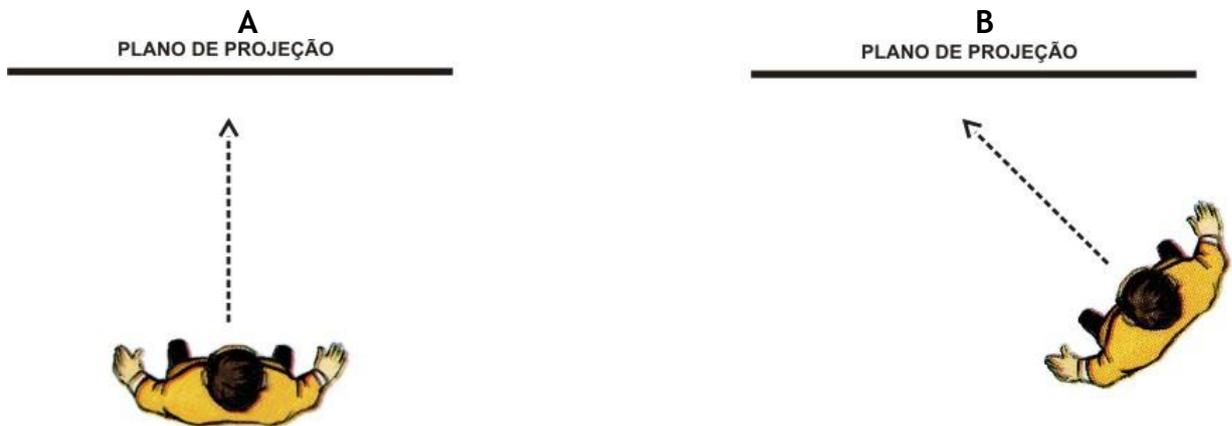
Figura 9 – Desenho anamórfico de Leonardo da Vinci, datado de 1485: (A) Formato alongado disforme; (B) Figura de um rosto



Fonte: modificado de ATALAY, 2007.

Esse tipo de anamorfose, como a representada nos cadernos de Da Vinci, é chamado de anamorfose de perspectiva oblíqua ou de anamorfose por alongamento. Segundo Medeiros e Flores (2012), o olho humano é habituado a ler a imagem construída em um plano de projeção perpendicular ao eixo do cone de visão (Figura 10A); quando esse plano de projeção é oblíquo ao eixo do cone de visão (Figura 10B), como no caso da anamorfose oblíqua, a leitura da imagem só pode ser feita de um único ponto de vista.

Figura 10 – Planos de projeção: (A) Perpendicular ao eixo do cone de visão; (B) Oblíquo ao eixo do cone de visão



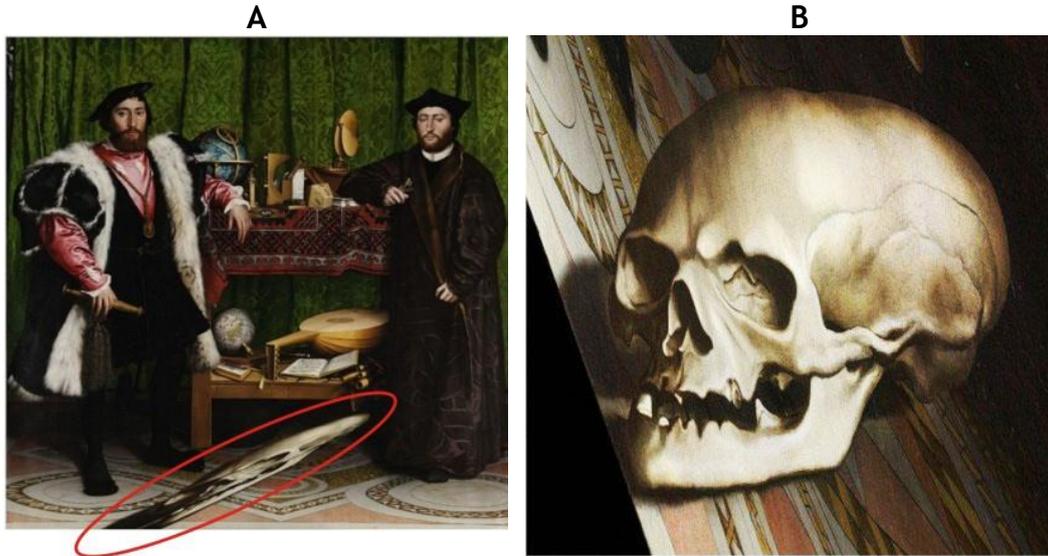
Fonte: Própria autora, 2019.

Como dito anteriormente, a anamorfose de perspectiva oblíqua também é chamada de anamorfose por alongamento. O motivo é que esse tipo de representação tende a alongar a figura em uma determinada direção, tornando-a quase ou absolutamente irreconhecível quando vista de um ângulo aleatório.

A obra mais famosa de anamorfose de perspectiva oblíqua é o quadro intitulado *The Ambassadors*, de Hans Holbein, de 1533 (Figura 11A). Essa obra é um óleo sobre tela que mede 209x207cm e está exposta na National Gallery, em Londres. Aparentemente, a obra retrata a figura de dois homens bem vestidos – um deles seria Jean de Dinteville, um jovem nobre francês enviado a Londres, que posa para o quadro ao lado de seu amigo George de Selve (BELL, 2008).

Esse quadro foi posicionado no alto de uma escadaria, e somente de um determinado ângulo e de uma distância específica era possível perceber uma figura em primeiro plano, que não poderia ser visualizada de nenhuma outra posição. Ao subir as escadas, quando o observador se posicionava à direita da peça e a poucos metros de distância, em uma posição oblíqua ao quadro, destacava-se o desenho de uma caveira (Figura 11B).

Figura 11 – Obra: (A) *The Ambassadors*, de Hans Holbein, datado de 1533; (B) Detalhe em anamorfose



Fonte: modificado de BELL, 2008.

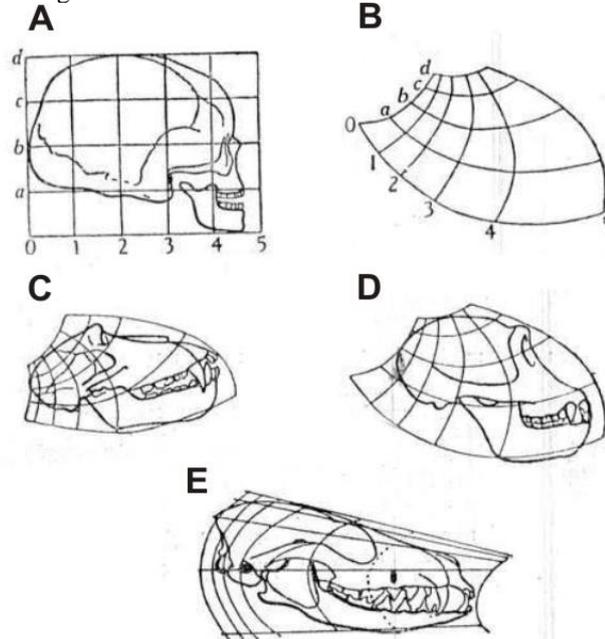
Esse tipo de anamorfose era utilizado para ocultar determinadas informações, como mensagens subliminares, cenas pornográficas e imagens de natureza política e religiosa. No exemplo citado, a caveira representava a morte e sua inexorável presença, causando espanto à sociedade, pois era uma das imagens mais sombrias da arte cristã (FIGUEIREDO; SANTOS, 2010).

Complementando o conceito de anamorfose de perspectiva oblíqua, Piens *et al.* (1976) dizem tratar-se de uma imagem distorcida pelo fato de um de seus extremos ter sido deslocado proporcionalmente à imagem original. É como colocar uma imagem em uma grade quadriculada e, em seguida, mudar o ângulo existente entre as suas extremidades. Neste caso, as retas que formavam a grade deixam de ser paralelas, e a imagem transforma-se em um desenho distorcido.

Destaca-se, na Figura 12, outro aspecto interessante da anamorfose, que tem um tipo de distorção diferenciada. Esta imagem exemplifica uma hipótese discutida por Hogben (1970), a qual tem relação com as possibilidades de deformação de imagem por meio de um sistema de coordenadas. No exemplo a seguir, a deformidade acontece quando a representação de um crânio humano em coordenadas cartesianas (Figura 12A), por meio de coordenadas curvilíneas (Figura 12B), se transforma, assemelhando-se à representação de crânios de outras espécies. Seria uma alusão às leis do crescimento e evolução das espécies formulada por D'Arcy Thompson, que, neste caso em específico, sugere que os crânios em coordenadas curvilíneas das Figuras 12C, 12D e 12E apontam grande semelhança com os crânios de bugio, chimpanzé e cachorro, na sequência.

Um crânio ou corpo de uma espécie, se traçado na trama de coordenadas curvilíneas, ficará perfeitamente idêntico ao crânio ou corpo de outra espécie traçado numa trama de coordenadas cartesianas. Vê-se, pois, que este método pode lançar alguma luz sobre o estudo das leis do crescimento e evolução das espécies (HOGBEN, 1970, p.475).

Figura 12 – Crânios em coordenadas curvilíneas



Fonte: modificado de HOGBEN, 1970.

Maurits Cornelis Escher foi outro artista que fez uso de grades quadriculadas como suporte para seus desenhos. Além disso, utilizou essas mesmas grades para controlar certos tipos de distorções.

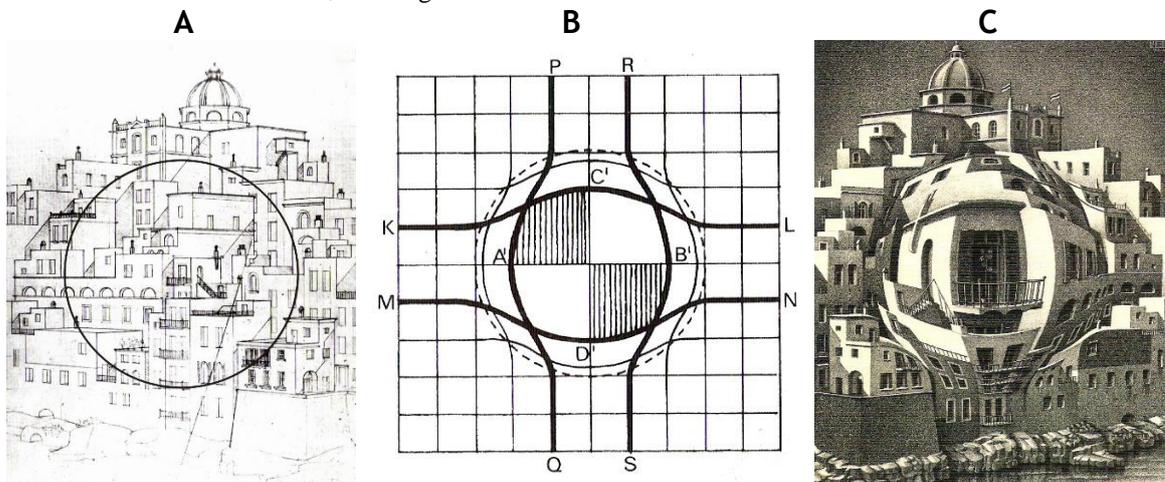
Entre os anos de 1945 e 1956, Escher passou por um momento de transição em sua carreira. Nesse período, dedicou-se exclusivamente a desenhos que primavam pela ilusão de ótica. Para Escher, o desenho nada mais era do que uma ilusão, pois, ao olhar para determinadas gravuras, estava certo de que percebia um mundo em três dimensões, mas, na verdade, o papel do desenho ainda era bidimensional. Essas questões provocaram no artista uma sensação de conflito, o que tentou mostrar em algumas obras (ERNST, 1991).

A gravura intitulada *Varanda* (Figura 13C) é um exemplo de desenho criado a partir da sensação de ilusão de ótica. Na imagem que segue a letra A da Figura 13, é possível perceber o círculo desenhado em cima do esboço, marcando o limite da deformação a ser realizada. Já na imagem que segue a letra B da mesma figura, as linhas verticais e horizontais em maior espessura foram empurradas para fora, contra o limite do círculo. A imagem que segue a letra C mostra o resultado final.

O centro da composição está quadruplicado em relação aos cantos, e o resultado é uma enorme protuberância. É como se as casas tivessem sido desenhadas sobre uma pele elástica que, em seguida, fosse soprada por trás (TJABBES, 2011).

Trata-se apenas de uma ficção, pois a folha de papel continua plana. A tentativa de romper a planicidade do papel pelo desenho, em que o artista finge empurrar a parte posterior, de nada adiantava, já que o papel continuava plano – tudo que se conseguia criar era apenas a ilusão de uma ilusão (ERNST, 1991).

Figura 13 – Obra: (A) Esboço antes da deformação central; (B) Sistema de rede para o abaulamento central; (C) Gravura final intitulada *Varanda*, em litografia de 1945



Fonte: modificado de ERNST, 1991.

Com o passar do tempo, foram sendo identificadas outras formas de aplicação e outras técnicas de execução da anamorfose. Inicialmente, houve a anamorfose de perspectiva oblíqua, que teve seu auge no século XV, no Renascimento. Posteriormente, por volta do século XVII, no Barroco, foi amplamente difundida a técnica chamada *trompe l'oeil*.

A expressão de origem francesa *trompe l'oeil* significa “enganar os olhos”. Essa técnica era comum na decoração de tetos de igrejas, onde a pintura se confundia com a arquitetura. As representações celestiais ou mesmo estruturais, quando vistas de um ângulo específico, conferiam àquele espaço um carácter divino (SALGADO, 2001).

De acordo com Figueiredo e Santos (2009), a técnica *trompe l'oeil* já era utilizada desde os períodos grego e romano, com o intuito de “aumentar” os cômodos das casas. No entanto, foi dentro das igrejas que a técnica ganhou notoriedade, em pinturas em tetos planos que transmitiam a impressão de ser uma extensão das paredes até o céu.

Na obra *A apoteose de Santo Inácio*, localizada na Igreja de Santo Inácio, em Roma, a arquitetura confunde-se com a pintura. Associada à perspectiva, a pintura causa um efeito

ilusório, provocando a sensação de que as paredes reais se estendem para o alto até tocarem as nuvens. Contudo, segundo Mainstone (1988), a ilusão só funciona quando o espectador se coloca em uma posição central em relação à obra.

Figura 14 – *A apoteose de Santo Inácio*, localizada na Igreja de Santo Inácio, em Roma, obra de Andrea Pozzo, datada de 1691-1694



Fonte: MAINSTONE, 1988.

Andrea Pozzo, artista italiano responsável pela execução de *A apoteose de Santo Inácio*, foi uma das principais figuras da arte barroca católica que difundiram a técnica *trompe l'oeil* em suas obras. Essa técnica já havia sido utilizada por outros artistas, mas foi pelas mãos de Pozzo que atingiu seu apogeu (BAZIN, 1993).

O *trompe l'oeil* apresenta todas as características do Barroco: grandiosidade, teatralidade, movimento, tentativa de representar o infinito e uma habilidade técnica quase sobre-humana. Os melhores exemplos de ornamentação *trompe l'oeil* são aqueles em que não se sabe verdadeiramente onde termina a arquitetura e onde começa a pintura (CONTI, 1991).

Sabe-se que a anamorfose é uma forma de representação gráfica que só pode ser compreendida quando vista de um ângulo específico ou com o auxílio de um dispositivo. Como visto nos exemplos citados anteriormente, tanto a anamorfose de perspectiva oblíqua quanto o *trompe l'oeil* dispensam o auxílio de dispositivos para a visualização correta da imagem; necessitam apenas que o observador esteja posicionado no ângulo adequado, o qual foi definido pelo autor do desenho.

A anamorfose reflexiva, que é outro tipo de anamorfose, esta sim, necessita de um dispositivo auxiliar para que a imagem seja visualizada corretamente. Nesse caso, o dispositivo é um espelho. A anamorfose reflexiva também é chamada de anamorfose catóptrica. De acordo

com o *Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico* (2014), *catóptrica* significa parte da óptica que estuda a reflexão dos raios luminosos nos espelhos. É exatamente o que acontece na anamorfose reflexiva, quando um desenho irreconhecível se torna uma imagem perfeitamente legível para o observador através do espelho.

Acredita-se que a obra *Anamorphose cylindrique représentant Louis XIII*, de Simon Vouet, datada de 1646, seja a obra de anamorfose mais antiga a partir do reflexo de um espelho (PIENS *et al.*, 1976). A Figura 15 mostra que a imagem distorcida de Louis XIII é representada sobre a mesa, ao redor da base de um espelho cilíndrico, de maneira que o reflexo do desenho em distorção seja a imagem perfeita do rosto de Louis.

Figura 15 – *Anamorphose cylindrique représentant Louis XIII*, de Simon Vouet, datada de 1646



Fonte: PIENS *et al.*, 1976.

A obra citada é um exemplo de anamorfose reflexiva cilíndrica. Porém, da mesma maneira que, na época, o espelho cilíndrico foi utilizado para refletir o desenho desejado, também foram utilizados espelhos piramidais e cônicos, adaptando-se as regras de reflexão de imagem para cada formato de espelho, já que os desenhos em distorção mudam de acordo com a forma do espelho escolhido.

O desenho anamórfico desenvolvido para ser observado através de um espelho cilíndrico deve ser posicionado na base e ao redor deste espelho, como mostrou a obra *Anamorphose cylindrique représentant Louis XIII*. No caso do desenho anamórfico feito para ser revelado através de um espelho piramidal, a situação é um pouco diferente, visto que as regras de reflexão mudam segundo o formato de espelho. O desenho anamórfico desenvolvido para ser interpretado por meio de um espelho cônico também tem suas peculiaridades.

Seguindo este breve resgate histórico da técnica de anamorfose, aborda-se seu contexto atual. Faz-se necessário verificar como a técnica se encontra atualmente e quais características e aplicações lhe foram incorporadas ao longo da história até nossos dias. As questões relacionadas às novas tecnologias também serão destacadas, uma vez que esse é um tópico de grande interesse nesta pesquisa.

2.2.3 Atualidade

Nesta seção, localiza-se o que existe da técnica de anamorfose na atualidade. São consideradas as experiências que seguem uma linha igual ou similar, bem como os profissionais e projetos mais relevantes. Também se apontam as novas áreas em que a técnica passou a ser aplicada e os avanços e inserções de novas tecnologias. O objetivo é captar o panorama atual da técnica e refletir sobre possíveis contribuições para este estudo, seja no acréscimo de uma característica inovadora, seja na melhoria de um atributo já existente.

De acordo com Kent (2001), a partir do século XX, a técnica da anamorfose começou a desaparecer do conhecimento popular, surgindo somente em alguns livros de perspectiva e em algumas exposições especiais. No entanto, conforme Sotto *et al.*, (2006), com os recentes avanços da informática, a anamorfose entrou em uma fase de elevada popularidade, devido à facilidade de compartilhamento de imagens pela internet e ao uso disseminado de câmeras digitais.

Hoje, a anamorfose não se restringe somente a museus e galerias de arte, como era comum na época de seu surgimento, mas também está presente em situações corriqueiras, às quais estamos expostos diariamente. Também é aplicada no campo das artes, porém, desenvolveu aplicações em distintas áreas e com as mais variadas funções.

Aqui, pretende-se descrever as principais referências à anamorfose, a começar por um exemplo comum, de fácil acesso e visualização, para que seja possível compreender o quanto próxima de nós a técnica encontra-se nos dias de hoje.

É comum ver letras, números e símbolos pintados sobre o asfalto de ruas, avenidas e outros locais de trânsito. As proporções do desenho que transmite as informações ao motorista são propositalmente alteradas, apresentando certo alongamento no sentido do movimento da via. Esse efeito antecede significativamente a dimensão vertical quando observada pelo motorista de uma distância específica. Para Santos (2011), uma das aplicações mais comuns de anamorfose na atualidade é a distorção intencional da proporção de palavras e figuras sinalizadas horizontalmente em um pavimento. Essa distorção faz com que tais informações

sejam visualizadas com perfeição a partir do ângulo em que se encontra o motorista, o que não aconteceria se o desenho tivesse sido concebido com as suas proporções corretas.

A seguir, é apontado um exemplo de sinalização horizontal que indica, por meio do desenho de uma bicicleta, os diferentes sentidos das faixas de uma ciclovia localizada na Rua José do Patrocínio, na cidade de Porto Alegre. Na Figura 16A, é possível perceber como seria a visão de um ciclista a poucos metros de distância da sinalização. Nota-se que o desenho como um todo é visto com as proporções semelhantes às de uma bicicleta. Aqui, destaca-se o detalhe do desenho dos pneus, que aparentam ser formas circulares, exatamente como são os pneus reais de uma bicicleta. No entanto, na Figura 16B, aproximando-nos da sinalização, em uma posição acima dela, percebemos certo alongamento na dimensão vertical do desenho. Novamente, salienta-se o detalhe dos pneus, que, diferentemente do que foi visto anteriormente, agora não parecem círculos, mas elipses.

Figura 16 – Sinalização horizontal com desenho de bicicleta em distorção



Fonte: Própria autora, 2019.

Para calcular a dimensão exata de um aviso para o pavimento de uma rua ou avenida, é necessário saber a velocidade local do trecho, a distância da qual o aviso deve ser visto pelo condutor e a altura média da visão do motorista (LIMA, 2006). Essas informações fornecem a base para o cálculo que determina qual a dimensão correta do desenho para sua melhor visualização pelo condutor, levando em consideração o tempo hábil necessário para uma eventual reação. Cada caso necessitará de um cálculo específico, haja vista as condições e intenções de cada aviso e/ou advertência.

Outro caso semelhante é o dos painéis publicitários que transmitem a impressão de estar posicionados na vertical ao lado da trave do gol em jogos de futebol veiculados por emissoras de televisão. De acordo com informações disponíveis no *site* da empresa Klefer Marketing Esportivo (2017), esse tipo de painel é denominado de *publimeta* e constitui-se de um plástico adesivo que exhibe uma mensagem publicitária, geralmente a propaganda de uma marca. Essa mensagem só pode ser reconhecida em sua tridimensionalidade quando o painel está ao longo de uma superfície plana, sendo observado de um ângulo específico que, no caso, é o ângulo de captação da câmera de televisão que transmite a partida.

Aquele efeito distorcido da sinalização de trânsito horizontal, que só é percebido ao aproximarmos-nos dela, é um efeito similar ao que ocorre quando esses painéis publicitários – as *publimetas* – são observados de diferentes ângulos. Conforme descreve Semmer (2013), um observador que assiste a um jogo de futebol pela televisão, ao visualizar a propaganda em três dimensões, deve perguntar-se se ela não atrapalha o jogo, ao passo que um torcedor, avistando a propaganda da arquibancada, vê um desenho distorcido estendido sobre o chão.

A Figura 17 mostra a imagem de uma partida de futebol que está sendo observada pela televisão. Percebe-se que há um painel publicitário da empresa de telefonia móvel Claro® posicionado ao lado de uma das traves do gol. O painel está aparentemente disposto na posição vertical, inclusive apresentando certo efeito de sombra. No entanto, se compararmos ao painel da rede norte-americana de restaurantes SUBWAY®, posicionado ao lado da outra trave do gol, perceberemos que o goleiro está passando por cima dele enquanto corre em direção à bola, comprovando que o painel está, na verdade, posicionado no chão, ao longo do gramado.

Figura 17 – Painéis publicitários anamórficos ou *publimetas*



Fonte: Própria autora, 2019.

Alguns artistas tornaram-se referência por utilizarem a técnica da anamorfose em suas criações, sobretudo pela geração de desenhos distorcidos sobre o chão, como no caso das sinalizações e publímetas. Kurt Wenner e Julian Beever, por exemplo, são considerados como expoentes dessa técnica no mundo.

Conforme informações disponíveis no *site* oficial do artista Kurt Wenner (2017), ele nasceu na cidade de Santa Bárbara, na Califórnia, em 1959, e estudou na Rhode Island School of Design e também no Art Center College of Design. Em 1982, Wenner foi para a Itália estudar a arte clássica, principalmente o período renascentista, e adquiriu uma formação neoclássica. Em consequência disso, seus primeiros trabalhos, inspirados na arte clássica, tiveram suportes tradicionais, como óleo sobre tela, por exemplo. Wenner também atuou como escultor.

Em seguida, o artista passou a trabalhar com giz, unindo técnicas tradicionais de pintura de rua com sua formação clássica e compreensão de ilusão de óptica. O resultado foram desenhos anamórficos que em pouco tempo lhe renderam diversas medalhas em competições europeias, tornando-se ele oficialmente conhecido como o mestre da *chalk art*, que significa arte com giz.

Julian Beever (2017), por sua vez, nasceu em Cheltenham, no Reino Unido, em 1959, e estudou na Leeds Polytechnic, também no Reino Unido, entre os anos de 1979 e 1983. Beever trabalha especialmente com arte de rua e expõe seus desenhos em calçadas no mundo todo. Assim como Wenner, Beever também é conhecido como um artista de *chalk art*.

Beever passou a utilizar a anamorfose por volta de 1990. No entanto, somente no ano de 2000 é que seus desenhos utilizando essa técnica ganharam notoriedade. Beever explica que “cada desenho deve ser considerado de acordo com um ponto de vista específico e, se o observador se mover deste ponto, a ilusão é perdida e o desenho torna-se uma distorção irreconhecível”. Esse efeito foi aplicado por ele na obra *Swimming-pool in the high street*, localizada na cidade de Glasgow, na Escócia.

A Figura 18A é uma fotografia desse trabalho de Beever, registrada exatamente do ponto determinado pelo artista. O desenho mostra uma figura feminina dentro de uma piscina, em uma posição em que sua perna esquerda está direcionada para o alto. Já na Figura 22B, em um ponto de vista aleatório, é possível ter a real noção do tamanho da obra. Basta contar o número de lajotas da calçada que é necessário para ir até o fim do desenho. A tridimensionalidade só é percebida de um ponto específico determinado pelo autor; caso contrário, o desenho se desconstrói.

Figura 18 – *Swimming-pool in the high street*, de Julian Beever



Fonte: modificado de BEEVER, 2017.

Vale mencionar também Eduardo Kobra, por tratar-se da primeira referência brasileira no assunto. Kobra nasceu em São Paulo em 1975, e seu talento emerge por volta do ano de 1987, na periferia da cidade, ao lado da “segunda geração do grafite”. Essa atividade rendeu-lhe o apelido Kobra devido à agilidade em escalar paredes e muros de sua cidade natal, na tentativa de registrar seus desenhos. Os desdobramentos que a arte urbana teve em São Paulo convergiram para o Studio Kobra, criado em 1995, em um muralismo original, inspirado em diferentes artistas, incluindo Kurt Wenner e Julian Beever. Kobra também buscou referências nos pintores mexicanos.

Kobra pesquisa materiais reciclados, novas tecnologias e a pintura 3D sobre pavimentos. Realizou na Praça Patriarca, no centro de São Paulo, a primeira pintura 3D sobre pavimento no Brasil (Figura 19A e 19B). Segundo o próprio autor, a pintura pode parecer distorcida, mas, quando vista do ângulo estipulado pelo artista, ela apresenta uma incrível variação de profundidade e realismo (KOBRA, 2017).

Figura 19 – Primeira pintura anamórfica no Brasil, de Eduardo Kobra



Fonte: modificado de KOBRA, 2017.

A propagação do uso de câmeras digitais tem permitido uma maior divulgação da anamorfose nos meios de comunicação em geral. A fotografia é justamente uma maneira de registrar determinado cenário levando em consideração um único ponto de vista e impossibilitando o observador da foto de reparar como seria aquele mesmo ambiente visto de outro ângulo. Dessa forma, a fotografia torna-se uma aliada no sucesso do efeito tridimensional da anamorfose de perspectiva oblíqua – como visto anteriormente, nos exemplos de registros das obras de Julian Beever e Eduardo Kobra –, pois permite “congelar” o ponto de vista exato estipulado pelo autor, assim possibilitando que a ilusão se estabeleça no formato ideal.

Também é importante mencionar Regina Scalzilli Silveira, uma das artistas mais marcantes da sua geração na América Latina. Nascida em Porto Alegre no ano de 1939, formou-se como bacharel em pintura em 1959, no Instituto de Artes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Ao longo de sua trajetória profissional e acadêmica, estudou e conviveu profissionalmente com artistas, como Aldo Locatelli, Ado Malagoli, Iberê Camargo e Francisco Stockinger, entre outros. Em 1980, defendeu sua dissertação de mestrado e, em 1984, defendeu sua tese de doutorado, ambas pela Escola de Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo (ROCA, 2011).

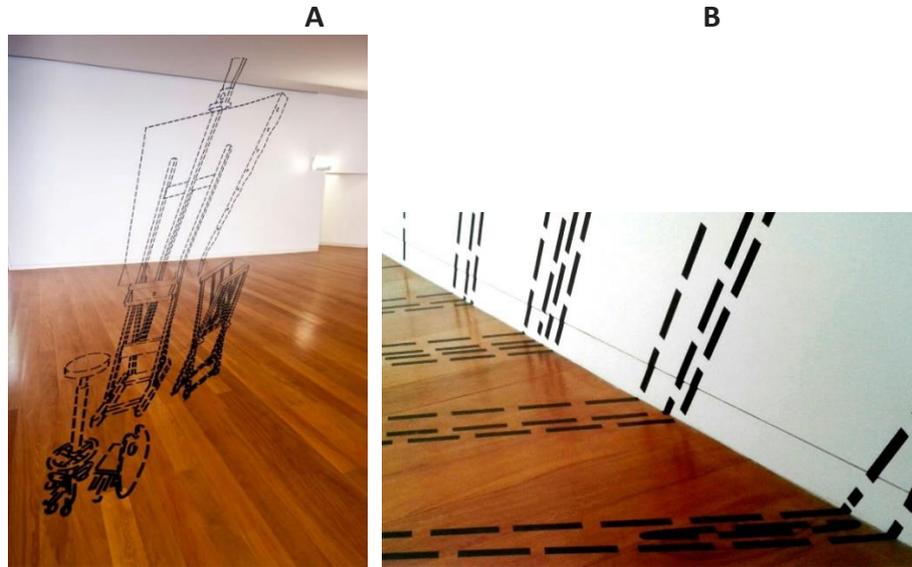
Nos anos 70, Regina Silveira realizou esculturas e serigrafias com forte tradição geométrico-construtiva. Também elaborou uma série de trabalhos com malhas e perspectivas, como em *Labirintos*. Já na série de serigrafias *Middle Class & Co*, fez intervenções sobre fotografias por meio de recortes, diagramações e reticulações. Na década de 80, como parte de seu projeto de doutorado, realizou a importante série *Anamorfás*, que fala sobre as distorções da perspectiva em um complexo de gravuras e desenhos. Os trabalhos partiam de fotografias de objetos cotidianos, tomadas de certa altura e determinados ângulos, com o intuito de obter compressões, dilatações e dobras.

Outro importante trabalho, chamado *Simulacros*, foi fruto do uso de sistemas artificiais para a construção das formas no espaço, cuja característica mais comum é a representação de sombras criadas com base em distorções projetivas inventadas. A partir da década de 90, iniciou uma longa sequência de instalações de grande formato e obras públicas utilizando meios de produção gráfica próprios de comunicação de massa para criar intervenções em espaços arquitetônicos (SILVEIRA, 2019). Percebe-se que, em toda a trajetória profissional da artista, ela estuda, elabora, articula e reinventa maneiras de aplicar a perspectiva, sempre surpreendendo o espectador com novas formas de olhar e interagir com a obra de arte.

Em uma obra da série *Desaparências*, a artista cria uma grande tela e também outros acessórios utilizados por pintores, como banco e cavalete, mediante um recorte de vinil adesivo

colado desde o piso, passando pela parede e indo até o teto (Figura 20). As figuras disformes e alongadas apresentam-se na configuração correta quando observadas do ângulo escolhido pela artista.

Figura 20 – Obra: (A) Série *Desaparência*, exposta no Museu Iberê Camargo no ano de 2011; (B) Detalhe



Fonte: ROCA, 2011.

No trabalho intitulado *Luz/Zul*, a obra é associada a um elemento arquitetônico do edifício CCBB em São Paulo. Um adesivo de vinil translúcido, que permite a leitura da palavra *luz*, é colado sobre uma janela. Na parede ao lado, é projetada, por meio mecânico, a palavra *luz* perspectivada, simulando a luz natural do dia, como se ela entrasse pela janela (Figura 21).

Figura 21 – Obra intitulada *Luz/Zul* exposta no CCBB no ano de 2003



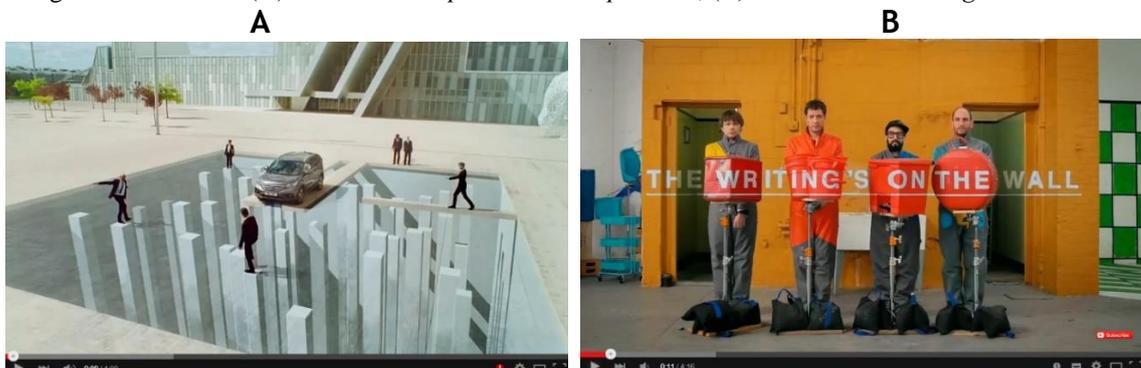
Fonte: RODRIGUES, 2008.

Além do notório domínio de diferentes técnicas de perspectiva, outra característica é bastante marcante nas obras de Regina Silveira. Conforme Rodrigues (2008), em muitos trabalhos da artista, percebe-se o diálogo da obra de arte com o seu lugar, o que não deixa de ser uma reconquista do espaço como contexto e também uma forma de apropriação da arquitetura, criando obras específicas, muitas vezes em grande escala, que resultam em uma perplexidade perceptiva do espectador diante daquele lugar.

Ainda na área da publicidade e propaganda, pode-se trazer o exemplo do comercial elaborado pela agência MCGarryBowen London (2015) para o lançamento do modelo CR-V 1.6 Diesel da Honda®. O comercial exibe como *slogan* a frase *An impossible made possible*, que se refere às características supostamente extraordinárias do carro. Durante 60 segundos, diversos recursos de anamorfose foram utilizados para criar uma série de ilusões de óptica, como mostra um *frame* do vídeo na Figura 22A. Desde a data em que o comercial foi lançado (outubro de 2013) até a data em que foi feita esta pesquisa (abril de 2015), o vídeo oficial havia sido visualizado 6.180.350 vezes.

Na área de produção musical, destaca-se o clipe da música *The writing's on the wall*, do álbum intitulado *Hungry Ghosts*, da banda Ok Go (2015), que também faz uso da anamorfose. Durante os quatro minutos de clipe, os integrantes da banda interagem utilizando uma série de adereços para simular ilusões de óptica que interpretam a letra da música, a qual fala sobre o fim do relacionamento de um casal justamente por possuírem diferentes pontos de vista. Todas as ilusões foram criadas somente por meio do posicionamento estratégico de câmeras, sem o auxílio de efeitos especiais. Desde a data em que o clipe foi lançado (junho de 2014) até a data em que foi feita esta pesquisa (abril de 2015), o vídeo havia sido visualizado 14.353.431 vezes.

Figura 22 – Vídeos: (A) Honda - *An impossible made possible*; (B) Ok Go – *The writing's on the wall*

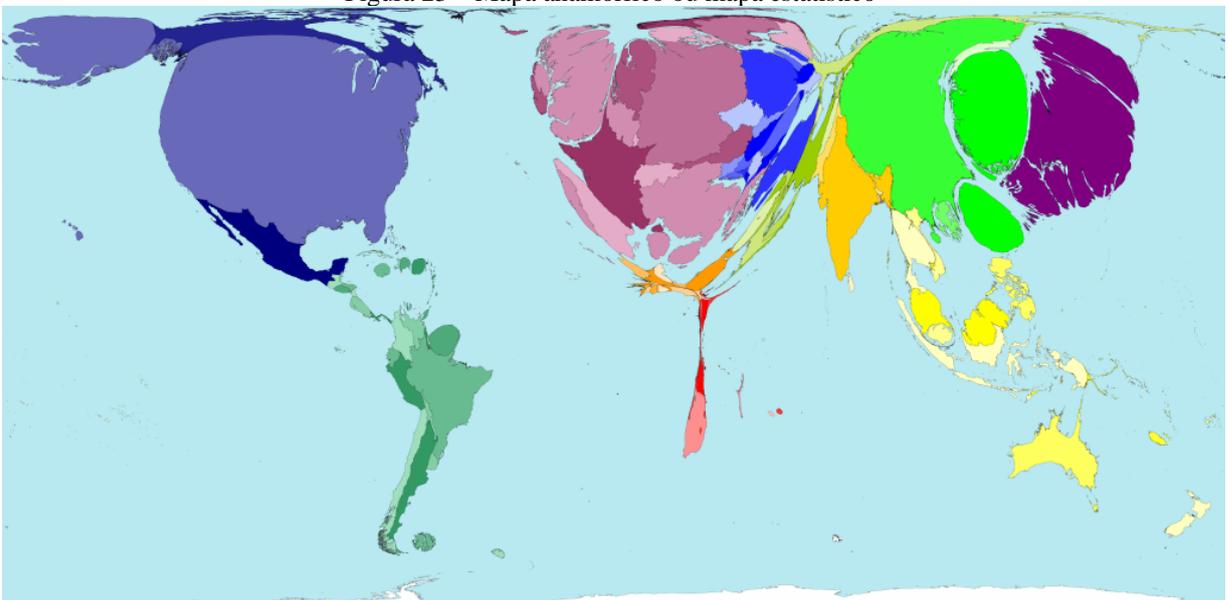


Fonte: modificado de MCGARRYBOWEN, 2015; OK GO, 2015.

A anamorfose também é aplicada na elaboração de mapas que, segundo Cauvin (1995), ao serem submetidos a uma transformação cartográfica espacial particular, são utilizados como instrumento de comunicação e análise. É cartográfica porque o objeto transformado é o mapa. É espacial porque se refere a localizações, direções, distâncias e áreas. A transformação ocorre no sentido de que as proporções do mapa vão além das proporções originais que um mapa deveria ter e determinam diferentes formas ao espaço geográfico, dependendo do fator analisado. Nesse caso, o espaço geográfico é compreendido como a dimensão da sociedade – dimensão estabelecida pelo conjunto de relações sociais que ocorrem simultaneamente e mediadas pelas distâncias que aproximam ou afastam realidades (LÉVY, 2003).

No exemplo da Figura 23, a informação analisada é o número de usuários de internet no mundo no ano de 2002. Quanto maior a área do país, maior o número de usuários de internet, e vice-versa. Observam-se um atrofiamento da África do Sul e uma expansão dos Estados Unidos, Europa, Japão e Coreia do Sul. Os mapas anamórficos, também chamados de mapas estatísticos, geralmente impressionam o nosso olhar adestrado e familiarizado com representações tradicionais. Trata-se justamente da distorção intencional da forma de territórios, de acordo com um dado ou uma variável.

Figura 23 – Mapa anamórfico ou mapa estatístico



Fonte: WORLDMAPPER, 2017.

Não é somente a anamorfose de perspectiva oblíqua que é utilizada na atualidade. Há também exemplos atuais de profissionais que utilizam a anamorfose reflexiva em suas criações. Atualmente, a anamorfose reflexiva vista através de um espelho cilíndrico é encontrada com

mais frequência do que com espelhos cônicos e piramidais. É possível destacar dois nomes que usam atualmente a anamorfose reflexiva em suas criações: William Kentridge e Jonty Hurwitz.

