eca

Juliana Harrison Henno

AS CORRELAÇÕES ENTRE OS SISTEMAS GENERATIVOS E A FABRICAÇÃO DIGITAL NO CONTEXTO DAS ARTES VISUAIS

Universidade de São Paulo
Escola de Comunicações e Artes

Juliana Harrison Henno

As correlações entre os sistemas generativos e a fabricação digital no contexto das artes visuais

São Paulo
2016

Juliana Harrison Henno

As correlações entre os sistemas generativos e a fabricação digital no contexto das artes visuais

Tese apresentada à Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Artes Visuais.

Área de Concentração: Poéticas Visuais
Linha de Pesquisa: Muitimeios
Orientadora: Profª Drª Monica Baptista Sampaio Tavares

São Paulo
2016

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

e-mail da autora:
julianahenno@gmail.com

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo
Dados fornecidos pela autora

Henno, Juliana Harrison
As correlações entre os sistemas generativos e a fabricação digital no contexto das artes visuais / Juliana Harrison Henno. -- São Paulo: J. H. Henno, 2016.
183 p.: il.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais - Escola de Comunicações e Artes / Universidade de São Paulo.
Orientadora: Monica Baptista Sampaio Tavares
Bibliografia

1. processo criativo 2. emergência 3. fabricação digital 4. arte generativa 5. mídias digitais I. Baptista Sampaio Tavares, Monica II. Título.

CDD 21.ed. - 700

Juliana Harrison Henno

As correlações entre os sistemas generativos e a fabricação digital no contexto das artes visuais

Tese apresentada à Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutora em Artes Visuais.

Banca examinadora

_____

_____

_____

_____

_____

São Paulo, de de 2016

Ao Erik

Aos meus pais,
Julio César e Denise

Aos meus irmãos,
Paulo, Daniel e Pedro

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Monica Tavares que desde o Mestrado me incentiva no aprimoramento da pesquisa com o seu constante apoio e confiança;

Ao professor Martyn Dade-Robertson da Universidade de Newcastle pelas valiosas referências e ensinamentos compartilhados durante os seis meses de doutorado sanduíche;

Aos colegas do grupo de pesquisa GP_ADMD (ECA-USP) e do grupo DigiFab (FAU-USP) pelas contribuições e conversas que permitiram tanto a reflexão quanto a ação a respeito dos conceitos abordados nesta tese;

Aos professores Paulo Fonseca (FAU), André Fleury (Poli) e Artur Rozestraten (FAU) pelas parcerias, referências e por me apresentarem conceitos importantes a respeito da fabricação digital e seu aspecto colaborativo;

Aos professores Paulo Fonseca (FAU) e João Luis Musa (ECA) pelas importantes ontribuições durante o exame de qualificação;

À equipe do FabLab SP e do LAME (FAU-USP) por viabilizarem os experimentos realizados durante os quatro anos de pesquisa. Emílio Leocádio, Denilson, Walter Garcia, José da Costa (Rocha), Adalto Lino, sem o suporte de vocês a minha empreitada no campo da fabrição digital não teria sido possível;

Às instituições CTI Renato Archer, ABMACO – IPT, Lapac - UNICAMP, Garagem Fab Lab, FabLab Amsterdam, MackLab Glasgow, Aalto FabLab por me receberem e trocarem valiosas informações;

Às amigas Elizabeth Romani e Alessandra Bochio, companheiras de jornada com quem eu sempre pude contar, obrigada pela amizade e apoio durante todas as fases da pesquisa;

Aos amigos, Alex Garcia, Henrique Stabile, Eduardo Lopes, Alessandra Rodrigues, Soraya Braz, Daniel Peixoto, Artur Cordeiro, Felipe Merker, Aline Antunes, Iana Chaves, Isabella Aragão, Helena Damelio, Marcos Solon, Marilia Gradin, Kärt Kahre, Kristian Kahre, Dandara Dantas que talvez não saibam o quanto foram importantes nesse processo;

À minha amiga Rubia que tenho a certeza que me ajudou durante todos os momentos difíceis e de indecisão que acompanharam a pesquisa;

À Denise Faria pelo primoroso trabalho de revisão e o olhar sempre atento;

À Erik pelo companheirismo e constante apoio e paciência.

À minha querida família Julio Cesar, Denise, Pedro, Paulo, Renata, Sofia, Daniel, Juliana e Isabella pela compreensão e constante apoio durante todo o percurso;

Ao programa de pós-graduacao em arte visuais da ECA-USP por ter acolhido minha pesquisa e também apoiado minha participação em eventos acadêmicos nacionais e internacionais;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e pela bolsa PDSE de doutorado sanduíche viabilizando a dedicação exclusiva para a concretização desta pesquisa.

RESUMO

A presente pesquisa pretende examinar a imagem digital decorrente da aproximação das artes visuais com as tecnologias CAD/CAM e os sistemas biológicos de criação. Essa imagem de base computacional e de característica emergente encontra na fabricação digital a oportunidade de se materializar tendo em vista a compatibilidade tanto no sentido da concretização da complexidade da forma quanto da possibilidade de sua singularização seriada. Mais especificamente, pretende-se abordar como os processos e as técnicas de produção digital, ao viabilizarem a geração e materialização da imagem complexa, têm interferido no *modus operandi* do artista visual, ampliando as formas de operar e representar no campo das Artes ao servirem como instrumento para o desenvolvimento e a representação de novas poéticas. Por meio da referência teórica, da leitura de obras e dos trabalhos práticos experimentais, pretende-se explorar de que forma o artista se apropria dos meios de produção digitais e dos processos generativos de criação, explorando-os como uma linguagem inovadora, que por sua vez amplia e potencializa, a níveis antes insuspeitáveis, as formas de expressão e execução de sua obra. Intenta-se avaliar de que maneira o processo de caráter numérico pode interferir no processo criativo e poético do artista visual de modo a promover novas possibilidades expressivas e, dessa forma, explorar potenciais até então pouco usuais no campo das artes.

A tese usa como principais fundamentações teóricas para lançar as bases para o entendimento da relação cada vez mais estreita entre arte e tecnologia as discussões de Taylor (2014), Machado (1997b), Couchot (2003), Lévy (1996), Laurentiz (1991), Moles (1990) e Plaza & Tavares (1998), que investigam a introdução do numérico no campo artístico. Já as discussões de Manovich (2010), Galanter (2010), Couchot (2010), Johnson (2001), Whitelaw (2006) e McCormack (2014) abordam teorias a respeito da complexidade da imagem e esclarecem processos e modelos de sistemas naturais passíveis de emergência. Para apresentar a tecnologia de fabricação digital e seu potencial criativo, a tese se apoia nos autores Kolarevic (2001), Mitchel & McCullough (1995), McCullough (1996), Todd & Latham (1992) e Ganis (2004). Reflexões a respeito da convergência entre os conceitos de emergência e de fabricação baseiam-se nas discussões de Labaco (2013), Whitelaw (2006; 2015) e Moura (2013).

Palavras-chave: *processo criativo, emergência, fabricação digital, arte generativa, estética digital, mídias digitais.*

ABSTRACT

This research aims at examining the digital image that originates from the proximity of the visual arts with CAD/CAM technologies and the biological systems of creation. Such computer-based image, that is emergent, can be materialized in the digital fabrication owing to the compatibility both in the sense of making the complexity of the form concrete and of enabling its serial singling. More specifically, we intend to approach how the digital manufacturing processes and techniques have interfered with the visual artist´s *modus operandi* as they enable the generation and the materialization of the complex image, thus enlarging the ways to operate and represent in the arts field because they work as instruments to develop and represent new poetics. By means of theoretical reference, work reading and experimental practical works, we intend to explore how the artist takes over the means of digital production and the generative processes of creating and he/she explores them as an innovative language, which, in turn, amplifies and potentiates the forms of expression and accomplishment of his/her work to levels unimaginable before. We intend to evaluate how the numerical character process can interfere with the visual artist´s creative and poetic process to promote new expressive possibilities, thus exploring the potential which has been unusual in the arts field so far.

The main theoretical support to launch the bases to understand the ever closer relation of art to technology was derived from the discussions by Taylor (2014), Machado (1997b), Couchot (2003), Lévy (1996), Laurentiz (1991), Moles (1990) and Plaza & Tavares (1998). Those researchers investigate the introduction of the numerical in the artistic field. The discussions by Manovich (2010), Galanter (2010), Couchot (2010), Johnson (2001), Whitelaw (2006) and McCormack (2014) bring information of theories related to the complexity of the image, since in those discussions the processes and models of natural systems that are liable to emergence are elucidated. To present the digital manufacturing technology and its creative potential, the theoretical support was derived from Kolarevic (2001), Mitchel & McCullough (1995), McCullough (1996), Todd & Latham (1992) and Ganis (2004). The concepts about the convergence of the concepts of emergence and manufacturing reflect the discussions by Labaco (2013), Whitelaw (2006; 2015) and Moura (2013).