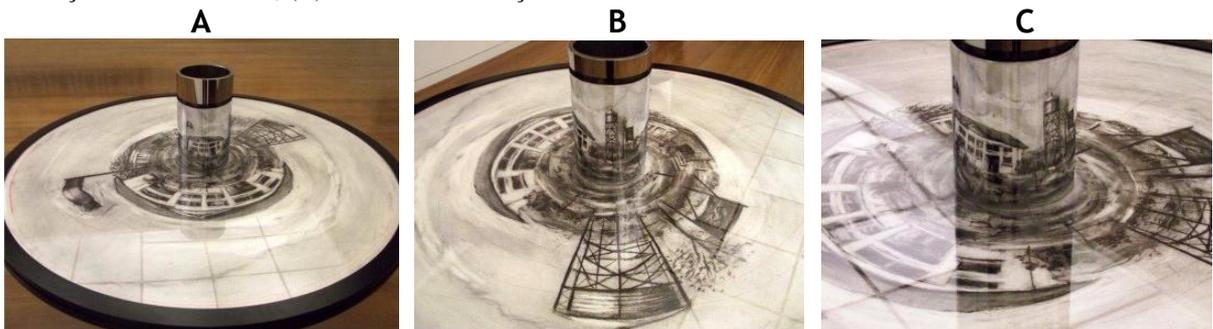
William Kentridge nasceu na cidade de Johannesburgo, na África do Sul, em 1955. Estudou na University Witwatersrand, em Johannesburgo, de 1973 a 1976, na Johannesburgo Art Foundation, de 1976 a 1978, e também na École Jacques LeCoq, em Paris, de 1981 a 1982. Segundo Tone (2013), o artista possui um método criativo essencialmente performático, que se desdobra em variados meios de expressão, desde desenho, gravura, escultura e objeto até vídeo e filme, como o exemplo tratado a seguir.

Os filmes de animação a carvão que tornam Kentridge um dos nomes mais respeitados da cena artística internacional, a partir do final da década de 80, já apontavam para um processo criativo de fluxo ininterrupto, cujo fio condutor são as ideias de transformação e movimento. Tais ideias são acompanhadas da distorção e estão diretamente ligadas à técnica da anamorfose, surgindo a partir de sua aplicação.

A Figura 24 mostra de maneira detalhada um dos desenhos criados para ilustrar o filme *What will come (has already come)*, de Kentridge, que é o primeiro filme desse tipo. O desenho foi criado no ano de 2007 e é um carvão sobre papel e cilindro de aço espelhado sobre mesa. O filme trata da guerra entre Itália e Etiópia nos anos de 1930 e é composto de uma série de desenhos como esse, que, vistos de maneira sequencial, dão a ideia de movimento. O filme está baseado no princípio de que aquilo que é distorcido na projeção passa a ser corrigido no que o espectador vê em um espelho. Portanto, a distorção é o correto, e o original é o distorcido.

Segundo Kentridge, um dos requisitos para fazer o filme ou os desenhos foi aprender a gramática da transformação, que acontece quando se vai de uma superfície plana para um espelho curvo. De acordo com o artista, desenhar uma linha reta é um tanto complicado, pois toda linha reta que se desenha se torna uma parábola.

Figura 24 – Obra: (A) Desenho em anamorfose para o filme *What will come (has already come)*; (B) Detalhe da distorção em anamorfose; (C) Detalhe da distorção em anamorfose



Fonte: Própria autora, 2019.

Graças à parceria entre o Instituto Moreira Salles, a Fundação Iberê Camargo e a Pinacoteca do Estado de São Paulo, foi possível realizar *William Kentridge: Fortuna*, a primeira grande exposição sobre o artista na América do Sul. Foram reunidos 197 trabalhos produzidos entre 1989 e 2012. As fotografias da obra do artista contidas nesta pesquisa foram registradas *in loco* na exposição da Fundação Iberê Camargo na cidade de Porto Alegre durante o período de 7 de março a 26 de maio de 2013.

Jonty Hurwitz, que nasceu em Johannesburgo em 1969, também faz uso da técnica da anamorfose reflexiva em seus trabalhos. Hurwitz ultrapassa a superfície de desenho plana e gera esculturas tridimensionais, que são visualizadas exclusivamente por intermédio de um espelho cilíndrico. Em resumo, pode-se dizer que o artista escaneia o objeto que deseja ver pelo espelho e, em seguida, manipula esses dados digitalmente. Por fim, fabrica o modelo digital da peça escolhida. Esse processo envolve inúmeros cálculos matemáticos e meses de dedicação até aprontar uma única peça, que é o resultado do entrelaçamento de duas grandes áreas: a ciência e a arte.

Conforme informações publicadas no *site* do artista Hurwitz (2017), no dia 22 de janeiro de 2014, a fotografia de um dos seus trabalhos (Figura 25) foi publicada na internet pela primeira vez e disseminou-se como um vírus. Em apenas 36 horas, a imagem foi visualizada mais de cinco milhões de vezes e apareceu em 100 *blogs* diferentes, com tradução em 12 línguas. No reflexo do espelho, vê-se a imagem de uma mão; no entanto, a escultura que gera essa simples imagem é um objeto absolutamente disforme.

Figura 25 – Fotografia de escultura anamórfica de Hurwitz



Fonte: HURWITZ, 2017.

Na arquitetura, o movimento desconstrutivista, que iniciou no final dos anos 80, é um período que, de certa forma, pode ser associado à anamorfose, pois sua característica essencial era justamente o desdobramento, a fragmentação e o deslocamento dos elementos, em um processo de reinvenção do espaço urbano. Esse período caracteriza-se pelo método de desenho não-linear e pelo interesse na manipulação das estruturas, substituindo-as por formas não retilíneas e desconstruindo alguns princípios básicos da arquitetura (ALENCAR, 2009). No fim, a aparência visual configura-se por uma desordem absolutamente dominada e uma provocante instabilidade.

Um exemplo disso é o Nationale Nederlanden Office Building (Figura 26), localizado na cidade de Praga, capital da República Checa. O edifício, que também ficou conhecido como Fred and Ginger ou Dancing House, foi projetado pelo arquiteto canadense Frank Owen Gehry no ano de 1992 e concluído em 1996.

Figura 26 – Nationale Nederlanden Office Building



Fonte: PEARMAN, 1998.

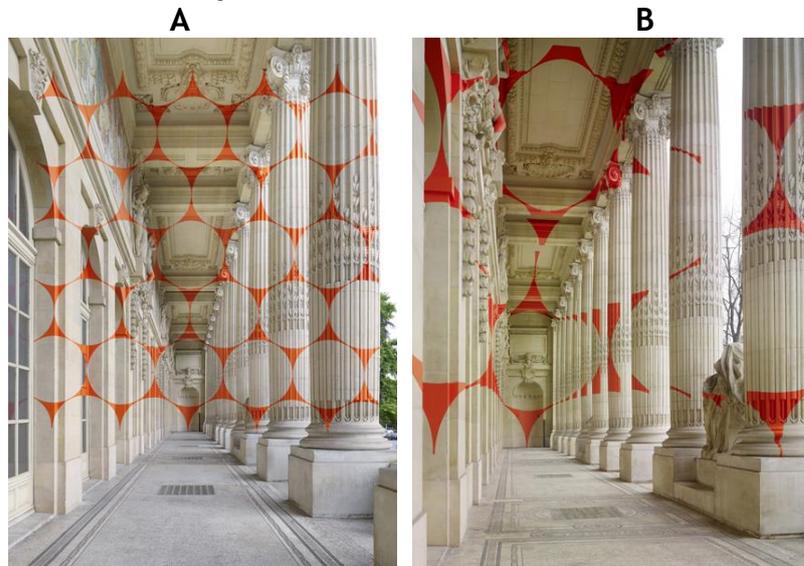
Segundo Moffett, Fazio e Wodehouse (2004), a torre de entrada parece dançar, como se fizesse parte de uma coreografia urbana, o que justifica o apelido, em referência a uma dupla de dançarinos icônica – Fred Astaire e Ginger Rogers – que participou de uma série de filmes a partir da década de 30. Em outro contexto, o edifício pareceria intrigante, mas ele dialoga perfeitamente com os seus vizinhos. O Nationale Nederlanden é um prédio de esquina, posicionado ao lado de uma praça pública de Praga. Seu desenho incomum conduz a uma

transição suave entre uma rua e outra, mas ao mesmo tempo cria um forte foco visual (BOISSIERI, 1996).

Outro exemplo de aplicação da anamorfose na arquitetura é proporcionado por Felice Varini. O artista suíço nasceu na cidade de Locarno, no ano de 1952, e ficou bastante conhecido pelos seus experimentos gráficos que reproduzem formas geométricas em espaços arquitetônicos. O artista trabalha com o auxílio de uma equipe que faz uso de um projetor de luz, o qual projeta o desenho sobre a superfície escolhida mediante imagens estruturadas a partir de linhas. A projeção determina os limites do desenho, que posteriormente é pintado ou adesivado. A preferência pelas formas geométricas tem a função de evidenciar as distorções sofridas pelo desenho (VARINI, 2008).

O trabalho de Varini caracteriza-se por ter um ponto de vista no qual o espectador vê a obra por completo, como mostra a Figura 27A. Já a partir de outros pontos de vista, o espectador vê formas fragmentadas, como no caso da Figura 27B. No entanto, Varini (2008) faz questão de destacar que o trabalho existe como um todo, tanto na sua forma completa quanto nos fragmentos. Muitas vezes, a preocupação com as partes fragmentadas é maior do que com a forma geométrica escolhida em si.

Figura 27 – Grand Palais des Beaux-Arts: (A) Ponto de vista que permite ver a obra completa; (B) Ponto de vista que permite ver a obra fragmentada

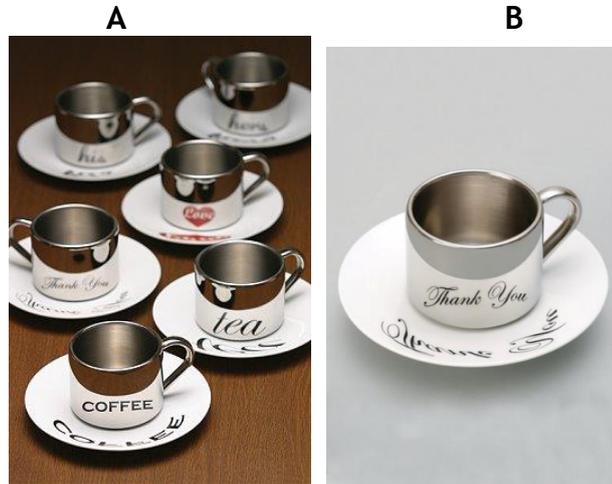


Fonte: modificado de VARINI, 2017.

Na área do design de produto, a linha *Anamorphic Series* (Figura 28A e B), criada pelo designer americano Ross McBride, é um exemplo de aplicação da anamorfose em projetos de produto. As xícaras fabricadas em aço inoxidável polido refletem de maneira correta o que está escrito distorcido no pires de porcelana. Além dessa linha, o designer também produz peças

personalizadas em quantidades limitadas, sob encomenda de empresas e restaurantes (DESIGN INNOVA, 2017).

Figura 28 – *Anamorphic Series*, de McBride



Fonte: modificado de DESIGN INNOVA, 2017.

Assim como os exemplos práticos citados, também se fez uma busca por trabalhos científicos recentes que tivessem a anamorfose como tema principal de estudo, sobretudo trabalhos de design e/ou áreas afins. Isso porque se encontram trabalhos científicos sobre a anamorfose em muitas áreas que fogem do escopo e interesse desta pesquisa, como biologia, geografia e matemática, por exemplo.

A tese de doutorado em Design defendida por Claudemilson dos Santos em 2018 na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho consiste em um estudo que visa a avaliar o impacto da aplicação da anamorfose no redesenho da sinalização de trânsito horizontal. O resultado da pesquisa aponta que a sinalização de trânsito anamórfica aumenta a percepção visual do motorista, colaborando para uma reação mais rápida e efetiva diante do sinal de trânsito. Além disso, os resultados de Santos (2018) também encorajam políticas públicas que visem à análise e revisão das sinalizações de trânsito vigentes, bem como à criação de novas modalidades de sinalização de trânsito horizontal, em especial, a anamórfica, prevendo-a e dando instruções de como projetá-la, avaliá-la e implantá-la.

A dissertação de mestrado apresentada por Lígia Luciene Rodrigues em 2008 ao Programa de Pós-Graduação em Artes da Universidade Estadual de Campinas teve por objetivo investigar a utilização da perspectiva na arte contemporânea por meio do trabalho da artista plástica Regina Silveira e também de outros artistas, como Marcel Duchamp e Jan Dibbets, que discutem em seus trabalhos as mesmas questões abordadas por Regina Silveira. Uma das preocupações de Rodrigues (2008) foi justamente analisar as questões que estão por trás da

presença da perspectiva dentro da produção artística atual, como, por exemplo, a crítica à natureza da imagem e seus meios de representação, a manipulação do ponto de vista, a simulação e a ilusão do espaço e a deformação. Essa análise mostrou que cada período histórico possui uma maneira de dirigir o olhar para um determinado ponto de vista, portanto, uma maneira de utilizar a perspectiva. Nos dias atuais, a subversão do olhar do espectador e, ainda, o questionamento da certeza da sua percepção causada por essa subversão fazem da manipulação do ponto de vista a partir do uso da perspectiva uma atitude contemporânea no trabalho de artistas.

O artigo de Helena Ferreira publicado no ano de 2016 na *Revista Visualidades*, vinculada ao Programa de Pós-graduação em Artes e Cultura Visual da Universidade Federal de Goiás, reflete sobre a utilização da anamorfose no contexto da comunicação gráfica e visual, e também sobre as potencialidades do mecanismo da anamorfose enquanto veículo de comunicação visual baseado no jogo perceptivo entre a realidade e o engano. Ferreira (2016) conclui que a anamorfose se tornou um dispositivo conceitual e gráfico bastante atraente para artistas, designers e, conseqüentemente, para os espectadores, pois convoca precisamente a possibilidade de produzir um engajamento entre o olhar do observador e a imagem observada. Nesse sentido, a anamorfose não só é um meio de comunicação visual eficiente, mas também desperta nosso interesse na decifração da mensagem oculta, além de ter capacidade de pôr em causa aquilo que vemos em um dado momento e contexto.

Já o artigo de Brod e Borda, publicado no ano de 2011 no XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico no Rio de Janeiro, intitulado “Espaço digital para experimentos de anamorfose”, estuda uma abordagem gráfica digital para a obtenção de efeitos anamórficos, com o objetivo de recriá-los no espaço virtual controlado. A pesquisa conclui que a compreensão e o domínio desta técnica por meio de ferramentas computacionais proporcionam um novo instrumento de estímulo ao processo criativo de estudantes e profissionais das áreas de arquitetura, artes e design, bem como uma abordagem digital para o ensino e aprendizagem dos conceitos de perspectiva.

Em outro artigo, também publicado no XX Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico no Rio de Janeiro, Gomes e Soares (2011) afirmam que, embora as apresentações de desenhos artísticos surpreendentes por suas perspectivas inusitadas sejam bastante conhecidas na internet, poucas pessoas estão familiarizadas com o nome e com as técnicas utilizadas nesses desenhos. Além do desconhecimento, também há escassez de material didático sobre o assunto, sendo bem-vindos os trabalhos científicos acerca da anamorfose na área do design.

2.3 JOALHERIA

Segundo Copruchinski (2011), o ser humano recorreu à utilização de adornos para diferenciar-se de seus semelhantes. Estava se criando o conceito da ornamentação humana, ponto de partida para muitas manifestações e valores que podemos observar até hoje em diferentes culturas.

2.3.1 Origem e evolução

As explorações arqueológicas evidenciam que os adornos, que hoje chamamos de joias, são quase tão antigos quanto a própria civilização e datam dos períodos pré-históricos. As joias mais antigas, descobertas em escavações arqueológicas, contêm grande valor patrimonial e sagrado, o que implica a ideia de herança e memória dos indivíduos da época.

De acordo com Gola (2002), no período Paleolítico – há cerca de 2,5 milhões de anos –, ossos, dentes e chifres de animais eram utilizados como ornamento pelos homens pré-históricos. Esses objetos significavam, ao mesmo tempo, um adorno e um amuleto, além de possuírem também valor como troféu de caça e testemunho de coragem e bravura, promovendo um lugar de destaque na ordem social das cavernas.

Para Leroi-Gourhan (1965), os ornamentos que caracterizam o caçador primitivo são conhecidos como “objetos para pendurar”, que podem ser entendidos como pingentes ou pendentives. Alguns deles eram feitos de pedras e conchas, com furos para a passagem dos fios, como se pode observar na Figura 29.

Figura 29 – Conchas marinhas perfuradas da Cueva de los Aviones



Fonte: ZILHÃO, 2009.

A Idade dos Metais é caracterizada pela descoberta do processo de fundição. Os primeiros metais a serem fundidos foram o cobre, o bronze, o estanho e o chumbo. O bronze, que é uma liga de cobre e estanho, foi o material predominante na fabricação de diferentes tipos de objetos e adornos. Uma vez fundido, reproduzia os detalhes mais finos, e sua superfície, quando polida, transmitia a aparência de um material nobre (SKODA, 2012).

Ainda na Idade dos Metais, mais precisamente na Idade do Bronze, as superfícies das joias e objetos passaram a receber minuciosa decoração. Alguns dos desenhos mais frequentes na joalheria da época eram os motivos formados por linhas curvas, como círculos concêntricos e espirais.

Figura 30 – Peitoral da Idade do Bronze, com desenho de espirais



Fonte: HEINIGER; ERNST, 1974.

Os egípcios conheciam bem as técnicas de trabalhar o ouro. Suas joias em ouro, prata e pedras preciosas testemunham a elegância e o luxo desse povo. O amuleto egípcio em formato de falcão, encontrado em uma tumba na cidade de Memphis, é um exemplo disso. O objeto é composto de ouro, turquesa, cornalina e *lapis lazuli*.

Figura 31 – Amuleto em formato de falcão encontrado em Memphis, Egito



Fonte: UNTRACHT, 1985.

No Renascimento, renomados artistas criaram joias que contribuíram para o desenvolvimento das técnicas tradicionais de joalheria. O entalhe em gemas e a escultura de

camafeus reproduziam diferentes personagens da época, em que as gemas eram enfatizadas, em detrimento do metal (SWARBRICK, 1996). A Figura 32 ilustra um camafeu esculpido em sardônix, com base em ouro, do século XVI d.C.

Figura 32 – Camafeu em sardônix e ouro, século XVI, Biblioteca Nacional da França



Fonte: HALL, 1997.

Com a Revolução Industrial, o consumo de joias cravejadas tornou-se mais acessível em função do advento da produção em série e do estágio econômico da sociedade, que permitia comprá-las. Entretanto, tal como nos demais produtos que passaram a ser seriados, a qualidade estética caiu, levando ao desenvolvimento de joias com acabamentos de baixa qualidade e formas pouco elaboradas (GOLA, 2013).

Já durante o período chamado Art Nouveau, que teve início em meados de 1890, ocorrem alguns avanços na joalheria, principalmente no que diz respeito a materiais e formas. Esse movimento artístico combatia a industrialização massificada, associando a arte ao artesanato e dando ênfase aos detalhes e à ornamentação (SCHNEIDER, 2010).

Se os movimentos Art Nouveau e Art Déco abriram o caminho para uma nova forma de trabalhar, a Bauhaus imprimiu um novo rumo. Na perspectiva do movimento modernista, a Bauhaus revolucionou não só a percepção de projeto, mas também a postura diante do ato de criação (OLIVEIRA, 2008). A Figura 35 é um exemplo de joalheria dessa época, desenvolvida em 1930 por Naum Slutzky, um dos principais designers de joias da Bauhaus. O conjunto

localiza-se atualmente no Victoria and Albert Museum, em Londres. É composto por um colar em latão cromado, uma pulseira em aço cromado e um alfinete em latão dourado.

Figura 33 – Joias do designer Naum Slutzky, Victoria and Albert Museum, Londres



Fonte: OLIVEIRA, 2008.

Segundo Copruchinski (2011), em 1960, a joalheria dividiu-se em duas tendências distintas: a joalheria tradicional e a joalheria artística. A primeira valorizava os materiais aplicados na peça, enquanto a segunda se apoiava nos valores da arte contemporânea, em que o artista cria como forma de expressão e escolhe técnicas e materiais capazes de adequar-se às suas necessidades expressivas. O artista não tem compromisso com tradições, materiais ou moda; cria suas joias com qualquer material que possa ser transformado com qualidade expressiva.

Atualmente, os materiais utilizados na joalheria não necessariamente se limitam aos nobres e tradicionais, como ouro e prata. São também incluídas alternativas inusitadas, tais como: polímeros, couros, madeiras, resíduos eletrônicos e aparas industriais, entre outros. É nesse contexto que surge uma nova geração de consumo, não menos nobre, mas com mais liberdade criativa (CIDADE, 2017).

Cabe lembrar que a expressão *bijuteria* também é empregada para caracterizar adornos corporais constituídos de materiais diversos, menos duráveis que as joias, como os citados anteriormente, já que a joia, por sua vez, se caracteriza pelo uso de metais nobres e gemas preciosas, finamente trabalhados.

Um exemplo de acessório contemporâneo despojado, feito com material alternativo, é o colar de papel da designer Nel Linssen, do ano de 1995. Os trabalhos dessa designer são um exemplo do potencial que pode ter esse material.

Figura 34 – Colar de papel da designer Nel Linssen



Fonte: OLIVEIRA, 2008.

Em todas as épocas, existiram diferentes estilos convivendo simultaneamente, mas nunca tantos e tão diversos quanto agora. Esse é um aspecto próprio da contemporaneidade. Hoje, criar joias para o público em geral permite praticamente tudo: do clássico ao arrojado (STÜRMER, 2010). A revolução tecnológica dos últimos tempos abriu uma ampla gama de possibilidades na fabricação de joias, trazendo um arsenal de equipamentos que possibilitam fazer coisas nunca antes imaginadas, com qualidade e acabamento cada vez melhores na joalheria.

2.3.2 Design de joias

Santos (2000) explica o significado de design de produto como sendo uma atividade projetual que visa à concretização física de ideias e conceitos abstratos. Salienta, ainda, que o projeto desenvolvido pelo designer deve ser o elo entre a concepção e a fabricação do produto, uma vez que projetar não se resume apenas a desenvolver um produto, mas implica avaliá-lo no contexto de uso.

O design de joias é considerado design de produto, uma vez que também segue uma sequência lógica de etapas: concepção, projeto, fabricação e uso. Trata-se especificamente da criação e de projeto de produtos para uso individual (LÖBACH, 2001).

Aspectos importantes do design de joias foram estudados, sendo aqui citados com o objetivo de servir de guia para o desenvolvimento do conjunto de joias proposto neste estudo. Tais aspectos são: a autenticidade, a usabilidade e a durabilidade.

A autenticidade refere-se à veracidade com que algo expressa o que realmente é, sem tentar, depreciativamente, imitar ou simular o que não é. A joia deve expressar a beleza própria e autêntica dos materiais que verdadeiramente a compõem. Conforme explica Codina (2000), é justamente essa a diferença entre joias e bijuterias, pois estas usam processos de fabricação e materiais comuns para simular outros materiais raros e nobres, seja por meio do revestimento, seja pelo uso de gemas sintéticas.

Já a usabilidade, no contexto da joalheria, refere-se ao conforto propiciado por uma joia que possa ser usada no corpo, muitas vezes em contato com a pele, sem causar danos ou ferimentos ao usuário (IBGM; DNPM, 2005). Em uma joia, é necessário que as peças sejam leves ou, no mínimo, portáteis, ainda que usem materiais densos.

A durabilidade, no caso das joias, pode ser definida como a capacidade que um material ou peça tem de manter sua forma e acabamento originais, resistindo aos constantes esforços mecânicos aos quais um produto usado junto ao corpo é submetido. Segundo Salem (2007) e Codina (2000), dureza ou resistência mecânica elevada e boa resistência à abrasão são as principais propriedades mecânicas dos materiais para conferirem durabilidade a esse tipo de produto.

Além disso, as joias devem ser tecnicamente bem construídas para manterem-se estáveis por muito tempo (UNTRACHT, 1985). Isso quer dizer que os processos de fabricação devem ser específicos e bem executados, garantindo um longo ciclo de uso do produto. Soldas e engastes de partes e elementos constituintes são processos típicos utilizados em joias e asseguram a durabilidade do produto.

Neste trabalho, os critérios citados acima foram observados e adotados como parâmetros objetivos e constituintes do produto final. Além disso, obviamente, consideraram-se outros critérios subjetivos, como a beleza estética e o significado agregado.

Pode-se dizer que, cada vez mais, a aparência ou a beleza estética é um dos principais atributos de uma joia como produto. Vale destacar que os materiais que compõem uma joia são também trabalhados de modo a ressaltar ou complementar a beleza da pessoa que a usa e/ou ampliar o prazer em portar uma forma de seu agrado, constituindo um elemento importante, que é a expressão de identidade de cada um.

Untracht (1985) também cita alguns atributos fundamentais a serem considerados no design de joias, principalmente quando se trata do trabalho com metais, como é o caso deste

estudo. Esses atributos são: o contraste, a escala relativa, o balanço e o clímax visual. O primeiro refere-se ao contraste de linhas ou formas, podendo ser positivas ou negativas, de dois materiais diferentes ou cores diferentes. A escala relativa é a proporção de tamanho de componentes entre si e da peça em relação ao corpo humano. Já o balanço tem a ver com a simetria ou assimetria. O clímax visual, por sua vez, é a ênfase focal; é possivelmente outro componente de design que pode ser incluído, mas não está sempre presente.

Quando se altera um desses componentes, automaticamente altera-se a composição como um todo, já que o resultado final é justamente a relação entre essas características. Na exploração dessas características, determinados aspectos podem revelar-se, gerando possibilidades infinitas.

A seguir, no tópico “Estado da arte”, é possível conferir as características ou aspectos do design de joias citados aqui, mediante análise de joias existentes no mercado.

2.4 ESTADO DA ARTE

Esta pesquisa envolve temáticas distintas, porém, complementares. Transita desde a investigação acerca da técnica da anamorfose, passando pelo estudo e aplicação de novas tecnologias no desenvolvimento de produtos, principalmente a tecnologia de impressão 3D, além do olhar voltado para o design de joias e outros pequenos objetos utilitários e de decoração.

Esta seção destina-se a dar exemplos de projetos atuais imersos nesses campos de estudo, podendo apresentar um ou mais aspectos em um mesmo produto. O intuito é observar características gerais de função, técnica de fabricação, material e todos os outros aspectos que, de alguma forma, sejam do interesse desta pesquisa e/ou possam contribuir com este estudo.

O primeiro produto selecionado é chamado de *Signature vase* (Figura 35). Foi desenvolvido pelo designer Frank Tjepkema e lançado em 2003 pela marca Droog. Trata-se de vasos de flores feitos em nylon, fabricados por meio da tecnologia FDM de impressão 3D. A estrutura principal do vaso é elaborada a partir do desenho de uma assinatura em perspectiva ou em formato tridimensional. Nos espaços, ou nos vãos entre as letras, é possível acomodar tanto flores quanto outros objetos de dimensões similares, como lápis e canetas, por exemplo. A proposta é a inovação no que diz respeito à forma, já que, ao adquirir o produto, o cliente não está só adquirindo um vaso comum, mas uma peça personalizada, com o seu nome ou o de alguém a quem queira presentear.

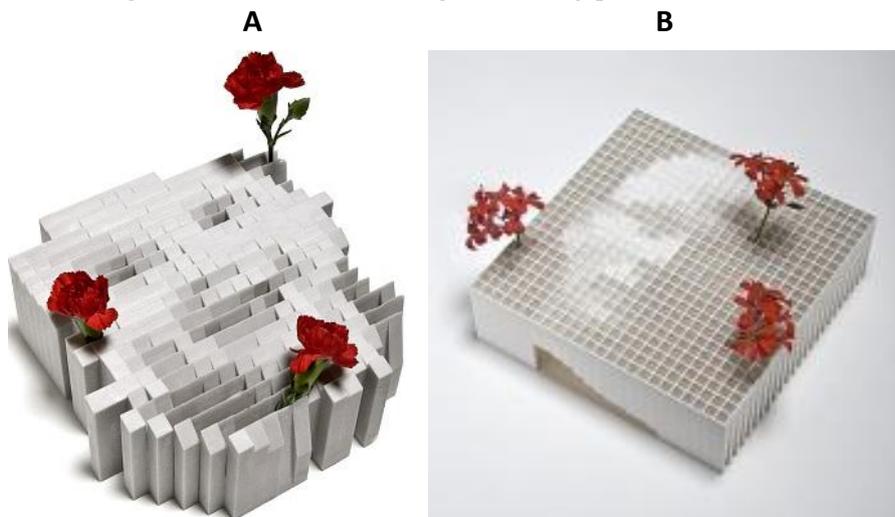
Figura 35 – *Signature vase*, do designer Frank Tjepkema, ano de 2003



Fonte: TJEP, 2018.

Assim como é possível personalizar um produto com uma assinatura, também é possível personalizar um produto com a imagem de um rosto. Aplicar uma imagem em um produto plano, além de fácil, não seria nada diferente do que já existe no mercado. Por esse motivo, a proposta desse produto é a construção de uma imagem em formato tridimensional. Esses objetos, chamados de *pixelvases* (Figura 36), também projetados pelo designer Frank Tjepkema, foram lançados no mercado em 2010. São vasos de flores impressos em nylon, pela tecnologia FDM de impressão 3D. A estrutura principal do vaso é elaborada a partir de uma imagem pixelada. Cada pixel recebe uma inclinação diferente, captando mais ou menos luz. Aqui, novamente, nos espaços vazados, é possível acomodar flores e outros pequenos objetos.

Figura 36 – *Pixelvases*, do designer Frank Tjepkema, ano de 2010



Fonte: TJEP, 2018.

Os exemplos citados foram selecionados devido a dois aspectos específicos de grande interesse nesta pesquisa. O primeiro deles é o fato de serem exemplos de produtos atuais em que a tecnologia de impressão 3D foi utilizada diretamente na fabricação do produto final. O segundo aspecto é a inovação relacionada à forma, principalmente pelo fato de os dois exemplos utilizarem uma linguagem que lembra e/ou sugere efeitos tridimensionais anamórficos, seja pela utilização de letras em perspectiva, como no primeiro exemplo, seja pelo efeito de luz e sombra provocado de forma intencional, como no segundo exemplo. Além disso, os produtos são notoriamente personalizados e exclusivos, aspecto que também é do interesse desta pesquisa.

No Brasil, a indústria da moda é uma das pioneiras em demonstrar preocupação com o meio ambiente e adotar condutas sustentáveis em seus produtos. É crescente o número de marcas que visam ao reaproveitamento e à ressignificação de materiais. Algumas marcas brasileiras de joias e acessórios de moda, tais como, Design Côté, Utrópica, Re-d.eck, Crua Design e Estúdio Ripa, utilizam a madeira descartada como principal matéria-prima de seus produtos. A origem das madeiras utilizadas por estas marcas é variada, indo desde rejeitos da indústria moveleira, passando por descartes de *shapes* de *skates* usados, até lixo urbano. As técnicas utilizadas na fabricação dos produtos variam da marchetaria ao mosaico.

Conforme informações disponíveis no *site* oficial da empresa, a Crua Design é um estúdio criativo que surgiu em 2014 em São Paulo; seu principal experimento envolve a utilização de materiais descartados e, sobretudo, inusitados. Além de valorizar a qualidade da matéria-prima e o trabalho de produtores locais, a Crua Design mantém-se conectada com a moda, o design e a arte.

Essas marcas também foram fonte de inspiração para este estudo no que diz respeito à utilização da madeira descartada. Isso porque não se preocupam só com o consumo consciente, mas também, e principalmente, com a criação de um novo conceito de produzir e consumir (CRUA DESIGN, 2019).

Figura 37 – Crua Design, acessórios a partir de resíduos de madeira



Fonte: CRUA DESIGN, 2019.

A Figura 38 mostra um exemplo de forma complexa na joalheria em que a tecnologia SLA de impressão 3D foi utilizada na fabricação de um modelo inicial em resina para um futuro anel. Uma forma com esse nível de complexidade dificilmente conseguiria ser construída e replicada manualmente com tanta exatidão, mesmo quando executada por um profissional experiente. Outro fator a ser destacado é o tempo de execução. Para uma peça como essa ser esculpida manualmente, seriam necessários horas ou dias de trabalho, enquanto a impressão 3D demanda minutos ou horas.

Figura 38 – Modelo de anel em resina obtido por impressão 3D



Fonte: ENVISIONTEC, 2018.

Ainda na área da joalheria, destaca-se Antônio Bernardo, designer de joias que transita pelos domínios da inquietação artística e do design contemporâneo. Ele utiliza a excelência da joalheria artesanal e, ao mesmo tempo, sofisticados processos industriais para conceber joias à semelhança de objetos esculturais.

Em especial, um dos trabalhos de Antônio Bernardo chama atenção por apresentar um alto nível de complexidade de forma e de encaixe: o anel chamado *Puzzle*, mostrado na letra A da Figura 39. A peça foi confeccionada, primeiramente, em ouro amarelo e funciona como um quebra-cabeça em três dimensões; compõe-se de partes assimétricas, duas a duas, que se encaixam. A última peça a ser colocada funciona como uma chave, atravessando a joia de ponta a ponta. Assim, quando usado, o anel permanece travado (RIGHETTO, 2007).

No ano de 2006, esse anel recebeu um dos maiores prêmios internacionais do design, o IF Design Award, na Alemanha. Em 2011, o artista criou outra versão, o *Puzzle Curvo* (letra B da Figura 39), o qual foi confeccionado, primeiramente, em prata. Essa versão também passa pelo processo de montagem e desmontagem, como a anterior. Este último recebeu o prêmio Red Dot Design Award, também na Alemanha.

Em ambos os projetos, a tecnologia FDM de impressão 3D em polímero foi utilizada nas etapas iniciais, direcionadas para a construção dos protótipos – etapas essas de grande importância, dada a complexidade das formas e dos encaixes. O processo de fundição foi utilizado na etapa final de construção dos produtos em ouro e prata.

Figura 39 – Produto: (A) Anel *Puzzle* em ouro amarelo; (B) Anel *Puzzle Curvo* em prata



Fonte: modificado de MAGTAZ, 2008; BERNARDO, 2018.

Também existem modelos de impressora 3D que imprimem diretamente em metal, rompendo com a necessidade da etapa da fundição quando da fabricação de joias. No entanto, essa tecnologia ainda é muito cara, restrita e pouco acessível no Brasil, mas vem crescendo gradativamente, tornando-se uma alternativa mais viável economicamente. O desenvolvimento

de impressoras 3D tem focado em soluções cada vez mais específicas. Já existem impressoras desenvolvidas única e exclusivamente para produzir peças para o setor joalheiro, adaptando demandas pontuais desse segmento, como a necessidade de excelente acabamento superficial, por exemplo.

A Figura 40 mostra um pingente de geometria difícil e necessidade de alto acabamento superficial, principalmente por tratar-se de uma forma fluida e orgânica. A peça foi impressa diretamente em ouro, em uma impressora 3D de processo baseado em camada de pó metálico e sinterização ou derretimento por feixe de laser, assinada pelo designer Lionel Dean.

Figura 40 – Pingente obtido por impressão 3D em metal, do designer Lionel Dean



Fonte: modificado de FUTURE FACTORIES, 2018.

Uma das maiores diferenças entre o processo de modelagem em cera para a joalheria e a impressão 3D é que o primeiro consiste, basicamente, em subtrair material de um bloco para criar uma determinada forma. O processo de impressão 3D, por outro lado, consiste na adição de material, camada a camada, para obter a forma. Isso permite criar formas infinitamente mais complexas e com muito mais detalhes e precisão.

Bathsheba Grossman é um dos artistas de impressão 3D mais renomados do mundo. O seu trabalho é apresentado na forma de pequenas esculturas dotadas de extrema elegância e fascínio. Por meio da união da arte e da matemática, o artista cria formas que desafiam o modo como vemos a geometria e a simetria quando se fala em pequenas esculturas. Ele utiliza diferentes *softwares* de modelagem tridimensional para criar formas que, na maior parte das vezes, são inspiradas em elementos da natureza; depois, fabrica-as em metal utilizando a tecnologia de impressão 3D. O resultado pode ser conferido na Figura 41, que mostra algumas esculturas que se transformaram em delicados pendentos para a joalheria. Os pendentos chamam-se, respectivamente, *Flame Alpha*, *Triple Torus* e *Hypercube*.

Figura 41 – Esculturas em metal de Bathsbeba Grossman fabricadas mediante impressão 3D



Fonte: BATHSHEBA, 2019.

Sarah Herriot é uma designer de joias autodidata nascida em Londres. As joias de Sarah atraem elogios pela sua forma, elegância e equilíbrio. Essa abordagem garantiu-lhe um público fiel que visita regularmente seu local de trabalho, chamado Estúdio Bloomsbury. Sarah foi ganhadora do Goldsmiths Craftsmanship & Design Awards 2008, na categoria Fine Jewellery. Dentre tantas joias de Sarah, destaca-se especialmente um anel em prata chamado Manhattan (Figura 42). Este anel possui um efeito de distorção similar a um efeito anamórfico. Nota-se que, quando o topo do anel é observado, é possível perceber uma sequência de formas circulares lado a lado; porém, quando o anel é observado de outros ângulos, as formas, antes circulares, aparecem distorcidas, lembrando um efeito anamórfico. O anel Manhattan faz parte de um conjunto que inclui um par de brincos e um pingente para colar. Todas as peças possuem o mesmo efeito.

Figura 42 – Anel em prata de Sarah Herriot



Fonte: Sarah Herriot, 2019.

Outro exemplo a ser citado é a pulseira do designer Ron Arad, desenvolvida para a marca Chi Ha Paura (Figura 43). Nesse caso, o processo FDM de impressão 3D foi utilizado para a fabricação do produto final em poliamida. No entorno da pulseira, é possível ler a frase *Not made by hand*, em letras em perspectiva. O efeito perspectivo, ou a profundidade das letras, dá-se da parte externa em direção ao centro do adorno.

Figura 43 – Pulseira de Ron Arad, impressão 3D em poliamida



Fonte: modificado de CHI HA PAURA, 2018.

Os exemplos citados na área de joalheria foram selecionados considerando-se três aspectos específicos. O primeiro deles continua sendo o fato de serem exemplos de produtos atuais em que a tecnologia de impressão 3D foi utilizada, quer no desenvolvimento do protótipo, quer no desenvolvimento do produto final. O segundo aspecto é relacionado à forma; todos os exemplos citados têm formas complexas, orgânicas ou angulosas, por vezes labirínticas, que exigem alto nível de acabamento e/ou complexidade de encaixe. Por fim, na ausência de exemplos específicos de joias ou adornos anamórficos, destacaram-se os dois exemplos encontrados com algum tipo de distorção ou efeito tridimensional, que são o anel de Sarah Herriot e a pulseira de Ron Arad. Essa linguagem utilizada por Herriot e Arad lembra alguns efeitos tridimensionais anamórficos, embora não seja a aplicação da anamorfose em si, mas o mais próximo que se encontrou na área da joalheria especificamente.

Os estudos de caso permitiram não só observar as características gerais dos projetos citados, mas também detectar pontos carentes de inovação, como a escassez de objetos de design em geral, sejam eles na área de decoração, utilidades ou adornaria corporal, que explorem a técnica da anamorfose. Entende-se que se trata de uma oportunidade a ser explorada, uma vez que a anamorfose é uma técnica extremamente criativa e reveladora, o que pode tornar-se um atrativo para aquisição de um produto ou uma peça de design.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados nesta tese. Nele estão especificados os diferentes materiais selecionados e os processos de fabricação aplicados em cada um dos materiais. No tópico “Materiais Selecionados”, são abordadas as propriedades dos materiais, tanto daqueles utilizados nos testes experimentais, quanto dos destinados ao desenvolvimento do produto final; também são apontados alguns aspectos relativos às suas origens e contexto. Já no tópico “Processos de Fabricação”, apresentam-se as principais características das tecnologias escolhidas para interferir nesses materiais.

3.1 MATERIAIS SELECIONADOS

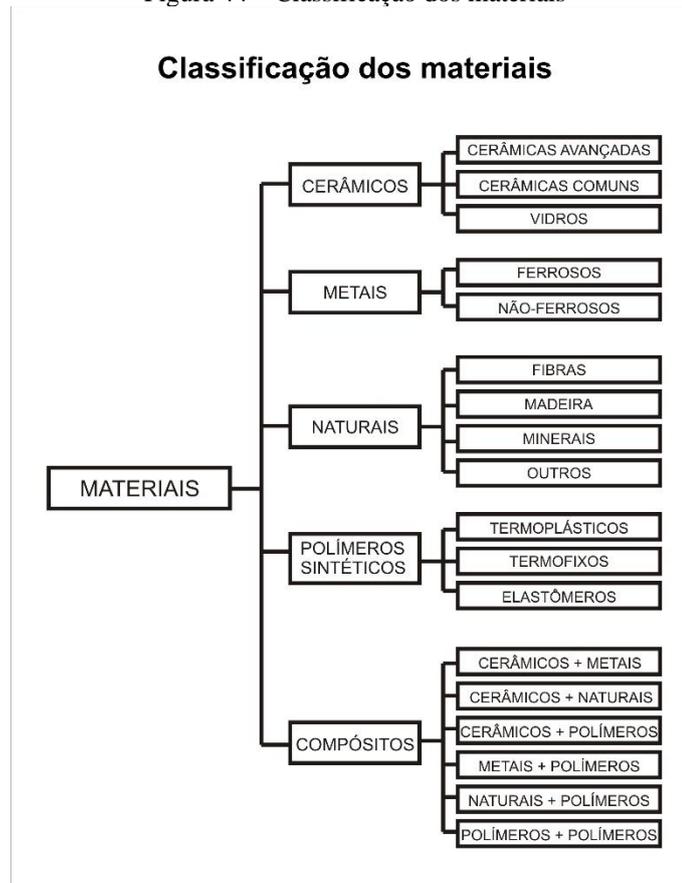
Conhecer as propriedades dos materiais tornou-se importante, uma vez que estudar as características de cada material auxilia a compreender seu comportamento e seu potencial. Reconhecer as particularidades de cada um significa poder direcioná-lo para o processamento adequado, de acordo com o fim que se deseja obter.

Atualmente, o número de materiais disponíveis no mercado é extenso, quase incontável se levarmos em consideração que inúmeros gêneros são descobertos a cada dia. Considerando-se essa dimensão e complexidade, faz-se necessário classificar os diferentes tipos de materiais por grupos, a fim de tornar a seleção mais clara e objetiva.

A Figura 44 mostra uma classificação que divide os materiais em cinco diferentes famílias: cerâmicos, metais, naturais, polímeros sintéticos e compósitos. Cada uma dessas famílias tem suas respectivas subdivisões. Neste trabalho, o interesse converge para as informações sobre os materiais utilizados na prática desta pesquisa, tanto nos testes experimentais quanto no produto final, que são: materiais naturais, polímeros sintéticos e metais.

Na classificação de materiais naturais, optou-se por trabalhar com madeira, especialmente madeiras da espécie *pinus*. No grupo de polímeros sintéticos, foram escolhidos os termoplásticos e termofixos, mais especificamente, quatro tipos diferentes de polímeros: ABS, HIPS, PLA e resina fotossensível. Já no grupo dos metais, optou-se pelos metais não-ferrosos, como a prata.

Figura 44 – Classificação dos materiais



Fonte: LIMA, 2006.

3.1.1 Natural: *pinus*

Materiais naturais são aqueles extraídos da natureza pelo homem, seja esta extração planejada ou não, desde que sua utilização não modifique a constituição básica do material (LIMA, 2006). Os materiais naturais são subdivididos em: fibras, madeiras, minerais e outros. Esses materiais podem ser considerados tradicionais e de comum utilização, como, por exemplo, na indústria têxtil, civil e joalheira, respectivamente. Existem outros tipos de materiais naturais, porém, menos tradicionais do que os citados anteriormente, que são: âmbar, chifre, coral, pérola, osso, semente, escama de peixe, etc.

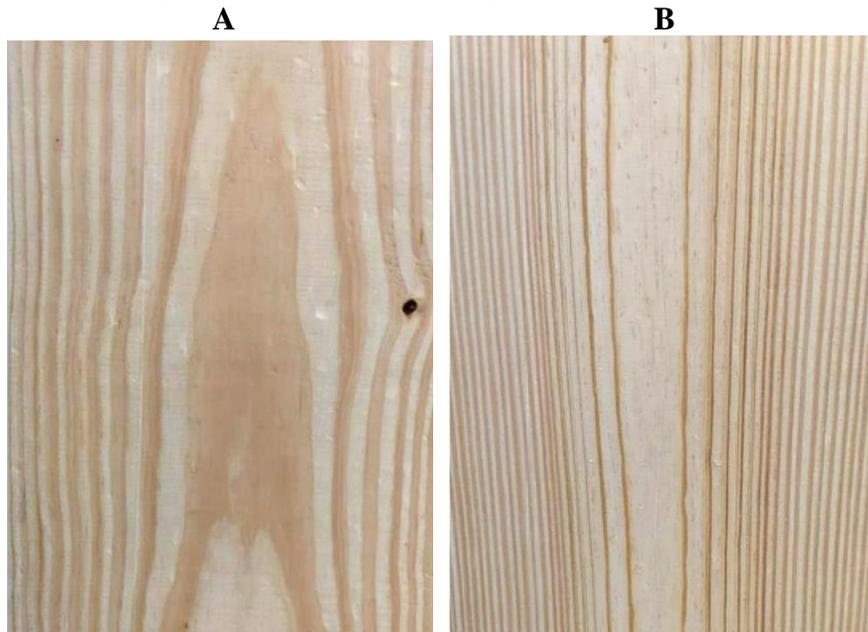
Os materiais naturais podem ser de origem orgânica ou inorgânica. Os de origem orgânica provêm de animais e vegetais; os de origem inorgânica são provenientes de minerais e rochas (IBGM, DNPM, 2005). Na classificação de materiais naturais, optou-se por trabalhar com madeiras da espécie *pinus*. O *pinus* faz parte do grupo de materiais de origem orgânica, pois é uma árvore conífera (Família: Pinaceae; Gênero: *Pinus*; Espécie: *Pinus elliottii*).

O *pinus* não é uma árvore nativa brasileira, mas vem sendo plantado no Brasil há mais de um século. Muitas espécies foram trazidas por imigrantes europeus. As primeiras

introduções de que se tem notícia foram estabelecidas no Rio Grande do Sul em 1880. Em 1948, por iniciativa do Serviço Florestal do Estado de São Paulo, foram introduzidas no país quatro espécies americanas, também conhecidas como pinheiro amarelo, que são: *pinus palustris*, *pinus echinata*, *pinus elliottii* e *pinus taeda*. As duas últimas espécies destacaram-se por serem fáceis de trabalhar, terem rápido crescimento e reprodução intensa no sul e sudeste do Brasil, tornando-se as duas espécies de utilização mais comum (SHIMIZU, 2008).

O *pinus* é uma das coníferas mais importantes comercialmente. A árvore tem de 18 a 30 metros de altura, com um tronco de 60 a 80 centímetros de diâmetro. Sua madeira é da cor branca amarelada; tem brilho moderado, textura suave e anéis de crescimento visíveis; frequentemente é resinosa, tem densidade baixa e é macia ao corte. As Figuras 45A e 45B são imagens das madeiras *pinus* utilizadas nesta pesquisa.

Figura 45 – *Pinus*: (A) Corte tangencial; (B) Corte radial



Fonte: Própria autora, 2019.

De acordo com a Associação Brasileira de Desenhistas de Interiores e Decoradores (ABDID) (2016), enquanto alguns materiais têm a sua produção limitada pela exiguidade das reservas naturais e outros requerem elevados investimentos para serem produzidos, a madeira é um material renovável, cujo suprimento pode ser planejado de forma adequada e cuja conversão em produto acabado exige recursos modestos, se comparada com outros materiais.

Além disso, a madeira acompanha a trajetória do homem desde o nascimento, por meio dos mais diversos utensílios. Cabe ao profissional que a utiliza seguir modelos ou mesmo transgredi-los – criando, rompendo, inovando, dando expansão ao seu pensamento. A técnica

escolhida, aliada à matéria-prima, permite o desenvolvimento de um grande número de produtos. A feitura de objetos em madeira busca atender a funções determinadas pelos usos e ou representações simbólicas. O homem tem o papel de intervir na matéria-prima com seus conhecimentos e ferramentas, produzindo e vivificando a madeira em um objeto (LODY; SOUZA, 1988).

O *pinus* é uma madeira simples de ser trabalhada: fácil de aplainar, cortar, torneiar, furar, fixar, colar e lixar. Tem secagem rápida e permite bom acabamento. O artesão, designer, arquiteto e/ou engenheiro determina o uso correto da madeira na feitura de objetos, buscando sua melhor utilização, principalmente em uma época de degradação ambiental, preservando as reservas existentes (ABDID, 2016).

Segundo Pêgo (2010), parâmetros ambientais são referências ligadas às questões ambientais. A inserção de parâmetros ambientais durante o desenvolvimento de produtos permite antecipar danos ao meio ambiente. Portanto, é uma ação preventiva que deve ser realizada pelo designer. Os parâmetros ambientais no design de produtos em madeira podem ser divididos basicamente em cinco categorias: reduzir, facilitar, prolongar a vida útil, selecionar e valorizar. A redução da matéria-prima virgem é uma das preocupações abordadas na primeira categoria, e o aproveitamento de resíduos é uma possibilidade de solução, mediante o retorno de retalhos graúdos para o ciclo produtivo no desenvolvimento de novos produtos.

Nesta pesquisa, na etapa experimental em que se utiliza a madeira, a redução de materiais é aplicada, evitando-se a compra de matéria-prima virgem, que é substituída via reaproveitamento de tábuas de *pinus* oriundas de paletes descartados. A origem dos refugos será mencionada quando da parte prática deste trabalho.

Os materiais naturais são considerados os primeiros a serem modificados pelo homem, sendo utilizados até hoje. Contudo, desde o aparecimento dos primeiros materiais sintéticos, os materiais naturais, em muitos casos, estão sendo substituídos. Os motivos para tal substituição são diversos, desde diferentes propriedades até custos de produção, que estão ligados à empregabilidade dos diferentes materiais.

A segunda parte do experimento segue exatamente este caminho. Para que os modelos construídos em madeira pudessem ser reproduzidos em uma escala reduzida, com vistas a ampliar as possibilidades de reflexão sobre os testes experimentais e possíveis aplicações em produtos, foi necessário recorrer não só a outro tipo de tecnologia, mas também a outros materiais. Nesse sentido, a pesquisa de materiais agora converge para as informações relativas aos polímeros sintéticos.

3.1.2 Polímeros: ABS, HIPS, PLA e resina fotossensível

Os polímeros são utilizados pela humanidade desde a antiguidade. Em torno de 1.000 a.C., os chineses obtiveram um verniz extraído de uma árvore chamada *Rhus verniciflua*. Este verniz foi utilizado em móveis na forma de revestimento impermeabilizante. Os processos de obtenção sintética de materiais poliméricos foram viabilizados somente no início do século XX. Portanto, os polímeros não foram inventados pelo ser humano; eles existem na natureza há milênios. Somente as modernas ferramentas de pesquisa científica é que tornaram possível o desenvolvimento de materiais similares aos naturais, criados em laboratório, chamados de polímeros sintéticos (CALLISTER; RETHWISCH, 2012).

De acordo com Ashby e Jones (2007), os polímeros sintéticos formam a base de várias indústrias importantes, entre elas, as de tinta, borracha, plástico, fibra sintética e papel. Como acontece com outros materiais, há um número muito grande de polímeros, que cresce a cada ano. Dentro da classificação de polímeros sintéticos, podemos subdividi-los em: termoplásticos, termofixos e elastômeros. Optou-se por trabalhar com quatro tipos diferentes de polímeros sintéticos: ABS, HIPS, PLA e resina fotossensível. Os três primeiros polímeros citados pertencem ao grupo dos polímeros termoplásticos, e o último pertence ao grupo dos termofixos.

Termoplástico é um polímero que, quando exposto a uma determinada temperatura, facilmente se deforma, podendo ser moldado e novamente solidificado, mantendo a sua nova estrutura. Termofixo é um polímero que não permite o reprocessamento depois de ter endurecido. No grupo dos polímeros sintéticos, os termoplásticos destacam-se se comparados aos termofixos, pois são mais baratos, leves, recicláveis e ambientalmente mais limpos. No entanto, os termofixos têm um desempenho substancialmente superior ao dos termoplásticos em aplicações que demandem resistência ao calor e ao raio ultravioleta (LIMA, 2006).

Muito embora as pesquisas e o emprego dos polímeros sintéticos datem de meados do século XX, eles só vieram a ganhar real credibilidade com o surgimento do baquelite, em 1909, que é considerado o primeiro plástico com aplicação e produção industrial expressiva. Desde então, o emprego dos polímeros vem crescendo progressivamente. Inicialmente, os polímeros eram empregados somente em peças com baixos níveis de solicitações mecânicas e térmicas, funcionando apenas com o caráter de decoração. No entanto, na década de 70, começaram a aparecer aplicações mais severas, de tal forma que o plástico começou a invadir o espaço antes ocupado por metais e outros materiais estruturais (MANZINI, 1993).

Um aspecto que deve ser destacado é a forma de denominação dos polímeros. É comum utilizar siglas com letras maiúsculas para designar os diferentes tipos de polímeros. No

entanto, deve-se tomar cuidado com as siglas em inglês que, na maioria das vezes, se diferenciam das correspondentes em português.

Segundo Callister e Rethwisch (2012), o ABS, que deriva da forma inglesa *acrylonitrile butadiene styrene*, é um material rígido e leve, com alguma flexibilidade, resistência na absorção de impacto, bom acabamento superficial e alta capacidade de reproduzir detalhes com precisão. Algumas de suas aplicações típicas são revestimentos de refrigeradores, equipamentos para gramado e jardim, brinquedos e dispositivos de segurança, entre outros produtos.

O HIPS, sigla inglesa para *high impact polystyrene*, é um tipo de polímero com boa resistência ao impacto, alta rigidez e boa estabilidade dimensional. É um material com ampla aplicação na indústria de embalagens e, principalmente, em gabinetes de refrigeradores, a chamada linha branca (GRASSI, FORTE, 2001).

Já o PLA, abreviação da denominação inglesa *polylactic acid*, é um termoplástico rígido e resistente, difícil de flexionar, porém, devido à sua alta dureza, torna-se pouco resistente a impacto. Conforme Silva, Oliveira e Araújo (2014), produz peças dimensionalmente precisas e com fidelidade aos detalhes e cantos acentuados. Possibilita bom acabamento de superfície. As aplicações do PLA abrangem bandejas de frutas e legumes, sacos de lixo e cápsulas para liberação de fertilizantes e pesticidas no solo.

Tanto o ABS quanto o HIPS são polímeros derivados do petróleo, enquanto que o PLA é um polímero biodegradável derivado de fontes renováveis, como amido de milho e raízes de mandioca e de cana. Este último degrada-se em torno de dois anos quando enterrado, o que é considerado um tempo curto se comparado com centenas de anos de outros plásticos. Por esse motivo, é considerado como opção ecologicamente mais amigável entre os polímeros utilizados.

Um dos fatores que mais motivam os profissionais de projeto a utilizarem os diferentes tipos de polímeros disponíveis hoje é a capacidade que o material possui de adquirir diferentes formas, cores e texturas. Os polímeros termoplásticos citados – ABS, HIPS e PLA –, quando direcionados para a tecnologia FDM de impressão 3D, que é o caso desta pesquisa, são fornecidos em um rolo em formato de filamento (Figura 46). Neste trabalho, o ABS possui pigmentação azul; o HIPS, vermelha; e o PLA, preta.

Figura 46 – Filamentos de polímero para impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

O quarto polímero utilizado nesta pesquisa é uma resina fotossensível que, diferentemente dos polímeros anteriores, foi direcionada para a tecnologia SLA de impressão 3D. A resina fotossensível é um fotopolímero líquido sensível à luz ultravioleta. Fotopolímero é definido como um material sintético que sofre alteração nas suas propriedades por ação da luz. As partes do material expostas à energia luminosa diferenciam-se das partes que não foram expostas (PHILLIPS, 1984).

Segundo informações disponíveis no *site* oficial da BQZ (2018), empresa brasileira fabricante de máquinas e suprimentos especificamente para o setor joalheiro, as resinas fotossensíveis são muito utilizadas atualmente na confecção de protótipos para joalheria. Os protótipos impressos em resina são direcionados para o desenvolvimento dos moldes em silicone, etapa que antecede a injeção em cera e a fundição dos metais. Esse material é indicado para peças de alta definição e de superfícies extremamente lisas, com atenção ao detalhe. Também reduz a fase de acabamento manual, já que confere bom resultado final em termos de superfície.

As cores das resinas são variadas, normalmente translúcidas ou opacas. A resina utilizada neste trabalho é translúcida e tem cor azul-clara. A Figura 47 mostra a resina sendo colocada no local adequado da impressora, que geralmente é um recipiente raso em material acrílico.

Figura 47 – Resina fotossensível para impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

Após a impressão, o objeto impresso pode ser lavado com um solvente que elimina o excesso de resina não solidificada, ou seja, que não entrou em contato com a luz. A parte solidificada não se altera quando em contato com o solvente.

Parte-se para o material utilizado no desenvolvimento do produto final: a prata.

3.1.3 Metal: prata

Metais são corpos de cores claras, dotados de um brilho especial dito metálico. Em geral, têm elevada dureza e plasticidade, são bons condutores de calor e eletricidade e permitem ser forjados (GULHÁEV, 1981).

Conforme Lima (2006), a utilização dos metais pelo homem teve início no período compreendido entre 5.000 e 4.000 a.C., com destaque para o cobre, a prata e o ouro, que podiam ser encontrados em quantidade relativamente abundante e que, além da facilidade de extração, eram fáceis de transformar. Esses fatores associados resultavam em baixos custos. O cobre, por suas propriedades estruturais, como a ductilidade e a maleabilidade, foi mais explorado, pois essas características ampliavam as possibilidades de aplicação, que iam desde um simples adorno ou utensílio até a fabricação de armas e ferramentas.

Os metais podem ser reunidos em diferentes grupos. Uma das possibilidades de divisão por grupo é metais ferrosos e não ferrosos, por exemplo. *Ferroso* é um adjetivo usado para indicar a presença de ferro. A palavra é derivada do latim *ferrum*. Já o termo *não ferroso* é usado para indicar outros metais, sem uma quantidade significativa de ferro.

Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) (2018), também existem os chamados metais nobres, que são o ouro, a prata e os metais do grupo da platina. Estes compreendem platina, paládio, ródio, rutênio, irídio e ósmio. O ouro e a prata são os mais

importantes e conhecidos comercialmente. Geralmente, são maleáveis (podem ser reduzidos a folha) e dúcteis (podem ser reduzidos a fio), por isso muito utilizados na indústria joalheira.

A prata é o material escolhido para ser utilizado na composição do produto final desta pesquisa. Pertencente ao grupo dos metais não ferrosos, a prata é um metal nobre de cor branca e brilho intenso; tem a melhor condutibilidade térmica e elétrica dentre todos os metais existentes. O seu ponto de fusão é 962 °C, e a sua densidade é 10,7g/cm³. À temperatura ambiente, encontra-se no estado sólido, normalmente em formato de pepita ou grão (LIMA, 2006).

Os alquimistas consideravam a prata como o elemento mais próximo do ouro. Para eles, o ouro era um metal perfeito, por isso deram-lhe o símbolo de um círculo, representando o sol. Para a prata, que era “quase perfeita”, atribuíram o símbolo de um semicírculo, representando a lua. O nome dado à prata deve-se ao seu brilho característico, pois a palavra, tanto em grego quanto em latim, significa *brilhante*. O símbolo químico (Ag) deve-se ao seu nome em latim, *argentum* (SOUZA *et al.*, 2012).

Uma aplicação muito comum da prata é em emulsões fotográficas, em que cloreto e brometo de prata são usados. No entanto, a demanda por prata pela indústria fotográfica vem diminuindo drasticamente nos últimos anos devido ao surgimento da máquina fotográfica digital. A prata também é empregada na produção de energia, na fabricação de espelhos, em implantes dentários, em fármacos e na purificação da água, dentre outras aplicações. Por ser o melhor metal condutor de corrente elétrica, é uma escolha natural para diversos componentes eletrônicos, desde telefones, computadores, placas de circuito impresso para interruptores e telas de TV. Na joalheria, a prata é utilizada com muita frequência, mas normalmente é ligada a outros metais, isso pelo fato de ser muito maleável para ser usada em sua forma pura (SOUZA *et al.*, 2012).

A Figura 48A mostra a prata utilizada nesta pesquisa no desenvolvimento do produto final. Nesta fase, trata-se da prata pura, em formato de grãos, antes de ser destinada para a fundição, sem adição de outros metais. Já a Figura 48B mostra a liga Germania Plus, modelo AG108M, do fabricante BQZ, usada para misturar à prata. A finalidade da adição da liga é transformar a prata pura em uma prata 925, tornando-a própria para manuseio e transformação. A prata 925, por sua vez, é a mistura obtida a partir de 92,5% de prata pura e 7,5% de liga que, neste caso, é o cobre. Outra liga de prata conhecida e utilizada comercialmente é a 950.

Figura 48 – Materiais: (A) Prata pura; (B) Liga para ser misturada à prata



Fonte: Própria autora, 2019.

3.2 PROCESSOS DE FABRICAÇÃO

O Brasil encontra-se em situação privilegiada, pois dispõe de um variado patrimônio natural. O desafio consiste em melhor conhecer esses recursos e saber administrá-los para otimizar seu aproveitamento e maximizar o retorno, mantendo a sustentabilidade dessas fontes em longo prazo (CARVALHO, 2006).

O melhor aproveitamento dos materiais está diretamente ligado aos processos de fabricação selecionados, uma vez que estes permitirão as interferências adequadas, priorizando-se a sustentabilidade da matéria-prima. Neste estudo, também se pretende minimizar o impacto ambiental, uma vez que se aproveitam descartes de madeiras, e assim promover melhor aproveitamento dos materiais naturais disponíveis, por meio da interferência de determinadas técnicas tradicionais de marcenaria.

Em contraponto às técnicas tradicionais, vivemos tempos em que é imprescindível a busca por novos conhecimentos. A cada momento, deparamo-nos com conceitos e tendências inovadoras influenciando diferentes setores e meios da sociedade. As novas tecnologias estão cada vez mais acessíveis e presentes no dia a dia.

A busca por novas tecnologias, ao lado de técnicas tradicionais, também é uma constante neste estudo. A impressão de objetos tridimensionais é, sem dúvida, um caminho inovador, que cresce cada vez mais na área do design de produto, pois permite criar um objeto novo e manipulá-lo instantaneamente.

Sob tal perspectiva, a tecnologia e os processos de fabricação foram direcionados da seguinte maneira: o tratamento da madeira foi feito a partir de técnicas tradicionais de marcenaria; a transformação dos polímeros foi realizada por meio de tecnologia de impressão

3D; e o tratamento da prata ocorreu mediante processo de fundição por cera perdida. Vale lembrar que foram empregados dois tipos diferentes de tecnologia de impressão 3D, denominados de FDM e SLA. Todas essas tecnologias, juntas, forneceram uma gama de possibilidades: otimizar o aproveitamento dos materiais naturais por utilização de ferramentas e equipamentos tradicionais de marcenaria; primar pela sustentabilidade, reaproveitando-se materiais de refugo; e explorar tecnologias inovadoras e com potencial promissor no desenvolvimento de produtos. Dessa forma, a pesquisa estabeleceu uma relação diacrônica entre materiais e processos de fabricação, pois apresenta tanto a descrição das interferências tecnológicas, quanto as mudanças que os materiais sofreram ao longo da evolução dos testes.

3.2.1 Técnicas de marcenaria

A fabricação de objetos em madeira é uma das indústrias mais antigas da humanidade, e a arte do marceneiro tem uma tradição real e tangível. Do mesmo modo que o artesanato, forma uma das bases da civilização. Os antigos métodos e processos tradicionais utilizados para construir objetos manualmente também constituem o fundamento da produção industrial moderna. Os métodos mais usuais de construir com a madeira datam mais de 4.000 anos; mesmo assim, as ferramentas que atualmente se usam ainda têm muito em comum com as empregadas no passado. Por conseguinte, vê-se que as formas antigas e os costumes vão se mantendo vivos porque os fundamentos são adequados (KAY, 1972).

De acordo com o *Manual de Marcenaria* (2008), marceneiro é o profissional capaz de fabricar móveis e artefatos em madeira, em indústrias e oficinas, utilizando máquinas, ferramentas, instrumentos e materiais apropriados, a partir de um desenho ou ideia do produto a ser fabricado. Ele concebe, executa, monta e repara móveis e objetos. Complementando essa ideia, o *Manual de Madeira e Mobiliário* (2016) diz que o marceneiro também planeja a sequência de execução das operações, interpretando os desenhos do projeto, dimensionando as partes do objeto, realizando cálculos técnicos e planificações, considerando o aproveitamento racional do material, selecionando e fazendo a regulagem das máquinas e instrumentos específicos, conforme as características do produto a ser fabricado.

O mesmo trabalho desenvolvido por um marceneiro no trato com a madeira pode ser desenvolvido tanto por um designer quanto por outro profissional que tenha o mesmo conhecimento teórico-prático, além de habilidade e disponibilidade em executar as mesmas tarefas com cuidado e dedicação. A parte prática deste estudo, no que diz respeito ao trabalho

com a madeira, foi executada pela autora da pesquisa com o auxílio e supervisão do marceneiro e responsável técnico do laboratório de marcenaria utilizado.

Para que a matéria-prima seja transformada em objeto, é necessária a utilização de equipamentos de marcenaria. Existem variadas máquinas que auxiliam no desenvolvimento e construção de móveis e objetos em madeira. O direcionamento e a escolha das máquinas adequadas dependem da necessidade de cada projeto. As máquinas mais comuns, divididas em industriais e manuais, podem ser conferidas a seguir:

Quadro 1 – Máquinas industriais e manuais para trabalho em madeira

Máquinas industriais	Máquinas manuais
Serra esquadrejadeira	Serra tico-tico manual
Serra de esquadria	Serra circular manual
Serra fita industrial	Plaina manual
Tupia industrial	Lixadeira manual
Plaina de mesa	Grampeador pneumático
Lixadeira de cinta	Parafusadeira a bateria
Lixadeira de disco	Ferramentas manuais de marcenaria
Furadeira horizontal	
Furadeira de bancada	

Fonte: Própria autora, 2019.

As serras em geral proporcionam condições para realizar diferentes tipos de corte na madeira. A tupia, que é um torno cônico, destina-se a criar entalhes e molduras variadas. As plainas determinam a espessura das peças. As furadeiras são indicadas para realizar perfurações. O grampeador pneumático conduz grampos, tarraxas e pregos na fixação e união de partes distintas. A parafusadeira presta-se para apertar e/ou retirar parafusos. As lixadeiras, nos seus variados tipos, servem para polir e dar acabamento ao material. Entre as ferramentas manuais de marcenaria não especificadas no quadro, estão o martelo, o sargento, o alicate, a chave de fenda, o esquadro, a trena, a régua e o lápis.

Cabe também ao marceneiro fazer o acabamento dos objetos, preparando a superfície das peças, aplicando seladores e vernizes e utilizando pistola de pintura e pincéis de acordo com padrões de acabamento e em função da necessidade de conservação da madeira e da estética do móvel ou objeto (MANUAL DE MADEIRA E MOBILIÁRIO, 2016).

Vale dizer que, no processo de criação, desenvolvimento e execução de objetos em madeira, podem ocorrer problemas, tanto de construção quanto de ordem tecnológica. Também faz parte deste trabalho analisar possíveis falhas e erros, criando possibilidades de correção e melhora. O design desempenha papel central nesta etapa, pois é a partir dele que se criam novas alternativas para problemas projetuais e técnicos.

3.2.2 Impressão 3D: FDM e SLA

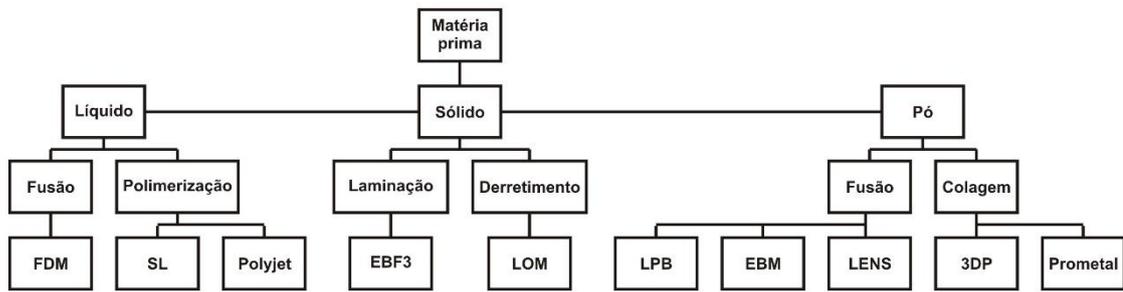
A área tecnológica vem evoluindo cada vez mais, seja em aparelhos eletrônicos, seja em mecanismos para facilitar a vida das pessoas. Um dos equipamentos advindos dessa evolução tecnológica é a impressora, que auxilia os usuários em suas tarefas do dia a dia e também profissionais. É fácil imaginar que haveria o desenvolvimento de uma impressora que fosse capaz de imprimir objetos tridimensionais (BAIÃO, 2012).

Conforme Porto (2016), a tecnologia de impressão 3D vem se desenvolvendo rapidamente e mudando o modo de fabricação de objetos. Já existe uma variedade de métodos de impressão; cada um trabalha de forma distinta e utiliza materiais próprios. Algumas impressoras extrudam plástico derretido em camadas para fazer os objetos, enquanto outras usam laser para endurecer camadas de resina, de maneira que o produto surja de um banho de matéria-prima.

No design, essa tecnologia foi aplicada pela primeira vez com o objetivo de confeccionar protótipos, devido ao ganho de tempo e à velocidade na construção de modelos em relação aos tradicionalmente feitos à mão. Hoje, ela está consolidada como ferramenta do processo de desenvolvimento de produtos (DIMITROV; SCHREVE; BEER, 2006). Além da joalheria, área escolhida para a aplicação prática desta pesquisa, segundo Monteiro (2015), as aplicações da impressão 3D podem ser vistas nos mais variados segmentos da indústria, como mobiliário, iluminação, presentes, calçados, vestuário, alimentos, construção, medicina, instrumentos musicais, aeronáutica, restauração e construção, entre outros.

Os princípios para a fabricação de uma determinada peça podem ser classificados quanto à intenção da transformação, podendo ser subtração, conformação e adição de material. A impressão tridimensional pode ser classificada como um processo de adição de material pela sua característica básica de depositar o material construtivo em camadas sucessivas. A fabricação de uma peça parte de um modelo geométrico tridimensional virtual, que é enviado para um *software* específico, o qual o interpreta e o divide em seções ou camadas muito finas que servem de referência para a determinação de parâmetros de construção de peça. A Figura 49 mostra uma classificação das técnicas de manufatura aditiva com base no tipo de materiais utilizados, agrupados pelo estado da matéria-prima.

Figura 49 – Classificação das técnicas de manufatura aditiva baseadas no tipo de matéria-prima



Fonte: modificado de ZHAI; LADOS; LAGOY, 2014.

O processo FDM, localizado na última linha à esquerda na Figura 49, é o utilizado na segunda parte dos testes experimentais desta pesquisa.

FDM, abreviatura de *Fused Deposition Modeling*, é uma tecnologia baseada na extrusão de termoplásticos. A máquina é formada por um cabeçote que se movimenta nos eixos x e y, e por uma plataforma que translada verticalmente. O injetor de material aquece e puxa o filamento plástico, que fica enrolado em uma bobina. O material passa através de um ou mais bicos extrusores, para então ser depositado na plataforma. Quando é o caso de dois bicos extrusores, normalmente por um deles passa o material que comporá o objeto; pelo outro, o material que servirá como suporte quando da fabricação de superfícies complexas. Quando há apenas um bico extrusor, usa-se o mesmo material para compor tanto o objeto quanto o suporte (PORTO, 2016).

Os suportes possibilitam a construção de regiões que não estão conectadas ao corpo da peça quando da fabricação das primeiras camadas ou em algum estágio do processo. Essas regiões ficariam suspensas no espaço sem a construção de estruturas para suportá-las. Existem atualmente dois tipos de suportes, com sistemas de remoção diferentes após o processo. Em um deles, o material é mais frágil do que a peça, sendo fácil a retirada manual após a impressão. No outro, o material do suporte é removido por imersão em solução líquida aquecida (AHRENS *et al.*, 2007).

De acordo com Monteiro (2015), uma grande vantagem desse método é a variedade de materiais compatíveis que podem ser aplicados – qualquer material em estado plástico que possa ser comprimido por um bico para ser extrusado pode ser utilizado. Além disso, a tecnologia FDM vem promovendo de forma muito acelerada uma grande popularização da impressão 3D por ser rápida e ter materiais mais baratos em comparação com os de outros processos (TAKAGAKI, 2012).

Já o processo SL ou SLA, também localizado na última linha do organograma à esquerda, ao lado da tecnologia FDM, é o processo 3D usado na etapa de prototipagem direcionada para o desenvolvimento do produto final desta presente pesquisa. SLA é a sigla para *stereolithography*, primeira técnica utilizada na história para produzir protótipos a partir de um arquivo virtual. Essa técnica pioneira de prototipagem rápida foi definida como uma máquina de fazer objetos sólidos mediante a impressão sucessiva de finas camadas de material ultravioleta curável, uma em cima da outra (HULL, 1984).

Em resumo, nessa tecnologia, um feixe de laser passa sobre a superfície de um fotopolímero líquido sensível à luz ultravioleta ou uma resina fotossensível e endurece a parte do material onde incide. Isso acontece porque, no momento em que o laser entra em contato com a resina, é desencadeada uma reação que promove a formação de uma cadeia polimérica, assim ocorrendo a solidificação. O feixe de laser vai, então, percorrendo um caminho determinado e solidificando o polímero aos poucos. À medida que uma camada é finalizada, a plataforma que suporta a peça ajusta-se precisamente para, em seguida, outra camada ser sobreposta à anterior, e assim sucessivamente. Quando encerrado todo o processo de impressão, a plataforma eleva-se para que o objeto possa ser retirado.

Após a impressão da peça, ainda existe outro trabalho a ser feito, como a retirada dos suportes do material. Dependendo do tipo de material, pode ser necessário completar sua cura em um forno com luz ultravioleta (GIBSON; ROSEN; STUCKER, 2010).

A estereolitografia é um processo de fabricação que necessita de relativamente pouco tempo para ser concluído. É possível criar moldes e até mesmo produtos funcionais em apenas um dia, por exemplo. O período de fabricação para procedimentos envolvendo estereolitografia varia de acordo com o tamanho e a complexidade do objeto que está sendo produzido. Portanto, o período necessário para executar cada trabalho deve ser avaliado individualmente.

Dentre as principais vantagens dessa tecnologia, estão a alta definição de detalhes, a precisão e o acabamento fino e liso. Por esse motivo, é indicada para peças que precisem de melhor aparência, como na joalheria e odontologia, por exemplo.

Alguns aspectos particulares destacados por Lipson e Kurman (2013) é que essa tecnologia só permite imprimir um único tipo de material por peça, e os polímeros fotossensíveis utilizados não costumam ter boa resistência. Também cabe salientar que, se comparada à tecnologia FDM, a estereolitografia possui um custo de produção e manutenção de máquina bem mais elevado.

3.2.3 Fundição por cera perdida

Na fundição, de modo geral, submete-se um material metálico a determinado aquecimento até que o metal atinja seu ponto de fusão. Em seguida, o metal fundido é despejado no interior de um molde, adquirindo o formato desejado, ao mesmo tempo em que também resfria (LIMA, 2006).

Existem diferentes tipos de processos de fundição, e um deles é conhecido como fundição por cera perdida ou microfundição. O processo de fundição por cera perdida foi o escolhido para interferir na prata, a matéria-prima selecionada para compor o produto final desta pesquisa. O motivo, como dito anteriormente, é o fato de a fundição ser muito adequada para obtenção de formas complexas em metais. O processo por cera perdida, especificamente, é um dos mais usados na produção de peças com alta precisão dimensional e grande liberdade de desenho e detalhes.

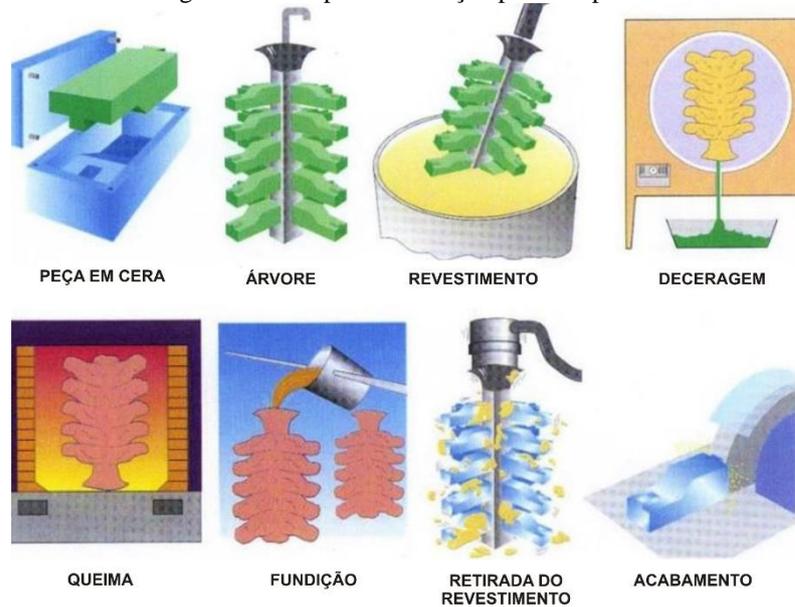
Segundo Sias (2005), evidências de fundição por cera perdida são datadas de 4.200 anos antes de Cristo, sendo uma das mais antigas técnicas de trabalho com metal. Antigamente, os ferreiros usavam cera de abelha na construção de modelos para fundição; algumas vezes, podiam ser empregadas resinas de plantas, bem como combinações de diferentes tipos de cera para obter as propriedades físicas desejadas.

A fundição por cera perdida hoje utiliza materiais de alta tecnologia e permite a fabricação de componentes com grande fidelidade, facilidade de reprodução, versatilidade e integridade, em uma vasta gama de metais e ligas de alto desempenho. É também capaz de produzir formas complexas que seriam muito difíceis ou até mesmo impossíveis de produzir com outros tipos de fundição e ainda requer pouca usinagem de ajuste e pouco acabamento superficial (MONTEIRO, 2015).

O processo de fundição por cera perdida é versátil se considerarmos que pode produzir peças de tamanhos e pesos bem variados. Conforme Lima (2006), é possível obter peças muito pequenas, com peso em torno de 2g, até peças grandes, com 50kg. Portanto, é uma técnica que pode ser utilizada tanto na indústria pesada (hélices de turbinas, engrenagens) quanto na indústria de joias (brincos, anéis, pingentes), resguardando-se, obviamente, as diferenças, necessidades e limitações de cada um desses setores. Outras indústrias que utilizam peças produzidas pelo processo de cera perdida são a automobilística, eletrônica, odontológica e médica.

As principais etapas no processo de fundição por cera perdida (Figura 50) são: construção da matriz para obtenção do modelo em cera; o modelo em cera é fixado em uma haste também em cera, formando uma árvore; a árvore é submetida a um banho de cerâmica líquida; na sequência, dá-se a deceragem, que consiste na retirada da cera do interior do molde e também a secagem cerâmica; o molde é submetido ao vazamento do metal em fusão, que vai preenchendo as cavidades ocas; após o resfriamento, o molde é quebrado, e a peça é retirada para acabamento final.

Figura 50 – Etapas de fundição por cera perdida



Fonte: modificado de JADE TRADING, 2014.

Conforme a *Cartilha de Processos e Boas Práticas do Setor de Joias* (SENAI, 2015), o primeiro passo é a construção de uma matriz para a obtenção do modelo em cera. A construção de uma matriz nada mais é do que o desenvolvimento de um molde, que pode ser em silicone, a partir de uma peça piloto. No caso deste trabalho, a peça piloto é um modelo em resina em tamanho real impresso pela tecnologia SLA de impressão 3D.

Para isso, finas placas de silicone são sobrepostas dentro de uma moldura, geralmente em ferro. A peça piloto é posicionada no meio dessas camadas, de modo que fique coberta de silicone por todos os lados. Em seguida, a moldura que contém o silicone e a peça piloto é colocada na vulcanizadora para que as finas camadas de silicone se fundam, formando um único bloco. Após a retirada do bloco da vulcanizadora e de seu resfriamento, ele é dividido em duas partes, com o auxílio de alguns instrumentos específicos, como bisturi, por exemplo, para que a peça piloto possa ser retirada do seu interior.

Depois da finalização do molde em silicone, ele está pronto para ser destinado à injeção em cera. O molde em silicone é então conectado a uma injetora de cera, que vaza cera líquida para o interior do molde; a cera vai preenchendo todas as cavidades internas e adquirindo o formato e a dimensão desejados para a peça. Esta e outras peças em cera são fixadas em uma haste central, a qual é comparada a um tronco. As peças fixadas nesse tronco podem ser comparadas aos galhos. Portanto, essa estrutura remete ao formato de uma árvore (LIMA, 2006).

A árvore é colocada no interior de um tubo cilíndrico, onde é despejado gesso, deixando-a completamente imersa. O tubo é colocado em um forno pré-aquecido, cuja temperatura vai aumentando gradativamente. No forno, dá-se tanto a secagem da cerâmica líquida, quanto a deceragem, que é o derretimento e escoamento da cera. Os espaços vazios deixados pela cera serão preenchidos pelo metal fundido escolhido.