Keywords: *creative process, emergence, digital manufacturing, generative art, digital aesthetics, digital media.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Kazimir Malevich, “Black Square” (1915). 12

Figura 2 Giacomo Balla , “Dinamismo di un Cane al Guinzaglio” (1912) 13

Figura 3 Marcel Duchamp, “Nu descendant un escalier n° 2” (1912) 13

Figura 4 Hans Arp, “Untitled” (1917), 48.5cm x 34.6 cm 14

Figura 5 Marcel Duchamp, “L.H.O.O.Q.” (1919) 16

Figura 6 Marcel Duchamp, “Bicycle Wheel” (1913) 16

Figura 7 Funcionamento das ações e reações na construção de um *environment* 25

Figura 8 Esquema de um quadro de Vasarely em que números indicam os valores de coloração de uma parte da imagem a ser produzida 28

Figura 9 Acima, à esquerda: Michael Noll, “Gaussian-Quadratic” (1963). Acima, à direita: Pablo Picasso, “La Jolie” (1911-12) 28

Figura 10 Manfred Mohr, “P018 Random Walk” (1968) 29

Figura 11 John Venn, “The Logic of Chance” (1866) 29

Figura 12 Georg Nees, “23-Corner Graphic” (1965). 30

Figura 13 Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati, “Beabá” (1968) 31

Figura 14 Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati, “A mulher que não é B.B.” (1971) 32

Figura 15 Diagrama que representa a entrada de um material original que, após processado (P–*Processor*) e pré-programado pela máquina, dá saída a um material reconfigurado . . 40

Figura 16 Diagrama que representa a introdução de um material em uma máquina que, por sua vez, foi instruída por meio de funções comportamentais (BF – *Behavioral Functions*) trocadas com um arquivo de memória de uma fonte externa (AM – *Archival . Memory*) de modo a dar saída a um material constantemente reinterpretado 40

Figura 17 Uma das imagens produzidas por AARON quando este tinha 10 anos, em 1983 43

Figura 18 Imagem produzida por AARON em que uma colônia de células é agrupada seguindo regras locais 43

Figura 19 Exemplo de imagem produzida por AARON e posteriormente colorida por Harold Cohen . 43

Figura 20 Gráfico que apresenta a complexidade efetiva dos sistemas naturais 46

Figura 21 Gráfico que apresenta a complexidade efetiva dos sistemas generativos 46

Figura 22 Diagrama de um típico Algoritmo Genético. 51

Figura 23 Karl Sims, “Genetic Images”, 1993 58

Figura 24 Exemplo esquemático de genótipos e as morfologias a eles correspondentes 59

Figura 25 Criaturas que desenvolveram a capacidade de caminhar 59

Figura 26 Diagrama demonstrando o ciclo de efeitos realizados entre o cérebro e sua simulação de corpo físico no plano virtual 60

Figura 27 Parte de um desenho de 10 metros de largura como desdobramento do "Form Synth" . . 61

Figura 28 Gráfico esquemático baseado na proposta de Latham sobre o sistema criativo sem e com a presença de um computador 62

Figura 29 William Latham, "Treefrac", 1991 63

Figura 30 Da esquerda para a direita: "White Growth" (1990); "Tusk 10" (1990) 63

Figura 31 Da esquerda para a direita: "Mutation Y1 Raytraced" (1992); "Mutation X Raytraced" (1992). . 63

Figura 32 "Swimming Pool" (1997) 65

Figura 33 "Gymnasts" (1997). 65

Figura 34 Célula central à qual são aplicadas as regras em relação às células vizinhas 66

Figura 35 Dois exemplos de mapeamento por módulos. 66

Figura 36 Interpretação da combinação de dois possíveis estados de uma célula tendo em vista duas etapas subsequentes 66

Figura 37 Família de quatro possíveis estados para células de dois digitos 67

Figura 38 Família de oito possíveis estados para células de três digitos 67

Figura 39 Paul Brown, "The Deluge - after Leonardo", 50 x 50 cm, 1995 67

Figura 40 Jon McCormack, "Eden", 2000-2001 69

Figura 41 Diagrama demonstrando as etapas da obtenção do modelo virtual até a sua produção por processos digitais de fabricação em um fluxo CAD/CAM. 79

Figura 42 Diferentes tipos de fresadoras CNC. 80

Figura 43 "Inner Sense" (2004): escultura realizada em mármore verde 81

Figura 44 "Inner Sense" (2004) exposto no "Cordova Sculpture Park and Museum" 81

Figura 45 Escultura da artista Patricia Cronin realizadas em mármore "Memorial to a Marriage" e imagens do processo de execução utilizando uma fresadora CNC 83

Figura 46 Diferentes tipos de máquinas que operam pelo método de corte 2.5D 84

Figura 47 Ara Peterson, "Black Warp One e Black Warp Two", 2007 84

Figura 48 Diferentes máquinas que representam o método aditivo de fabricação. 85

Figura 49 Diferentes máquinas que representam o método aditivo de fabricação. 86

Figura 50 Unfold e Tim Knapen, craidores da obra "L'Artisan Electronique", 2010 87

Figura 51 "Unidades Fugidias", 2003. 88

Figura 52 Diemut Strebe, "Sugababe", 2014 89

Figura 53 À esquerda: Barry X Ball, “Perfect Form” (2010-2013). À direita: Umberto Boccioni, “Unique Forms of Continuity in Space” (1913). 90

Figura 54 Modelagem tridimensional proveniente de escultura original de Boccioni 91

Figura 55 À esquerda: assistente de Barry X Ball lixando as arestas do protótipo em plástico. À direita: assistente de Barry X Ball despejando resina no interior do protótipo. 91

Figura 56 À esquerda: assistente de Barry X Ball polindo a escultura revestida em cobre. À direita: escultura revestida em ouro 24 quilates 92

Figura 57 À esquerda: William Latham, escultura Form Synth (1989). À direita: Allan McCollum, Shape (2006) 95

Figura 58 Pequeno desenho feito a mão representando um desdobramento do “FormSynth” 95

Figura 59 Latham desenhando um desdobramento do “Form Synth” 96

Figura 60 Formas criadas pela junção de quatro ou oito partes 97

Figura 61 300 partes usadas para construir as formas 97

Figura 62 Esculturas das formas expostas no Friedrich Petzel Gallery (Nova York) entre novembro e dezembro de 2006. Série de 25 formas realizadas em conjunto com o GraphicStudio em 2006, medindo 30,48cm x 45,72cm x 13,97cm 97

Figura 63 Exemplo dos efeitos das gerações sobre a definição da forma da cadeira. 99

Figura 64 Processamento de dados obtido do cruzamento das cadeiras de modo a torná-las aptas a processos digitais de fabricação 99

Figura 65 Modelo “Test1-860 M” construído a partir de 860 gerações 100

Figura 66 Michael Hansmeyer, “Subdivided Columns” (2010) 101

Figura 67 Aplicativo desenvolvido por Hansmeyer para desenhar as colunas. É possível notar a quantidade de parâmetros utilizados para refinar o processo iterativo de evolução da forma 102

Figura 68 Aplicativo desenvolvido por Hansmeyer para desenhar as colunas. Na imagem é possível notar a ferramenta de fatiamento, que prevê o corte a ser realizado, na etapa de fabricação 2D 102

Figura 69 Etapas de simplificação das lâminas: 1) intersecção da coluna com o plano; 2) formação de polígonos; 3) filtragem de polígonos e ajuste dos vértices; 4) inserção de gabaritos no interior da lâmina 103

Figura 70 Empilhamento das lâminas utilizando furo como gabarito e detalhe da escultura montada 104

Figura 71 Michael Hansmeyer, “Subdivided Columns” (2010) 104

Figura 72 Da série “Breed 1.1” (2001): esquerda, SLS045; direita, SLS235 106

Figura 73 Da série “Breed 1.2” (2007): duas vistas do e234 106

Figura 74 Duas vistas do “Accretor #5188-3” 107

Figura 75 Duas vistas do “Accretor #2777-4” 108

Figura 76 Um exemplo de formas geradas pelo “Accretor” que não foram selecionadas pelos artistas. É possível notar que as formas variam em termos de regularidade e desordem 108

Figura 77 Shane Hope, “Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1” (Detalhe). 111

Figura 78 “Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1” (Detalhe) 111

Figura 79 Vista da exposição “Nano-Nonobjective-Oriented Ontographs and Qubit-Built Quilts” (2013) de Shane Hope no Winkleman Gallery. 112

Figura 80 Trecho do código programado para a transformação da imagem original nas três diferentes reorganizações intituladas “Rearranging RGB” 117

Figura 81 Parametrização do canal azul de “Rearranging Colors” no software Rhinoceros 119

Figura 82 Protótipo realizado em uma placa de poliuretano simulando o canal azul (durante e após ser fresado em uma router CNC) 119

Figura 83 Parâmetros utilizados no plugin Grasshopper para a tradução das imagens 120

Figura 84 Releitura de “Enigma 5” (1974) de Victor Vasarely 121

Figura 85 Medidas máximas previstas para a forma tridimensional que acomodaria o alto-falante. 123

Figura 86 Disposição prevista para a instalação sonora com medidas 123

Figura 87 Trechos do código realizado no Processing® para a tradução do espectro sonoro em um gráfico bidimensional 124

Figura 88 Gráficos resultantes da tradução dos oito diferentes áudios. 124

Figura 89 Série de testes para definir a base a ser aplicada aà deformação produzida a partir do espectro sonoro. A linha de cima parte de um cubo, a linha do meio parte de um cilindro e a última linha parte de uma esfera 125

Figura 90 Vista externa das duas faces do modelo. É possível notar que de um lado está o furo para a passagem do cabo do auto-falante e na outra face, os diversos furos para facilitar a saída do som 126

Figura 91 Vistas diferentes do mesmo volume impresso a partir de uma impressora FDM 126

Figura 92 Vista interna das duas faces do modelo. É possível notar o espaço reservado para acomodar o alto-falante, bem como o encaixe para unir as duas faces da peça. 126

Figura 93 Detalhe do encaixe para juntar as duas faces da peça 127

Figura 94 Exemplo de um dos modelos fatiado no programa 123DMake®. No canto direito é possível notar a distribuição das peças no espaço da página 127

Figura 95 Chapa de acrílico após corte na máquina de corte a *laser* e modelo montado a partir da colagem das camadas em acrílico 127

Figura 96 Vista frontal de um dos modelos de teste montado a partir de lâminas finas de E.V.A . . 128

Figura 97 Modelo final no E.V.A. de 4mm de espessura. 128

Figura 98 Teste de som com os oito alto-falantes ligados na interface de áudio de dois canais . . . 129

Figura 99 Últimos acertos nas peças fixadas no suporte da caixa 129

Figura 100 A doutoranda Dandara Dantas interage com a obra Analogias Sonoras durante a abertura da exposição UVM2015 no CCBB em Brasília 129

Figura 101 Lloyd Sumner, “Intuitively Yours” (1968) 132

Figura 102 Código de programação referente à série 1 de experimentos 133

Figura 103 Série 1 de experimentos - frames com as etapas de evolução da mesma programação . 133

Figura 104 Código de programação referente à série 2 de experimentos 135

Figura 105 Série 2 de experimentos - frames com as etapas de evolução da mesma programação . 135

Figura 106 Código de programação referente à série 3 de experimentos 137

Figura 107 Série 3 de experimentos - frame com a etapa final da programação e seu desdobramento em um software de modelagem 3D 137

Figura 108 À esquerda e à direita: [sem título], tinta acrílica no papel, 33 x 33cm 138