Depois de preencher as partes ocas com o metal fundido, é necessária a remoção do gesso. A remoção é feita manualmente por meio de batidas na parte externa do cilindro, fazendo com que desmanche o material, e também com o auxílio de água, até que reste somente a árvore em metal. As peças são retiradas da haste central ou canal de alimentação e levadas para acabamento, o que inclui desbaste, tratamento superficial e polimento (KLIAUGA; FERRANTE, 2009).

A *Cartilha de Processos e Boas Práticas do Setor de Joias* (SENAI, 2015) define ourives como o profissional que executa objetos em ouro e prata. Pode também ser considerado como um artista ou um artesão, uma vez que manipula metais na criação de peças delicadas, com valor não só financeiro, mas também artístico e emocional. A técnica da ourivesaria requer experiência prática e sensibilidade para que o profissional se torne capaz de confeccionar peças diversas e de resolver problemas de fabricação da melhor maneira possível. A prática continuada no fabrico de joias é imprescindível para um progresso contínuo. O aprendizado das técnicas básicas bem consolidado certamente é caminho obrigatório para a formação nessa profissão.

A tecnologia 3D ocasionou mudanças profundas nos processos de industrialização de joias e adornos. Atualmente, a função do ourives está muito mais ligada a processos de acabamento e montagem das peças do que no passado, quando a maioria das peças em linha de produção eram predominantemente feitas à mão.

4 APLICABILIDADE DA ANAMORFOSE

Neste capítulo, apresenta-se a aplicabilidade da anamorfose, inserindo-se os tópicos “*Pinus*: técnicas de marcenaria” e “Polímeros: impressão 3D”. O capítulo aborda o passo a passo adotado para os estudos de aplicabilidade, descreve os procedimentos utilizados no decorrer dos estudos e o modo como foram estruturados, e ainda aponta os resultados prévios.

O tópico “*Pinus*: técnicas de marcenaria” descreve o primeiro contato prático com a técnica da anamorfose. O objetivo foi planejar e executar objetos em que fosse possível observar uma ou mais figuras em anamorfose. Na construção desses objetos, técnicas de marcenaria foram aplicadas em madeiras da espécie *pinus*, oriundas de paletes descartados. Foram executados três objetos, nomeados de: *protótipo 1*, *protótipo 2* e *protótipo 3*. No *protótipo 1*, pode-se observar apenas uma figura em anamorfose: a palavra *design*. No *protótipo 2*, é possível observar duas palavras em anamorfose: *paz* e *luz*. Por fim, no *protótipo 3*, também se observam duas palavras em anamorfose: *sol* e *lua*.

Após a primeira fase de reconhecimento e adaptação das formas dos objetos, vê-se a possibilidade de execução desses mesmos modelos em outros materiais e escalas. Seguindo esse raciocínio, o tópico “Polímeros: impressão 3D” permitiu a execução de três novos protótipos, nomeados de *protótipo 4*, *protótipo 5* e *protótipo 6*. Os modelos anamórficos das palavras desses protótipos são idênticos aos modelos anteriores, porém, executados em uma escala um tanto menor que a dos objetos em madeira, e os materiais utilizados na impressão 3D são diferentes tipos de polímeros.

4.1 PINUS: TÉCNICAS DE MARCENARIA

A seguir, a descrição dos objetos nomeados de *protótipo 1*, *protótipo 2* e *protótipo 3*, todos executados em madeira.

4.1.1 Protótipo 1

A palavra escolhida para ser representada em anamorfose no *protótipo 1* é *design*. Inicialmente, foram feitos desenhos técnicos à mão livre em perspectiva isométrica de cada uma das seis letras que compõem a palavra *design* separadamente, a fim de estudar as possibilidades anamórficas das letras. O processo de transformação de uma letra comum em uma letra anamórfica consiste basicamente em desconstruí-la ou desmembrá-la em pequenas partes

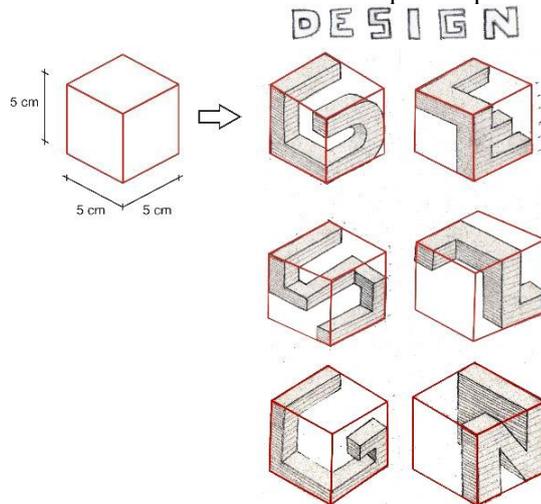
dentro de um determinado volume, de tal forma que somente de um ponto de vista específico a letra seja percebida na sua real proporção. Vista de outros ângulos, tem um formato tridimensional abstrato e ilegível. A letra utilizada para a transformação anamórfica é uma letra simples, predominantemente formada de ângulos retos, desenhada especificamente para o desenvolvimento desse objeto.

Por meio do esboço à mão livre, foram sugeridas possibilidades anamórficas de cada uma das letras. As possibilidades anamórficas das letras são infindas, uma vez que diferentes formatos tridimensionais podem conferir o mesmo resultado visual final quando observados de um mesmo ângulo. Portanto, o desenho pontualmente proposto trata-se de um desenho pensado não só a partir de questões visuais anamórficas, mas também considerando a execução prática, que requer um olhar atento, principalmente a dois pontos: a distribuição igualitária dos pesos ao longo do volume proposto, haja vista a necessidade de proporcionar estabilidade e equilíbrio ao objeto, e também a forma de conexão entre as letras quando de sua união.

Optou-se por utilizar letras maiúsculas em vez de letras minúsculas. O motivo é que as letras maiúsculas são predominantemente formadas por ângulos retos, enquanto as letras minúsculas são mais arredondadas e menos angulosas. Os ângulos retos facilitam o processo de transformação anamórfica das letras, já que é preciso desmembrá-las em pequenas partes para obter o efeito tridimensional desejado.

O volume determinado para o desenho de cada letra foi um cubo de 5cm de lados, como mostra a Figura 51. Foi definida essa medida por tratar-se de um tamanho que permite boa visualização no caso de possíveis erros de construção.

Figura 51 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem a palavra *design*

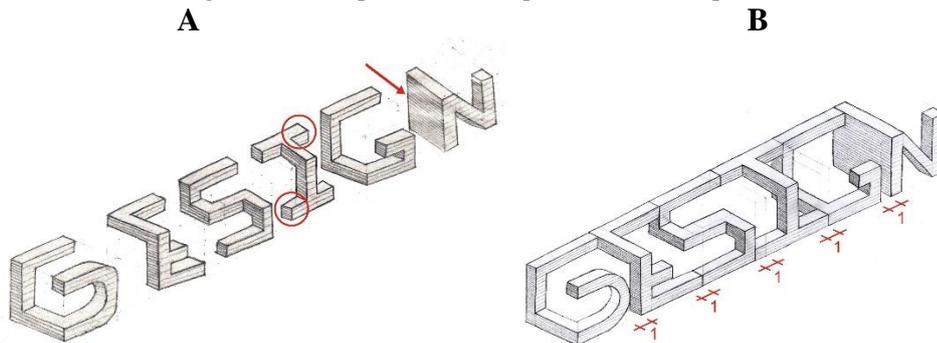


Fonte: Própria autora, 2019.

Na etapa seguinte, também à mão livre, foi realizada a perspectiva explodida das letras anamórficas sugeridas. A perspectiva explodida mostra a sequência correta de leitura da palavra e também a ordem de montagem do objeto. É possível perceber que ocorreram algumas adaptações de desenho, sobretudo na letra I e na letra N. Na letra I, já existiam dois elementos de ligação que faziam a conexão da letra com as letras das suas laterais. Além desses, foram adicionados mais dois elementos de ligação, destacados pelos círculos vermelhos, como mostra a Figura 52A. Já na letra N, a parte da letra que anteriormente estava encostada na lateral direita do cubo visto de frente foi transferida para a lateral esquerda do cubo, como aponta a seta em vermelho na mesma figura. Ambas as alterações foram feitas com o objetivo de facilitar e reforçar a união dessas letras com as letras das suas respectivas laterais, pois são as letras com as quais farão conexão quando da montagem do objeto e que proporcionarão firmeza à peça.

Os detalhes de união das letras podem ser mais bem observados no desenho da Figura 52B, o qual apresenta a perspectiva isométrica do objeto montado, com as letras conectadas umas às outras, já com as devidas alterações. Além disso, para que as letras não ficassem absolutamente encostadas entre si, observou-se a necessidade de adicionar 1cm de distância entre elas, como mostram as marcações em vermelho na mesma figura. Isso faz com que a largura total do objeto seja 35cm, relativos aos 30cm de largura de todas as letras somadas, mais os 5cm adicionais de intervalo entre elas.

Figura 52 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa



Fonte: Própria autora, 2019.

A madeira utilizada para a construção do objeto é oriunda de paletes descartados pela Editora Palotti, localizada na Avenida Presidente Vargas, número 115, no Bairro Patronato, na cidade de Santa Maria (RS). O palete é um estrado que, neste caso, serve para proteger, armazenar e transportar bobinas de papel utilizadas pela editora.

A doação é feita em função da grande quantidade de paletes acumulados pela empresa, já que a compra de novas bobinas de papel é uma constante no seu sistema de produção. No

entanto, as madeiras com as quais os paletes são construídos podem e devem ser reaproveitadas em outras funções, pois a matéria-prima descartada se encontra praticamente intacta. São variadas as espécies de madeiras encontradas nos paletes, como *pinus* e eucalipto, por exemplo. As utilizadas nesta pesquisa são somente madeiras da espécie *pinus*, por esta ter sido a espécie doada na ocasião da coleta e ser considerada apropriada para a finalidade que se deseja.

Vale lembrar que um dos desafios de trabalhar com o reaproveitamento de materiais é justamente a inconstância das doações em termos de quantidade, tamanho, tipo, estado de conservação, entre outros aspectos que caracterizam os materiais doados. Por outro lado, percebe-se que existe matéria-prima descartada em abundância e que há possibilidades reais de serem padronizadas, o que motiva a utilização desses materiais mesmo com algumas limitações.

A Figura 53 ilustra o processo de desmontagem dos paletes. À esquerda da foto, encontram-se os paletes inteiros, da forma como são doados, em tamanhos e formatos variados. À direita da foto, encontram-se as tábuas oriundas dos paletes já desmontados, organizadas para a etapa de corte e uniformização da madeira.

Figura 53 – Processo de desmontagem dos paletes



Fonte: Própria autora, 2019.

Todos os equipamentos utilizados na construção dos objetos em madeira fazem parte do Laboratório de Marcenaria do curso de Design da Universidade Franciscana (UFN), localizada na Rua Silva Jardim, número 1.175, no Bairro Nossa Senhora do Rosário, na cidade de Santa Maria (RS). O laboratório visa a atender à demanda de projetos dos alunos, visto que uma das especialidades do curso é projeto de mobiliário.

Tanto o espaço físico do laboratório quanto os equipamentos foram disponibilizados para a realização desta pesquisa pela modalidade de aluno egresso, já que a autora da pesquisa é graduada na instituição, portanto, ex-aluna do curso de Design. Os equipamentos utilizados foram: serra esquadrejadeira, serra de esquadria, serra tico-tico, lixadeira de disco e de cinta, lixadeira manual artesanal e grampeador pneumático. Os tipos de equipamentos e suas funções serão descritos ao longo do texto.

As tábuas, de dimensões variadas, foram cortadas na serra esquadrejadeira do fabricante Baldan, modelo SEC-2, indicada para o corte de ângulos retos (Figura 54A), até adquirirem o formato de ripas de 1cm, tanto de largura quanto de altura. Nessa etapa, o comprimento das ripas é indefinido, já que a medida correta do comprimento será dada na etapa seguinte, em outro equipamento. A Figura 54B mostra uma tábua antes do corte e algumas ripas nas medidas definidas após o corte na serra esquadrejadeira.

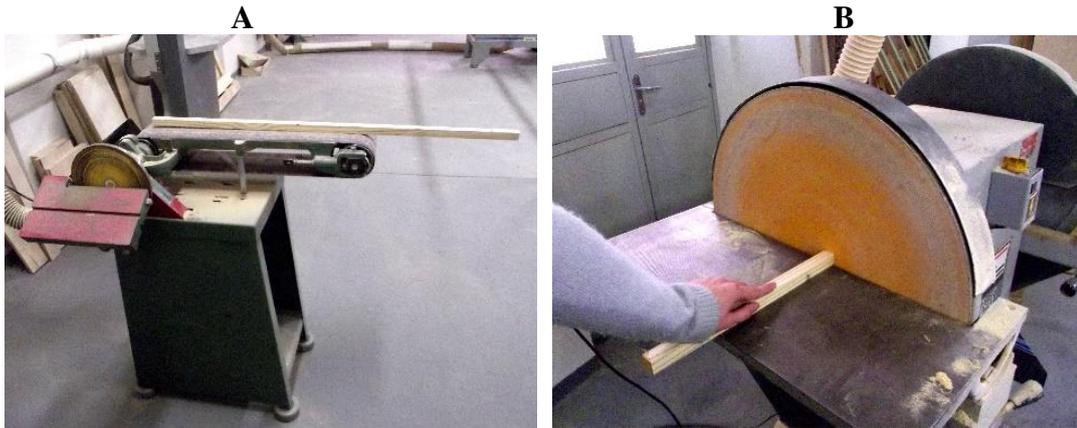
Figura 54 – Equipamentos e materiais: (A) Serra esquadrejadeira; (B) Tábua antes do corte e ripas após o corte



Fonte: Própria autora, 2019.

O corpo das ripas foi lixado na lixadeira de cinta do fabricante Acerbi, como mostra o exemplo da Figura 55A. Por tratar-se da primeira etapa de lixamento das madeiras, foi utilizada uma lixa com 60 de granulometria, que é considerada uma lixa grossa em termos de abrasão. Já o topo das ripas foi lixado na lixadeira de disco do fabricante Baldan, modelo LDB-6, como se vê na Figura 55B. Para o topo das ripas, também foi utilizada uma lixa com 60 de granulometria.

Figura 55 – Equipamentos: (A) Lixadeira de cinta; (B) Lixadeira de disco

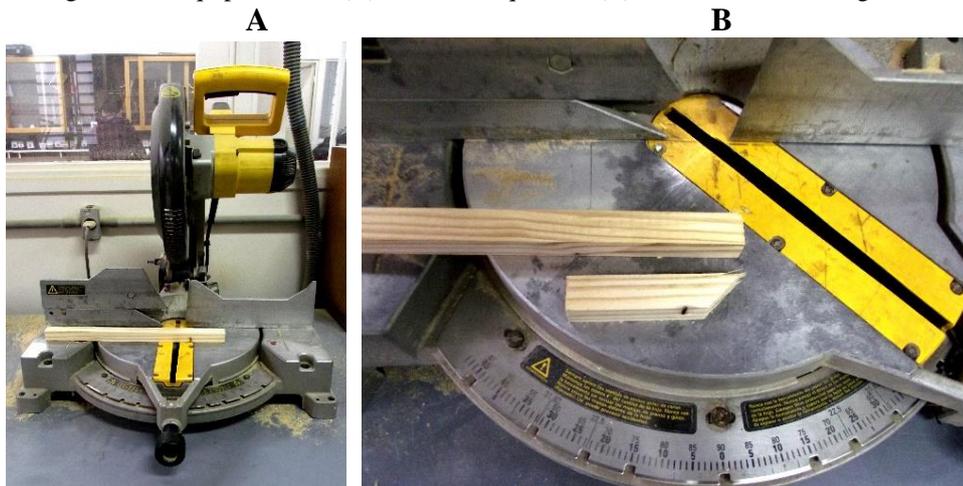


Fonte: Própria autora, 2019.

A medida do comprimento foi dada na serra de esquadria do fabricante DeWalt, modelo DWS780. Essa etapa também poderia ser realizada utilizando-se a serra esquadrejadeira, porém, optou-se por utilizar a serra de esquadria pelo fato de que esta última, além de cortes retos, permite realizar cortes angulares com precisão.

A Figura 56A mostra o equipamento sendo ajustado para um corte em ângulo reto. A Figura 56B evidencia, em detalhe, a possibilidade de cortes angulares de 0 a 45° para a direita ou para a esquerda. Nessa etapa, as ripas deixam de ter uma longa extensão e tornam-se peças de poucos centímetros de comprimento, como se observa na última figura.

Figura 56 – Equipamentos: (A) Serra de esquadria; (B) Detalhe de cortes angulares



Fonte: Própria autora, 2019.

A única letra que não foi possível ser totalmente construída a partir das ripas foi a letra D da palavra *design*. O motivo é que esta letra, diferentemente das outras, possui uma parte curva. O detalhe da letra em formato curvo foi construído a partir de uma placa com espessura de 1cm, na qual foi desenhada a curva de acordo com a proporção definida nos desenhos em

perspectiva. O recorte da placa foi feito com o auxílio da serra tico-tico do fabricante Bosch, modelo GTS 100B, indicada para cortes detalhados em curva, como mostra a Figura 57.

Figura 57 – Serra tico-tico



Fonte: Própria autora, 2019.

Ao longo do texto, foram citadas apenas algumas medidas específicas, consideradas mais importantes para o entendimento do objeto. Todas as medidas estão detalhadas em desenho técnico localizado no Apêndice A.

Antes de iniciar-se a montagem do objeto, as peças já cortadas nas medidas corretas passaram por outro processo de lixamento. Nesta etapa, as peças foram lixadas manualmente com dois tipos de lixa. Primeiramente, utilizou-se uma lixa de abrasão média, com 240 de granulometria; em seguida, foi utilizada uma lixa considerada fina em termos de abrasão, com 440 de granulometria, recomendada para acabamento.

A montagem do objeto dá-se basicamente na união das pequenas partes já cortadas e lixadas nas medidas corretas, com o objetivo de construir o desenho proposto inicialmente, conforme perspectivas isométricas. Para unir as pequenas partes, foram utilizados dois tipos de método de união: cola e grampo. Utilizou-se a cola branca Cascorez de secagem rápida, indicada para colagem de alto desempenho em madeira. Os grampos, de 14mm de comprimento, foram aplicados com o auxílio do grampeador pneumático do fabricante Puma, modelo AT-3000 (Figura 58A). A partir da união das pequenas partes, o objeto foi sendo construído (Figura 58B).

Figura 58 – Equipamentos e objeto: (A) Grampeador pneumático; (B) Processo de montagem



Fonte: Própria autora, 2019.

Após a união de todas as peças e da finalização da montagem, imperfeições na madeira e também pequenas perfurações em decorrência dos grampos foram preenchidas e corrigidas manualmente com massa de nivelamento para madeira do fabricante Sayerlack. Depois da secagem da massa, a peça passa pelo último lixamento, que é idêntico ao processo de lixamento anterior, manual e com lixas de 240 e 400 de granulometria na sequência, até a superfície do objeto atingir uma textura lisa ao toque com a ponta dos dedos.

A superfície da madeira do objeto recebeu base acrílica branca do fabricante Corfix, indicada para o preparo de superfícies para pintura. A aplicação do produto é feita manualmente com pincel. Neste caso, a madeira recebeu duas camadas de base acrílica para cobrir por completo e uniformizar a cor da superfície da madeira (Figura 59).

Figura 59 – Preparo da superfície da madeira para pintura



Fonte: Própria autora, 2019.

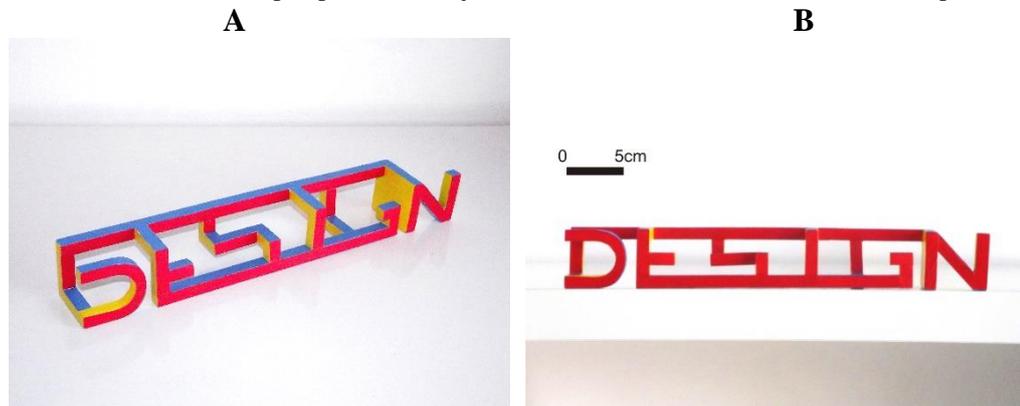
A última etapa do processo de construção do objeto é a da pintura. Esta etapa é muito importante para o processo de avaliação do objeto, principalmente no que diz respeito à análise de como ele é observado de diferentes ângulos, em especial, do ângulo em que se efetiva a correta leitura da palavra. Levando em conta esses aspectos, ao invés de uma pintura monocromática, optou-se por uma pintura policromática. Acredita-se que o contraste entre as

cores permite analisar melhor, e de forma mais independente, os diferentes pontos de vista do objeto.

Foi utilizada a tinta acrílica brilhante do fabricante Corfix nas cores vermelho fogo, azul celeste e amarelo ouro. As cores primárias foram escolhidas propositalmente por conferirem grande contraste visual entre si. Todas as faces das letras paralelas às faces anterior e posterior do cubo que as originou foram pintadas de vermelho. As faces paralelas às faces superior e inferior do cubo foram pintadas de azul. Por fim, as faces paralelas às faces da lateral esquerda e da lateral direita do cubo foram pintadas de amarelo. Da mesma forma que ocorreu com a base acrílica, na pintura, também foram necessárias duas camadas de tinta para cobrir por completo a superfície. A aplicação da tinta foi feita manualmente com pincel e com auxílio de fita crepe para isolar as áreas de pintura.

A Figura 60A mostra o objeto final em uma visão perspectiva que permite conferir todas as cores, ou seja, faces vistas de frente, de cima e de lado. Já na Figura 60B, o objeto é visto frontalmente a uma distância de dois metros, percebendo-se a real proporção das letras e a correta leitura da palavra *design*, fidedigna à proposta original.

Figura 60 – Vistas: (A) Visão perspectiva do objeto concluído; (B) Vista frontal e leitura da palavra *design*



Fonte: Própria autora, 2019.

4.1.2 Protótipo 2

Após o planejamento e a execução de um objeto em madeira em que é possível observar uma palavra em anamorfose, constatou-se a possibilidade de realização de um novo objeto similar. Este outro objeto foi também idealizado em madeira, porém, com outras dimensões e com a possibilidade de leitura de duas palavras em anamorfose em uma mesma peça.

As alterações relacionadas às dimensões são: utilização de ripas mais espessas e aumento da medida do cubo que origina o desenho tridimensional de cada uma das letras. As ripas passam a ter 2cm, tanto de largura quanto de altura, em vez de 1cm, como proposto e executado no artefato anterior. A medida do cubo passa a ter 10cm de lados, em vez de 5cm, como também proposto e executado anteriormente. A utilização de ripas mais espessas e o aumento do volume do cubo têm a finalidade de viabilizar a comparação entre objetos que têm estruturas com diferentes dimensões. Ainda que a matéria-prima utilizada apresente limitações, já que é proveniente de doações e normalmente não tem padrão, ela permite com folga tais alterações, até mesmo ripas mais espessas se fosse necessário.

A possibilidade de visualização de duas palavras em anamorfose no mesmo objeto surge naturalmente quando se percebe certa facilidade no planejamento e na execução de um objeto no qual é possível visualizar apenas uma palavra anamórfica. Além disso, essa alteração é vista como uma oportunidade de aumentar a complexidade projetual dos objetos, pois o nível de dificuldade aumenta quando é necessário conceber uma forma tridimensional que permita a leitura de duas palavras em anamorfose vistas de ângulos diferentes.

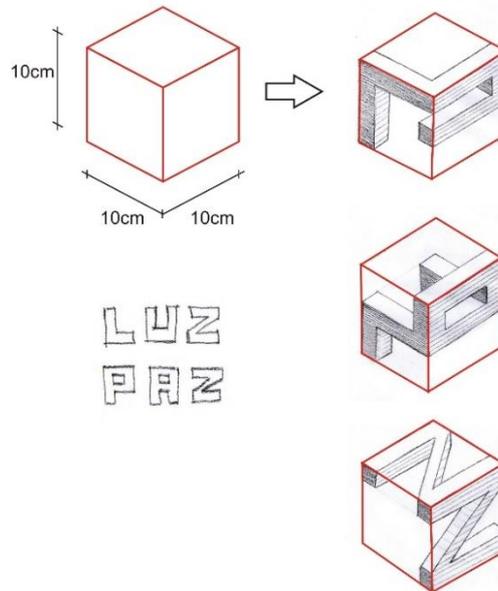
Constatou-se que, no caso de objetos em que é possível visualizar duas palavras em anamorfose, necessariamente essas palavras devem ter o mesmo número de letras, embora não haja limitação nesse número. O motivo é que a transformação anamórfica se dá em pares, ou seja, para cada letra projetada em uma face, existirá outra letra correspondente em outra face, e assim por diante. Essa característica pode ser conferida nos desenhos em perspectiva na sequência.

As duas palavras escolhidas para serem representadas em anamorfose neste protótipo foram: *paz* e *luz*. Essas palavras foram escolhidas primeiramente por possuírem o mesmo número de letras, o que é uma exigência neste tipo de projeto, como mencionado anteriormente. Em segundo lugar, por serem palavras curtas e facilitarem a primeira experiência de projetar duas palavras anamórficas em um mesmo objeto, visto que, quanto maior o número de letras, tanto maior é o objeto. Por fim, por serem palavras com significados simbólicos parecidos, que se relacionam, dialogam e fazem sentido em um mesmo contexto.

Seguindo os passos de desenvolvimento do objeto anterior, foram feitos desenhos técnicos à mão livre em perspectiva isométrica de possibilidades anamórficas das letras (Figura 61). Porém, aqui, os desenhos são feitos em pares, ou seja, a primeira letra da palavra vista frontalmente é desenhada juntamente com a primeira letra da palavra vista de cima, e assim por diante. A letra utilizada para a transformação anamórfica segue o mesmo padrão da letra

utilizada no *protótipo 1* e de igual maneira foi criada especificamente para o desenvolvimento desse objeto.

Figura 61 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem as palavras *paz* e *luz*



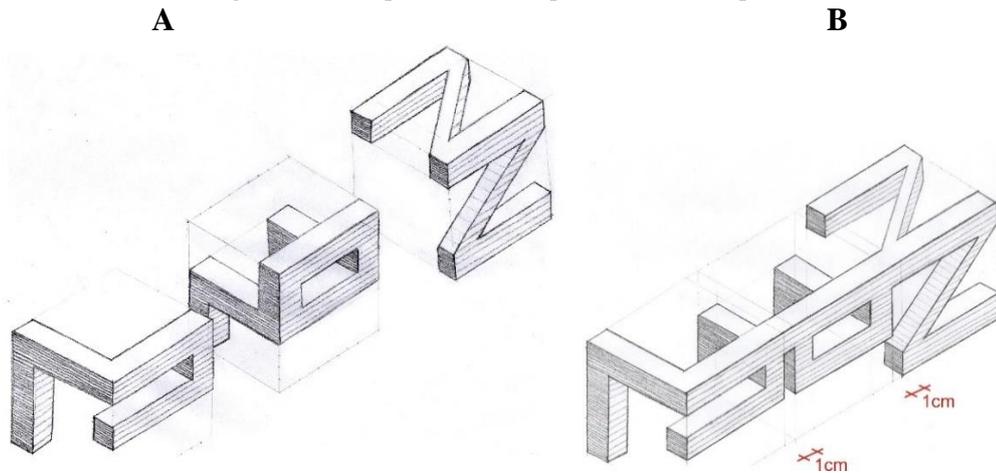
Fonte: Própria autora, 2019.

Determinou-se que a palavra *paz* pudesse ser lida quando o objeto fosse observado frontalmente, e a palavra *luz*, quando o objeto fosse observado de cima, lembrando-se que tanto o observador pode movimentar-se em relação ao objeto, quanto o objeto pode ser manuseado por quem o observa. Ressalva-se que a melhor interpretação e leitura das palavras acontecem quando o observador se movimenta em relação ao objeto, tomando mais distância do que quando o manuseia, já que o comprimento dos braços é limitado.

A diferença desta etapa para a mesma etapa realizada no desenvolvimento do objeto anterior é que, antes, havia apenas a preocupação com a leitura do objeto quando visto de frente, enquanto as outras faces conferiam um formato abstrato, em que a atenção se resumia apenas às questões estruturais. Neste caso, há a preocupação com a leitura do objeto visto de dois ângulos, de modo que o que está sendo projetado em uma face deve dialogar com o que está sendo projetado em outra face. Além disso, exigem-se os mesmos cuidados estruturais.

Na etapa seguinte, também à mão livre, foi realizada a perspectiva explodida das letras anamórficas sugeridas, já na ordem de leitura e montagem do objeto (Figura 62A). Também foi realizada a perspectiva isométrica do objeto montado com as letras conectadas umas às outras (Figura 62B). Da mesma forma que no *protótipo 1*, adotou-se 1cm de distância entre as letras para que não ficassem encostadas entre si. A largura total do objeto é 32cm, relativos aos 30cm de largura de todas as letras somadas, mais 2cm de intervalo.

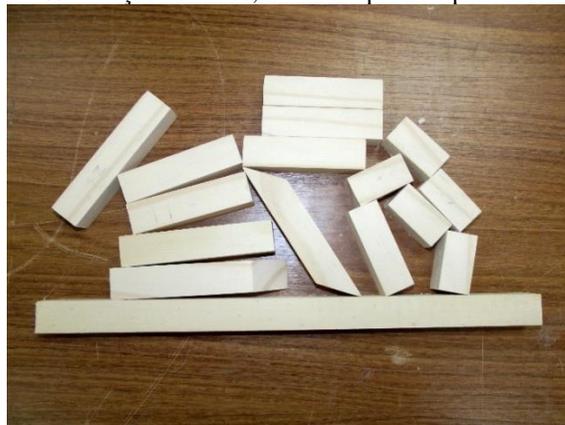
Figura 62 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa



Fonte: Própria autora, 2019.

As tábuas dos paletes, previamente selecionadas e separadas, foram cortadas na serra esquadrejadeira até adquirirem o formato de ripas de 2cm de largura e de altura. O corpo das ripas foi lixado na lixadeira de cinta, e o topo, na lixadeira de disco. Em ambas as lixadeiras, foram utilizadas lixas com 60 de granulometria. A medida do comprimento é dada na serra de esquadria, uma vez que existem cortes retos e também angulares no comprimento. A serra tico-tico não foi empregada nesse objeto, pois, diferentemente do anterior, não havia detalhes em curva. Antes de iniciar a montagem, as peças já cortadas nas medidas corretas passaram pelo processo de lixamento manual com dois tipos de lixa: a primeira com 240 de granulometria, e a segunda com 440 (Figura 63).

Figura 63 – Peças cortadas, lixadas e prontas para montagem



Fonte: Própria autora, 2019.

Para unir as pequenas partes com o intuito de construir o desenho proposto, novamente foram utilizados cola e grampo, com o auxílio da pistola pneumática. Imperfeições na madeira e também pequenas perfurações em decorrência dos grampos foram preenchidas e corrigidas

manualmente com massa de nivelamento para madeira. Por fim, o último processo de lixamento manual foi feito com lixas de 240 e 400 de granulometria na sequência, até a superfície do objeto adquirir uma textura lisa. Após a construção do objeto, a superfície da madeira recebeu base acrílica para posterior pintura. A Figura 64A mostra o processo de montagem, enquanto a Figura 64B mostra o objeto já montado, aguardando secagem da massa de nivelamento.

Figura 64 – Objeto: (A) Processo de montagem; (B) Secagem da massa de nivelamento

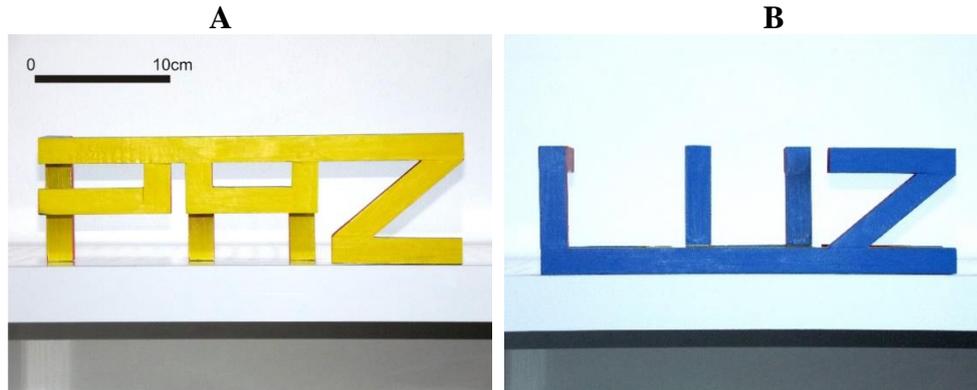


Fonte: Própria autora, 2019.

Parte-se para a última etapa de desenvolvimento do objeto, que é a da pintura. Utilizou-se a mesma tinta acrílica adotada no objeto anterior. Todas as faces das letras paralelas às faces anterior e posterior do cubo que as originou foram pintadas de amarelo. Todas as faces paralelas às faces superior e inferior do cubo foram pintadas de azul. As faces paralelas às faces da lateral esquerda e direita do cubo foram pintadas de vermelho. Foram necessárias duas camadas de tinta para cobrir a superfície.

Na Figura 65A, tem-se o objeto final visto frontalmente a uma distância de dois metros, conferindo a real proporção das letras e a correta leitura da palavra *paz*. Para o registro fotográfico da outra palavra em anamorfose, o objeto foi girado, de modo que sua face superior pudesse ser observada frontalmente também a uma distância de dois metros, vendo-se a real proporção das letras e propiciando-se a leitura da palavra *luz* (Figura 65B). O objeto também poderia ser fotografado de cima, obtendo-se o mesmo efeito visual.

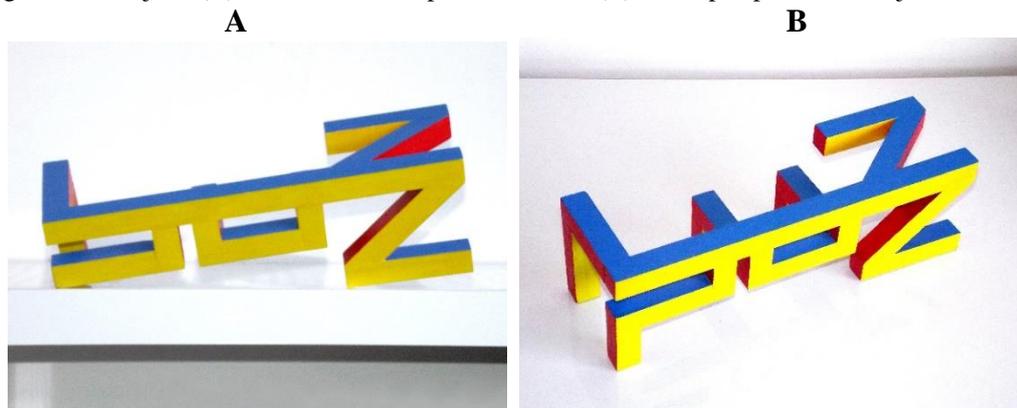
Figura 65 – Objeto: (A) Leitura da palavra *paz*; (B) Leitura da palavra *luz*



Fonte: Própria autora, 2019.

O resultado final do objeto apresentou-se fiel à proposta original, no entanto, observou-se um problema estrutural (Figura 66A). A letra P da palavra *paz* está sustentada por um único apoio, eventualmente prejudicando a posição de leitura do objeto, que pode ser chamada também de posição de função. Mesmo com o cuidado em distribuir igualmente os pesos do objeto durante os desenhos em perspectiva, com um olhar atento às questões estruturais para que o objeto se mantivesse na posição correta de leitura, essa característica só foi percebida quando da execução prática. Contudo, foi facilmente corrigida acrescentando-se um apoio na região onde foi detectado o ponto de desequilíbrio (Figura 66B).

Figura 66 – Objeto: (A) Necessidade de apoio estrutural; (B) Visão perspectiva do objeto concluído



Fonte: Própria autora, 2019.

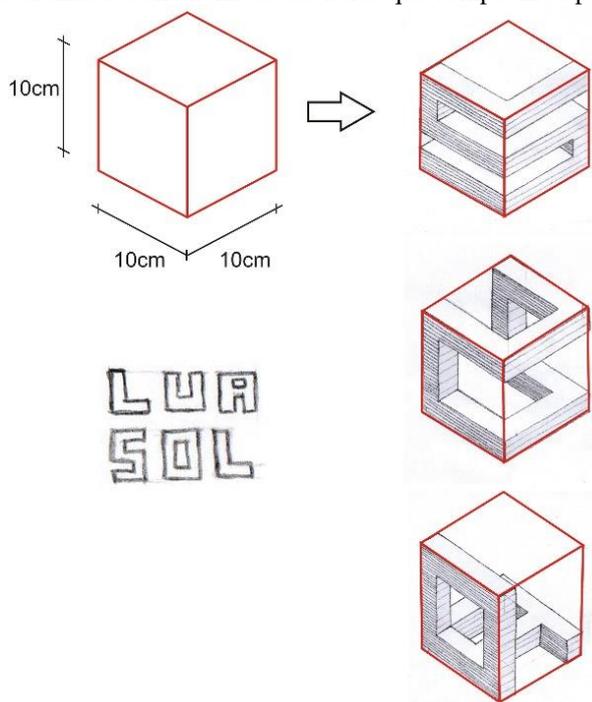
4.1.3 Protótipo 3

Após o planejamento e a execução de um artefato em madeira onde é possível observar duas palavras em anamorfose, naturalmente vislumbraram-se outras possibilidades de objetos com outras combinações de palavras. Sabendo que necessariamente as palavras escolhidas devem possuir o mesmo número de letras e que palavras curtas facilitam tanto o processo

projetual quanto a construção da peça, idealizou-se o desenvolvimento de um novo objeto, com a combinação das palavras *sol* e *lua*. Neste objeto, as alterações relacionadas às dimensões continuam as mesmas definidas para o *protótipo 2*, que são: ripas com 2cm de largura e de altura, e cubo com 10cm de lados que origina o desenho de cada letra.

A seguir, encontram-se os desenhos técnicos à mão livre em perspectiva isométrica de possibilidades anamórficas das letras (Figura 67). Determinou-se que a palavra *sol* pudesse ser lida quando o objeto fosse observado frontalmente e que a palavra *lua* pudesse ser lida quando o objeto fosse observado de cima. Aqui, da mesma maneira, tanto o observador pode movimentar-se em relação ao objeto, quanto o objeto pode ser manuseado por quem o observa. A letra empregada para a transformação anamórfica também foi desenhada especificamente para o desenvolvimento desse objeto.

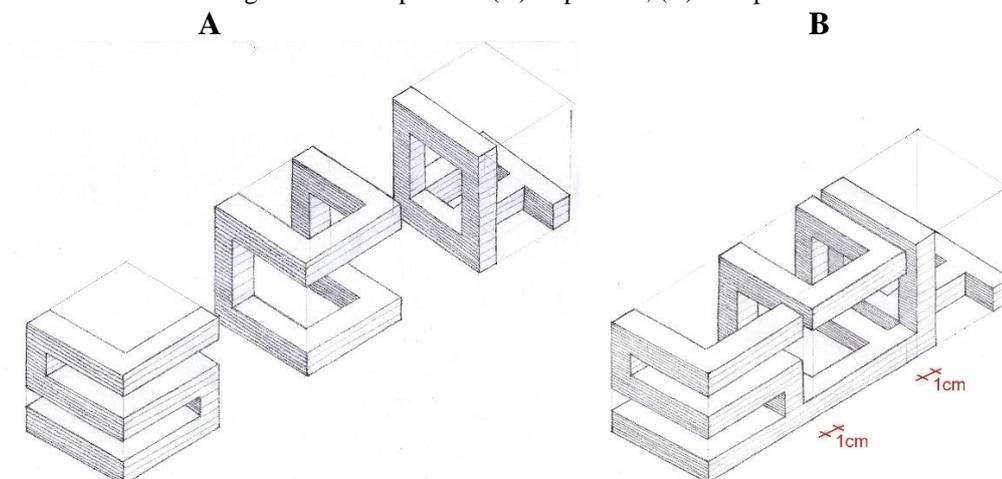
Figura 67 – Possibilidades anamórficas das letras que compõem as palavras *sol* e *lua*



Fonte: Própria autora, 2019.

Na etapa seguinte, foi realizada a perspectiva explodida das letras anamórficas na ordem de leitura e montagem do objeto (Figura 68A), além da perspectiva isométrica do objeto montado com as letras conectadas umas às outras (Figura 68B). Do mesmo modo que no *protótipo 2*, aqui a largura total é 32cm, relativos aos 30cm de largura de todas as letras somadas, mais 2cm de intervalo.

Figura 68 – Perspectiva: (A) Explodida; (B) Completa



Fonte: Própria autora, 2019.

A construção desse objeto seguiu os mesmos passos dos objetos anteriores no que tange à sequência das etapas e ao emprego de equipamentos, a saber: corte das ripas na serra esquadrejadeira; lixamento do corpo das ripas na lixadeira de cinta e lixamento do topo na lixadeira de disco; corte do comprimento das ripas na serra de esquadria; união das pequenas partes com cola e também aplicação de grampo com o auxílio de pistola pneumática; correção de imperfeições na madeira com massa de nivelamento; lixamento manual; preparo da superfície com base acrílica; pintura. A serra tico-tico, especificamente, não foi necessária para a produção desse objeto, pois ele não tem detalhes em curva.

Além do processo de montagem do objeto, a Figura 69 mostra, sobre a mesa de trabalho, outros materiais que eventualmente foram utilizados como instrumentos de apoio e auxílio na construção dos objetos e que ainda não haviam sido citados ao longo da descrição dos processos, tais como: lápis, régua, esquadro e alicate, por exemplo.

Figura 69 – Processo de montagem do objeto

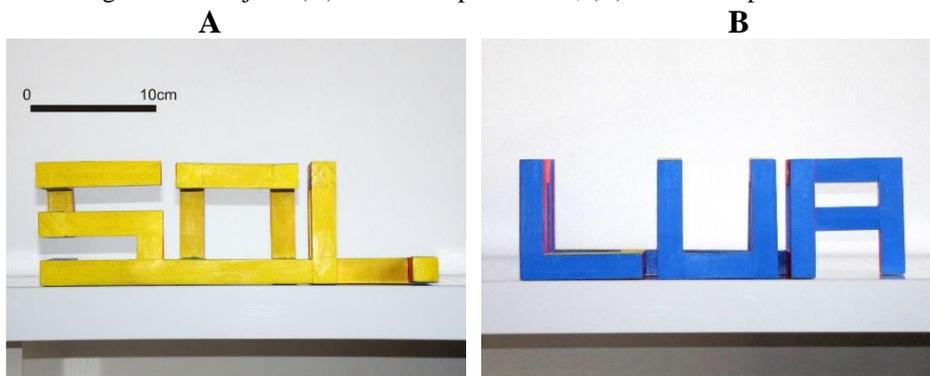


Fonte: Própria autora, 2019.

Na etapa de pintura, todas as faces das letras paralelas às faces anterior e posterior do cubo que as originou foram pintadas de amarelo. Todas as faces paralelas às faces superior e inferior do cubo foram pintadas de azul. As faces paralelas às faces da lateral esquerda e direita do cubo foram pintadas de vermelho.

Na Figura 70A, tem-se o objeto final visto frontalmente a uma distância de dois metros, conferindo a real proporção das letras e a correta leitura da palavra *sol*. Para o registro fotográfico da outra palavra em anamorfose, o objeto foi girado para que sua face superior pudesse ser observada frontalmente também a uma distância de dois metros, conferindo a real proporção das letras e a leitura da palavra *lua* (Figura 70B). O objeto também poderia ser fotografado de cima.

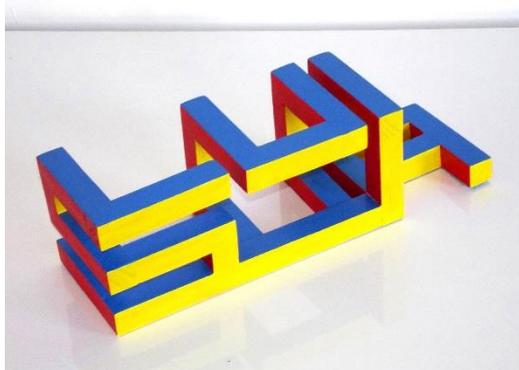
Figura 70 – Objeto: (A) Leitura da palavra *sol*; (B) Leitura da palavra *lua*



Fonte: Própria autora, 2019.

Diferentemente dos protótipos anteriores, o *protótipo 3* não necessitou de nenhum tipo de ajuste, nem na etapa de desenho à mão livre, nem depois de o objeto ser construído. A Figura 71 apresenta o resultado final do *protótipo 3*.

Figura 71 – Visão perspectiva do objeto concluído



Fonte: Própria autora, 2019.

Os desenhos técnicos à mão livre auxiliaram em diversas questões, principalmente no que se refere ao processo criativo de concepção dos objetos como um todo, e também na verificação de detalhes e melhoramentos de estrutura e conexão das letras. Entretanto, os desenhos técnicos mais apurados, que se encontram no Apêndice A, também auxiliaram na construção dos protótipos. Os desenhos técnicos mostram as vistas ortográficas, linhas ocultas, dimensões, ângulos e, novamente, a perspectiva isométrica de cada um dos protótipos, com a finalidade de reconhecer todas as particularidades e detalhes das formas tridimensionais criadas. Também há um selo de identificação para cada desenho; o selo contém informações, tais como: nome do objeto, material, acabamento, cor, unidade utilizada, escala e tamanho da folha.

A próxima etapa dos testes experimentais concentra-se na execução desses mesmos modelos em outros materiais e escalas. Os materiais escolhidos são diferentes tipos de polímeros, e é utilizada a tecnologia de impressão 3D. Os três novos protótipos foram nomeados de: *protótipo 4*, *protótipo 5* e *protótipo 6*.

4.2 POLÍMEROS: IMPRESSÃO 3D FDM

Atualmente, o polímero é um dos materiais mais utilizados na impressão 3D, e existem vários tipos diferentes de polímeros. Nessa etapa dos testes experimentais, foram testados três tipos diferentes: o *protótipo 4* foi impresso em ABS (*acrylonitrile butadiene styrene*); o *protótipo 5* foi impresso em HIPS (*high impact polystyrene*); e o *protótipo 6* foi impresso em PLA (*polylactic acid*).

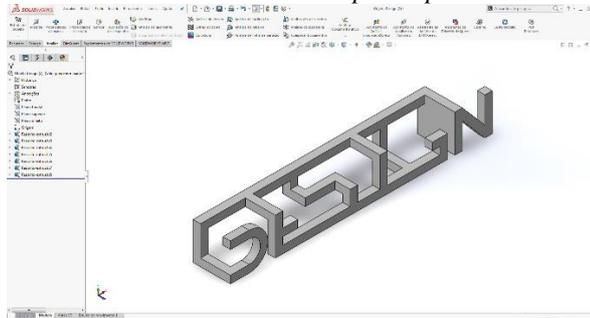
4.2.1 Protótipo 4

Nesta etapa, pretendeu-se executar o mesmo desenho ou modelo executado no *protótipo 1*, no qual é possível ler a palavra *design*. Porém, a intenção foi reduzir a escala do desenho, obtendo-se uma impressão 3D um tanto menor que o objeto em madeira.

O primeiro passo consiste no desenvolvimento do modelo tridimensional virtual do protótipo a ser impresso (Figura 72). O modelo tridimensional virtual foi criado no *software* chamado SOLIDWORKS® 3D, versão SP 1.0, da Dassault Systèmes, tendo como guia os desenhos técnicos e também o respectivo objeto em madeira. O SOLIDWORKS® é um *software* que se baseia na computação paramétrica para criar formas tridimensionais a partir de

formas geométricas básicas. É muito usado no desenvolvimento de produtos. As ferramentas para desenvolver o modelo tridimensional virtual foram: linha, dimensão e extrusão.

Figura 72 – Modelo tridimensional virtual do *protótipo 4* no SOLIDWORKS® 3D



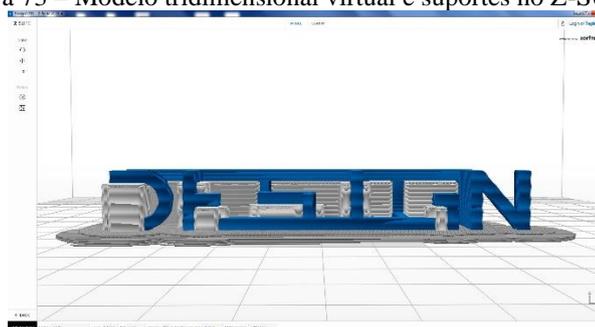
Fonte: Própria autora, 2019.

A redução de escala deu-se da seguinte forma: enquanto no *protótipo 1* a largura total do objeto era 35cm, no modelo tridimensional virtual, a largura foi reduzida para 9cm. No *protótipo 1*, as medidas chamadas de “medidas das ripas” eram de 1cm, tanto de largura quanto de altura, ao passo que as medidas equivalentes no modelo virtual foram reduzidas para 2,5mm de largura e altura. Justifica-se a utilização da impressão 3D por ser inviável construir um objeto em madeira de medidas tão reduzidas e com tamanha precisão por meio das mesmas técnicas de marcenaria utilizadas anteriormente.

Após a finalização do modelo tridimensional virtual, o arquivo foi exportado em extensão .STL e aberto no *software Z-SUITE®*, versão 1.11.4, da Zortrax. Este programa serve basicamente para gerar os comandos necessários para a execução da impressão 3D. Nele também são gerados os suportes e/ou escoras, que nada mais são do que partes provisórias que sustentam a estrutura definitiva durante a impressão. Esses suportes são propositalmente frágeis, quebram-se facilmente e são retirados manualmente ao término da impressão.

A Figura 73 mostra em azul o que seria a parte definitiva da impressão e em cinza os suportes provisórios. A diferenciação por cor dá-se somente no *software*, pois, na prática, a impressão é feita do início ao fim com o mesmo material, ou seja, sempre com a mesma cor. A diferenciação por cor no *software* é feita para auxiliar a escolha da melhor posição de impressão, uma vez que o programa gera diferentes suportes, de acordo com a posição escolhida. Além disso, sabe-se que a face que fica em contato com a mesa tende a ter uma textura levemente mais rugosa que o restante da impressão. Por esse motivo, optou-se por imprimir a peça na posição de leitura da palavra, ou seja, deixando-se a face menos importante, ou menos vista, em contato com a mesa.

Figura 73 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®



Fonte: Própria autora, 2019.

Os parâmetros de impressão são: material, altura da camada de impressão, qualidade de acabamento e preenchimento interno. Para cada um desses parâmetros, foi definido que: o material para impressão seria um polímero de coloração azul conhecido como ABS; a altura para a camada de impressão seria 0,09mm; a qualidade de acabamento seria alta; e o preenchimento interno do material seria baixo, visto que a peça não seria submetida a nenhum tipo de esforço, portanto, não necessitaria de alto preenchimento interno. O programa também fornece outras informações igualmente importantes, tais como: volume, quantidade de material e tempo de impressão. No caso, o volume da impressão foi 2,31 cm³, previu-se a quantidade de 7 gramas de material a ser utilizado, e o tempo estimado de impressão foi de 51 minutos.

Após definição de todos os parâmetros, o arquivo foi enviado para impressão 3D. A Figura 74 mostra o modelo sendo impresso. Algumas partes das letras já são visíveis, enquanto outras ainda estão encobertas pelos suportes que sustentam provisoriamente a impressão. A impressora 3D utilizada é uma impressora de tecnologia FDM, ideal para impressão em materiais poliméricos. M200 é o modelo dessa impressora, do fabricante Zortrax. Pertence à Printup 3D, localizada na Praça Argentina, número 9, prédio Centenário, sala 302, na cidade de Porto Alegre.

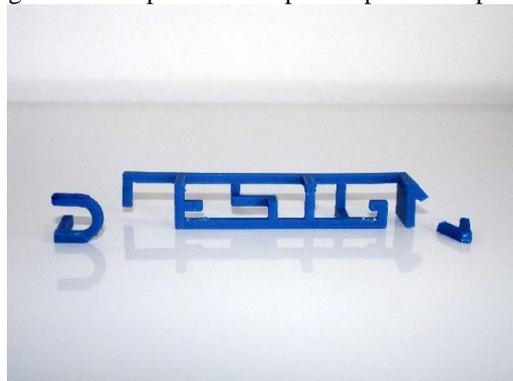
Figura 74 – Processo de impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

Terminada a impressão, já no processo de limpeza da peça, que consiste na retirada manual de todo o suporte, utilizando alicate e espátula como instrumentos de auxílio, verificou-se que duas partes da impressão se quebraram facilmente (Figura 75). Notou-se também que essas partes – correspondentes à primeira e à última letras da palavra *design* – estavam sustentadas somente por um ponto de apoio, diferentemente das outras letras, que têm no mínimo dois pontos de apoio.

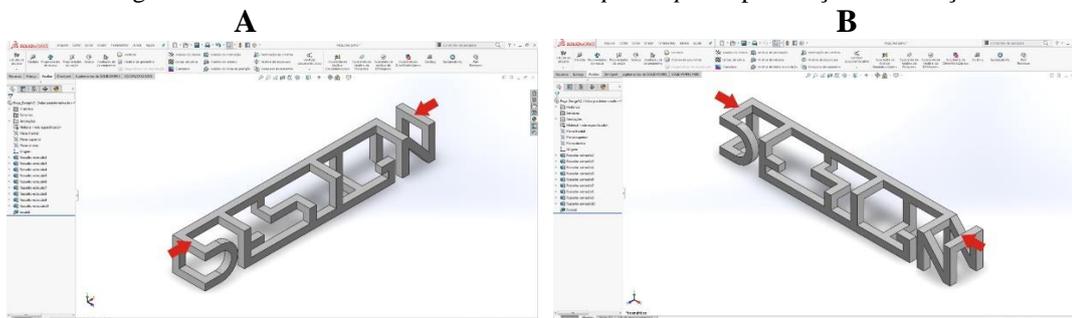
Figura 75 – Impressão 3D após limpeza de suportes



Fonte: Própria autora, 2019.

Retornou-se para o modelo tridimensional virtual no SOLIDWORKS®. O desenho foi então alterado, principalmente com o intuito de inserir reforços nas regiões mais frágeis da peça. As alterações foram feitas de modo a preservar a correta leitura e interpretação da palavra quando vista de frente. Nas Figuras 76A e B, tem-se o mesmo modelo, visto de ângulos diferentes para facilitar o reconhecimento das alterações feitas no modelo original. Setas vermelhas indicam a região onde os reforços foram inseridos.

Figura 76 – Modelo tridimensional virtual do *protótipo 4* após adição de reforços



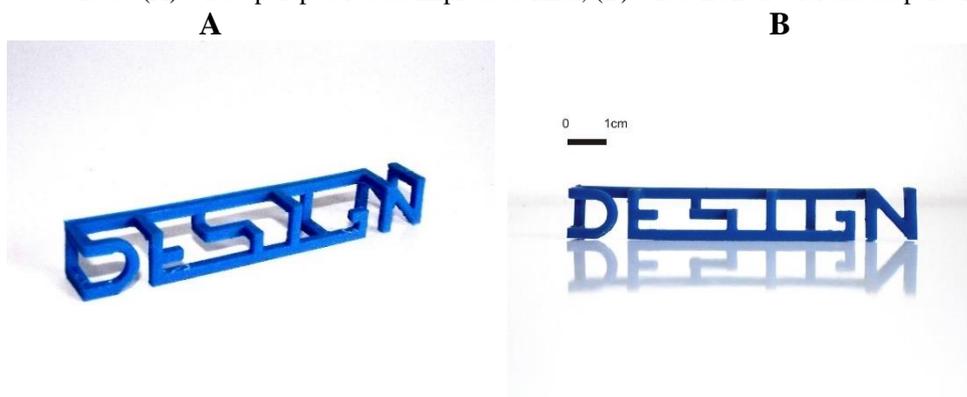
Fonte: Própria autora, 2019.

Após os ajustes no modelo virtual, o arquivo foi novamente exportado em extensão .STL e aberto no Z-SUITE®. Além da adição de reforços nas regiões mais frágeis, as medidas

gerais não foram alteradas. Os parâmetros de impressão também continuaram os mesmos. O arquivo foi mais uma vez enviado para impressão 3D.

Partiu-se para o processo de limpeza da peça ou retirada dos suportes. A impressão permaneceu intacta, fidedigna ao modelo tridimensional virtual, sem quebras ou rupturas. A face em contato com a mesa apresentou textura levemente mais rugosa que a do restante da peça, como previsto. Porém, isso foi desconsiderado, tendo em vista que não interfere nas características avaliadas, relativas à correta leitura da palavra e à estabilidade estrutural do objeto. Vale observar que, mesmo retirando-os com cuidado, os suportes deixam sutis marcas na impressão, mas isso também foi desconsiderado por não interferir na avaliação. A Figura 77A mostra a impressão final vista em perspectiva, e a Figura 77B mostra a visão frontal a uma distância de 50cm.

Figura 77 – Vistas: (A) Visão perspectiva da impressão final; (B) Vista frontal e leitura da palavra *design*

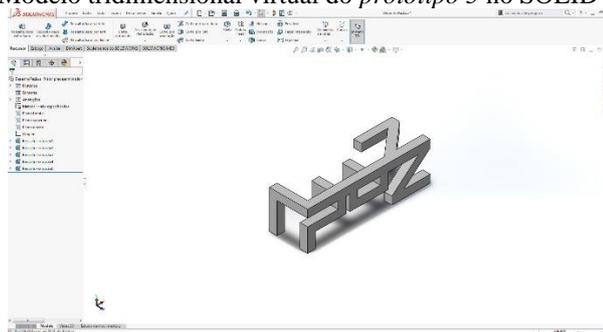


Fonte: Própria autora, 2019.

4.2.2 Protótipo 5

Intencionou-se executar por impressão 3D o mesmo desenho ou modelo executado no *protótipo 2*, no qual é possível ler as palavras *paz* e *luz*. Assim como anteriormente, o propósito foi reduzir a escala do desenho, obtendo-se uma impressão 3D um tanto menor que o objeto em madeira. A Figura 78 mostra no SOLIDWORKS® o modelo tridimensional virtual do protótipo impresso. Para desenvolver esse modelo, foram utilizadas as mesmas ferramentas empregadas no modelo anterior.

Figura 78 – Modelo tridimensional virtual do *protótipo 5* no SOLIDWORKS® 3D

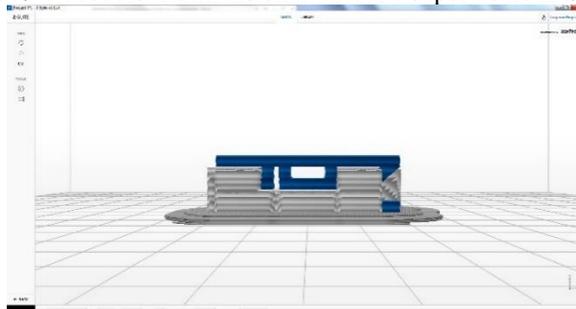


Fonte: Própria autora, 2019.

A redução de escala deu-se da seguinte forma: enquanto no *protótipo 2* a largura total do objeto era 32cm, neste modelo tridimensional virtual, passou para 4cm. No *protótipo 2*, as chamadas “medidas das ripas” eram 2cm de largura e de altura, tendo sido reduzidas para 2,5mm de largura e altura no modelo virtual.

Após a finalização do modelo virtual, o arquivo foi exportado em extensão .STL e aberto no *software Z-SUITE®*. A Figura 79 mostra em azul o que seria a parte definitiva da impressão e em cinza os suportes provisórios. A maior parte da peça encontra-se encoberta pelos suportes. Optou-se por imprimir a peça de modo que a palavra *paz* pudesse ser lida frontalmente e a palavra *luz* pudesse ser lida quando a impressão fosse vista de cima, deixando-se a face inferior e/ou menos importante em contato com a mesa.

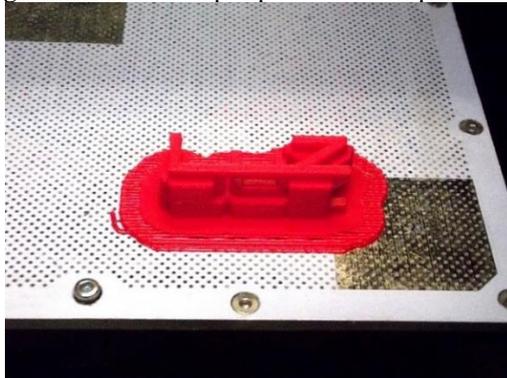
Figura 79 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®



Fonte: Própria autora, 2019.

Para cada um dos parâmetros de impressão, foi definido que: o material seria um polímero de coloração vermelha conhecido como HIPS; a altura para a camada de impressão seria 0,19mm; a qualidade de acabamento seria alta; e o preenchimento interno do material seria baixo, visto que, assim como anteriormente, a peça não seria submetida a nenhum tipo de esforço. O volume da impressão foi 1,29cm³, previu-se a utilização de 4 gramas de material, e o tempo de impressão foi estimado em 29 minutos. Definidos todos os parâmetros, o arquivo foi enviado para impressão 3D. Na Figura 80, vê-se o modelo logo após impressão.

Figura 80 – Modelo após processo de impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

Durante o processo de limpeza da peça, apenas uma parte da impressão quebrou (Figura 81). A parte quebrada, correspondente à primeira letra da palavra *paz* e/ou à primeira letra da palavra *luz*, estava sustentada por um único ponto de apoio.

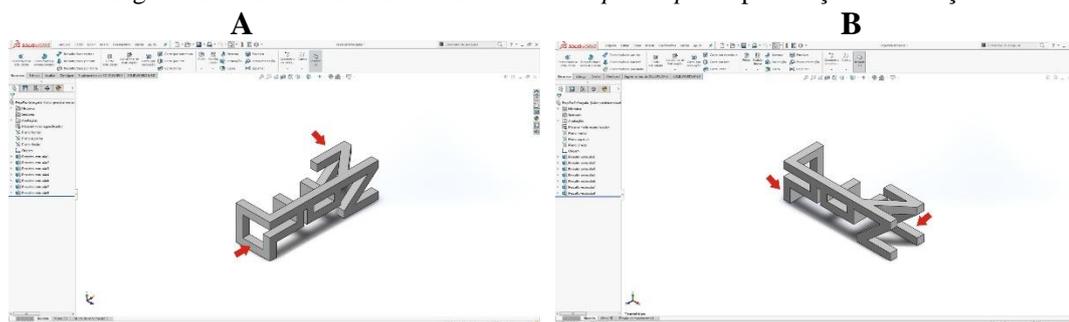
Figura 81 – Impressão 3D após limpeza de suportes



Fonte: Própria autora, 2019.

Retornou-se para o modelo tridimensional virtual no SOLIDWORKS®, e o desenho foi alterado, principalmente com vistas à inserção de reforços nas regiões mais frágeis da peça. Mesmo que o objeto só tivesse se rompido na primeira letra da palavra, a última letra também foi reforçada, pois igualmente estava sustentada por um único ponto de apoio. As alterações foram feitas de modo a preservar a correta leitura e interpretação das palavras. As Figuras 82A e B mostram o modelo em questão visto de ângulos diferentes para facilitar o reconhecimento das alterações. Setas vermelhas indicam a região onde os reforços foram inseridos.

Figura 82 – Modelo tridimensional virtual do *protótipo 4* após adição de reforços



Fonte: Própria autora, 2019.

Após ajustes no modelo tridimensional virtual, o arquivo outra vez foi exportado em extensão .STL e aberto no *software* Z-SUITE®. As medidas gerais e os parâmetros de impressão não foram alterados. O arquivo novamente foi enviado para impressão 3D.

Depois do processo de limpeza da peça ou retirada dos suportes, a impressão permaneceu intacta, sem quebras ou rupturas. A face em contato com a mesa apresentou textura levemente mais rugosa que o restante da peça, como já era previsto. Novamente, observou-se que os suportes deixam pequenas marcas na impressão, mesmo sendo retirados com cuidado, o que foi desconsiderado por não interferir na avaliação.

Na Figura 83A, tem-se o objeto final visto frontalmente, conferindo a real proporção das letras e a correta leitura da palavra *paz*. Para o registro fotográfico da outra palavra em anamorfose, o objeto foi girado para que sua face superior pudesse ser observada frontalmente e a uma distância de 50cm, conferindo a leitura da palavra *luz* (Figura 83B). O objeto também poderia ser fotografado de cima, obtendo-se o mesmo efeito.

Figura 83 – Objeto: (A) Leitura da palavra *paz*; (B) Leitura da palavra *luz*



Fonte: Própria autora, 2019.

A Figura 84 apresenta a versão final da peça em uma visão perspectiva.

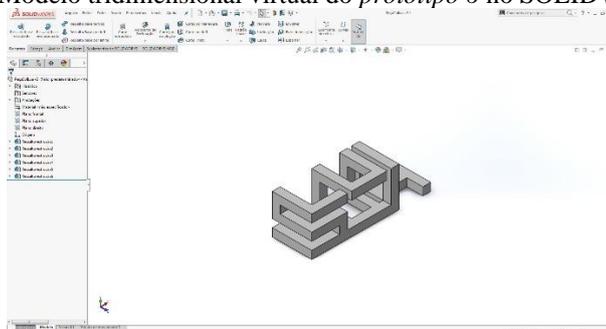
Figura 84 – Visão perspectiva da impressão final



Fonte: Própria autora, 2019.

4.2.3 Protótipo 6

A proposta era realizar o mesmo desenho ou modelo executado no *protótipo 3*, no qual é possível ler as palavras *sol* e *lua*. Na Figura 85, vê-se no SOLIDWORKS® o modelo tridimensional virtual do protótipo a ser impresso. Aqui também foram utilizadas as ferramentas linha, dimensão e extrusão.

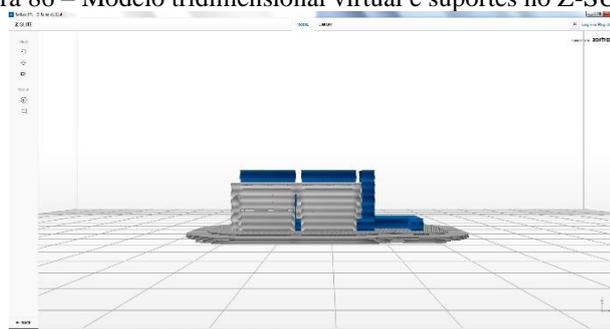
Figura 85 – Modelo tridimensional virtual do *protótipo 6* no SOLIDWORKS® 3D

Fonte: Própria autora, 2019.

Com a redução de escala, a largura passou para 4cm neste modelo tridimensional virtual, enquanto no *protótipo 3* a largura total do objeto era 32cm. No *protótipo 3*, as “medidas das ripas” eram 2cm de largura e de altura, reduzidas para 2,5mm de largura e altura no modelo virtual.

Tendo-se finalizado o modelo virtual, o arquivo foi exportado em extensão .STL e aberto no *software Z-SUITE®*. A Figura 86 ilustra em azul o que seria a parte definitiva da impressão e em cinza os suportes provisórios. A maior parte da peça encontra-se encoberta pelos suportes. Optou-se por imprimir a peça de maneira que a palavra *sol* pudesse ser lida frontalmente e que a palavra *lua* pudesse ler lida quando a impressão fosse vista de cima, deixando-se a face inferior e/ou menos importante em contato com a mesa.

Figura 86 – Modelo tridimensional virtual e suportes no Z-SUITE®



Fonte: Própria autora, 2019.

Na definição de cada um dos parâmetros, consideraram-se: o material para impressão seria um polímero de coloração preta conhecido como PLA; a altura para a camada de impressão seria 0,19mm; a qualidade de acabamento seria alta; e o preenchimento interno do material seria baixo. Neste caso, o volume da impressão foi 1,31cm³, previu-se o uso de 3 gramas de material, e o tempo de impressão foi estimado em 25 minutos. Após definição de todos os parâmetros, o arquivo foi enviado para impressão 3D. A Figura 87 apresenta o modelo logo após impressão.

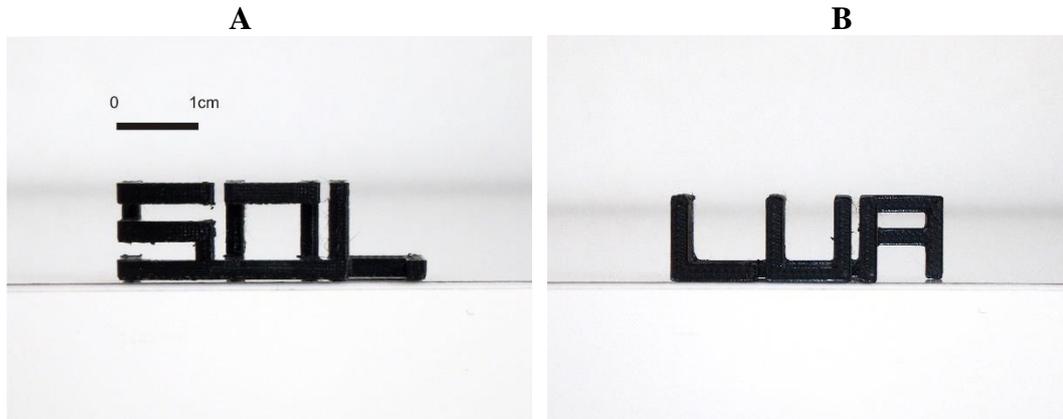
Figura 87 – Modelo após processo de impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

Este modelo não necessitou de ajustes ou adição de reforços, uma vez que não ocorreu nenhuma falha ou quebra. Na Figura 88A, aparece o objeto final visto frontalmente, conferindo a real proporção das letras e a correta leitura da palavra *sol*. Para o registro fotográfico da outra palavra em anamorfose, o objeto foi girado para que sua face superior pudesse ser observada frontalmente, conferindo a real proporção das letras e a leitura da palavra *lua* (Figura 88B). O objeto também poderia ser fotografado de cima.

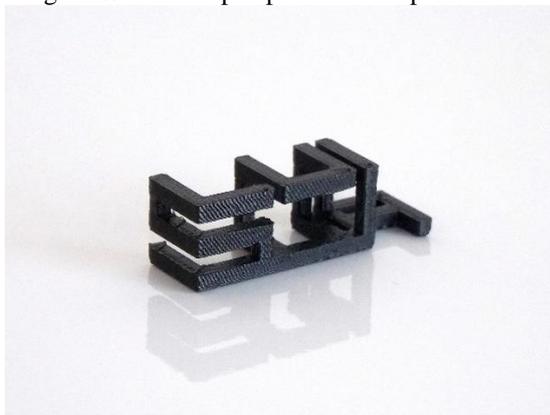
Figura 88 – Objeto: (A) Leitura da palavra *sol*; (B) Leitura da palavra *lua*



Fonte: Própria autora, 2019.

Na Figura 89, observa-se o objeto final em uma visão perspectiva. Conforme o observador se movimenta em relação ao objeto, é possível verificar o efeito de construção e/ou desconstrução das palavras; também é possível manusear o objeto, girando-o com as mãos.

Figura 89 – Visão perspectiva da impressão final



Fonte: Própria autora, 2019.

4.3 RESULTADOS PRÉVIOS E DIRECIONAMENTOS

Os testes realizados em madeira proporcionaram o primeiro contato com a técnica da anamorfose. O resultado final desses testes foi satisfatório no que diz respeito à leitura das palavras anamórficas, uma vez que é possível ler com absoluta clareza todas as palavras propostas inicialmente. A pintura policromática nas cores primárias auxiliou a análise do efeito anamórfico, pois permite delimitar bem as áreas e, ao mesmo tempo, criar grande contraste entre elas.

Além do uso de máquinas e equipamentos tradicionais do trabalho em marcenaria, essa fase dos testes também proporcionou o contato com etapas manuais, como o lixamento e a pintura, por exemplo. Valoriza-se o resgate de técnicas consideradas tradicionais, assim como das etapas artesanais citadas. Os desenhos técnicos à mão livre também são um exemplo disso. O desenho à mão livre é aceito como um meio universal de comunicação, pois exerce a função de registrar rapidamente a ideia, auxiliando a memória e a imaginação. Esses registros podem e devem evoluir para outros meios, como os computacionais, por exemplo, que trazem maior precisão.

Foram testados dois tipos de ripas: ripas de 1cm de largura e de altura, no caso do *protótipo 1*, e ripas de 2cm de largura e de altura, no caso dos *protótipos 2 e 3*. Da mesma forma, e na mesma sequência, foram testadas duas dimensões do cubo que origina o desenho das letras: cubos de 5cm de lados, como no *protótipo 1*, e cubos de 10cm de lados, como nos *protótipos 2 e 3*. O resultado foi satisfatório nas duas situações. Destaca-se apenas que as ripas mais espessas tendem a proporcionar uma estrutura mais firme que as ripas de 1cm. Notou-se também que a madeira, com o tempo e, principalmente, a umidade, tende a ter pequenas alterações da forma ou sutil empenamento, o que não afeta diretamente a leitura das palavras, nem o equilíbrio do objeto, mas é um fator que deve ser apontado.

A utilização de materiais provenientes de refugos evidencia a preocupação com o meio ambiente, pois, nesta etapa, ajuda a prolongar a vida útil de uma matéria-prima ainda em bom estado que seria descartada. Além disso, evita a compra de matérias-primas virgens e, conseqüentemente, gastos de pesquisa com novos materiais.

O custo para produzir os protótipos em madeira foi zero. A matéria-prima teve custo zero. Os equipamentos e maquinários utilizados, bem como as dependências e estrutura laboratorial, foram cedidos gratuitamente para a realização desta pesquisa.

Comparando-se os três objetos construídos em madeira, conclui-se que o *protótipo 3* foi o que teve melhor desempenho, uma vez que a ideia inicial não passou por nenhum tipo de alteração ou adaptação e, mesmo assim, a construção do objeto teve sucesso, diferentemente do que ocorreu com os *protótipos 1 e 2*. O *protótipo 1* passou por alterações projetuais, ou seja, adaptações de desenho antes da construção do objeto. Já o *protótipo 2* sofreu adaptações construtivas, isto é, reforços tiveram de ser acrescentados para corrigir falhas estruturais depois de o objeto estar pronto. A Figura 90 mostra o resultado final de todos os protótipos construídos em madeira.

Figura 90 – Resultado final dos protótipos construídos em madeira



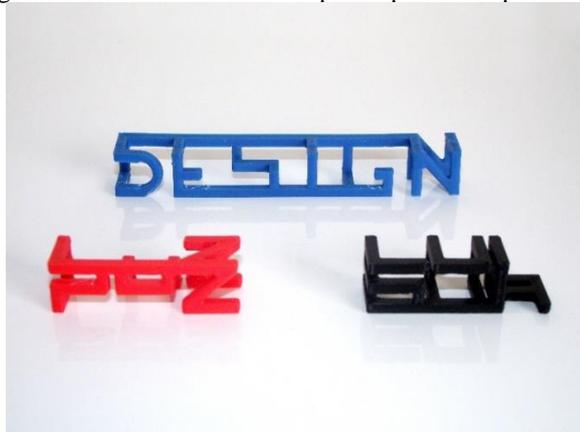
Fonte: Própria autora, 2019.

A segunda etapa dos testes experimentais substituiu técnicas consideradas tradicionais por recursos tecnológicos mais avançados. Os desenhos à mão livre foram substituídos por modelos tridimensionais virtuais. As técnicas de marcenaria foram substituídas pela impressão 3D, que é, sem dúvida, uma tecnologia inovadora. *Softwares* como SOLIDWORKS® e Z-SUITE® foram utilizados no processo de concepção dos novos protótipos. Esses recursos possibilitam maior precisão, facilidade nas alterações adaptativas dos modelos e rapidez na concepção do objeto final, entre outros aspectos. Mostra-se que é possível valorizar o resgate de técnicas tradicionais e, ao mesmo tempo, valer-se dos aspectos positivos das tecnologias mais modernas.

Como foram testados três tipos diferentes de polímeros, faz-se necessário proceder à comparação entre eles. O resultado final foi satisfatório nos três materiais – ABS, HIPS e PLA –, em que se destacam alguns aspectos. Os suportes provisórios, retirados manualmente após a impressão, deixam algumas marcas sutis nas peças, sem que isso interfira na avaliação anamórfica das letras. No entanto, notou-se que o HIPS e o PLA tendem a deixar menos marcas se comparados com o polímero ABS. Nota-se também que o acabamento da peça em PLA apresenta certo brilho, enquanto o ABS e o HIPS são foscos. Todos demonstram certa flexibilidade quando submetidos a pequenos esforços de compressão, como apertar levemente com a ponta dos dedos.

Por fim, comparando os três protótipos elaborados a partir da impressão 3D, conclui-se que o *protótipo 6* foi o que teve melhor desempenho quando impresso nessa tecnologia e em uma escala menor. A ideia inicial para esse protótipo não passou por nenhum tipo de alteração e teve sucesso na sua concepção. Já os *protótipos 4* e *5* foram alterados no sentido de receber reforços em regiões frágeis onde ocorreram falhas estruturais depois da peça impressa. A Figura 91 traz o resultado final de todos os protótipos impressos na tecnologia 3D.

Figura 91 – Resultado final dos protótipos em impressão 3D



Fonte: Própria autora, 2019.

O custo total das seis impressões 3D foi R\$ 78,37. As duas impressões relativas ao *protótipo 4* custaram R\$ 35,72; as duas impressões referentes ao *protótipo 5* custaram R\$ 19,97; e as duas impressões correspondentes ao *protótipo 6* custaram R\$ 22,68. Nesse valor, estão incluídos material e tempo de máquina.

5 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO

Tanto na primeira etapa dos testes experimentais em madeira, quanto na segunda etapa, em polímero, a forma tridimensional que teve melhor desempenho foi a que permite a leitura das palavras *sol* e *lua*. Aqui, desempenho refere-se à execução exata da ideia inicial, sem necessidade de adaptações e ajustes, diferentemente das outras formas, que necessitaram de mudanças projetuais e construtivas. Por esse motivo, o modelo *sol* e *lua* foi destinado para desenvolvimento do produto final.

5.1 PRATA: IMPRESSÃO 3D SLA E FUNDIÇÃO POR CERA PERDIDA

Optou-se pelo desenvolvimento de um conjunto composto primeiramente de um pingente e, na sequência, um par de brincos, a partir do modelo *sol* e *lua*. A intenção era criar um produto anamórfico – no caso, uma joia – que mostrasse diferentes facetas, dependendo do ponto de vista do qual fosse observado, ou seja, que permitisse distintas leituras e interpretações, de acordo com os movimentos do usuário.

Decidiu-se executar uma nova impressão 3D direcionada para o desenvolvimento do produto final. Alguns motivos nortearam essa decisão. O primeiro deles foi a mudança de tecnologia de impressão. A tecnologia de impressão 3D utilizada experimentalmente para a impressão dos protótipos em polímero foi a tecnologia FDM, por tratar-se do tipo mais utilizado nesse material. Já a tecnologia de impressão 3D para prototipagem do produto final é a chamada SLA. Esta permite a impressão de superfícies altamente lisas e isentas de qualquer rugosidade, ideal para o desenvolvimento de joias, já que esse novo protótipo seria utilizado na etapa seguinte, que era a criação do molde em silicone. O molde em silicone, por sua vez, tem a função de transferir para a cera o formato exato que se pretende obter na joia, portanto, o protótipo deve ter a forma e a textura idênticas às desejadas no produto final.

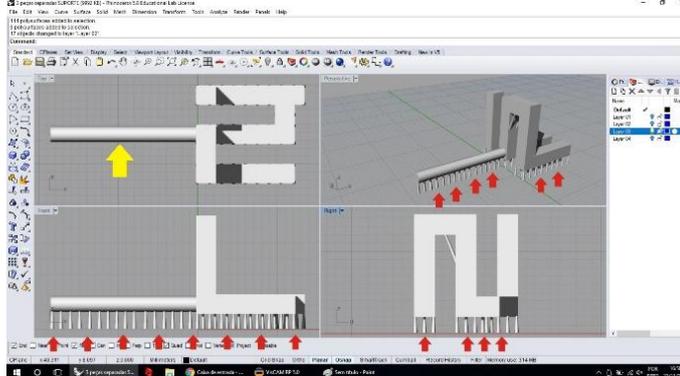
O segundo motivo que norteou a decisão de confecção de um novo protótipo é que se pretendia obter na joia, mais especificamente, no pingente, uma forma tridimensional complexa e, portanto, difícil de ser manipulada durante o desenvolvimento do produto. Para facilitar o manuseio e, desse modo, o desenvolvimento e a criação da joia completa, optou-se por dividir a impressão em três partes isoladas, ou seja, três seções separadas, de maneira que essas seções fossem unidas somente em uma etapa mais avançada do processo de criação, permitindo maior mobilidade e precisão nas etapas iniciais. Também se evitariam, com isso, possíveis quebras na

retirada dos apoios temporários após a impressão, pois, quanto maior a peça, mais difícil é o acesso a algumas regiões quando da retirada dos apoios, principalmente às regiões centrais do objeto.