Figura 109 Pintura sem título produzida por 10 robôs e medindo 400 x 500cm 139

Figura 110 Robô ArtSBot 139

Figura 111 Robôs realizando coletivamente uma pintura 140

Figura 112 Diferentes etapas da realização da pintura em intervalos de 30, 60, 120 e 240 minutos . 141

Figura 113 “Swarm Sculptures”, modelo virtual realizado como experimento (2000) 142

Figura 114 Escultura final fundida em Plexiglas, 2000 142

Figura 115 Esculturas da série “Evolution” no espaço expositivo 143

Figura 116 Evolução da esfera vista em oito etapas 143

Figura 117 Ilustração do livro “Kunstformen der Natur” de autoria de Ernst Haeckel 144

Figura 118 Modelos tridimensionais da série “Evolution” 145

Figura 119 Esculturas impressas da série “Evolution” produzidas no FabLab Alentejo (2013) . . . 145

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO . . . 1

1. BASE TEÓRICA E FUNDAMENTOS DO NUMÉRICO NA REPRESENTAÇÃO DA IMAGEM . . . 5

1.1. Os primeiros passos para a automatização e produção da imagem . . . 5

1.2. A reprodução mecânica e a consequente automatização dos processos de criação da imagem . . . 8

1.2.1. A crise do objeto: do produto ao processo . . . 11

1.3. O fortalecimento do processo na arte: o tratamento automático da informação e o desenvolvimento das tecnologias de comunicação de base computacional . . . 18

1.3.1. A imagem de base computacional . . . 20

1.4. A criação em base digital no contraponto ao funcionalismo e à estereotipia generalizados . . . 22

1.5. A criação artística em ambiente digital . . . 26

1.6. Avanços na representação da imagem . . . 33

2. A CRIAÇÃO SOB UMA ABORDAGEM GENERATIVA NA CONSTRUÇÃO DA IMAGEM . . . 38

2.1. Limites do domínio da máquina . . . 39

2.2. A construção da imagem complexa . . . 44

2.2.1. Biologia genética e sistemas evolucionários . . . 48

2.3. Processos evolutivos artificiais na arte . . . 56

2.3.1. Karl Sims . . . 56

2.3.2. William Latham . . . 60

2.3.3. Autômatos celulares e ecossistemas artificiais . . . 64

2.4. Panorama e desdobramentos da imagem complexa . . . 70

3. A FABRICAÇÃO DIGITAL NO CONTEXTO DAS ARTES VISUAIS . . . 75

3.1. A fabricação e a prototipagem digitais como linguagem artística e instrumento de criação . . . 76

3.2. O potencial criativo e poético dos meios de produção digital . . . 78

3.2.1. Processo subtrativo . . . 79

3.2.2. Processo aditivo . . . 84

3.2.3. A conformidade entre técnicas . . . 89

3.3. A fabricação digital pelo ponto de vista do processo generativo . . . 93

3.3.1. A multiplicidade na fabricação de imagens singulares . . . 94

3.3.2. A materialização do conceito generativo . . . 101

3.4. Desafios na utilização da fabricação digital . . . 109

4. EXPERIMENTOS E OBRAS SOBRE A CRIAÇÃO E A MATERIALIZAÇÃO DA IMAGEM DIGITAL . . . 115

4.1. Práticas criativas com base na tradução do pensamento criativo . . . 116

4.1.1. A materialização da obra de Victor Vasarely . . . 117

4.1.2. A tradução de fragmentos sonoros . . . 122

4.2. Práticas criativas com base na emergência . . . 130

4.2.1. Experimentos com tradução de dados em visualização de imagens por meio de processos generativos de criação . . . 131

4.2.2. A emergência da imagem na obra de Leonel Moura . . . 138

CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . 148

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . 151

APÊNDICE A - Experimentos da autora . . . 161

INTRODUÇÃO

Esta pesquisa teve como preocupação inicial e ponto de partida investigativo a fabricação digital como instrumento criativo na materialização de uma imagem digital, permitindo ao artista viabilizar novas formas de expressão com vistas à concretização de suas poéticas. Nesse sentido, pretendeu-se compreender o processo criativo do artista que opera pela via das mídias digitais e se utiliza das tecnologias de fabricação digital, incorporando na produção da obra estratégias de execução que, para serem realizadas, dependeriam de um conhecimento técnico especializado. Partiu-se do principio de que o artista das mídias digitais que tem o conhecimento articulado das tecnologias CAD/CAM ganha liberdade ao superar limitações impostas para a materialização de sua criação realizada em ambiente virtual, podendo transpor os dados digitais dos bits ao átomo, em um sem número de combinações entre possíveis técnicas e materiais.

Para a compreensão das especificidades dessa tecnologia, de modo a embasar as análises dos estudos de caso em que artistas fazem uso da fabricação digital, foi necessária uma experimentação dos meios digitais. Verificou-se essa necessidade pelo entendimento de que partir apenas da teoria e da literatura sobre essa prática não seria suficiente para se desenvolver um pensamento articulado a respeito das estratégias e combinações utilizadas por artistas muitas vezes tomadas no curso da execução da imagem. Para isso foi necessária a atividade prática em laboratório, para se ganhar afinidade com as máquinas e práticas, tendo como aporte certificações de curso condensado de fabricação digital pelo CBA-MIT, a realização de disciplina e a vivência em grupo de pesquisa, bem como visitas a outros laboratórios frequentados por artistas em diferentes países.

Essa experiência prática não apenas permitiu a ampliação do conhecimento técnico a respeito da fabricação digital, como também ampliou a previsão de possíveis novos horizontes e cruzamentos na pesquisa. Mais especificamente, essa incursão revelou uma prática artística que explora a complexidade e a singularização seriada das tecnologias CAD/CAM de modo a ressaltar o caráter autônomo da imagem. Essa mudança de direção na pesquisa, proporcionada pelo conhecimento prático e direcionada pela leitura e pesquisa de diferentes obras, foi consolidada por um período de estágio sanduíche na Universidade de Newcastle, o que permitiu uma aproximação com os meios generativos de criação e um crescente interesse por estes.

Sabe-se que a arte de característica generativa não é somente aquela associada aos meios digitais, mas se refere à criação baseada em processos que concorrem, tanto para a ordem quanto para a desordem, como estruturantes de uma imagem. Esse tipo de característica pode ser percebida tanto nos ladrilhamentos executados com precisão por M. C. Escher, quanto nas técnicas de *dripping* de Jackson Pollock. Mas esta pesquisa se interessou em especial pela possibilidade oferecida pelo computador, com sua característica programática, de ir além da simples representação das estruturas simétricas e aleatórias ao permitir complexificar a imagem, provocando uma tensão entre estes dois extremos. É por meio desta situação que o computador permite a geração de imagens complexas e autônomas, a partir de uma retroação de *feedbacks* controlados sem a interferência do artista, possibilitando a emergência de imagens não previstas pelos artistas. Com esta nova característica de imagem, a participação do artista deixa de ser centralizadora, estabelecendo todo o processo de criação do começo ao fim, para se tornar periférica, ao estabelecer re-

gras locais para a geração da forma. O artista que trabalha com este tipo de abordagem criativa opta por trabalhar cooperativamente com o computador, cedendo, por vezes parcialmente, a conclusão da forma por ele antes sugerida para o computador.

As imagens geradas por este processo costumam assumir estruturas complexas que são compatíveis com as técnicas de fabricação digital. Tomando como possíveis os processos automatizados de produção de modelos digitais para formas físicas, entende-se que o artista passa a ter a possibilidade de concretizar obras cujo nível de complexidade vai além das formas de representação desenvolvidas fora do ambiente numérico. Esta pesquisa pretende apresentar como processos generativos de criação podem se associar aos da fabricação digital, e como ambos potencializam o processo criativo do artista.

Acredita-se que este tipo de tecnologia, que abrange o uso de processos generativos de criação associados a fabricação e prototipagem digital, pode ser empregada pelo artista como linguagem e forma de representação inovadora. Tal cenário, que já vem sendo explorado por artistas em sua maioria estrangeiros, possibilita abrir um campo de conhecimento que une as Artes, as mídias computacionais e os sistemas biológicos de criação. Com essa abordagem, ampliou-se a relevância da tese, trazendo tópicos não tão correntes no âmbito das Artes Visuais.

De modo a viabilizar a pesquisa acerca do cenário proposto, a pesquisa teve caráter exploratório e consistiu de análise teórica, de visitas e da prática experimental em laboratório, e de leitura e catalogação de obras artísticas que se alinham ao contexto abordado. A análise teórica consistiu na busca de fundamentação bibliográfica, que priorizou o recorte estabelecido pela pesquisa. Essa investigação teórica envolveu, além da bibliografia estabelecida como principal e estrutural para o corpo da tese, leituras e fichamentos de materiais textuais complementares e de referência que surgiram no decorrer da pesquisa provindos de livros, artigos científicos e entrevistas realizadas por outros autores com artistas.

Isto posto, tratando-se de tese que investiga uma técnica não usual no exercício artístico, pareceu correto haver uma complementação do estudo teórico com um suporte analítico e prático do uso da fabricação digital e dos processos generativos de criação. Dessa forma, aliou-se o conhecimento teórico da pesquisa à prática por meio da vivência de como as interfaces e linguagens de modelagem e fabricação digital se complementam criativamente no meio artístico. Tal abordagem de pesquisa auxiliou sobremaneira no entendimento de como o artista, ao se apropriar de uma técnica nova, consegue explorar seus limites, ampliando possibilidades por meio de seu uso criativo. Esse conhecimento teórico e prático trouxe embasamento para a leitura de diferentes obras que envolvem a criação e execução em plano digital. A seleção de imagens contemplou desde aquelas imagens bidimensionais visualizadas apenas pelo monitor até as imagens tridimensionais que foram esculpidas, modeladas ou conformadas por meio da fabricação digital. Em comum essas imagens têm o "processo" decorrente das etapas de criação e execução da imagem, que passa a ser tão importante quanto a própria obra final acabada.