O primeiro passo consiste em exportar o arquivo criado no SOLIDWORKS® em extensão .STL para que seja aberto no *software* Rhinoceros® 5, onde será feita a divisão da forma tridimensional em três seções e serão adicionados os suportes de impressão e os canais de injeção da cera. O Rhinoceros®, da Robert McNeel & Associates, é um *software* voltado para a modelagem tridimensional. É muito usado no design, na arquitetura e também na engenharia. As ferramentas empregadas para realizar as alterações citadas foram: *cylinder*, *box*, *cut* e *split*.

A Figura 92 mostra as vistas ortográficas e a perspectiva da primeira seção que comporia o pingente. Esta seção corresponde simultaneamente às letras S de *sol* e L de *lua*. Foi adicionado à peça o canal de injeção da cera, o qual está sinalizado na figura pela seta amarela. Também foram acrescentadas escoras ao longo de todo o objeto, as quais dão apoio a algumas partes suspensas durante a impressão. As escoras estão destacadas pelas setas vermelhas.

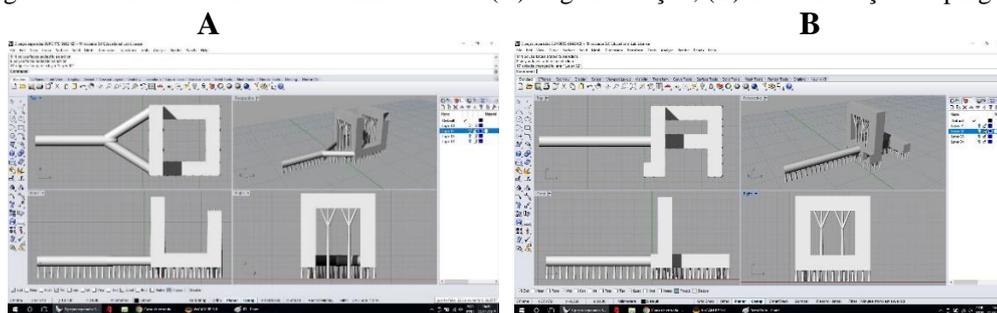
Figura 92 – Modelo tridimensional virtual da primeira seção do pingente no Rhinoceros®



Fonte: Própria autora, 2019.

Já as figuras seguintes mostram a segunda e a terceira seções que comporiam o pingente. A segunda seção corresponde à parte intermediária, ou seja, à seção do meio da joia. Esta seção equivale às letras O de *sol* e U de *lua*. A terceira e última seção corresponde simultaneamente às letras L de *sol* e A de *lua*. Em ambas as situações, também foram adicionados às peças os canais de injeção da cera e os suportes de sustentação da impressão, conforme descrito na peça anterior.

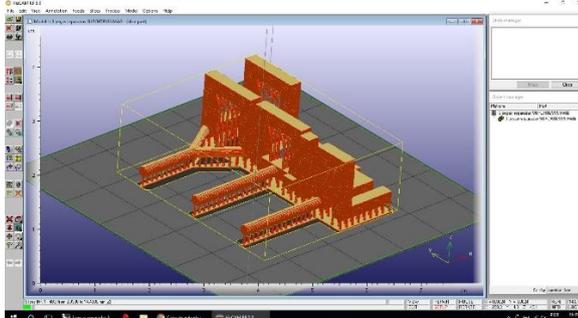
Figura 93 – Modelos virtuais no Rhinoceros®: (A) Segunda seção; (B) Terceira seção do pingente



Fonte: Própria autora, 2019.

Os arquivos finalizados no Rhinoceros® foram exportados em extensão .STL e abertos no *software* VisCAM® RP 5.0, do fabricante Marcam Engineering. Este programa serve para definir os parâmetros de impressão. Apesar de a peça ter sido separada em três partes independentes, sua impressão foi feita simultaneamente. Os parâmetros de impressão mais importantes definidos nesta etapa foram: 0,03mm de espessura da camada de impressão; 0,02mm de espaçamento entre camadas e previsão de duas horas e 51 minutos de tempo de impressão. A resina fotossensível utilizada, que daria origem à peça, foi a DM210, do fabricante DWS.

Figura 94 – Preparação para impressão no VisCAM®



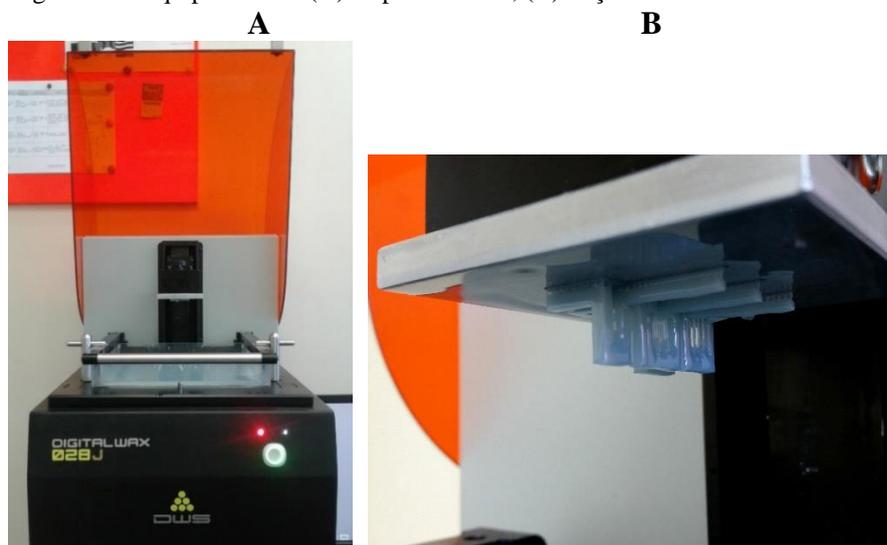
Fonte: Própria autora, 2019.

Por fim, o arquivo foi exportado em extensão MKR e aberto no *software* DigitalWax, versão 2014, que tem como único objetivo enviar os comandos e parâmetros definidos no VisCAM® para a impressora 3D. A impressora 3D utilizada era da marca DigitalWax, modelo 028J, fabricante DWS, e pertence ao Laboratório de Prototipagem do SENAI Guaporé - RS. Este laboratório elabora protótipos e moldes para diversos setores da indústria, principalmente para o joalheiro.

Na Figura 95A, vê-se o equipamento aberto, antes do início do processo de impressão. É possível conferir o recipiente onde é colocada a resina, que, neste caso, tem coloração azul-clara. Deste local, a peça sai imersa quando solidificada mediante contato com a luz. A Figura

95B mostra a peça sendo retirada da imersão, de cabeça para baixo, posição em que permanece até que escorra o excesso de resina.

Figura 95 – Equipamentos: (A) Impressora 3D; (B) Peça sendo retirada da imersão



Fonte: Própria autora, 2019.

O resultado final da impressão pode ser conferido na Figura 96. A etapa subsequente consiste na retirada dos suportes ou escoras de impressão com o auxílio de alicate e bisturi. Quando necessário, lixam-se as imperfeições com lixa de granulometria 1200, adequada para acabamentos finos. Seria feito um molde de silicone para cada uma das peças separadamente. Para evitar que os protótipos grudassem no silicone, passou-se uma camada fina de detergente de louça por toda a extensão das peças.

Figura 96 – Resultado de impressão



Fonte: Própria autora, 2019.

A seguir, distribuiu-se o silicone dentro de um molde de ferro em formato retangular, formando uma espécie de cama dentro do molde, e a primeira seção do pingente foi acomodada

no centro desta “cama”. Depois, preencheu-se o restante do molde com silicone, envolvendo as laterais e a parte superior da peça, que ficou completamente coberta (Figura 97A). O silicone utilizado nesta etapa foi o MA4000E, da marca Kinner, de coloração branca.

Nota-se que existe uma chapa inox ligeiramente maior que o molde de ferro abaixo dele. Esta chapa serve tanto para conduzir o molde até a mesa vulcanizadora, quanto para melhor manuseá-lo na retirada, quando o ferro ainda estiver quente. O molde permaneceu na vulcanizadora hidráulica automática, do fabricante Eldro Sotili (Figura 97B), durante o período de 30 minutos, a uma temperatura de 150°C.

Figura 97 – Equipamentos: (A) Preparo do molde em silicone; (B) Vulcanizadora hidráulica automática



Fonte: Própria autora, 2019.

O molde foi retirado da vulcanizadora e reservado até que resfriasse e pudesse ser manuseado (Figura 98A). Em seguida, com o auxílio de estilete, cortou-se o excesso de silicone que vazou do molde. É natural que vaze um pouco de silicone, uma vez que ele se expande com a alta temperatura. Retirou-se, então, o bloco de silicone do molde de ferro; o orifício no topo é o canal de injeção da cera (Figura 98B).

Figura 98 – Molde: (A) Após vulcanizadora; (B) Silicone pronto

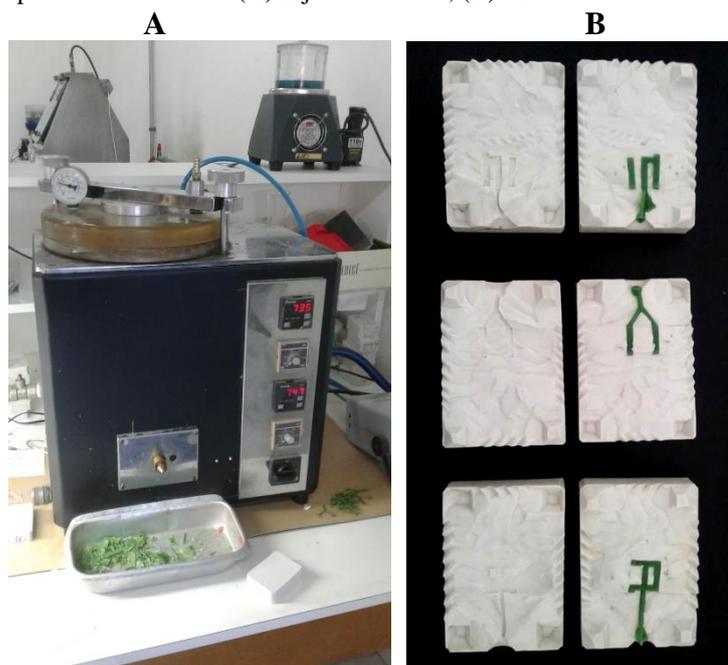


Fonte: Própria autora, 2019.

As mesmas etapas seguidas na criação do molde em silicone da primeira seção do pingente também foram executadas para a criação dos moldes da segunda e terceira seções, somando-se três moldes em silicone no total. Todos os moldes foram abertos com o auxílio de bisturi para que fosse feita a retirada dos protótipos de sua parte interna, permitindo que a cera ocupasse este espaço. A etapa de criação dos silicones foi realizada na empresa Studio Onze, localizada na cidade de Guaporé - RS. A empresa é especializada em desenhos 3D, usinagem em cera, prototipagem em resina, joias em prata e ouro e peças personalizadas e exclusivas.

Os moldes em silicone foram conectados à injetora de cera do fabricante BQZ (Figura 99A), a qual injetou a cera no interior do molde a uma temperatura de 72°C, preenchendo o espaço que antes continha o protótipo em resina. A Figura 99B mostra os silicones abertos e as ceras prontas para, enfim, serem unidas em uma única peça.

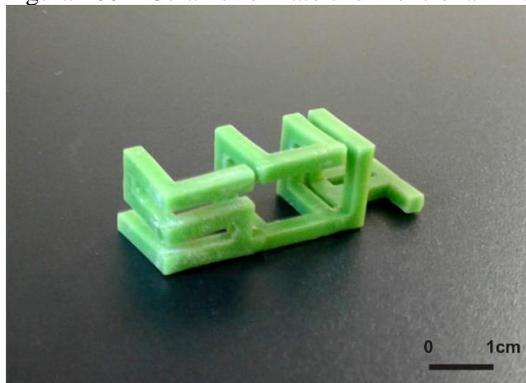
Figura 99 – Equipamentos e moldes: (A) Injetora de cera; (B) Moldes em silicone com ceras prontas



Fonte: Própria autora, 2019.

Após a retirada das peças em cera de dentro dos respectivos silicones, eliminaram-se os canais de alimentação da cera e uniram-se as peças com um soldador de estanho, obtendo-se a forma tridimensional desejada (Figura 100). Na conexão das três peças, percebem-se alguns problemas relacionados à simetria. Algumas partes da peça perderam sutilmente o paralelismo, principalmente a primeira seção, correspondente à letra S, que possui maior número de linhas paralelas se comparada às outras seções. Por ser considerado um problema estrutural de fácil resolução, a correção seria feita na peça final em prata, por meio de lixamento, polimento e ajuste manual da simetria.

Figura 100 – Cera no formato tridimensional final

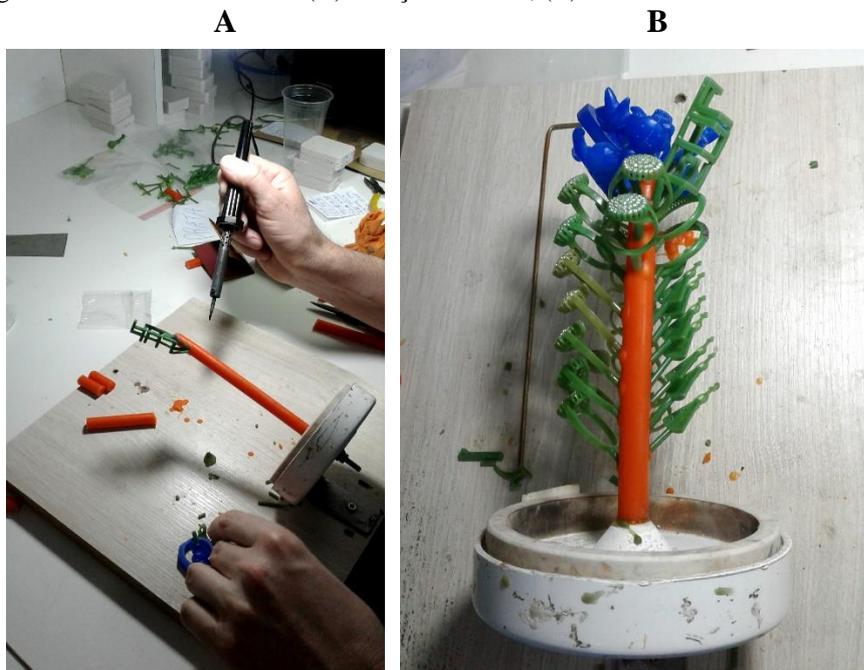


Fonte: Própria autora, 2019.

Do processo de injeção em cera em diante, até a finalização do conjunto, todas as etapas foram realizadas na empresa Magma Joias, localizada na cidade de Guaporé - RS. A empresa dedica-se à fabricação de joias, desde peças em ouro e prata até semijoias folheadas. Também trabalha com peças exclusivas, como alianças de casamento e anéis de formatura e noivado.

O modelo final em cera foi então fixado com o soldador em uma haste de cor laranja, também em cera. Outras peças que estavam na linha de produção da fábrica, aos poucos, também foram adicionadas a essa haste, formando uma árvore cheia de modelos.

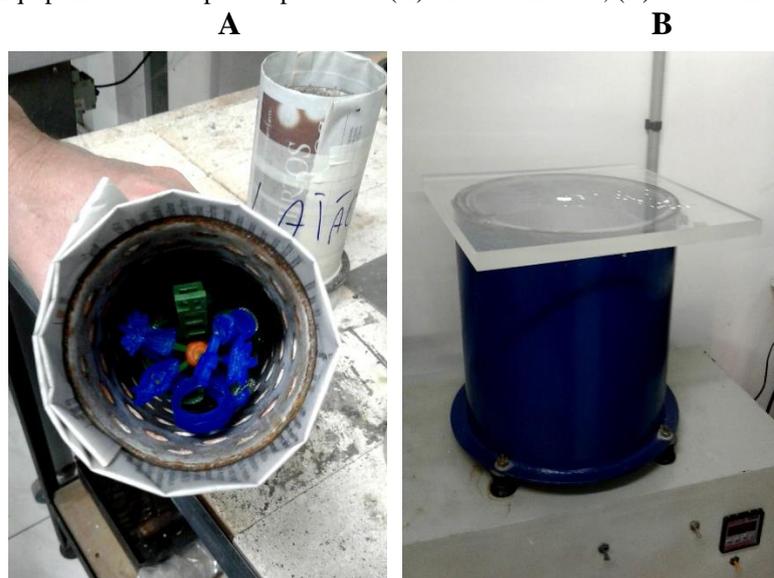
Figura 101 – Modelo em cera: (A) Fixação na haste; (B) Árvore com diversos modelos



Fonte: Própria autora, 2019.

Depois de a árvore ser finalizada, foi colocada dentro de um tubo de ferro identificado. Separadamente, foi feita uma mistura de água e gesso, a qual permaneceu durante dois minutos na bomba de vácuo, de marca Leybold, para a retirada de todo o ar do gesso. Em seguida, a mistura foi colocada dentro do tubo, até que o preenchesse totalmente. Durante 30 minutos, deixou-se o gesso acomodar-se dentro do tubo, que então foi levado ao forno.

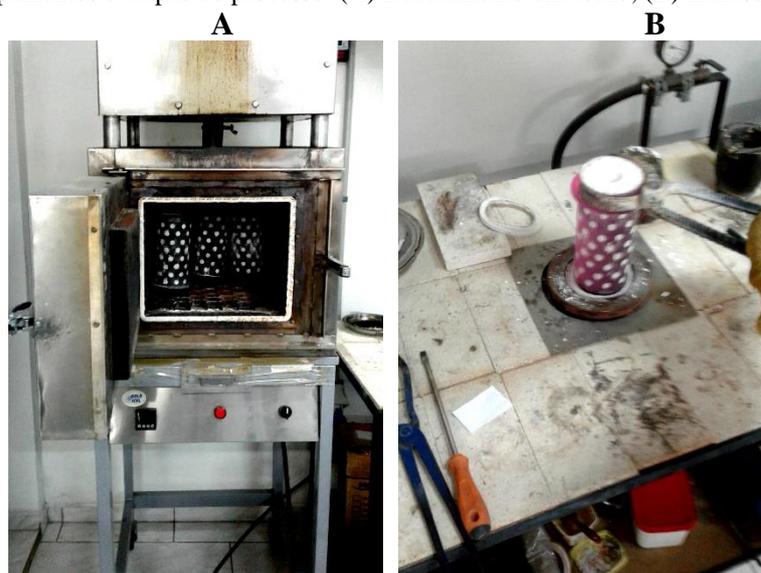
Figura 102 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Árvore em tubo; (B) Gesso em bomba de vácuo



Fonte: Própria autora, 2019.

O tubo foi colocado no forno, do fabricante Gold Ice, para ser feita a queima do gesso e o deceramento (Figura 103A), ou seja, a eliminação da cera do interior do gesso. A temperatura do forno aumenta gradativamente, de 21°C até 750°C. Quando atinge 750°C, a cera já foi completamente eliminada. Após um período de 12 horas no forno, o tubo foi retirado e colocado em uma câmara de vácuo, local onde é feito o vertimento da prata.

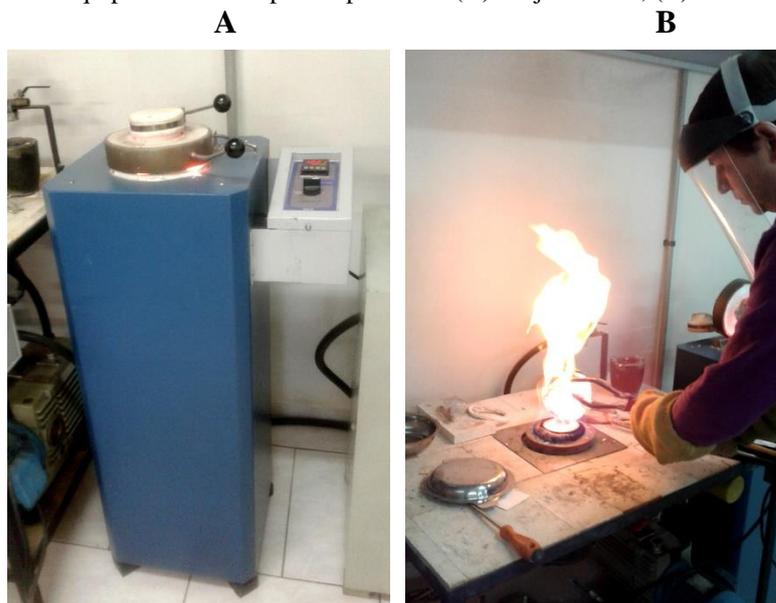
Figura 103 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Deceramento em forno; (B) Inclusora/câmara de vácuo.



Fonte: Própria autora, 2019.

No equipamento chamado de forja elétrica, também do fabricante BQZ (Figura 104A), a prata 925 foi fundida a uma temperatura de 1.030°C. Depois, foi retirada e colocada no molde em gesso, preenchendo toda a parte interna vazia (Figura 104B).

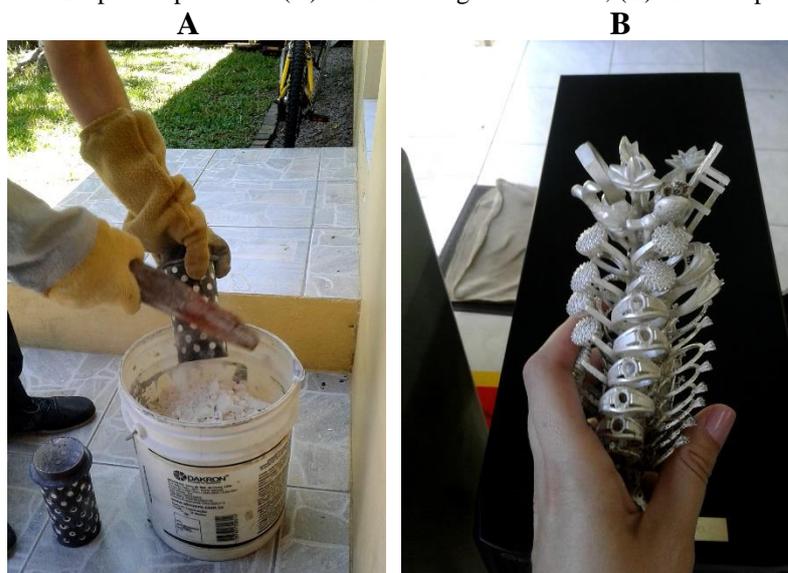
Figura 104 – Equipamentos e etapas do processo: (A) Forja elétrica; (B) Inclusão da prata



Fonte: Própria autora, 2019.

Para que o tubo esfrie gradualmente, ele é colocado à sombra, ao ar livre. Depois de resfriar, retira-se de seu interior a maior quantidade de gesso possível. Neste caso, utilizou-se um pequeno pedaço de madeira para efetuar leves batidas ao longo do tubo, ajudando a soltar o material. O gesso removido vai sendo despejado em um balde (Figura 105A), até que somente a árvore e poucos resíduos fiquem dentro do tubo. A árvore é então retirada e levada para a câmara de lavagem do fabricante BQZ, modelo Jet Clean. Na câmara de lavagem, a árvore é lavada com fortes jatos de água até que saia por completo todo o resíduo de gesso que ainda permanece colado ao metal. A Figura 105B mostra a árvore após a lavagem. Na sequência, cada peça anexada à árvore foi delicadamente retirada com o auxílio de um alicate pneumático, uma a uma, até que restasse apenas a haste inicial.

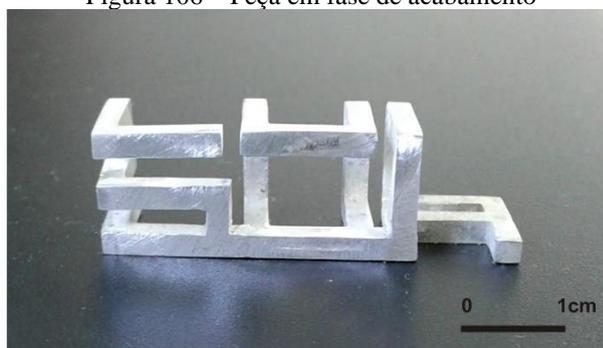
Figura 105 – Etapas do processo: (A) Retirada do gesso do tubo; (B) Árvore após lavagem



Fonte: Própria autora, 2019.

A peça, ainda em fase de acabamento (Figura 106), foi levada para a bancada de polimento, local onde as joias recebem o tratamento final. Com o auxílio de alguns instrumentos, como diferentes tipos de lima, alicate, lixa e chicote (ferramenta para desbastar e polir), foram sendo feitos os devidos ajustes, como as correções de simetria citadas anteriormente. Além disso, a peça também foi colocada em um equipamento chamado turbo magnético, da marca Otec, onde ficou imersa em um recipiente com agulhas polarizadas, água e solução de polimento. A tarefa das agulhas é lustrar as partes internas da peça, incluindo os detalhes mais finos.

Figura 106 – Peça em fase de acabamento



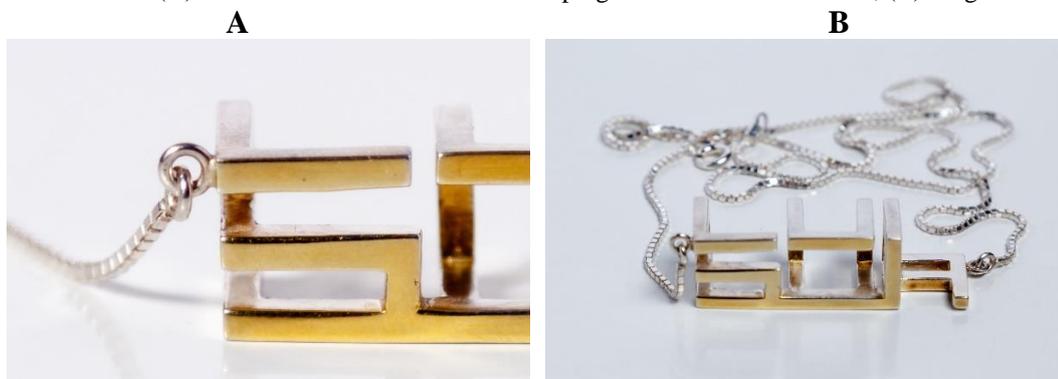
Fonte: Própria autora, 2019.

Após a finalização do acabamento desta primeira peça, determinada como o pingente do conjunto, uma corrente foi-lhe adicionada, assim formando um colar. Para unir-se ao pingente, escolheu-se uma corrente em prata 925, estilo veneziana, de 1,18mm de espessura. Abriu-se a corrente de modo que ficassem duas pontas disponíveis para conectar-se ao pingente.

Cada uma das duas pontas da corrente foi fixada em cada uma das duas laterais do pingente. O pingente é conectado à corrente por duas pequenas argolas – uma soldada na ponta da corrente e a outra soldada na lateral do pingente. A Figura 107A mostra o detalhe da união entre corrente e pingente em uma das laterais, mais precisamente a lateral que corresponde à primeira letra das palavras *sol* e *lua*. A outra lateral, correspondente às últimas letras das palavras, segue o mesmo método de união.

Optou-se, propositalmente, por fixar as duas pontas da corrente em lugares distintos das laterais do pingente, ou seja, o ponto escolhido para fixar uma das pontas em uma das laterais não corresponde ao mesmo ponto escolhido para fixar a outra ponta na outra lateral, como se pode observar na Figura 107B. O motivo da escolha de pontos distintos e diagonais entre si é que assim o pingente fica mais propenso ao giro quando dos movimentos do usuário. Pontos simétricos proporcionam estabilidade à peça, mas aqui o objetivo é deixá-la o mais livre possível para girar. Quanto mais o pingente modificar sua posição, mais facetas poderão ser observadas, propiciando distintas interpretações, dentre elas, a leitura das palavras *sol* e *lua*, e também estruturas tridimensionais abstratas.

Figura 107 – Colar: (A) Detalhe da união entre corrente e pingente em uma das laterais; (B) Pingente e corrente

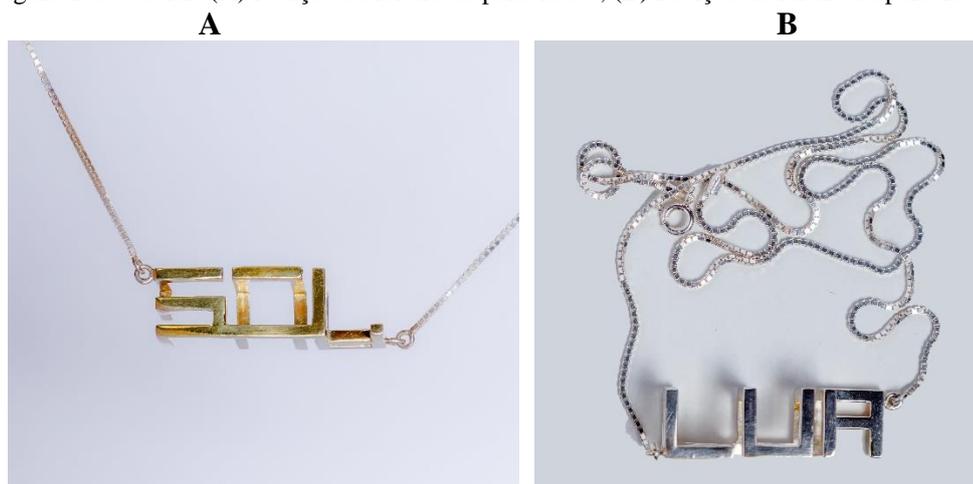


Fonte: Própria autora, 2019.

Decidiu-se realizar um acabamento superficial em algumas das faces do pingente. Este acabamento é executado por um equipamento chamado caneta anódica, do fabricante Electrogold. Trata-se de uma caneta de ponta fina e delicada que tem a finalidade de aplicar banho de ouro e também outros metais em pequenas partes de joias e bijuterias. Aqui o objetivo é aplicar banho de ouro em partes específicas do pingente. Quando a caneta é friccionada contra uma superfície em metal, neste caso, a prata, ela cria uma fina película que confere a esta superfície a cor ligeiramente dourada. Decidiu-se aplicar esta fina camada de ouro especificamente nas faces que, juntas, permitem a leitura da palavra *sol*.

A iniciativa de execução deste detalhe no acabamento final do pingente foi norteadada por dois motivos específicos. Um deles é que, assim como visto nos protótipos em madeira, faces que possuem diferentes cores auxiliam na leitura do objeto, uma vez que, quando os olhos conectam todas as faces que possuem a mesma cor, uma palavra ou figura se forma. O outro motivo é alusivo à simbologia utilizada pelos alquimistas, descrita na etapa de estudo dos materiais. Os alquimistas consideravam o ouro como o metal perfeito, então, atribuíram-lhe o símbolo que representa o sol, uma vez que o sol é dourado como o ouro. Para a prata, que era considerada o metal quase perfeito, atribuíram-lhe o símbolo que representa a lua, pois a lua é prateada como a prata. Com o acabamento superficial mencionado, a palavra *sol* é lida inteiramente na cor dourada, enquanto a palavra *lua* é lida na cor prateada, como a simbologia definida pelos alquimistas (Figura 108A e B).

Figura 108 – Colar: (A) Posição de leitura da palavra *sol*; (B) Posição de leitura da palavra *lua*



Fonte: Própria autora, 2019.

Deve-se lembrar que a joia pode e deve ser observada de outros ângulos. Quanto maior for o número de ângulos observados, maior é o número de formas tridimensionais abstratas que o pingente pode adquirir. A Figura 109 mostra outra possibilidade de observação, sem foco no ângulo que permite a leitura das palavras.

Figura 109 – Observação de um dos diferentes ângulos possíveis



Fonte: Própria autora, 2019.

Após a finalização do pingente, partiu-se para a execução dos brincos, para assim formar um conjunto, como determinado no início da etapa de desenvolvimento de produto. A execução do par de brincos partiu unicamente da primeira seção que compõe o pingente, a qual corresponde simultaneamente às letras S de *sol* e L de *lua*, excluindo-se a segunda e a terceira seções. Optou-se por compor os brincos apenas com uma das três seções pela necessidade de uma peça mais leve para as orelhas, já que a forma tridimensional completa seria muito pesada para esse fim. As três seções, juntas, pesam 11,6g, e a primeira seção isoladamente pesa 3,45g.

Uma vez realizadas as etapas de prototipagem em impressão 3D e de feitura dos moldes em silicone, o desenvolvimento dos brincos e/ou de quaisquer outras peças adicionais, desde que no mesmo formato e tamanho, torna-se mais fácil. Isso porque algumas etapas do processo, previamente realizadas na construção da forma tridimensional completa, não necessitam ser executadas novamente.

Dois novos modelos em cera foram feitos a partir do molde em silicone da primeira seção do pingente. Estes novos modelos foram fixados em uma nova árvore e seguiram a sequência de etapas de construção do pingente, que são: cobertura da árvore com cerâmica líquida; secagem da cerâmica e deceramento no forno; inclusão do metal; quebra do molde e acabamento final. A Figura 110 apresenta as duas peças que compõem a estrutura principal de cada um dos brincos, ambas ainda conectadas à árvore e sem acabamento. As peças são retiradas da árvore e levadas à bancada de polimento para receber o acabamento final, principalmente os ajustes de simetria, visto que essa seção foi a que apresentou mais problemas dessa natureza quando do desenvolvimento do pingente, em função da grande quantidade de linhas paralelas.

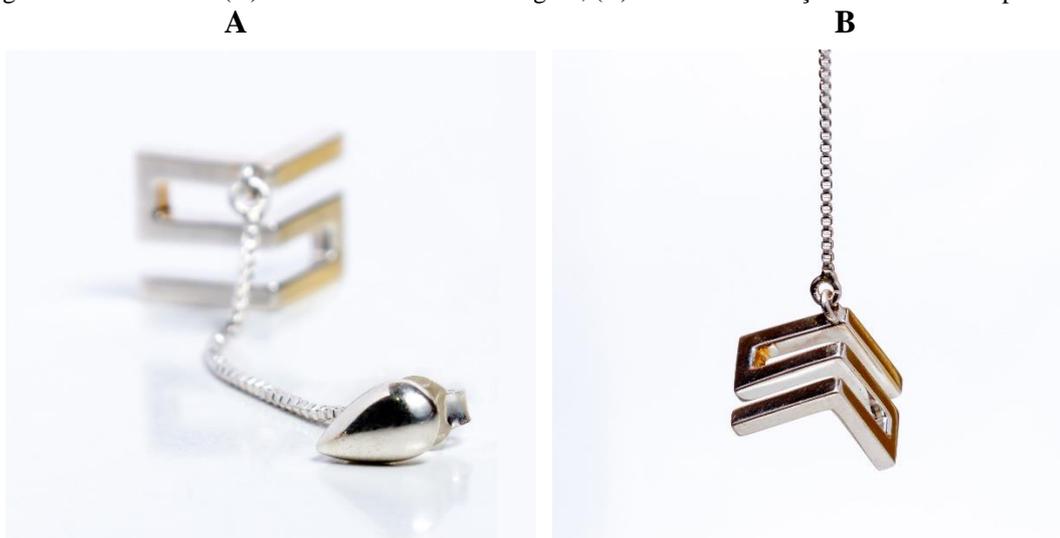
Figura 110 – Estruturas principais dos brincos conectadas à árvore



Fonte: Própria autora, 2019.

Feito o acabamento das peças, um segmento de corrente idêntica à do colar, em prata 925, estilo veneziana, com 1,18mm de espessura, foi unido às peças, compondo um brinco em formato de pendente, em que uma das pontas da corrente é fixada em um terminal com tarraxa, que serve para acomodar o brinco na orelha, e a outra ponta é conectada à peça. O terminal utilizado é em prata 925, em formato de gota (Figura 111A). A conexão da corrente com o elemento principal, o qual formará o pendente, é idêntica à conexão do colar, ou seja, o pendente é fixado exatamente no mesmo ponto por duas pequenas argolas (Figura 111B). O brinco, desde o terminal da orelha, passando pela corrente até o fim do pendente, tem 7cm de comprimento.

Figura 111 – Brincos: (A) Terminal em formato de gota; (B) Detalhe da fixação da corrente ao pendente



Fonte: Própria autora, 2019.

O elemento principal, ou pendente, também recebe acabamento superficial com caneta anódica. As faces que recebem a camada de ouro são exatamente as mesmas faces banhadas no pingente na primeira seção, ou seja, as faces que, juntas, permitem a leitura da letra S. A Figura

112 mostra o par de brincos dispostos de maneira que seja possível visualizar tanto as faces que levam o acabamento superficial, quanto as faces que apresentam o acabamento natural da prata, o que permite perceber o contraste entre os acabamentos.

Figura 112 – Par de brincos com destaque para nuances do acabamento



Fonte: Própria autora, 2019.

5.2 RESULTADOS

Notou-se que a dimensão final da peça não corresponde fielmente à dimensão determinada no modelo tridimensional virtual que a gerou. As medidas de largura, altura e profundidade do modelo tridimensional virtual são, respectivamente: 4 x 1,25 x 1,25cm. Já essas medidas no produto final são: 3,9 x 1,20 x 1,20cm. Portanto, houve uma redução de 1mm na largura total da joia e de 0,5mm na altura e na profundidade. Além disso, constatou-se redução de volume. Enquanto no modelo tridimensional virtual o volume da peça era 1,31cm³, no produto final, diminuiu para 1cm³. A peça em prata também foi pesada antes e depois da etapa de acabamento, que basicamente consiste no lixamento e polimento da joia. Antes do acabamento, o peso da peça era 15,4g; depois, 11,6g. A partir desses dados, conclui-se que houve uma perda de aproximadamente 24% do material.

A redução de medidas, peso e volume dá-se pelo desgaste ocasionado pelo lixamento e polimento da peça. Além de ser considerado um fator absolutamente normal e, inclusive, previsto, quando da fabricação de joias, a redução detectada é irrelevante no que diz respeito à leitura e interpretação da peça. Primeiro, porque a perda de material é imperceptível em termos visuais. Segundo, porque acontece de maneira uniforme, ou seja, não deixa nenhuma região mais deformada do que o restante ou desigual. Apesar de, neste caso, não haver interferência no resultado do produto final, sabe-se que, se necessário, é possível desenvolver uma peça com dimensões exatas. Para isso, basta alterar no modelo tridimensional virtual os mesmos

parâmetros analisados, prevendo que haverá a perda de material, ou seja, compensando o volume aproximado que será perdido. Cada projeto deve ser avaliado individualmente.

O custo total para a produção do colar foi R\$ 480,00. Neste valor, estão incluídos a prototipagem em resina fotossensível, a feitura de três moldes em silicone, todo o processo que envolve a fundição em prata, desde a injeção em cera até o acabamento final, e a corrente em prata. A prototipagem em resina teve o custo de R\$ 166,00, incluindo material e tempo de máquina. O feitiço dos três moldes em silicone teve o custo de R\$ 75,00, que também inclui o valor do material e o tempo de máquina. Já todo o processo envolvendo a fundição em prata e a corrente, também em prata, teve o custo total de R\$ 239,00.

Sabe-se que, para produzir dois ou mais pingentes iguais a esse, não haveria a necessidade de repetir ou refazer certas etapas, como a prototipagem e o feitiço dos moldes, por exemplo. Uma vez que os moldes em silicone são feitos, podem e devem ser utilizados na repetição de quaisquer peças em produção em série. Logo, o custo para produzir um segundo pingente, eliminando-se as etapas já realizadas, seria de R\$ 239,00, ou seja, o custo seria reduzido pela metade.

Quanto ao acabamento superficial feito por caneta anódica, notou-se que as faces banhadas adquiriram um tom uniforme e bem distribuído, porém, a cor é menos intensa do que se desejava. A diferença que existe entre as faces douradas e prateadas no que diz respeito à cor é sutil, e não marcante, como se gostaria. A diferença de cor é mais bem observada de perto. Além disso, um problema de polimento só foi percebido nesta etapa. Algumas faces da peça ficaram com a qualidade do polimento comprometida. Observou-se também que as faces prejudicadas no polimento eram as localizadas em áreas internas da forma tridimensional, ou seja, faces de difícil acesso. Esta característica só foi constatada quando do acabamento superficial com a caneta anódica, pois as regiões menos polidas ficaram mais escurecidas que as regiões onde o resultado do polimento foi satisfatório. Existem algumas ferramentas específicas para regiões de difícil acesso, a vassoura e a fresa, por exemplo. Logo, sabe-se que, quando de projetos futuros, este problema pode ser minimizado ou até mesmo corrigido, com o auxílio de algumas ferramentas especiais. Na Figura 113, os círculos vermelhos indicam, basicamente, três regiões do pingente que apresentaram falhas relacionadas ao polimento; logo, ficaram escurecidas quando do acabamento com a caneta anódica.

Figura 113 – Regiões escurecidas por falta de polimento adequado



Fonte: Própria autora, 2019.

A decisão de construir um par de brincos deveu-se não apenas à intenção de compor um conjunto com o colar, mas principalmente pela possibilidade de corrigir falhas detectadas no desenvolvimento e construção do pingente. O principal aspecto a ser melhorado nos brincos é a questão do polimento. As faces localizadas em partes mais internas da forma tridimensional, ou seja, com acessos mais restritos, tiveram a qualidade de polimento comprometida. O fato de cada um dos brincos conterem apenas uma seção do pingente, e não a forma tridimensional completa, possibilita que a face anteriormente escurecida por falta de polimento no pingente agora possa ser mais bem polida no brinco por conta de haver acessos mais livres. Dessa maneira, a falha cometida anteriormente no pingente foi corrigida nos brincos, apontando-se a preocupação em superar eventuais erros percebidos ao longo do caminho. Também foi visualizada a possibilidade de evitar que essas falhas aconteçam em projetos futuros, tendo sempre em mente, durante o processo criativo, a melhoria dos acessos das faces internas da forma tridimensional que está sendo desenhada.

O custo para a produção do par de brincos foi R\$ 152,00. Neste valor, está incluído todo o processo que envolve a fundição em prata, desde a injeção em cera até o acabamento final. Também inclui a corrente e o terminal em prata. A prototipagem em resina e o feitiço do molde em silicone não tiveram custo, pois já tinham sido executados.

A Figura 114 mostra o conjunto completo, que consiste em par de brincos em formato de pendente e colar com pingente. Na imagem, é possível visualizar o ponto de observação do pingente que permite a leitura da palavra *sol*.

Figura 114 – Conjunto de colar e brincos



Fonte: Própria autora, 2019.

Já na Figura 115, pode-se ver o ponto de observação do pingente que permite a leitura da palavra *lua*.

Figura 115 – Pingente em ponto de vista que permite a leitura da palavra *lua*

Fonte: Própria autora, 2019.

O pingente pode e deve ser utilizado de maneira que o seu giro seja espontâneo, de acordo com os movimentos corporais do usuário, permitindo uma diferente leitura a cada nova posição. Dentre distintas possibilidades de observação, um exemplo pode ser conferido na Figura 116A. O pingente pode ficar centralizado no peito ou ser propositalmente deslocado para uma das laterais (Figura 116B).

Figura 116 – Conjunto: (A) Distintos pontos de vista; (B) Posicionamento descentralizado do pingente



Fonte: Própria autora, 2019.

Os testes experimentais em madeira e em diferentes tipos de polímero sugerem a possibilidade de uso das formas tridimensionais anamórficas desenvolvidas em outros produtos, ampliando as possibilidades de aplicação da anamorfose no design. As Figuras 117A e B mostram que o objeto em madeira que permite a leitura das palavras *sol* e *lua*, por ter determinados nichos em sua estrutura tridimensional, também pode ser utilizado como um organizador multifuncional para pequenos objetos do dia a dia, acomodando-os em suas repartições. Pode ser utilizado no escritório, organizando agendas, blocos de notas, canetas, marcadores, lápis e borrachas. Também pode ser utilizado na cozinha ou na sala de jantar, como um centro de mesa que acomoda talheres de variados tipos, além de guardanapos e potes para temperos e palitos de dente.

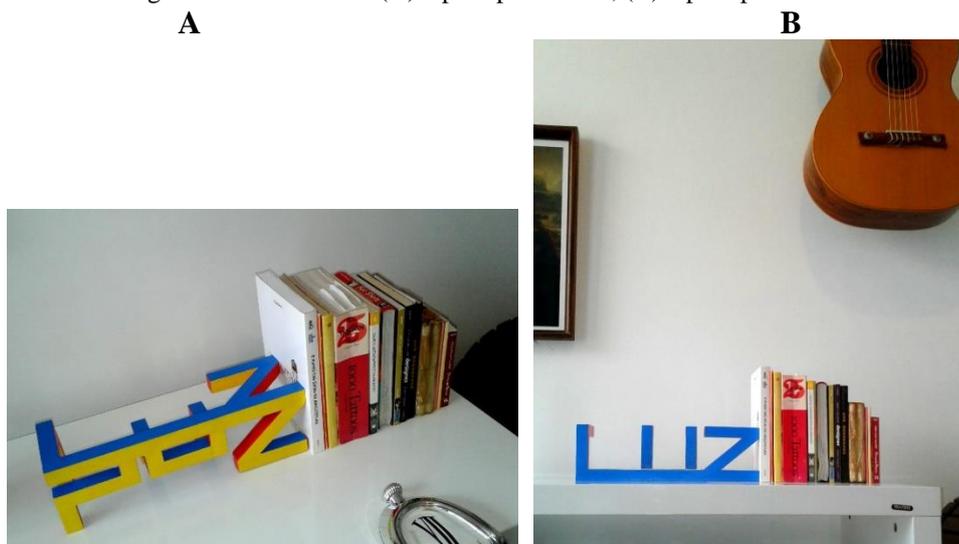
Figura 117 – Produtos: (A) Organizador multifuncional de escritório; (B) Organizador multifuncional de cozinha



Fonte: Própria autora, 2019.

O outro objeto em madeira, que permite a leitura das palavras *paz* e *luz*, por conta do tamanho e das escoras laterais, pode também ser utilizado no escritório como apoio para livros (Figuras 118A e B). Vale lembrar que, em qualquer uma dessas sugestões de aplicação em produtos, além das funcionalidades descritas, os objetos atuam como peças decorativas que podem ser manipuladas, desvendando diferentes leituras e interpretações.

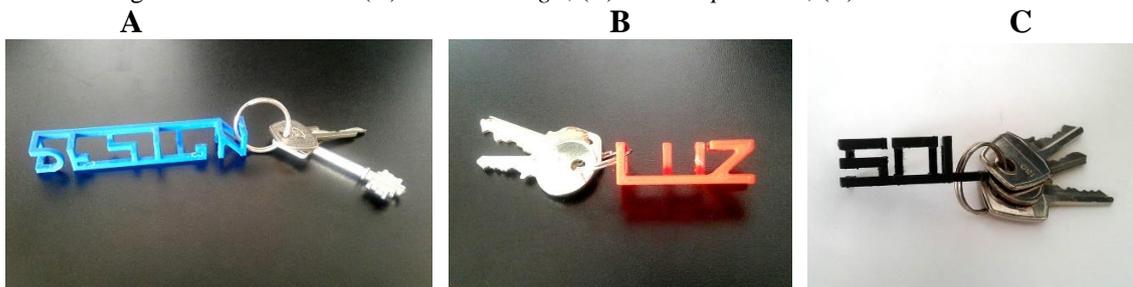
Figura 118 – Produtos: (A) Apoio para livros; (B) Apoio para livros



Fonte: Própria autora, 2019.

Já os protótipos em diferentes tipos de polímero, por serem pequenos e leves, podem acomodar chaves na função de chaveiro. É necessário apenas uma fina argola metálica que sirva de conexão entre as chaves e a impressão 3D. A argola é simultaneamente conectada às chaves e a alguma das partes laterais da impressão, de forma que não seja possível se desconectarem. Em produtos futuros, as palavras projetadas podem sinalizar o lugar a que o molho de chaves pertence, por exemplo, permitindo a leitura das palavras *casa*, *trabalho* ou outras expressões que sinalizem ou indiquem uma informação, até mesmo nomes próprios, nomes de empresas ou iniciais.

Figura 119 – Produtos: (A) Modelo *design*; (B) Modelo *paz e luz*; (C) Modelo *sol e lua*



Fonte: Própria autora, 2019.

Levando-se em consideração a aplicação em produtos das formas tridimensionais aqui desenvolvidas e, por conseguinte, a possibilidade de sua comercialização, verifica-se a necessidade de proteção da propriedade intelectual. De acordo com o *site* oficial da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2018), a proteção da propriedade intelectual no ambiente universitário reforça a valorização do conhecimento gerado pelos pesquisadores e professores, além de favorecer a interação das universidades com as empresas. No Brasil, o órgão responsável pela proteção da propriedade intelectual é o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI). A Lei de Propriedade Industrial nº 9.279/96 regula os direitos e as obrigações relativos à propriedade industrial.

Tendo-se em conta o interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do país, a proteção dos direitos relativos à propriedade intelectual efetua-se mediante algumas situações, e uma delas é a concessão de registro de desenho industrial. Conforme informações disponíveis no *site* oficial do INPI (2018), é registrável como desenho industrial a forma plástica ornamental de um objeto ou conjunto ornamental de linhas que possam ser aplicadas em produtos, proporcionando um visual estético inovador e original na sua configuração externa.

Tendo em vista a importância da proteção da propriedade intelectual, principalmente em casos em que existe a possibilidade de comercialização do desenho aplicado a um produto, foram encaminhados pedidos de registro de desenho industrial. Estes pedidos são relativos às três formas tridimensionais criadas nesta pesquisa, ou seja, as formas finais com os devidos ajustes realizados ao longo dos testes, reunidas na Figura 91, localizada na página 116. Os pedidos de registro foram enviados ao INPI em 17 de novembro de 2017 via Sedetec, que é a Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico, localizada na Praça Argentina, prédio Château, número 11.102, Campus Centro da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Na data de 20 de março de 2018, o INPI concedeu na íntegra os três registros de desenho industrial solicitados, sem quaisquer alterações ou ajustes de documentação ou conteúdo. Uma vez concedido o pedido pelo estado, ele é válido em território nacional. A documentação correspondente, que consiste nos três certificados de registro de desenho industrial, encontra-se em anexo (Anexos A, B e C).

Esses registros de desenho industrial, em específico, resguardam o direito de aplicação e comercialização das formas tridimensionais em uma determinada categoria ou classe de produtos. A categoria escolhida é chamada de *Ornamento, decoração, adorno e joia*. Esta categoria possui cinco subdivisões, que são: joias e bijuterias; bibelôs, ornamentos de mesa, de

lareira ou de parede, vasos e potes de flores; medalhas e emblemas; flores, frutas e plantas artificiais; e bandeiras e decorações festivas. Cada uma dessas cinco subdivisões possui uma gama variada de produtos e aplicações.

A subdivisão *Joias e bijuterias* contempla a aplicação nos seguintes produtos: alfinetes, alianças de casamento, anéis, anéis de sinete, artigos para cabelo, berloques, braceletes, brilhantes, **brincos**, broches, colares, **conjuntos de joias**, cordões de adorno, correntes, diademas, diamantes solitários, elos de braceletes, elos de pulseiras, grampos, medalhões, objetos religiosos, pedras preciosas, pérolas, *piercings*, **pingentes**, pulseiras e rosários.

A subdivisão *Bibelôs, ornamentos de mesa, de lareira ou de parede, vasos e potes de flores* permite as seguintes aplicações: aquários para flores, artigos ornamentais de vidro, bacias de fonte, baixos-relevos, caixas para flores de interior, **centros de mesa**, cerâmica, cestos ornamentais, crucifixos, **esculturas**, estatuetas, figuras para presépios de Natal, figurinhas, imãs, gnomos de jardim, jarras, louças, móveis, mosaicos, ornamentos para lareira, **ornamentos para mesa**, ornamentos para parede, pias, queimadores de incenso, suporte para flores, troféus e vasos para ornamentação.

Medalhas e emblemas sugere a aplicação em *buttons*, cartões, emblemas e medalhas. Já *Flores, frutas e plantas artificiais* contempla: árvores de Natal artificiais, coroas de flores, decorações de flores, flores artificiais, folhas artificiais, frutas artificiais, grinaldas de flores, imitações de vegetação e ramos de arbustos artificiais. Por fim, a subdivisão *Bandeiras e decorações festivas* sugere aplicações em: bandeiras, bolas de decoração, brasões, decorações para árvore de Natal, decorações festivas, estandartes, flâmulas, grinaldas, mastros de bandeira, meias de Natal, porta-velas para árvore de Natal, presépios de Natal, rosetas e serpentinas.

Os registros de desenho industrial resguardam o direito de aplicação das formas tridimensionais criadas em quaisquer um dos produtos citados anteriormente. Aqueles destacados em negrito correspondem às aplicações já testadas nesta pesquisa.

6 PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA APLICAÇÃO DO CONCEITO DA ANAMORFOSE NO DESIGN DE JOIAS

Este capítulo tem o intuito de desenvolver uma proposta de metodologia para a compreensão e aplicação do conceito da anamorfose no design de joias. Trata-se da sugestão de um fluxo de trabalho a ser seguido por outros designers. Estas diretrizes agregam ao vocabulário projetual de designers de joias novas formas de revelar imagens que emergem da joia conforme o movimento e o ponto de observação do produto.

Primeiramente, recomenda-se iniciar o processo criativo mediante a utilização de diferentes técnicas tradicionais de desenho à mão livre, uma vez que aqui o objetivo é alcançar liberdade criativa e espontaneidade na criação dos primeiros desenhos. Neste momento, cabe elaborar, no mínimo, três possibilidades diferentes de desenhos tridimensionais anamórficos, permitindo que as formas evoluam no decorrer das etapas seguintes e que a escolha da melhor forma seja ao final do processo criativo.

Para a execução dos primeiros protótipos, elegem-se técnicas artesanais e/ou semi-industriais de intimidade do projetista. É importante que este tenha familiaridade com as técnicas tradicionais utilizadas, de maneira que o foco desta etapa se concentre no estudo e entendimento da anamorfose. Da mesma forma, os materiais utilizados para a confecção dos protótipos devem ser comuns ao manuseio do projetista, e não necessariamente os materiais que posteriormente serão aplicados no produto final.

Nesta fase, também é importante o emprego de escalas consideradas amplas no universo da joalheria, no intuito de facilitar o reconhecimento de possíveis erros estruturais, geométricos e de leitura. A utilização de cores nas diferentes faces do objeto tridimensional – prioritariamente, tons contrastantes entre si – também serve como auxílio para visualização e avaliação do efeito anamórfico. Após, parte-se para a construção dos primeiros protótipos com base nos desenhos à mão livre, com possibilidade de correção e adaptação de falhas estruturais quando for preciso.

Na sequência, modelam-se tridimensionalmente, em *softwares* de modelagem 3D, os mesmos modelos desenhados à mão livre e executados anteriormente, já com os devidos ajustes estruturais necessários. Buscam-se tecnologias inovadoras no design de produto, especialmente no design de joias, que disponham de alta precisão dimensional, rapidez de fabricação e bom acabamento final. Conseqüentemente, selecionam-se materiais adequados à tecnologia escolhida, distintos dos materiais testados anteriormente. O objetivo é ampliar a gama de materiais e tecnologias testadas, enriquecendo o vocabulário projetual.

Aqui, recomenda-se testar novas escalas, preferencialmente com medidas mais próximas das utilizadas no âmbito da joalheria. Parte-se, então, para a construção de novos protótipos em outros materiais, escalas e tecnologias ainda não testados, e automaticamente incluem-se a correção e adaptação geométrica e estrutural desses protótipos, se houver necessidade.

Modela-se tridimensionalmente, agora em *software* de modelagem 3D próprio para joalheria, a forma que teve melhor desempenho nos testes até o momento, com os devidos ajustes estruturais. Para a execução desses protótipos, seleciona-se a tecnologia própria para fabricação de protótipos direcionados especificamente ao setor joalheiro, optando-se pelo material adequado, conforme intenções de acabamento e tratamento de superfície do produto final. A fabricação desse protótipo deve ser em escala real.

No caso da utilização do processo de fundição por cera perdida para a fabricação da joia, como ocorre neste trabalho, o último protótipo construído servirá de referência para a construção do modelo em cera; por esse motivo, deve estar o máximo possível em concordância com o produto final. Finalmente, elegem-se os materiais que comporão o produto, e fabrica-se a joia. O acabamento é então revisado, incluindo-se, por fim, detalhes que compõem o produto, como, por exemplo: colar, fecho, terminal e tarraxa.

O infográfico a seguir foi desenvolvido com o objetivo de resumir a proposta de metodologia por meio de um formato tanto ilustrativo quanto de fácil visualização e compreensão. Trata-se de um fluxo de trabalho simples, composto por nove etapas, para auxiliar outros designers na aplicação da anamorfose ao design de produtos, especialmente, ao design de joias. O formato circular e as bandeiras coloridas foram propositalmente escolhidos e fazem alusão à teoria das cores, elemento conhecido e presente tanto nos processos criativos quanto em outras etapas projetuais utilizadas no desenvolvimento de produtos.

Figura 120 – Infográfico para aplicação da anamorfose no design de joias



Fonte: Própria autora, 2019.

7 CONCLUSÃO

No decorrer deste trabalho, foi percebida a necessidade de andamento da *teoria* em paralelo à *prática*, de forma que as informações bibliográficas pudessem servir de guia para as experiências laboratoriais, e vice-versa. Também se fez uso de dois tipos de discurso: o texto e as imagens. O argumento iconográfico deve ser entendido como tão significativo quanto o escrito, e não apenas como ponto de apoio para o texto.

A pesquisa envolveu temáticas distintas, porém, complementares. Transitou da investigação acerca da técnica da anamorfose, passando pela utilização de diferentes tipos de materiais e estendendo-se até a aplicação de distintos processos de fabricação. Foi por meio da revisão de cada uma dessas temáticas que a proposição final foi direcionada.

O estudo dos materiais fez-se necessário para conhecer o potencial das matérias-primas com fins de aplicação em projeto de produto. O desafio foi justamente conhecer melhor esses recursos para, por intermédio do *design* e da *tecnologia*, saber utilizá-los com vistas a otimizar seu aproveitamento e valorizar ao máximo o material.

Na primeira etapa dos testes experimentais, houve a preocupação em minimizar o impacto ambiental, aproveitando-se descartes de madeira. Considera-se importante reinserir resíduos descartados no processo produtivo industrial não só porque prolonga a vida útil desses materiais, mas também porque diminui o impacto ambiental e ajuda a manter a sustentabilidade dessas fontes em longo prazo.

Além disso, a seleção dos materiais – naturais, polímeros e metais – auxiliou no contato com as três tecnologias propostas – técnicas de marcenaria, impressão 3D e fundição por cera perdida. Cada material recebeu a interferência de uma das três tecnologias escolhidas.

Ao lado do uso de diferentes tipos de materiais e da utilização de distintas tecnologias – tradicionais e inovadoras –, esteve o *design*, considerado como elemento estratégico de gestão industrial, uma vez que se reflete diretamente na aceitação ou não dos produtos no mercado. Nesse sentido, fez-se necessário destacar alguns pontos que evidenciam a importância do *design* quando do desenvolvimento de projetos, principalmente se direcionados para a indústria joalheira, como é o caso desta pesquisa.

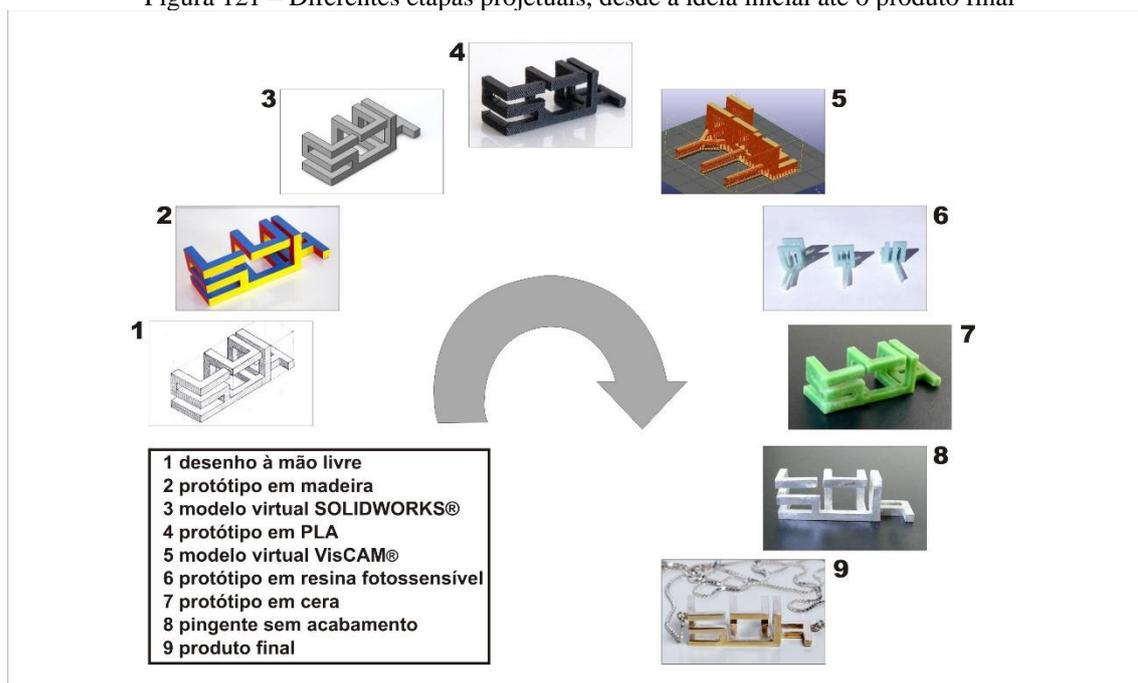
A aplicação da técnica da anamorfose para desenvolvimento de estruturas tridimensionais a partir de letras que formam palavras anamórficas foi satisfatória. O estudo dos diferentes tipos de anamorfose auxiliou no entendimento da técnica e na elaboração das estruturas tridimensionais, além de nortear o desenvolvimento de um conjunto de joias com aparência inovadora, uma vez que ilustram desenhos de alta complexidade e transformação,

que podem ser interpretados de diversas maneiras, dependendo do ponto de vista de onde são observados. Os desenhos de alta complexidade podem ser considerados inovadores, pois, como foi possível constatar no tópico “Estado da arte”, são raros os exemplos em joalheria que se assemelham à técnica da anamorfose, mais ainda os que têm sua aplicação propriamente dita. Considerou-se este fato de vital importância, principalmente se for levado em conta que as joias vivem um momento de diferenciação, em que o mercado requer uma nova tipologia, demandando peças autênticas, inovadoras e genuínas, com valor agregado e diferencial competitivo.

A etapa de estudos de aplicabilidade mostrou-se de grande valia, pois permitiu o contato com as tecnologias previstas para a realização deste trabalho, auxiliou na seleção de materiais e definiu parâmetros para interferência nos materiais selecionados. Os resultados foram utilizados para o desenvolvimento do conjunto de joias, e a proposta apresentou-se viável, atendendo a requisitos que reúnem estética, técnica e funcionalidade. O resultado foi um conjunto no qual permanece a criatividade do designer e, ao mesmo tempo, se percebe a aplicação das tecnologias tradicionais e inovadoras.

A figura abaixo mostra sequencialmente as diferentes etapas projetuais, desde o início da concepção de ideias até a fabricação do produto final. A imagem que segue o número 1 na Figura 121 destaca o desenho inicial em perspectiva isométrica feito à mão livre. O número 2 mostra o primeiro protótipo deste modelo, construído em madeira por meio de diferentes técnicas de marcenaria. O número 3 aponta o modelo tridimensional virtual criado no SOLIDWORKS® 3D. O 4 ilustra o segundo protótipo deste modelo, construído em polímero PLA mediante a tecnologia FDM de impressão 3D. Já o número 5 salienta o modelo tridimensional virtual no *software* VisCAM®. O número 6 demonstra o protótipo executado em resina fotossensível por tecnologia SLA de impressão 3D. O 7 mostra a peça construída em cera, já direcionada para o produto final. O número 8 registra o pingente em prata, ainda sem acabamento. Por fim, o número 9 destaca o resultado do produto final acabado – pingente e colar.

Figura 121 – Diferentes etapas projetuais, desde a ideia inicial até o produto final



Fonte: Própria autora, 2019.

Ao final do trabalho, estas etapas projetuais que apontam o caminho percorrido para a aplicação da anamorfose no design de produtos serviram como ponto de apoio para o desenvolvimento de uma metodologia.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como continuidade desta pesquisa, sugere-se a execução de testes estruturais que verifiquem a possibilidade de reduzir a quantidade de prata sem comprometer a qualidade da estrutura ou torná-la frágil. Acredita-se que a estrutura possa ser consideravelmente reduzida no que tange à quantidade de material por meio de uma seção mais fina, o que baratearia a joia e também a tornaria mais leve e delicada. A quantidade de material utilizada na primeira versão do produto visava principalmente a garantir a firmeza estrutural da peça. No entanto, essa quantidade pode e deve ser reavaliada, uma vez que a primeira versão atendeu aos requisitos necessários.

Além disso, todas as estruturas desenvolvidas aqui podem ser direcionadas para outros produtos ainda não aplicados nesta pesquisa, principalmente aqueles que estão sob respaldo do registro industrial. Sugere-se testar desenhos mais orgânicos, mais fluidos, e também numerais, já que muitas joias sinalizam números e datas importantes, como as de casamento, formatura e aniversário, entre outras.

BIBLIOGRAFIA

- ABDID – Associação Brasileira de Desenhistas de Interiores e Decoradores. **Madeira na arquitetura, construção e mobiliário**. 1. ed. Porto Alegre: UniRitter, 2016.
- AHRENS, C. H. *et al.* **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.
- ALENCAR, A. T. S. Peter Eisenman e o desconstrutivismo. In: **V Encontro de História da Arte**, São Paulo, UNICAMP, 2009.
- ASHBY, M. F; JONES, D. R. H. **Engenharia de materiais: uma introdução a propriedades, aplicações e projeto**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ATALAY, B. **A matemática e a Mona Lisa: a confluência da arte com a ciência**. 2. ed. São Paulo: Mercury, 2007.
- BAIÃO, F. J. **Funcionalidades e tecnologias da impressora 3D**. 2012. 46f. Trabalho final de graduação (Graduação em Engenharia de Computação) – Universidade São Francisco, Faculdade de Engenharia, Itatiba, 2012.
- BATH SHEBA. **Bathseba Sculpture**. 2019. Disponível em: <<http://www.bathsheba.com/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.
- BAZIN, G. **Barroco e rococó**. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- BEEVER, J. **Julian Beever oficial website**. 2017. Disponível em: <<http://www.julianbeever.net/>>. Acesso em: 13 mar. 2017.
- BELL, J. **Uma nova história da arte**. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- BERNARDO, A. **Catálogo**. 2018. Disponível em: <<http://www.antoniobernardo.com.br/>>. Acesso em: 29 set. 2018.
- BOISSIERI, O. **Architecture for the future**. 1. ed. Paris: Terrail, 1996.
- BORNANCINI, J. C.M; PETZOLD, N. I; ORLANDI, H. **Desenho técnico básico: fundamentos teóricos e exercícios a mão livre**. 4. ed. Porto Alegre: Sulina, 1987.
- BQZ. **Resinas**. 2018. Disponível em: <<http://www.bqz.com.br/>>. Acesso: em: 09 fev. 2018.
- BROD, G. A; BORDA, A. Espaço digital para experimentos de anamorfose: um estímulo ao processo criativo. In: **Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, Rio de Janeiro, 2011.
- CALLISTER, W. D; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- CAPES. **Tabela de áreas de conhecimento/avaliação**. 2016. Disponível em: <http://www.capes.gov.br>. Acesso em: 01 set. 2016.

CARVALHO, B. A. **Perspectiva**. 1. ed. Rio de Janeiro: Livro Técnico, 1957.

CARVALHO, C. A. A. **III Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: síntese das conclusões e recomendações**. 1. ed. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, 2006.

CAUVIN, C. Transformações cartográficas espaciais e anamorfozes. In: DIAS, M. H. (coord.). **Os mapas em Portugal: da tradição aos novos rumos da cartografia**. 1. ed. Lisboa: Edições Cosmos, 1995.

CHI HA PAURA. **Collection**. 2018. Disponível em: <<http://www.chihapaura.com.br/>>. Acesso em: 02 out. 2018.

CHIESA, C. **Perspectiva: elementos racionais para o uso prático**. 9. ed. São Paulo: Hemus, 1980.

CIDADE, M. K. **Design e tecnologia para a joalheria: microtomografia da gravação a laser CO2 em ágata e implicações para projetos com desenhos vetoriais**. 2017. 106f. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2017.

CODINA, C. **Joalheria**. 1. ed. Lisboa: Estampa, 2000.

CONTI, F. **Como reconhecer a arte barroca**. 1. ed. Lisboa: Edições 70, 1991.

COPRUCHINSKI, L. **A arte de desenhar joias**. 1.ed. Curitiba: Lélia Copruchinski, 2011.

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Metais preciosos e gemas**. 2018. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

CRUA DESIGN. **Conceito**. 2019. Disponível em: <<http://cruadesign.com/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

DICCIONARIO enciclopédico U.T.E.H.A. 4. ed. México: Union Tipografica Editorial Hispano Americana, 1950.

DICIONÁRIO da língua portuguesa com acordo ortográfico. 1. ed. Porto: Porto Editora, 2014.

DICTIONNAIRE encyclopédique Quillet. 1. ed. Paris: Librairie Aristide Quillet, 1952.

DIMITROV, D; SCHREVE, K; BEER, N. Advances in three dimensional printing – state of the art and future perspectives. In: **Rapid Prototyping Journal**, Stellenbosch, MCB, 2006.

DORIA, C. **Curso de perspectiva e sombras**. 1. ed. Curitiba: [s.n.], 1958.

ENCYCLOPAEDIA Britannica: A New Survey of Universal Knowledge. 1. ed. Londres: Encyclopaedia Britannica, 1953.

ENVISIONTEC. **Professional grade 3D printers EnvisionTEC**. 2018. Disponível em: <<http://envisiontec.com>>. Acesso em: 02 out. 2018.

ERNST, B. **O espelho mágico de M. C.** 3. ed. Escher. Berlin: Taschen, 1991.

FERREIRA, H. Entre a realidade e o engano: as anamorfozes na comunicação visual. In: **Visualidades**, Goiânia, 2016.

FIGUEIREDO, C. D. C; SANTOS, C. Oficina de anamorfose: uma nova forma de aprendizagem. In: **Omnia Humanas**, São Paulo, FAI, 2009.

_____. Anamorfose: história, pesquisa e ensino. In: **XXII Congresso de Iniciação Científica da UNESP**, São Paulo, PROPe/Unesp, 2010.

FUTURE FACTORIES. **Digital creativity by Product Artist Lionel Theodore Dean**. 2018. Disponível em: <<http://www.futurefactories.com/>>. Acesso em: 02 out. 2018.

GIBSON, I.; ROSEN, D. W.; STUCKER, B. **Additive manufacturing technologies: rapid prototyping to direct digital manufacturing**. 2. ed. New York: Springer Heidelberg Dordrecht London, 2010.

GOLA, E. **A joia: uma pesquisa histórica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial e Projeto de Produto) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2002.

_____. **A joia: história e design**. 2. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2013.

GOMES, P. M; SOARES, C. C. P. Anamorfozes: um resgate das técnicas da perspectiva cônica. In: **Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico**, Rio de Janeiro, 2011.

GRANDE Enciclopédia Larousse Cultural. 2. ed. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

GRASSI, V. G; FORTE, M. M. C. Aspectos morfológicos e relação estrutura-propriedades de poliestireno de alto impacto. **ABPol**, São Paulo, vol.11, n.3, 2001.

GULHÁEV, A. P. **Metais e suas ligas: estrutura, propriedades e aplicação industrial**. 1. ed. Moscou: Mir, 1981.

HALL, C. **Pedras preciosas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 1997.

HEINIGER, J; ERNST, A. **Le grand livre des bijoux**. 1. ed. Suíça: Edita Lausanne, 1974.

HOGBEN, L. **Maravilhas da matemática**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1970.

HOUAISS, A. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa**. 1 ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

HULL, C. W. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. **US Pat.**, v.4, ago. 1984.

HURWITZ, J. **Art of Jonty Hurwitz**. 2017. Disponível em: <<http://www.jontyhurwitz.com>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

IBGM – Instituto Brasileiro de Gemas e Metais Preciosos; DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. **Manual técnico de gemas**. 3. ed. Brasília: DNPM, 2005.

INNOVA DESIGN. **Efeito anamórfico**. 2017. Disponível em: <<http://designinnova.blogspot.com.br>>. Acesso em: 29 abr. 2017.

INPI. **Registro de Desenho Industrial**. 2018. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

JADE TRADING. **Investment Casting, Lost Wax Casting**. 2014. Disponível em: <<http://jadetrading.wpengine.com>>. Acesso em: 05 mar. 2018.

JANSON, H. W. **Historia del arte**: panorama de las artes plásticas de la Prehistoria a nuestros días. 2 ed. Barcelona: Labor, 1965.

KAY, N. W. **Carpintería de armar y de taller**. 3. ed. Barcelona: Gustavo Gili S. A., 1972.

KENT, P. **Art of anamorphosis**. 2001. Disponível em: <<http://www.anamorphosis.com>>. Acesso em: 23 fev. 2017.

KLEFER. **Marketing Esportivo**. 2017. Disponível em: <<http://www.klefer.com.br>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

KLIAUGA, A; FERRANTE, M. **Metalurgia básica para ourives e designers**: do metal à joia. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2009.

KOBRA, E. **Biografia de Eduardo Kobra**. 2017. Disponível em: <<http://eduardokobra.com>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

LEROI-GOURHAN, A. **Préhistoire de l'art occidental**. 1. ed. Paris: Éditions d'art Lucien Mazenod, 1965.

LÉVY, J. Espace. In: **DICIONNAIRE de la géographie et de l'espace des sociétés**. 2. ed. Paris: Belin, 2003.

LIMA, M. A. M. **Introdução aos materiais e processos para designers**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2006.

LIMA, R. A. F. **Anamorfose**: a matemática na anamorfose. 2006. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/13140985/A-Matematica-Na-Anamorfose>>. Acesso em: 22 out. 2016.

LIPSON, H.; KURMAN, M. **Fabricated**: The New World of 3D Printing. 1. ed. Indianápolis: John Wiley & Sons, 2013.

LÖBACH, B. **Design industrial**: bases para a configuração de produtos industriais. 1. ed. São Paulo: E. Blücher, 2001.

LODY, R; SOUZA, M. M. **Artesanato brasileiro: madeira**. 2. ed. Rio de Janeiro: FUNARTE, 1988.

MAGTAZ, M. **Joalheria Brasileira: do descobrimento ao século XX**. 1. ed. São Paulo: Pinacoteca do Estado de São Paulo, 2008.

MAINSTONE, M. **O Barroco e o século XVII**. 2. ed. São Paulo: Círculo do Livro, 1988.

MANUAL de marcenaria: condições de trabalho e produtividade. 5. ed. Amazonas: FUCAPI, 2008.

MANUAL de madeira e mobiliário. 1. ed. São Paulo: Senai Almirante Tamandaré, 2016.

MANZINI, E. **Matéria da invenção**. 1. ed. Lisboa: Porto Editora, 1993.

MCGARRYBOWEN. **Mcgarrybowen London**. 2015. Disponível em: <<http://www.mcgarrybowen.com>>. Acesso em: 01 abr. 2015.

MEDEIROS, L. S; FLORES, C. R. O efeito anamorfose e a educação matemática: primeiros apontamentos. In: **XVI Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática**, Canoas, ULBRA, 2012.

MICHAELIS: Moderno Dicionário da Língua Portuguesa. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

MOFFETT, M; FAZIO, M; WODEHOUSE, L. **Buildings across time: an introduction to world architecture**. 2. ed. Boston: McGraw-Hill, 2004.

MONTEIRO, M. T. F. **A impressão 3D no meio produtivo e o design: um estudo na fabricação de joias**. 2015. 129f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade do Estado de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Design, Belo Horizonte, 2015.

NOVA enciclopédia Barsa. 6. ed. São Paulo: Encyclopædia Britannica do Brasil Publicações, 1998.

OK GO. **The writing's on the wall**. 2015. Disponível em: <<http://okgo.net>>. Acesso em: 01 abr. 2015.

OLIVEIRA, L. A. G. **Joalheria, corpo e design**. 2008. Dissertação (Mestrado em Design Industrial) – Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia, Portugal, 2008.

PARRAMÓN, J. M. **A perspectiva na arte**. 2. ed. Lisboa: Presença, 1998.

PEARMAN, H. **Contemporary world architecture**. 1. ed. London: Phaidon, 1998.

PÊGO, K. A. C. **Guia para inserção de parâmetros ambientais no design de móveis de madeira**. 1. ed. Minas Gerais: EdUEMG, 2010.

PHILLIPS, R. Fotopolimerização. **Journal of Photopolymerization**, v. 2, p.79-82, maio de 1984.

PIENS, B; LAGOUTTE, D; GARRAUD, C; PELISSIER, G. L'Anamorphose. Histoire succinte, analyse d'un tableau, anamorphose et art actuel. **Actualité des Arts Plastiques**, Paris, CNDP, n.33, 1976.

PORTO, T. M. S. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil**. 2016. Trabalho final de graduação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia, 2016.

REGINA SILVEIRA. In: **Enciclopédia Itaú Cultural de Arte e Cultura Brasileiras**. São Paulo: Itaú Cultural, 2019. Disponível em: <<http://enciclopedia.itaucultural.org.br/>>. Acesso em: 22 mar. 2019.

RIGHETTO, F. **Design brasileiro: uma mudança do olhar**. 1. ed. São Paulo: FAAP, 2007.

ROCA, J. **Regina Silveira: mil e um dias e outros enigmas**. 1. ed. Porto Alegre: Fundação Iberê Camargo, 2011.

RODRIGUES, L. L. **A perspectiva no trabalho de Regina Silveira: uma investigação sobre a utilização da perspectiva na arte contemporânea**. 2008. Dissertação de Mestrado (Pós-graduação em Artes) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, Instituto de Artes, 2008.

SALEM, C. **Jóias: os segredos da técnica**. 2. ed. São Paulo: Parma, 2007.

SALGADO, T. G. Anamorphic perspective and illusory architecture. In: **IV Generative Art International Conference. Milão**, Universidade Politecnico di Milano, 2001.

SANTOS, C. **Diretrizes para sinalização de trânsito anamórfica: uma proposta no redesenho da sinalização horizontal**. 2018. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, São Paulo, 2018.

SANTOS, L. T. **Anamorphose no ensino de matemática**. 2011. 42f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Matemática) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Tecnológicas, Campina Grande, 2011.

SANTOS, M. R. **Design, produção e uso do artefatos: uma abordagem a partir da atividade humana**. 2000. 82f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Curitiba, 2000.

SARA HERRIOT. **Introduction**. 2019. Disponível em: <<http://www.sarahherriot.com/>>. Acesso em: 03 abr. 2019.

SCHNEIDER, B. **Design: uma introdução: o design no contexto social, cultural e econômico**. 1. ed. São Paulo: Blücher, 2010.

SEMMER, S. **Ensino de geometrias não-euclidianas usando arte e matemática**. 2013. 268f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica

Federal do Paraná, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciência e Tecnologia, Ponta Grossa, 2013.

SENAI. **Cartilha empresarial do SENAI: processos e boas práticas do setor de joias**. 1. ed. Rio de Janeiro: SENAI, 2015.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na silvicultura brasileira**. 21. ed. Paraná: Embrapa Florestas, 2008.

SIAS, F. R. **Lost-Wax Casting: old, new, and inexpensive methods**. 1. ed. Pendleton: Woodsmere Press, 2005.

SILVA, M. C; OLIVEIRA, S. V; ARAÚJO, E. M. **Propriedades mecânicas e térmicas de sistemas de PLA e PBAT/PLA**. 1. ed. Paraíba: REMAP, 2014.

SKODA, S. M. O. G. **Evolução da arte da joalheria e a tendência da joia contemporânea brasileira**. 2012. 230f. Dissertação (Mestrado em Estética e História da Arte) – Universidade de São Paulo, Programa de Pós-graduação Interunidades em Estética e História da Arte, São Paulo, 2012.

SOTTO, P. O; SANTOS, C; COSTA, F. A; OLIVEIRA, K. M. Anamorfose: origens e atualidades. In: **VIII Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, São Paulo, Centro Universitário Senac, 2006.

SOUZA, G. D; et al. Prata: breve histórico, propriedades e aplicações. **Educación química**, Universidad Nacional Autónoma de México, v.24, p.14-16, out. 2012.

STÜRMER, P. G. S. **Materiais naturais: design e tecnologia no desenvolvimento de joias inspiradas na cultura gaúcha**. 2010. 161f. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Design, Porto Alegre, 2010.

SWARBRICK, J. **Jewelry**. 1. ed. Edison: ChartwellBooks, 1996.

TAKAGAKI, L. K. **Tecnologia de impressão 3D**. Revista Inovação Tecnológica, São Paulo, Faculdade Flamingo, 2012.