A partir de todo o levantamento realizado ao longo da pesquisa, consolidou-se a hipótese de que quanto maior o conhecimento sobre as tecnologias CAD/CAM, maior a liberdade do artista em suas proposições artísticas e poéticas, já que esse conhecimento permite superar restrições, ampliando o campo de possibilidades exploratórias. Soma-se a esta suposição a de que o artista, ao investigar os sistemas biológicos ou generativos de criação, passa a explorar a relação entre o espaço dinâmico e o virtual, redefinindo, e de certo modo esboroando, os limites entre o "criar" e o "gerar" a imagem. O estudo dessa categoria de imagem complexa, resultante da aproximação das Artes Visuais com as tecnologias digitais de fabricação e com os sistemas biológicos de criação, é pertinente para a disseminação de uma linguagem com potencial inovador no âmbito da criação artística.

De modo a melhor abordar esses conceitos, a tese foi estruturada em quatro capítulos descritos a seguir:

O primeiro capítulo, procura por meio de um panorama histórico apresentar os momentos mais representativos da estreita relação entre a tecnologia e a Arte, acompanhando, ao longo das divergências e concordâncias, o comportamento de artistas ao lidarem com a criação em um campo fundamentalmente numérico. Partindo das inovações trazidas pelas técnicas ótico-mecânicas, passando pelas tecnologias eletrônicas, até alcançar as tecnologias computacionais, muitas mudanças foram sentidas no campo da Arte, o que exigiu dos artistas, desde o começo, a busca pela criação de um espaço próprio, moldando seu processo de criar com base nos meios de sua época. A adoção de dispositivos tecnológicos como instrumentos de linguagem artística repercutiu na possibilidade de se potencializarem as criações de caráter permutacional e generativo, devido a seu caráter sistêmico e de ser possível um processamento cada vez maior promovido pelo computador.

O segundo capítulo, aborda a possibilidade de uma imagem ser gerada a partir de processos e modelos inspirados nos sistemas biológicos de criação, que, assim como na natureza, apresentam uma qualidade emergente e dinâmica. A complexidade da imagem se torna evidente na medida em que ela se associa às múltiplas possibilidades de conexões de suas menores partes. A imagem complexa possui a capacidade de gerenciar tensões que variam entre a organização e a aleatoriedade em relação ao seu sistema e que estão diretamente relacionadas a um sistema de retroação autorreguladora ou a um sistema de retroação auto-amplificadora responsáveis por causar variações não possíveis de serem antecipadas pelo sistema. Serão apresentadas obras de artistas que utilizam conceitos da arte generativa, os quais alcançam a complexidade da forma em diferentes níveis. O interesse dos artistas pelos conceitos relativos à biotecnologia permite ultrapassar limitações em suas proposições poéticas, oferecendo-lhe um meio sem limites para a manipulação artificial da complexidade.

O terceiro capítulo, apresentará a tecnologia da fabricação digital que, vinculada às mídias digitais e aos processos generativos de criação, permite a materialização de um modelo digital complexo e singular. Essa forma de produzir é dotada de diversas técnicas e pode ser combinada com diferentes materiais, que, quando apresentados ao artista, costumam ser adaptados e/ou subvertidos. Ao longo do capítulo, serão apresentadas obras que permitem a compreensão das técnicas, constatando assim o potencial criativo desses meios de produção digital quando relacionados aos meios de criação. Enfim, pretendeu-se examinar e mapear o potencial criativo inscrito no processo de fabricação e prototipagem digitais como forma de expressão e transposição do virtual para o físico.

O quarto capítulo, discutirá o processo de criação por meio de trabalhos de caráter prático-experimental realizados pela autora da tese e pela leitura de quatro obras do artista Leonel Moura que evidenciam um percurso com diferentes maneiras de se trabalhar a autonomia das imagens. Os experimentos e as obras apresentados nesse capítulo se dividem em duas partes, sendo que a primeira aborda a prática artística com base na tradução do pensamento criativo pelos meios digitais de fabricação, e a segunda apresenta um percurso pelas práticas criativas com base na emergência, que se desdobram ao final desse percurso na materialização da imagem complexa. Em virtude do caráter experimental das atividades documentadas, esse capítulo não pretende constituir uma continuidade conclusiva e decisiva ou desdobramento insofismável dos conceitos de arte generativa e dos métodos de produção digital apresentados nos capítulos 2 e 3. O que esse capítulo pretende de fato é apresentar experimentos realizados pela autora no decorrer da pesquisa, os quais tiveram como intuito vivenciar conceitos e apreender técnicas de modo a permitir, de forma mais consolidada, interpretar as obras analisadas com base em um conhecimento prático do tema.

Ademais, no Apêndice é apresentado uma série de experimentos realizados pela autora durante a pesquisa.

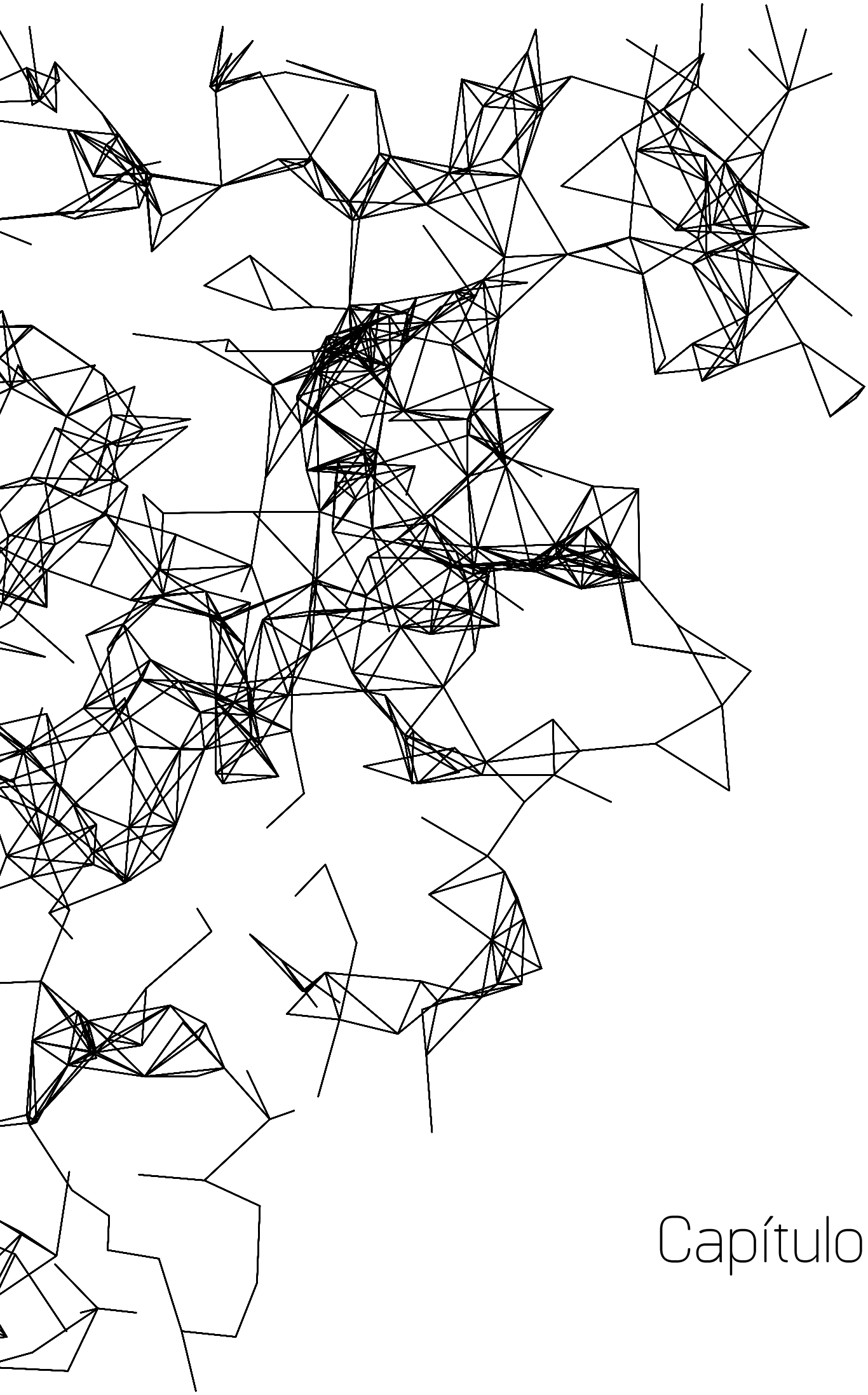


imagem gerada no processing de acordo com o processo DLA (Diffusion-Limited Aggregation)

Capítulo 1

BASE TEÓRICA E FUNDAMENTOS DO NUMÉRICO NA REPRESENTAÇÃO DA IMAGEM

> "On a practical level, artists viewed the rise of the computer as another technical innovation and saw their use of the computer in the arts as a logical extension in a long tradition of using the most advanced techniques available.[1]" (Taylor, 2014, p.113)

Este primeiro capítulo pretende abordar a mudança no pensamento criativo e operacional dos artistas na representação da imagem tendo em vista as transformações acarretadas pela introdução da tecnologia cada vez mais onipresente na sociedade. Pretende-se traçar um panorama sobre a influência dos dispositivos tecnológicos na concretização das poéticas dos artistas na medida em que, do ponto de vista da imagem, ocorre um deslocamento das suas características analógicas e materiais rumo a uma representação numérica e fluida, característica dos meios digitais. É preciso reconhecer que tais procedimentos de ordem digital na prática artística possuem latente em si um histórico de diferentes interações entre a arte e os meios tecnológicos que não pode ser ignorado. Este capítulo apresentará os primeiros passos desta relação por vezes conturbada, mas necessária de modo a ampliar e potencializar iniciativas poéticas que pretendem dar conta de uma representação que amplie a capacidade produtiva de um artista que antes se restringia aos meios tradicionais. O computador irá, cooperativamente com o artista, explorar um campo de possibilidades definido pela configuração dos algoritmos. É importante notar que no decorrer dessa mudança há um deslocamento de atenção da obra de arte como objeto final para o processo[2] utilizado pelo artista para a sua realização. Esta característica do processo será notada pela atenção do artista ao manipular e projetar sistemas abertos indispensáveis ao diálogo interativo com a máquina.

1.1. Os primeiros passos para a automatização e produção da imagem

A automatização na arte não ocorreu de forma repentina, e pretendeu, de início por meio de técnicas figurativas, facilitar a produção da imagem "limiting the amount of time, materials and movements involved in the creative process[3]" (COUCHOT, 2010, p.181). Os primeiros passos de uma automatização[4] na arte foram dados pela introdução da perspectiva linear no século XV, que traz, embutida em seus procedimentos, uma

---

1 "Em um nível prático, os artistas viram a ascensão do computador como outra inovação técnica e viram o seu uso nas artes como uma extensão lógica de uma longa tradição de se usar as técnicas mais avançadas disponíveis". Os textos originais em língua inglesa, a partir de agora, serão traduzidos pela autora desta tese e serão assim identificados: (T. A.).

2 Conforme Zajec & Hmeljak (1978 apud TAYLOR 2014, p.136) ao citar, a nova estética, dirigida pela intuição artística em sistemas abertos e em constante transformações, "no longer be on form and contemplation, but rather on formation and interaction of man and the machine."

3 "...limitando a quantidade de tempo, material e movimentos envolvidos no processo criativo." (T. A.)

4 Cabe aqui destacar que a precisão de se determinar o uso da técnica na produção da imagem é bastante subjetiva. Uma vez que, conforme Machado (1997a, p.223), "toda imagem materializada em algum tipo de suporte é o resultado da aplicação de algum tipo de técnica de representação pictorial", e aqui se inclui o secular gesto da pintura artesanal mediado pela preparação e combinação de tintas, bem como o tratamento da tela. No âmbito desta tese de Doutorado, enfatizarei o início dessa automatização como sendo marcado por recursos matemáticos e cientificamente verossímeis, como os presentes na perspectiva.

série de etapas com instruções a serem seguidas[5], e que se aprimorou com a adoção de equipamentos de perspectiva mecânicos e óticos. Mas foi com a fotografia, no século XIX, que a técnica figurativa ganhou um caráter mecânico para a representação do real[6] e se tornou passível de ser reproduzida indefinidamente, tornando-se quase que independente da dupla "mãos e olhos" do pintor. É importante destacar que a possibilidade de reprodução já havia sido introduzida na arte por meio da produção de ilustrações que utilizavam técnicas como a xilogravura, a gravura em metal e a litogravura, mas é a fotografia, como tecnologia[7], que inaugura um caráter multiplicador automatizado de uma imagem mecânica em substituição ao trabalho manual. Com o avanço da automatização, o sistema de produção da imagem se torna mais multifacetado, pois avança de um ciclo material mecânico para um eletrônico, até chegar às imagens digitais, operadas por algoritmos e relacionadas ao virtual. A arte visual como é vista hoje configura um ambiente propício[8] às inovações trazidas pela ciência e tecnologia, sendo a sua intervenção tão relevante que pode, em alguns dos casos, até mesmo influenciar determinadas decisões no campo das ciências exatas[9].

Essa parceria entre arte e tecnologia e o consequente processo de automatização das formas de criar e produzir promoveram diferenças de opiniões entre os que permaneceram seguindo fielmente os costumes e as normas tradicionais no fazer artístico e aqueles que assumiram o risco de acolher uma incursão tecnicista em seu trabalho. No caso da fotografia, os primeiros artistas a temerem a técnica da reprodutibilidade foram os pintores de retratos, que viram sua função suprimida por esse aparato técnico. Conforme Lévy (1999, p.28), essa "ameaça" pode ser constatada pelos indivíduos que viram seu trabalho substituído por uma revolução tecnológica[10] na "efervescência da criação, produção e apropriação lúdica dos novos instrumentos". Para os que sentiram a necessidade de agir, era preciso responder a essa situação de maneira criativa. Foi então que, aos poucos, artistas pioneiros souberam a seu modo absorver a nova realidade, fazendo uso desses recursos técnicos direta ou indiretamente em favor de sua própria poética. Pode-se dizer que este caminho sinuoso das técnicas no campo fértil das artes, até hoje, vem sendo desbravado por determinados artistas que procuram fazer refletir em sua obra essa exploração de novas formas de criar. De acordo com Benjamin (2012, p.200), a arte amadurecida se encontra no cruzamento de três linhas evolutivas:

---

5 Evidenciando o conceito embrionário de algoritmo que conforme Reas & Fry (2007, p.13), são "[...] codes that represent a series of instructions [...] defines a specific process with enough detail to allow the instructions to be followed" ("[...] códigos que representam uma série de instruções [...] definem um processo específico com detalhes suficientes para permitir que as instruções possam ser seguidas. (T. A.))

6 Como Manovich (1996, p.231) ressalta, apesar de a fotografia capturar o real com exatidão, a perspectiva continua sendo a maneira de se representar objetos imaginados e combiná-los com os reais.

7 Para Debray (1993, p.263), no momento em que a fotografia aparece "inaugura-se a longa fase de transição das artes plásticas para as indústrias visuais". A imagem se torna mecânica.

8 Ao usar o termo "propício" me refiro às Mídias Digitais e a determinados artistas com práticas contemporâneas que são receptivos às novas formas de criar relacionadas ao que há de mais recente nas novas tecnologias. Ainda existe uma segregação quando avaliado, de modo geral, o uso do numérico nas artes. Conforme Couchot (2003, p.13), "[...] as experimentações artísticas que recorrem ao numérico continuam a suscitar um debate violento e apaixonado. [...] por um lado, as condenações sem apelações, até mesmo as contestações da existência eventual de uma arte numérica; por outro, a inflação tecnológica, as miragens de uma comunicação perfeitamente transparente, as ingenuidades eruditas e as ilusões".

9 De acordo com Wilson (*In:* DOMINGUES, 2003, p.150) a "participação do artista em equipes de pesquisa poderia acrescentar uma perspectiva que talvez ajudasse a impulsionar o processo de investigação". Perspectiva essa alcançada pela característica do artista de valorizar a criatividade e a inovação sem limitar sua criação com metas ou restrições.

10 É bom lembrar que, conforme nos esclarece Plaza & Tavares (1998, p.20-21), "se a Técnica é a parte material ou conjunto de processos de uma arte, caracterizada como conhecimentos e formas de operar, de saber-fazer, incluindo, por isso mesmo, o princípio do inteligível, a Tecnologia, como saber-fazer + saber-teórico-científico, ela pressupõe uma qualidade, que atua tanto sobre o fazer quanto sobre o saber científico, isto é, uma síntese entre a técnica e a linguagem".

> "Em primeiro lugar, a técnica atua sobre uma forma de arte determinada. [...] Em segundo lugar, em certos estágios do seu desenvolvimento as formas artísticas tradicionais tentam laboriosamente produzir efeitos que mais tarde serão obtidos sem qualquer esforço pelas novas formas de arte. [...] Em terceiro lugar, transformações sociais muitas vezes imperceptíveis acarretam mudanças na estrutura da recepção, que serão mais tarde utilizadas pelas novas formas de arte." (BENJAMIN, 2012, p.200)

Esta linha de pensamento nos faz compreender a tecnologia não como um impacto inesperado no âmbito da arte. Para Lévy (1999, p.21), "as técnicas são imaginadas, fabricadas e reinterpretadas durante o seu uso pelos homens, como também é o próprio uso intensivo de ferramentas que constitui a humanidade enquanto tal". Nós, como seres pensantes, vivemos em constante interação com "entidades materiais naturais e artificiais" e "ideias e representações", e desta forma a tecnologia deveria ser pensada, como produto de uma cultura e uma sociedade (Ibidem, p.22).

> "[...] a qualidade do processo de apropriação (ou seja, no fundo, a qualidade das relações humanas) em geral é mais importante do que as particularidades sistêmicas das ferramentas, supondo que os dois aspectos sejam separáveis. [...] Quanto mais rápida é a alteração da técnica, mais nos parece vir do exterior. Além disso, o sentimento de estranheza cresce com a separação das atividades e a opacidade dos processos sociais." (LÉVY, 1999, p.28)

A arte segue o seu caminho, produzindo novas informações e novos procedimentos artísticos, justamente por tender, desde o Maneirismo, a questionar cânones e propor novas ordens. De acordo com Caramella (1998, p.24), se toda a arte se reduzisse a uma mera contemplação do belo e à repetição de uma verdade formal imutável perderia assim seu caráter experimental, tanto do material quanto da técnica, propondo novos procedimentos.

De modo geral, retomando conceitos da Antiguidade, se analisarmos de uma maneira sintética as mudanças na forma de interpretação do ato criador, será possível notar diversas mudanças de paradigmas partindo da arte praticada na Idade Média até a arte dos tempos atuais. E é pela maneira como o material e a forma foram tratados ao longo do tempo, juntamente com o conhecimento a respeito das mudanças sociais ocorridas em cada época, que nos é possível perceber essas passagens e mudanças na interpretação da forma de criar. Conforme nos esclarece Flusser (2002, p.85), no período da Idade Média, o artesão se ocupava não em criar formas, mas descobri-las por meio da fé. Esse "trabalho" seria avaliado por um bispo, que a partir de sua posição hierárquica de maior autoridade poderia definir o grau de veracidade da forma realizada pelo artesão, apregoando a ela valor. Essa atitude se altera com a revolução burguesa do Renascimento, "[...] dismissing the authority of the bishop and introducing the free Market[11]", e que acaba por devolver a razão para as mãos criadoras do artesão. A forma não é mais descoberta pela fé, mas sim elaborada pelo trabalho do artesão e melhorada com o passar das gerações.

11 "[...] descartando a autoridade do Bispo e introduzindo o livre mercado." (T. A.)

Flusser (2002, p.86) nos fala da noção de que "[…] forms are not fixed ideas but plastic models, that they can be modeled, that they can be progressively improved, and that therefore the works express fashions or modes is expressed in the word *'modern'*"[12]. Para isso observa-se uma sinergia entre os opostos "observar" e "experimentar". Em outra obra, Flusser (2007, p.24) acrescenta a esta dupla de opostos, "observação" e "experimento", a "teoria" de que, com o desenvolvimento das ciências, "a perspectiva teórica entrou numa relação dialética com a perspectiva sensorial". Daí decorre uma formalização da imagem que pode ser compreendida também pelos conceitos opostos de "matéria" e "forma", diz Flusser (2007, p.29) ao tentar explicar o mundo dos fenômenos. Para o autor, a matéria ou material seria relativo a representações, enquanto a forma ou o formal produziria modelos conformados pelo mesmo material. Dessa forma, a objetividade do criar viria a refletir no preenchimento de "formas preconcebidas com matéria". E é nesse momento que a técnica científica é introduzida no meio artístico. O valor deixa de ser algo imutável ou perfeito, mas que melhora com o aprimoramento da técnica, de modo a transformar um determinado material em alguma forma. A produção de imagens durante o Renascimento se embasa no conhecimento científico como forma de garantir credibilidade e verossimilhança.