TJABBES, P. **O mundo mágico de Escher**. 1. ed. São Paulo: Art Unlimited, 2011.

TJEP. **Products**. 2018. Disponível em: <<http://www.tjep.com>>. Acesso em: 29 set. 2018.

TONE, L. **Fortuna**. 1. ed. Alegre: Fundação Iberê Camargo, 2013.

UFRGS. **Propriedade intelectual**. 2018. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sedetec>>. Acesso em: 28 mar. 2018.

UNTRACHT, O. **Jewelry concepts and technology**. 1. ed. Nova Iorque: Doubleday, 1985.

VARINI, F. I am a painter: perspective-localized painter. **Poetic Mind: Interviews**, 22 jul. 2008. Entrevista concedida a Gil Dekel. Disponível em: <<http://www.poeticmind.co.uk>>. Acesso em: 17 abr 2017.

_____. **Index**. 2017. Disponível em: <<http://www.varini.org>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

VOCABULÁRIO ortográfico da língua portuguesa. 5 ed. São Paulo: Global, 2009.

WEBSTER'S new world dictionary. 2 ed. Cleveland: Willian Collins & The World Publishing Company, 1978.

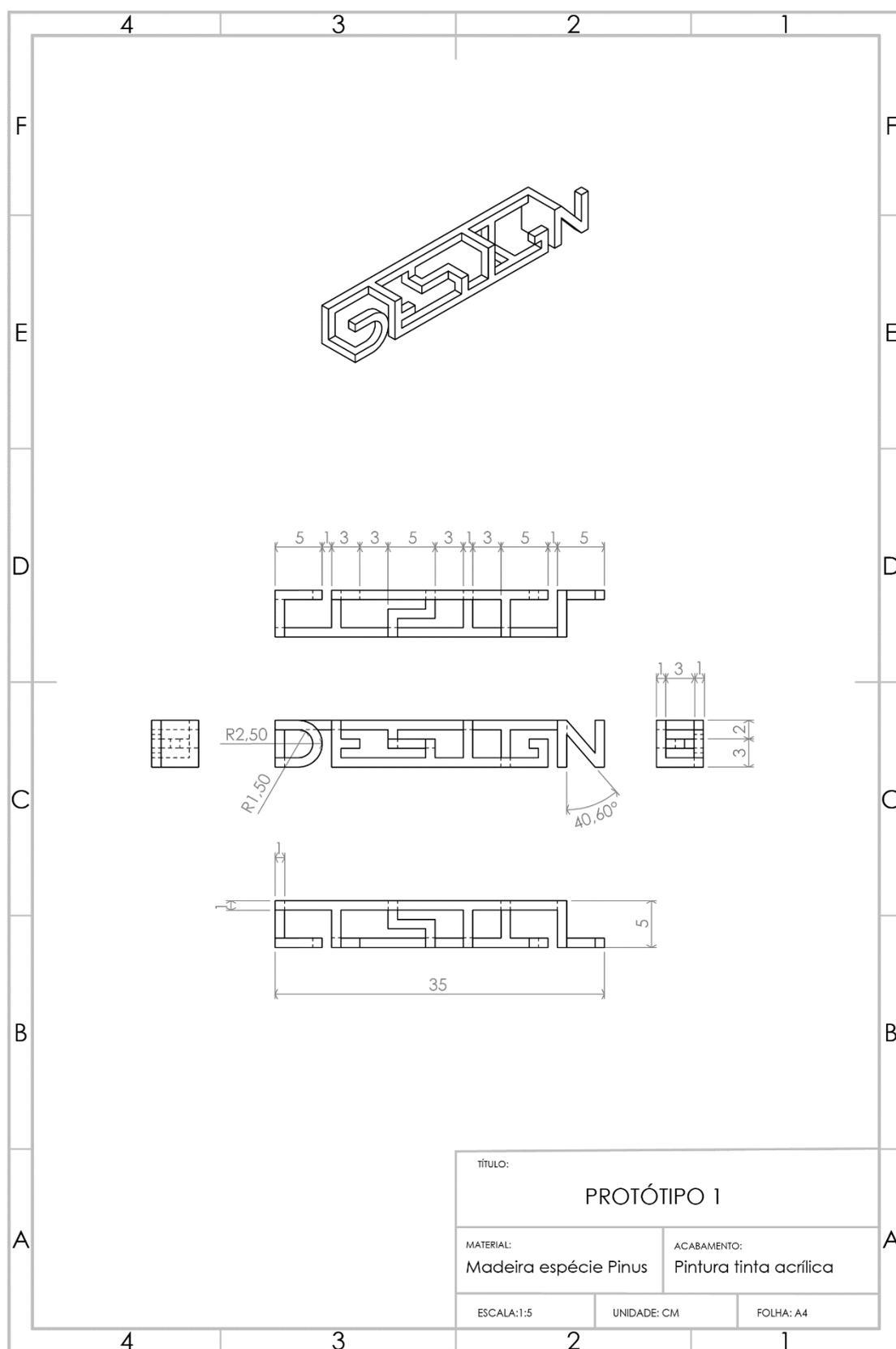
WENNER, Kurt. **Information**. 2017. Disponível em: <<http://www.kurtwenner.com>>. Acesso em: 13 mar. 2017.

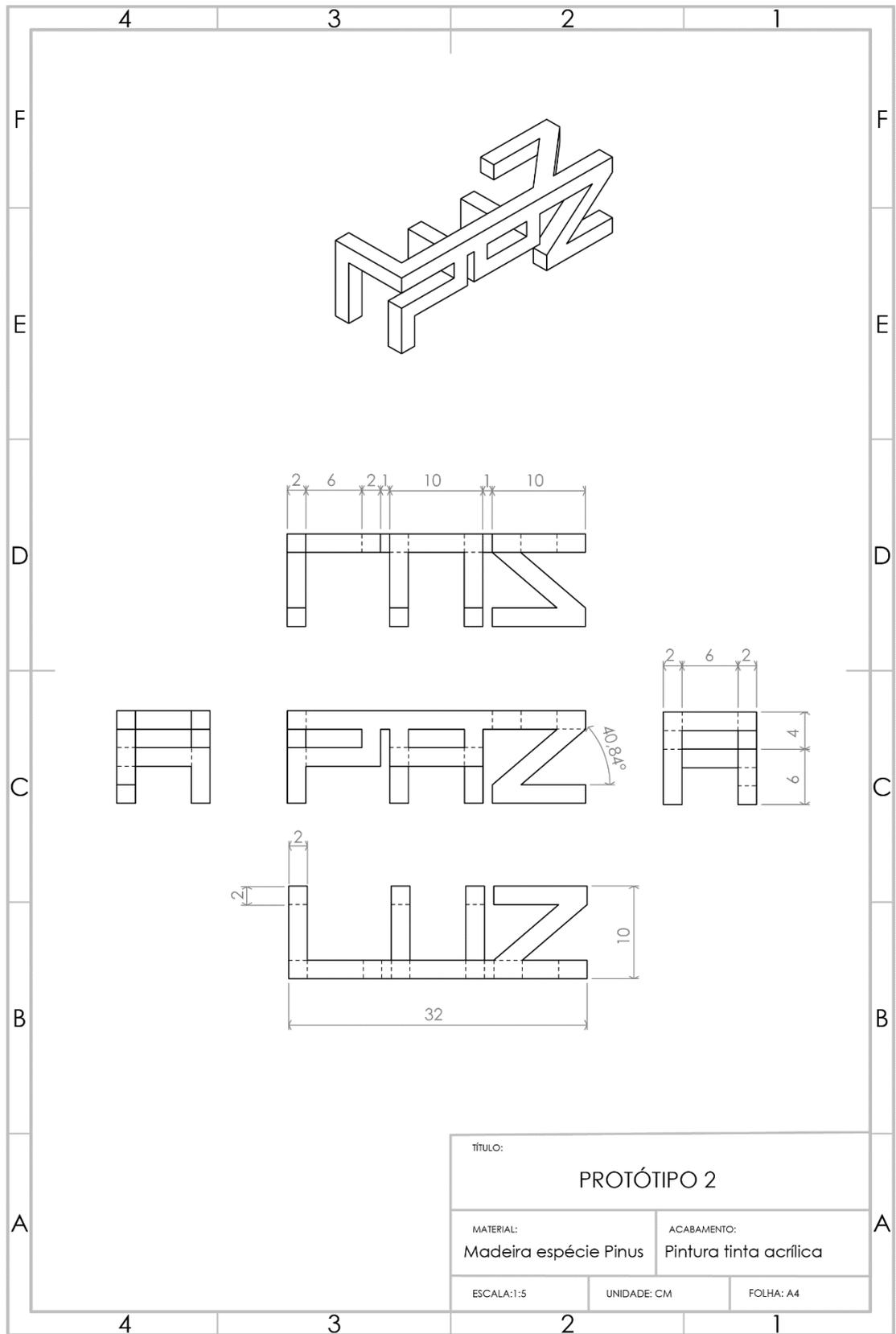
WORLDMAPPER. **Maps**. 2017. Disponível em: <<http://www.worldmapper.org>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

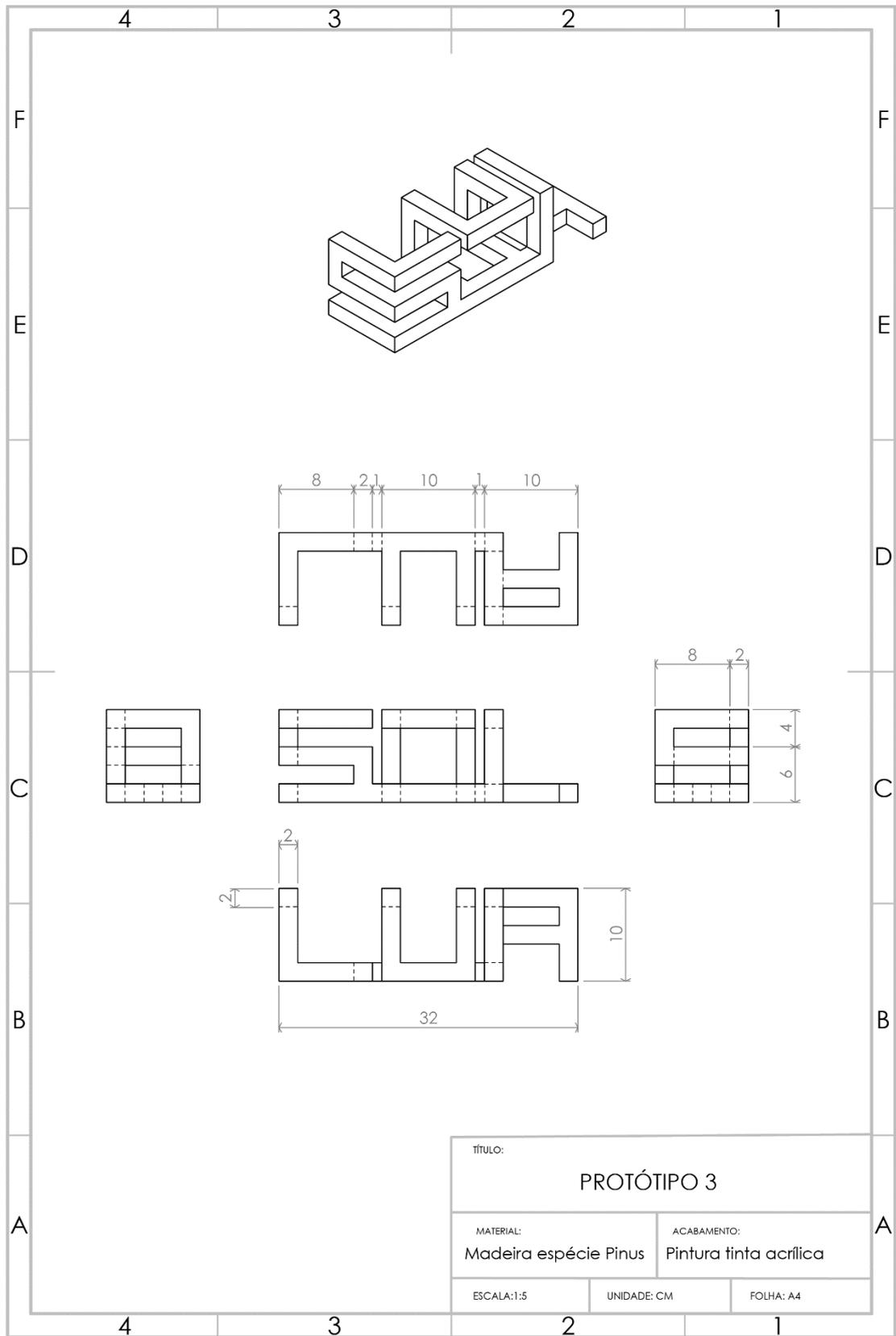
ZHAI, Y; LADOS, D. A; LAGOY, L. J. Additive manufacturing: making imagination the major limitation. **The journal of the minerals, metals & materials society**, JOM, 2014.

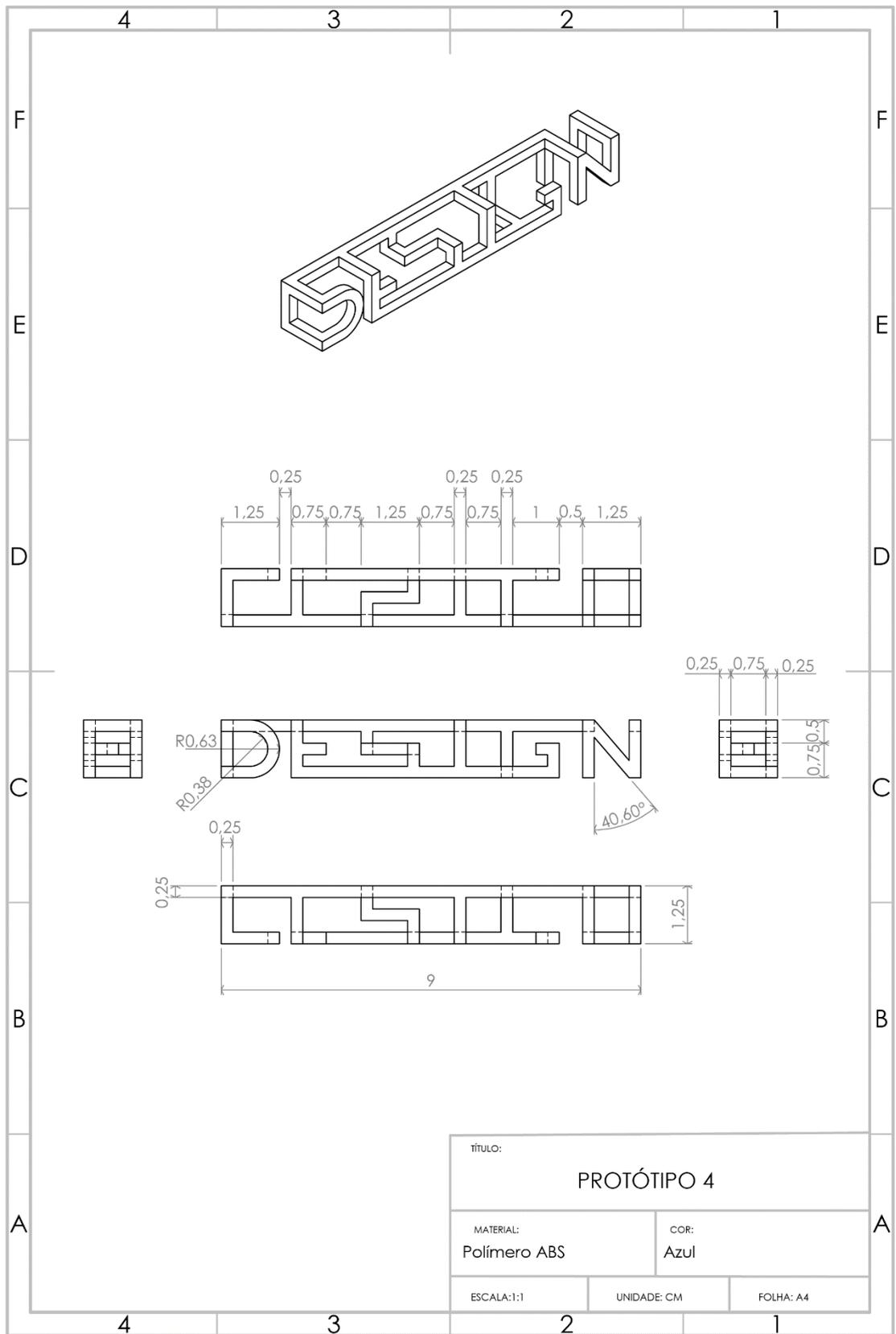
ZILHÃO, J. *et al*. Symbolic use of marine shells and mineral pigments by iberian Neandertals. In: **PNAS – Anthropology**,. USA, National Academy of Sciences, 2009.

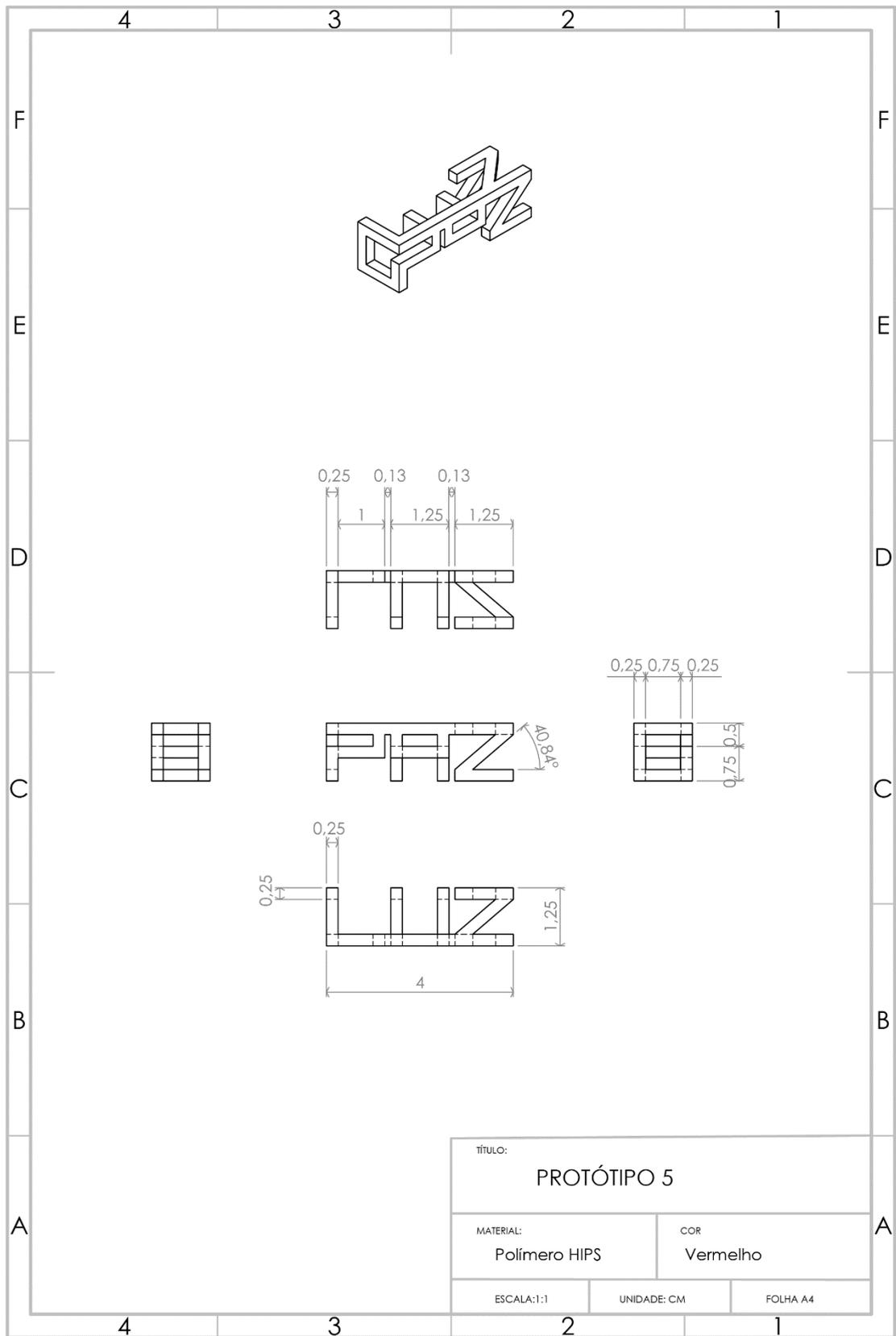
APÊNDICE A – DESENHOS TÉCNICOS

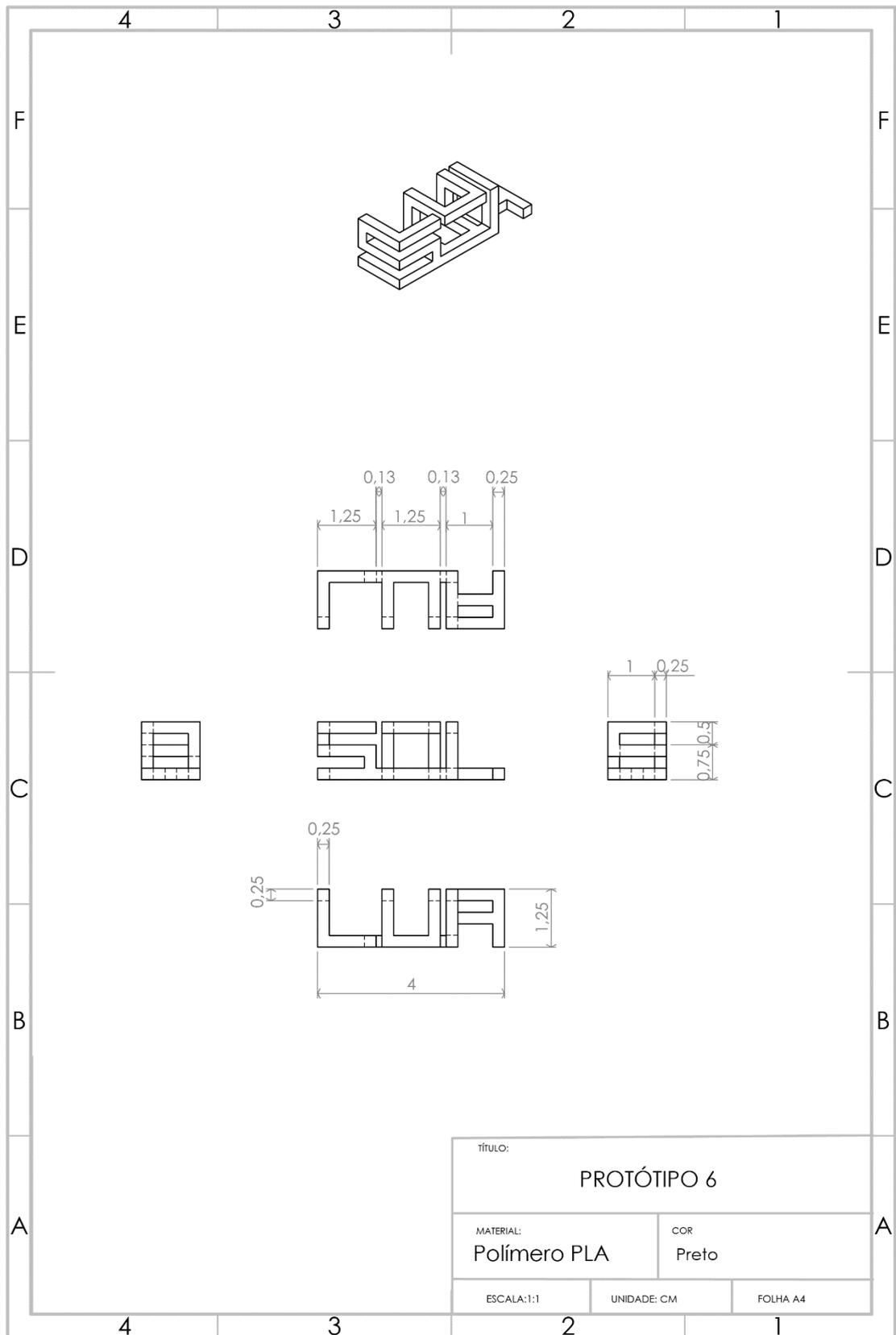












ANEXO A – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE MARCAS, DESENHOS INDUSTRIAIS E INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS



CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL

BR 302017005204-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede, automaticamente, sem exame de mérito, o presente CERTIFICADO DE REGISTRO, que outorga ao seu titular propriedade do desenho industrial discriminado neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dele decorrentes, previstos na legislação em vigor.

A proteção conferida pelo registro de desenho industrial, em conformidade com o que estabelece o art. 95 da Lei 9.279/96, é definida exclusivamente a partir da configuração da forma plástica ornamental do objeto ou do conjunto ornamental de linhas e cores requeridos, não abrangendo os dados contidos nos eventuais relatórios descritivos e reivindicações juntados ao presente certificado de registro.

(21) Número do Depósito: BR 302017005204-5

(22) Data do Depósito: 17/11/2017

(45) Data de Concessão: 20/03/2018

(52) Classificação Internacional de Desenhos Industriais: 11-01

(30) Prioridade Unionista:

(54) Título: CONFIGURAÇÃO APLICADA A/EM JOIAS

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 92969856000198. Endereço: AV. PAULO GAMA Nº 110, 6º ANDAR, CENTRO, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL(BR), 90040-060, Brasileira

(72) Autor: FLÁVIA LOPES DA SILVEIRA; BRANCA FREITAS DE OLIVEIRA

Prazo de Validade: 10(dez) anos contados a partir de 17/11/2017, mediante o recolhimento da taxa quinquenal de manutenção (Artigos 119 e 120 da LPI) e observadas as demais condições legais.

Registro Concedido em: 20/03/2018

Expedido em: 05 de Abril de 2018.

Assinado digitalmente por:
André Luis Balloussier Ancora da Luz
 Diretor

CONFIGURAÇÃO APLICADA EM JOIAS

Sumário do Desenho Industrial

O presente desenho industrial refere-se a um objeto tridimensional através do qual é possível observar uma palavra em anamorfose. A palavra escolhida para ser representada em anamorfose é a palavra *design*. O processo de transformação de uma letra comum em uma letra anamórfica consiste basicamente em desconstruí-la ou desmembrá-la em pequenas partes dentro de um determinado volume, de tal forma que, somente de um ponto de vista específico, a letra seja percebida na sua real proporção. Vista de outros ângulos confere um formato tridimensional abstrato e ilegível. A soma de várias letras anamórficas compõe uma palavra anamórfica. Quando se fala em letra comum, refere-se a letras tradicionais, em formatos bidimensionais. A letra utilizada para a transformação anamórfica é uma letra simples, predominantemente formada de ângulos retos, desenhada especificamente para o desenvolvimento deste objeto.

Breve Descrição das Figuras

Figura 1.1: Perspectiva

Figura 1.2: Vista Frontal

Figura 1.3: Vista Posterior

Figura 1.4: Vista Lateral Direita

Figura 1.5: Vista Lateral Esquerda

Figura 1.6: Vista Superior

Figura 1.7: Vista Inferior

1/3

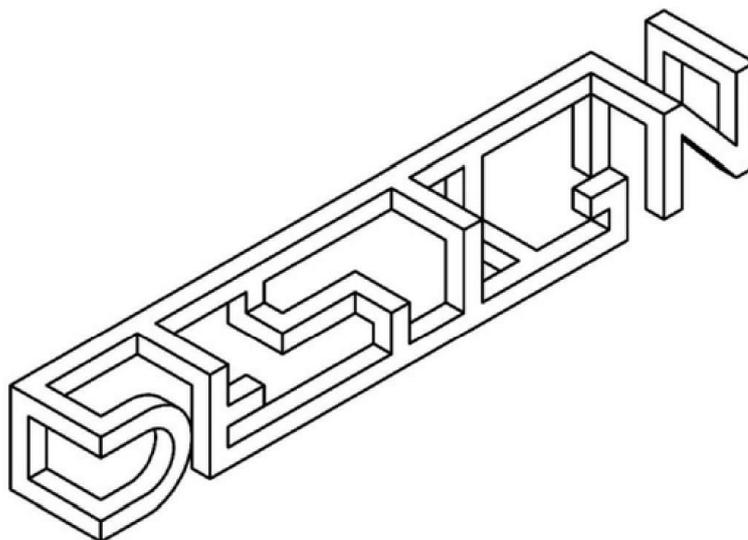


Figura 1.1 - Perspectiva

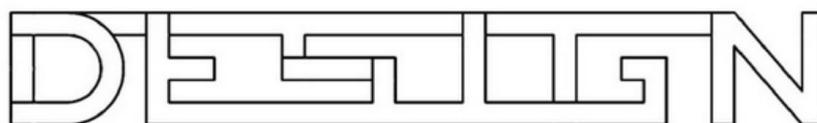


Figura 1.2 - Vista Frontal

2/3

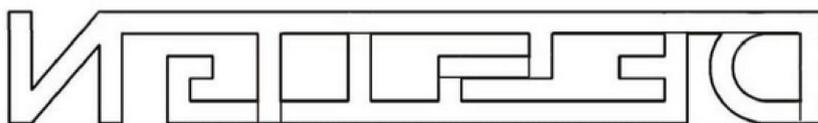


Figura 1.3 - Vista Posterior

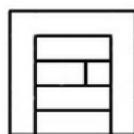


Figura 1.4 - Vista Lateral Direita

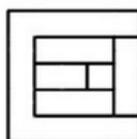


Figura 1.5 - Vista Lateral Esquerda

3/3

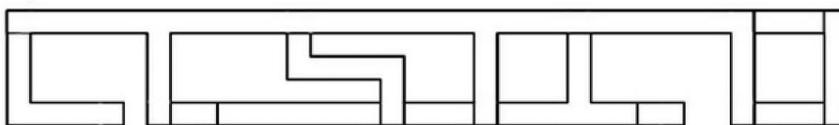


Figura 1.6 - Vista Superior

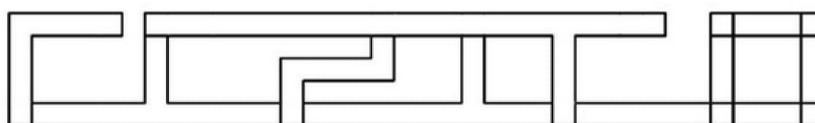


Figura 1.7 - Vista Inferior

ANEXO B – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE MARCAS, DESENHOS INDUSTRIAIS E INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS

CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL **BR 302017005207-0**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede, automaticamente, sem exame de mérito, o presente CERTIFICADO DE REGISTRO, que outorga ao seu titular propriedade do desenho industrial discriminado neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dele decorrentes, previstos na legislação em vigor.

A proteção conferida pelo registro de desenho industrial, em conformidade com o que estabelece o art. 95 da Lei 9.279/96, é definida exclusivamente a partir da configuração da forma plástica ornamental do objeto ou do conjunto ornamental de linhas e cores requeridos, não abrangendo os dados contidos nos eventuais relatórios descritivos e reivindicações juntados ao presente certificado de registro.

(21) Número do Depósito: BR 302017005207-0

(22) Data do Depósito: 17/11/2017

(45) Data de Concessão: 20/03/2018

(52) Classificação Internacional de Desenhos Industriais: 11-01

(30) Prioridade Unionista:

(54) Título: CONFIGURAÇÃO APLICADA A/EM JOIAS

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 92969856000198. Endereço: AV. PAULO GAMA Nº 110, 6º ANDAR, CENTRO, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL(BR), 90040-060, Brasileira

(72) Autor: FLÁVIA LOPES DA SILVEIRA; BRANCA FREITAS DE OLIVEIRA

Prazo de Validade: 10(dez) anos contados a partir de 17/11/2017, mediante o recolhimento da taxa quinquenal de manutenção (Artigos 119 e 120 da LPI) e observadas as demais condições legais.

Registro Concedido em: 20/03/2018

Expedido em: 05 de Abril de 2018.

Assinado digitalmente por:
André Luis Balloussier Ancora da Luz
 Diretor

CONFIGURAÇÃO APLICADA EM JOIAS

Sumário do Desenho Industrial

O presente desenho industrial refere-se a um objeto tridimensional através do qual é possível observar duas palavras em anamorfose. As duas palavras escolhidas para serem representadas em anamorfose são *paz* e *luz*. O processo de transformação de uma letra comum em uma letra anamórfica consiste basicamente em desconstruí-la ou desmembrá-la em pequenas partes dentro de um determinado volume, de tal forma que, somente de um ponto de vista específico, a letra seja percebida na sua real proporção. Vista de outros ângulos confere um formato tridimensional abstrato e ilegível. A soma de várias letras anamórficas compõe uma palavra anamórfica. Aqui o objetivo é o desenho de um objeto que seja possível observar duas palavras em anamorfose, por este motivo os desenhos são feitos em pares, ou seja, a primeira letra da palavra vista frontalmente é desenhada juntamente com a primeira letra da palavra vista de cima, e assim por diante.

Breve Descrição das Figuras

Figura 1.1 - Perspectiva

Figura 1.2 - Vista Frontal

Figura 1.3 - Vista Posterior

Figura 1.4 - Vista Lateral Direita

Figura 1.5 - Vista Lateral Esquerda

Figura 1.6 - Vista Superior

Figura 1.7 - Vista Inferior

1/3

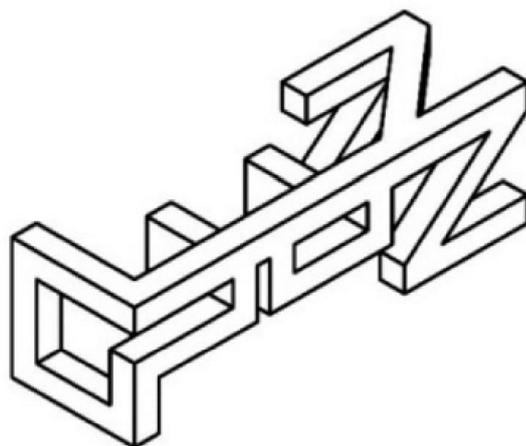


Figura 1.1 - Perspectiva

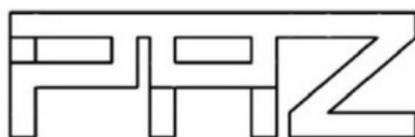


Figura 1.2 - Vista Frontal

2/3

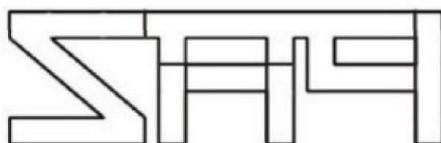


Figura 1.3 - Vista Posterior

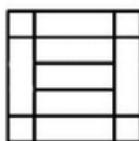


Figura 1.4 - Vista Lateral Direita

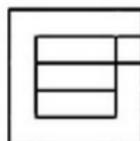


Figura 1.5 - Vista Lateral Esquerda

3/3

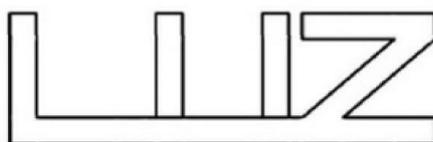


Figura 1.6 - Vista Superior

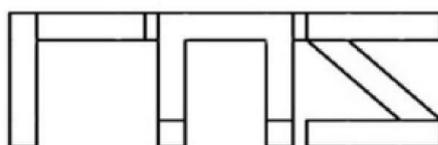


Figura 1.7 - Vista Inferior

ANEXO C – CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
 MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL
 DIRETORIA DE MARCAS, DESENHOS INDUSTRIAIS E INDICAÇÕES GEOGRÁFICAS



CERTIFICADO DE REGISTRO DE DESENHO INDUSTRIAL **BR 302017005209-6**

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede, automaticamente, sem exame de mérito, o presente CERTIFICADO DE REGISTRO, que outorga ao seu titular propriedade do desenho industrial discriminado neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dele decorrentes, previstos na legislação em vigor.

A proteção conferida pelo registro de desenho industrial, em conformidade com o que estabelece o art. 95 da Lei 9.279/96, é definida exclusivamente a partir da configuração da forma plástica ornamental do objeto ou do conjunto ornamental de linhas e cores requeridos, não abrangendo os dados contidos nos eventuais relatórios descritivos e reivindicações juntados ao presente certificado de registro.

(21) Número do Depósito: BR 302017005209-6

(22) Data do Depósito: 17/11/2017

(45) Data de Concessão: 20/03/2018

(52) Classificação Internacional de Desenhos Industriais: 11-01

(30) Prioridade Unionista:

(54) Título: CONFIGURAÇÃO APLICADA AEM JOIAS

(73) Titular: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, Instituição de Ensino e Pesquisa. CGC/CPF: 92969856000198. Endereço: AV. PAULO GAMA Nº 110, 6º ANDAR, CENTRO, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL, PORTO ALEGRE, RS, BRASIL(BR), 90040-060, Brasileira

(72) Autor: FLÁVIA LOPES DA SILVEIRA; BRANCA FREITAS DE OLIVEIRA

Prazo de Validade: 10(dez) anos contados a partir de 17/11/2017, mediante o recolhimento da taxa quinquenal de manutenção (Artigos 119 e 120 da LPI) e observadas as demais condições legais.

Registro Concedido em: 20/03/2018

Expedido em: 05 de Abril de 2018.

Assinado digitalmente por:
André Luis Balloussier Ancora da Luz
 Diretor

CONFIGURAÇÃO APLICADA EM JOIAS

Sumário do Desenho Industrial

O presente desenho industrial refere-se a um objeto tridimensional através do qual é possível observar duas palavras em anamorfose. As duas palavras escolhidas para serem representadas em anamorfose são *sol* e *lua*. O processo de transformação de uma letra comum em uma letra anamórfica consiste basicamente em desconstruí-la ou desmembrá-la em pequenas partes dentro de um determinado volume, de tal forma que, somente de um ponto de vista específico, a letra seja percebida na sua real proporção. Vista de outros ângulos confere um formato tridimensional abstrato e ilegível. A soma de várias letras anamórficas compõe uma palavra anamórfica. Aqui o objetivo é o desenho de um objeto que seja possível observar duas palavras em anamorfose, por este motivo os desenhos são feitos em pares, ou seja, a primeira letra da palavra vista frontalmente é desenhada juntamente com a primeira letra da palavra vista de cima, e assim por diante.

Breve Descrição das Figuras

Figura 1.1 - Perspectiva

Figura 1.2 - Vista Frontal

Figura 1.3 - Vista Posterior

Figura 1.4 - Vista Lateral Direita

Figura 1.5 - Vista Lateral Esquerda

Figura 1.6 - Vista Superior

Figura 1.7 - Vista Inferior

1/3

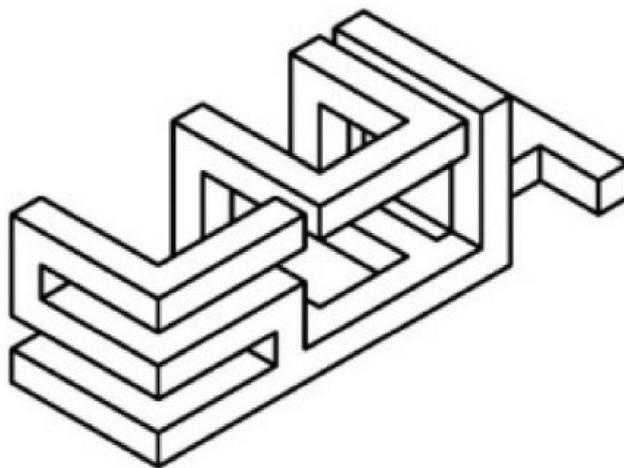


Figura 1.1 - Perspectiva

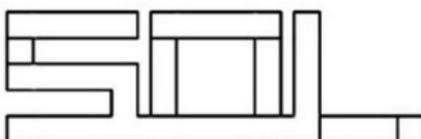


Figura 1.2 - Vista Frontal

2/3

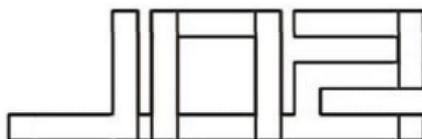


Figura 1.3 - Vista Posterior

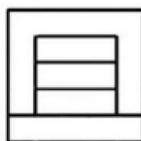


Figura 1.4 - Vista Lateral Direita

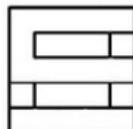


Figura 1.5 - Vista Lateral Esquerda

3/3

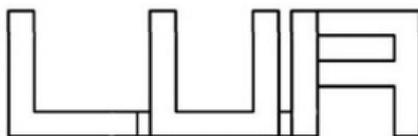


Figura 1.6 - Vista Superior

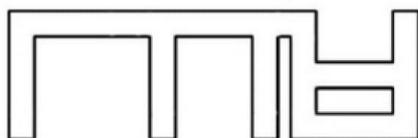


Figura 1.7 - Vista Inferior