> "Dürer estuda anatomia humana para poder pintar com maior exatidão os seus modelos; Leonardo estuda o movimento das águas e dos ventos para representar a dinâmica do mar e das ondas; Brunelleschi e Piero dela Francesca devoram avidamente toda a geometria euclidiana, crentes de que ela deveria dar a linguagem básica da construção do visível." (MACHADO, 1997a, p.224)

Essa inversão de valores do ato criador, partindo de uma crença mística para uma mediação da criação pela razão e precisão, é também tratada por Laurentiz (1991, p.72-74), ao destacar as mudanças ocorridas em um ciclo pré-industrial, em que a sociedade avança de um período em que impera uma "interpretação mística sobre o mundo" para um período de "interpretação material sobre o mundo". Tal mudança condiciona o modo de vida das pessoas, que ao observarem e experimentarem passam a reconhecer formas codificadas, mensuráveis, delimitadas e reguladas ao invés do temor do que antes se apresentava como imponderável e poético. Para Machado (1997a, p.224-225), a imagem, ao se libertar da crença, "se torna cada vez mais calculada, arquitetada, conceitualizada, construtiva, encarnando a própria utopia de um total controle do visível".

1.2. A reprodução mecânica e a consequente automatização dos processos de criação da imagem

Como se pode esperar, muito se alterou com a transição do período pré-industrial para um período materialista industrial. Não há mais espaço para interpretações sem fundamentos científicos ou a não adoção de técnicas para a produção de um objeto. Conforme Laurentiz (1991, p.75), o homem ocidental da era industrial "começou a procurar na natureza a existência de regras de comportamento e formação para, a partir do seu domínio, poder programar novas atuações, enquanto produtor de bens". O seu temor do desconhecido era então enfrentado utilizando-se o conhecimento e raciocínio lógico na tradução dos fenômenos naturais. A presença da técnica na arte foi paulatinamente ganhando força, mas com o cuidado de separar a criação da comercialização. É clara a demarcação do surgimento da fotografia como o momento de maior tensão na história da arte, no que se refere ao seu primeiro afrontamento com a técnica da fabricação da

12 "[...] formas não são ideias fixas [e pré-determinadas], mas modelos plásticos, que elas podem ser modeladas, que podem ser progressivamente melhoradas, e que portanto trabalhos que expressam modas ou modos estão expressos na palavra 'moderna'." (T. A.)

imagem a partir da segunda década do século XIX[13]. A tendência para os artistas precursores passa a ser a procura por novos padrões de representação e pela reinterpretação plástica.

> "A máquina fotográfica, que permite ao amador deixar de olhar para aquilo que está fotografando, forçou o pintor a pintar melhor. Da mesma forma que o cinema, cem anos mais tarde, vai obrigar o teatro a conhecer-se melhor e, portanto, a depurar-se; da mesma forma que o televisual ao vivo constrange a imagem fixa a apresentar menos realismo e mais estetismo, assim o tripé constrangeu o cavalete a reexaminar seus próprios recursos para circunscrever melhor seu domínio de competência. E o cavalete deu o troco ao tripé, por um retorno sobre si em forma de subida aos extremos." (DEBRAY, 1993, p.265)

A fotografia foi responsável por abrir perspectivas para uma nova era da imagem, uma mecanização no sistema de expressão, destituindo o pintor de um trabalho puramente imagético e impelindo-o a se inovar, apurando o seu lado criador. O avanço que a fotografia deu ao se aliar à indústria potencializou a sua acessibilidade e multiplicidade. Para o artista que soube usufruir e absorver esta evolução da técnica de reprodução da imagem abriram-se os horizontes de um campo fértil para se desenvolverem novas linguagens. Conforme Couchot (2003, p.23), o envolvimento da técnica fotográfica com a indústria "[...] abre horizontes antes desconhecidos, enriquece o universo do visível do qual fazem parte e dão acesso a um imenso 'armazém de imagens e de signos' sem comum medida com o que oferecia a tradição". A posição de contradição que a fotografia assume, ao mesmo tempo ameaçadora e favorável ao artista, é denominada por Couchot (2003, p.24) como o "primeiro paradoxo da modernidade". Um momento em que "[...] por um lado, a técnica destitui o pintor de seu poder imagético, [e] por outro, coloca à sua disposição novos e potentes meios de figuração".

> "A automação de funções de comando de produção permite ao artista agilizar o seu fazer, acrescentando à obra a velocidade como auxílio para novas percepções sugeridas pelo trabalho desenvolvido. O artista, ao invés de pensar em copiar o real, pensa em simular um real ainda não vivenciado; a velocidade adicionada na execução do trabalho faz este chegar primeiro onde o homem muitas vezes sequer poderá chegar. Para tanto, as referências olho-mão são substituídas por soluções diagramáticas, imagens mentais representativas da articulação mente-mundo." (LAURENTIZ, 1991, p.106)

Dessa forma, os avanços no desenvolvimento industrial das técnicas automáticas da produção e da reprodução da imagem influenciaram a arte em direções opostas; destacamos aquela contrária à automatização, um caminho em que a subjetividade imperava. E devido a essa inclinação, cada vez mais proeminente em determinados grupos, paulatinamente passou-se a não mais ocorrer uma dependência das leis da perspectiva, abandonando-se assim os conceitos de ótica antes proferidos por Alberti. Ao se distanciar da

13 De acordo com Wands (2006, p.20), o século XIX é considerado como o período em que foram estabelecidas as bases para a revolução computacional, na medida em que avanços científicos e invenções ocorriam constantemente.

realidade, a pintura foi aos poucos se liberando das restritas regras de representação da imagem[14], que fazia uso dos parâmetros tradicionais de uso de perspectiva, de modo a alcançar um nível de liberdade de representação que explorasse a subjetividade, dando forma às sensações. Desde os primeiros passos dados pelo Impressionismo e pelo Neoimpressionismo, ao fragmentar e sistematizar as pinceladas e dar atenção às cores, passando pelo Simbolismo, que apresentava no quadro uma imagem da memória e da imaginação por meio de formas simplificadas, até os Cubistas, no início do século XX ao romperem de vez com qualquer lei de perspectiva, nota-se uma alteração nunca antes vista do sistema figurativo. A partir daí, percebem-se duas tendências que opõem os pintores nas artes plásticas. Uma delas é a *subjetividade,* cujas referências provinham sempre do interior de si, dando atenção à necessidade subjetiva. A outra, que se afina com o real, é a *objetividade*, que toma como parâmetro as referências fora de si, de uma realidade natural da ciência, da técnica e da sociedade. A primeira delas expressa unicamente uma efusão expressiva, e acaba por apresentar uma realidade de concepção que é também uma realidade plástica autônoma que, conforme Couchot (2003, p.64), "[...] não funciona mais como um plano de projeção (ótica), mas como um plano de apresentação". Já a tendência pela objetividade não quebra a realidade da visão, ela se interessa pela vida artificial que a máquina propõe. Estas duas tendências opostas não se encontram em estado puro na arte. Os artistas acabam se afinando com uma tendência mais do que com outra, mas nunca de uma maneira radical. A intensidade que essa tendência se apresenta varia de acordo com a posição assumida pelo artista diante do novo estado perceptivo apresentado.

Isso posto, é possível constatar que os momentos de maior florescimento cultural e de transformações estéticas vêm sempre acompanhados de um desenvolvimento dos meios, mostrando que a arte nunca esteve ausente de procedimentos técnicos. Conforme observa Machado (1993, p.11), "na realização dos fatos culturais, as técnicas de produção jogam um papel fundamental, embora não ainda inteiramente estudado e conhecido; sem elas, pelo menos a história inteira da arte seria impensável". O mesmo conceito é abordado por Francastel (2000, p.22), ao afirmar que, quando existe uma verdadeira inovação nas mãos do homem, acompanha esta uma necessária inovação no pensamento figurativo[15].

> "This innovation is justified by a change of habits, ideas, and every form of human activity, based on a reshaping not only of frames of perception but of knowledge. Plastic form have always served as evidence of a change in moral and intellectual concepts. Artists, along with scientists, have always envisioned attributes and values in an ideal framework before later generations placed them in living, human context[16]." (FRANCASTEL, 2000, p.22)

Começa a ficar claro que o crescimento das novas técnicas automatizadas é o grande responsável por uma mudança na percepção do espaço e do tempo, sentidos principalmente na arte. O artista, atrelado

---

14 Para Couchot (2003, p.64), "[...] a pintura não é mais exatamente uma imagem na medida em que não é mais uma representação mimética".

15 Para Francastel, o termo "figurativo" trata da relação estrutural e organizacional entre um sistema de signos que representam e o objeto representado. (FRANCASTEL, 2000, p.26)

16 "Essa inovação é justificada por uma mudança de hábitos, ideias e todas as formas de atividade humana com base em uma reformulação não só de quadros de percepção, mas de conhecimento. A forma plástica sempre serviu como evidência de uma mudança nos conceitos morais e intelectuais. Os artistas, junto com os cientistas, sempre imaginaram atributos e valores em um quadro ideal antes de gerações posteriores colocarem-nas dentro do contexto humano de vida." (T. A.)

aos meios de representação e pensamento de seu tempo, opera segundo esse repertório de referências de modo a dar forma a sua sensibilidade. A cada período da história o artista se vê inserido em um novo cenário, com novos instrumentos e novas técnicas, e principalmente com novos conhecimentos e ideais.

Na complementaridade entre o que é objetivo e subjetivo, cabe aqui destacar a referência que o autor Couchot (2003, p.17) faz às ideias de Merleau-Ponty, ao apresentar a suposição de que a atividade artística seria a interação entre os componentes do sujeito "Nós" e "Eu". Segundo o autor, o sujeito-Nós seria "modelado pela experiência tecnestésica" e o sujeito-Eu "resgataria a expressão de uma subjetividade irredutível a todos os mecanismos técnicos e a todo *habitus* perceptivo, singular e móvel, própria ao operador, à sua história individual, ao seu imaginário". Nesse contexto, a subjetividade do eu deixa de ser exclusiva deste para compartilhar com o nós, em "uma associação distintiva destes dois componentes do sujeito, uma tecnicidade figurativa e uma figura da subjetividade".

O fato de as técnicas avançarem paulatinamente em uma escala de complexidade cada vez maior faz com que elas alcancem uma organização distinta pela via da "automatização", ou seja, "desencadeando transtornos nas relações delicadas de um sujeito-Nós que não cessa, por sua vez, de tender sempre muito mais ao tecnicismo, e de um sujeito-Eu que tenta resistir a essa dependência e redefinir sua própria identidade" (Ibidem, p.17). As técnicas, ao alcançarem esse patamar "[...] adquirem então uma autonomia que lhes permite a faculdade de funcionar sem a intervenção do operador, nos limites de sequências operacionais definidas, mais ou menos completas ou mais ou menos longas" (Ibidem, p.17). E tendo em vista a autossuficiência de um Nós, fica a questão sobre até onde o Eu do artista tem ainda controle sobre o que produz, tema este que será propriamente abordado no capítulo 2 desta tese. Entende-se que as incursões realizadas pelo numérico nas técnicas figurativas ou abstratas de representação do artista cada vez mais ganham características multifacetadas ao aparelhar o sujeito com tecnologias de potência antes inimaginável. Ainda de acordo com o autor, esses avanços tecnológicos "não deixam de ter efeitos tecnestésicos consideráveis, modificando a percepção do mundo, das coisas e da sociedade".

1.2.1. A crise do objeto: do produto ao processo

Os novos métodos tecnológicos que surgiram a partir da fotografia mudaram a maneira de o artista perceber e construir a forma, e consequentemente mudaram seu entendimento sobre a visão e a percepção. O artista suprematista russo Kazimir Malevich (1878-1935) seguiu uma linha de pura abstração geométrica de modo a transgredir a pintura tradicional enfatizando processos materiais dinâmicos. O artista utilizava formas geométricas como forma de representar a "supremacia de um mundo maior do que o das aparências" (DEMPSEY, 2003, p.103). Inspirada no Cubismo e no Futurismo, essa arte pura e não objetiva celebrava a cultura mecanizada mas se mantinha afastada de qualquer compromisso político ou social. Em seu quadro "Black Square", de 1915 (ver Figura 1), Malevich apresenta a forma geométrica de um quadrado preto simbolizando o zero da forma contra um fundo branco representando o vazio que se situa além do sentimento (Ibidem, p.104). A forma aponta para um estado dinâmico em uma criação que deixa de ser uma obra representativa da natureza para se tornar um novo objeto artificial-natural, um organismo técnico autônomo (WHITELAW, 2001, p.350-351). Conforme Whitelaw (2001, p.349-350), a característica dura, fria e sistemática do artista se entrelaça com ideias da forma orgânica. Seguindo esse raciocínio, o ato de criação de uma estrutura era para Malevich como um processo tão refinado que acabava por obter uma soberania (Ibidem, p.350).

> "Once again this autonomy is a result of the extremely refined nature of the forms: 'Suprematist forms have achieved utilitarian perfection. They are no longer relevant to the earth, and they can be treated or studied like any planet or complete system.' The Suprematist canvas, following this organic line, appears not so much as a pure formal essence or metaphysical icon, as an abstraction of natural dynamics; Malevich imagines a manifestation of those dynamics so perfect that the work moves off the canvas and into interplanetary space, propelled by the 'natural processes' of its internal articulations. Malevich foreshadows the completion of the Suprematist pursuit of 'pure creation' in the form of an autonomous 'technical organism'[17]." (WHITELAW, 2001, p.350)

Figura 1: Kazimir Malevich, "Black Square" (1915). Fonte: <http://www.tretyakovgallery.ru>

Ao representar a noção de uma dinâmica natural, o artista Malevich, lança bases para a proposição de uma imagem autônoma, resultante da exploração de conhecimento a respeito de sistemas naturais. E ao antecipar a manifestação de processos naturais na forma, Malevich propõe a noção de que a apropriação do processo criativo, inerente às estruturas formais da natureza, "signifies absolute creation, endless generative novelty, a transformed reality"[18] (Ibidem, p.352). Essa visão de que processos dinâmicos são capazes de dar autonomia e vida a elementos artificiais se fortalecerá ao longo do tempo e será tratado com maior profundidade no próximo capítulo.

No movimento Futurista (1905-1920), os membros, influenciados pelo dinamismo da realidade tecnológica como as máquinas, a velocidade, o ruído e a tecnologia trazidos pela Revolução Industrial, tentaram representar em formas bi ou tri dimensionais suas percepções a respeito dessa sociedade moderna e inovadora. O artista futurista Giacomo Balla (1871-1958) realizou experiências com representações de movimentos sequenciais (ver Figura 2) que, de acordo com Dempsey (2003, p.89), foram "influenciado[s] pelos estudos fotográficos de locomoção humana e animal realizados pelo americano Eadweard Muybridge (1830-1904) e pelas 'cronofotografias' do fisiologista francês Etienne-Jules Marey (1830-1904)".

---

17 "Mais uma vez essa autonomia é o resultado da natureza extremamente refinada das formas: 'formas suprematistas alcançaram a perfeição utilitária. Elas não são mais relevantes para a Terra, e elas podem ser tratadas ou estudadas como qualquer planeta ou um sistema completo.' A tela suprematista, seguindo essa linha orgânica, não se parece tanto como uma essência formal pura ou um ícone metafísico, como uma abstração de dinâmica natural; Malevich imagina uma manifestação dessas dinâmicas tão perfeita que o trabalho se move para fora da tela e em direção ao espaço interplanetário, impulsionado pelos 'processos naturais' de suas articulações internas. Malevich prenuncia a conclusão da busca suprematista da 'criação pura' sob a forma de um 'organismo técnico autônomo'". (T.A.)

18 "significa uma criação absoluta, uma novidade generativa sem fim, uma realidade transformada". (T. A.)

Figura 2: Giacomo Balla , “Dinamismo di un Cane al Guinzaglio” (1912). Fonte: Argan, 1992, p.444

Figura 3: Marcel Duchamp, “Nu descendant un escalier n° 2” (1912). Fonte: Argan, 1992, p.440

Essa mesma técnica da cronofotografia[19] inspirou o artista dadaísta Marcel Duchamp (1887-1968) na realização da obra “Nu descendant un escalier n° 2” (1912) (ver Figura 3). Nessa pintura é clara a presença de um elemento cinético. Para Argan (1992, p.438): “[...] uma figura nua que desce as escadas individualiza as sucessivas posições, e liga-as num complexo ritmo de formas”. Enquanto que para o futurista Balla o movimento é considerado velocidade que dá ao objeto uma forma diferente da imobilidade, para o dadaísta Duchamp determina-se uma mudança estrutural do objeto, alterando-o morfologicamente.

19 As imagens de Jules-Etienne Marey, relacionadas ao final da década de 1880, apresentavam transparências justapostas e constituíam, conforme Crary (1999, p.161), um campo visual no qual o observador se move para frente e para trás entre diferentes níveis de organização. Seu trabalho era baseado em uma operação recíproca de decomposição e reunificação. Para Crary (1999, p.140), “[...] sua análise de movimento, dentro de um quadro de um único campo visual preservava uma coerência de um vetor espacial e temporal, dando ao movimento uma nova forma de legibilidade e racionalidade [...]”.

> "O movimento de uma pessoa que desce a escada é um movimento repetitivo, mecânico, semelhante ao movimento de uma máquina. Ao executá-lo, a pessoa passa do estado de organismo vivo para o de engenho ou máquina; o funcionamento biológico se transforma em funcionamento mecânico. Movimento repetitivo é também aquele a que, numa civilização da técnica, habitua-nos à familiaridade com as máquinas; portanto, a transformação do funcionamento biológico em funcionamento tecnológico é o destino que nos aguarda". (ARGAN, 1992, p.438)

As obras de Marcel Duchamp eram possuidoras de um ceticismo e uma ironia, pois, nos relata Argan (1992, p.439), "ele se nega a ver na tecnologia industrial uma 'revolução' destinada a mudar a face do mundo". Ele percebe a tecnologia como algo que não é sério, como uma mitologia. Diferente do Futurismo, que de certa maneira cultuava a máquina, o movimento Dada (1915 – 1930) é, conforme Argan (1992, p.353), uma "contestação absoluta de todos os valores, a começar pela arte". Afetados pela crise instaurada pela Primeira Guerra Mundial, se revoltavam "contra instituições políticas e sociais, mas também contra o *establishment* da arte, que, numa sociedade burguesa, se alinhava ao desacreditado *status quo* sociopolítico", pelas palavras de Dempsey (2003, p.115). Dessa forma, a arte parando de fazer sentido ou de produzir valor se afasta da lógica e se aproxima do que os dadas chamam de *nonsense*. Ao renunciarem a qualquer técnica especificamente artística, Argan (1992, p.356) diz que "os dadaístas não hesitam em utilizar materiais e técnicas da produção industrial [...] evitando, porém, empregá-los das maneiras habituais e, por assim dizer, prescritas".

Um exemplo disso é o artista dada Hans Arp (1886-1966), que realizava colagens a partir de um sistema aleatório como forma de subjugar as ideologias de uma ordem racional trazida pelo pensamento industrial. Arp se interessava pelos padrões expressivos que se formavam quando ele deixava cair pedaços de papeis rasgados no chão, os quais sofriam a ação da aleatoriedade (ver Figura 4) (RICHTER, 1993). Para o artista, as composições eram resultado da "ação-destino", algo que ele provavelmente não conseguiria reproduzir sem a utilização dessa técnica.

Figura 4: Hans Arp, "Untitled" (1917), 48.5cm x 34.6 cm.
Fonte: < http://www.nga.gov/exhibitions/2006/dada/artwork/>

Outra maneira indireta de apropriação dos conceitos industriais eram as poesias dadaístas, que enfatizavam a instrução formal quando, de acordo com Paul (2008, p.11), "aestheticized the construction of

poems out of random variations of words and lines[20]". A poesia realizada pelos dadaístas resultava de uma ação controlada do artista ao randomicamente escolher os elementos que a iriam compor. As regras pré-definidas pelo artista eram o próprio processo de criação da obra. O elemento randômico foi um dos mais importantes na produção da Arte Moderna, e era utilizado, conforme Schönlieb & Schubert (2013, p.29), de maneira acidental ou não intencional combinada com elementos como a seriação e a repetição. Dentre os artistas que utilizavam esses elementos em seu processo de criação podemos citar Pollock, Rainer, Rothko e Warhol. Assim como os dadaístas, os artistas do grupo Fluxus (1961 – 1978) enfatizaram o humor, as instruções, a impermanência e o jogo (LOVEJOY, PAUL, VESNA, 2011, p.91). Mas, ao contrário do individualismo dos artistas dadas, os artistas do Fluxus prezavam a participação do coletivo na realização das obras. A ênfase no social afasta a importância do objeto de arte.

Esses elementos de seriação e repetição combinados a regras pré-estabelecidas que possibilitam resultados finitos possuem uma ligação com o conceito de algoritmo, que podia ser percebido já nos procedimentos da perspectiva[21], e que futuramente seria muito explorado na arte digital ainda por vir. O conjunto de regras associado ao elemento de aleatoriedade, visto em obras da Modernidade, pode portanto ser comparado ao conceito de algoritmo, o qual é a base elementar de todo *software* e de todas as operações de base computacional. Nesse contexto, quando o artista atualiza definições não-controladas de aleatoriedade no processo criativo, estas se revelam na obra pelo viés da ambiguidade e das impressões inconstantes:

> "At first artists shifted the origin of a piece of art from being the result of a totally planned artistic process to a conceptual use of randomness a process being described as aleatoric. Moreover, this kind of randomness challenges the viewer to accept the change of focus from technical mastership to more intelectual levels of perception.[22]" (SCHÖNLIEB & SCHUBERT, 2013, p.32)

Assim, apesar da intervenção do artista ao atualizar definições de aleatoriedade, a obra se revela pelo viés da ambiguidade e das impressões inconstantes. Os objetos "perdem seu valor", e é o que notamos nas obras de Duchamp que designam objetos manufaturados em *Readymades* artísticos. Conforme Dempsey (2003, p.118), Duchamp "afirmava que sua seleção jamais era ditada pelo gosto, mas 'baseada numa reação de indiferença visual'". Desloca-se o objeto de seu contexto original para colocá-lo em uma nova situação. A noção de apropriação e manipulação do objeto "encontrado" como imagem "copiada" é semelhante ao que se vê nas obras digitais (PAUL, 2008, p.13). Conforme relata Argan (1992, p.356), na obra "L.H.O.O.Q." (1919) (ver Figura 5), ao colocar bigodes sobre a imagem da Gioconda, Duchamp ousou "[...]

---

20 "estetizou a construção de poemas a partir de variações randômicas de palavras e linhas" (T. A.)

21 A perspectiva facilitou a automatização da representação da imagem digital, que também necessita do mesmo algoritmo para projetar coordenadas de pontos de um objeto volumétrico em um plano bidimensional. "By automating perspectival imaging, digital computers completed the process which began in the Renaissance. This automation became possible because perspectival drawing has always been a step-by-step procedure, an algorithm involving a series of steps required to project coordinates of points in 3D space onto a plane." (MANOVICH, 1996, p.231) ("Pela automatização da imagem perspectiva, os computadores digitais completaram o processo que começou na Renascença. Essa automatização se tornou possível porque o desenho em perspectiva sempre foi um procedimento passo a passo, um algoritmo envolvendo uma série de passos necessários para se projetar coordenadas de pontos em um espaço 3D em um plano" (T. A.)

22 A princípio os artistas mudaram a origem da obra de arte de ser o resultado de um processo artístico totalmente planejado para um uso conceitual da aleatoriedade, um processo que é descrito como aleatório. Além disso, esse tipo de aleatoriedade desafia o espectador a aceitar a mudança de foco de uma maestria técnica para níveis de percepção mais intelectuais" (T. A.)

contestar a veneração que lhe tributa passivamente a opinião comum. E também, provavelmente, ferir o orgulho de um público que, agora, já não sabe distinguir entre original e reprodução [...]". O artista quis chamar a atenção ao fato de que a reprodução possui um caráter meramente industrial, sendo susceptível a qualquer espécie de intervenção. Ainda mais clara se torna a "negação das técnicas como operações programadas com vistas a um fim" no *readymade* "Roda de Bicicleta" (1913) (ver Figura 6), que traz uma roda de bicicleta fincada em um banco e é apresentado como uma obra de arte. Ao contrário do objetivo de destituir o valor da obra, como foi com a Gioconda, nesse *readymade* "apresenta-se como dotado de valor algo a que geralmente não se atribui valor algum" (Ibidem, p.358). O movimento ressalta a arte como ideia, a possibilidade de quebrar barreiras e atribuir a ela significados que não eram antes condicionados a ela.

Figura 5: Marcel Duchamp, "L.H.O.O.Q." (1919). Fonte: < http://www.nortonsimon.org>

Figura 6: Marcel Duchamp, "Bicycle Wheel" (1913). Fonte: <www.moma.org>

Os caminhos adotados pelos artistas, os movimentos surgidos como uma reação positiva ou negativa à iminente automatização davam indícios de que a relação entre arte e tecnologia não era e nunca seria estável. Eram claras as divergências de opinião entre os artistas em relação a trabalhar conforme as regras ditadas pela máquina. A arte deixaria de ser o modelo das atividades com que o sujeito realizava objetos,

com que, conforme Argan (1992, p.581), atribuía "significado de objeto ao próprio mundo e assim colocando-o como espaço ordenado, lugar da vida, conteúdo da consciência". O deslocamento do objeto no âmbito da tradição e dos valores históricos da arte faz com que ele perca o valor que antes lhe era atribuído pela sociedade. Essa sociedade, agora ávida pelo constante desenvolvimento tecnológico industrial, identifica o produto ilimitado, produzido em série e sempre renovado. O que antes tinha valor por ser individual e único se vê substituído por um "produto anônimo" (Ibidem, p.581).

Localizando o momento culminante dessa troca de valores na arte, Argan (1992, p.581), ressalta que o início dessa crise data da época da primeira revolução industrial – final do século XVIII, com a mecanização da indústria têxtil –, seguida por suas modificações no plano da técnica sentidas na primeira metade do século XIX, e que foi marcada pela substituição da "tecnologia dos objetos (o artesanato) para a tecnologia dos produtos (a indústria)". Um segundo momento de crise, nomeado pelo autor como "segunda revolução industrial" – início do século XX, com a linha de montagem e a produção em massa – alteraria a posição do produto que se incrusta no "movimento da gigantesca massa de consumo" marcada pela mudança da "tecnologia de produtos para a tecnologia dos circuitos; mais exatamente para a tecnologia da informação" (Ibidem, p.581). Os objetos, que antes eram consumidos objetivamente, até o fim de sua vida útil, foram substituídos por sua imagem, que se renova constantemente, tentando atender a um "consumo psicológico" que se instaura no inconsciente das pessoas e induzidos por uma "capacidade produtiva do aparato industrial [que] crescia desproporcionalmente" (Ibidem, p.581). Essa progressiva renovação da imagem vem acompanhada da obsolescência, que é a chave para manter ativo o novo e desproporcional sistema industrial da sociedade contemporânea. Mais adiante, no capítulo 3 desta tese, será abordada a terceira revolução industrial, ainda em andamento, que transformou a fabricação em um processo digital.

É importante destacar que a passagem entre as eras industriais mecânica e eletrônica foi marcada pela alteração de valores entre a realidade e o real. Quem chama a atenção para essa relação é Laurentiz (1991, p.99), quando destaca que a "realidade", presente na era mecânica, entra em crise na era eletrônica, cedendo espaço para o "real". Para o autor, a realidade, "fruto do pensamento humano", reflete a característica do homem produtor da era mecânica, que utiliza ferramentas como simples sensores e extensores para que possa acessar o mundo. Essa visão de realidade[23] se amplia com a de um real em que "sensores e extensores do homem passam a ser encarados não apenas como extensões mas além disso, como transdutores que intermediam a espécie ao mundo" (Ibidem, p.99). Deixa-se de lado a ferramenta como objeto técnico que prolonga o corpo para o uso do instrumento como objeto técnico que, além de prolongar o corpo, adapta-o para "obter uma percepção melhor" (SANTOS, 1994, p.47). Essa nova era eletrônica, que se vale dos sensores e extensores artificiais como instrumentos que aproximam o homem do mundo, o tornam "cooperador" ao invés de "predador" na sua relação com a natureza (LAURENTIZ, 1991, p.100).

Complementando essa visão, Santos (1994, p.47-48) ressalta que o instrumento, como uma ferramenta de percepção, permite acolher o mundo e "tornar visível o que [...] [ele] nos envia, o que nos toca". Dessa forma, na visão de ambos os autores, o homem avança no sentido de se valer de seus instrumentos ou extensores como intermediadores de suas ações no mundo na tentativa de entendê-lo melhor, e a ele se unir. É a partir desse diálogo entre o homem e a natureza, possibilitado pelos transdutores da era eletrônica, que

23 No decorrer desta tese, os termos "real" e "realidade" não serão necessariamente usados de acordo com esse contexto, uma vez que outros autores e argumentos citados não compartilham a mesma terminologia adotada por Laurentiz (1991).

se delineia a estrutura de um novo processo produtivo, que, conforme Laurentiz (1991, p.110), se trata de uma "decisão conjunta a partir do grau de conhecimento interativo entre homem e universo, na confluência das suas ações [...]". O autor traz a noção de um "caráter brando", que seria um papel assumido pela tecnologia ao promover um "intercâmbio informacional entre a cultura do homem e os valores universais" sem impor regras, mas transformando. O artista que dialoga com essas tecnologias eletrônicas opera de maneira cooperativa com o universo "[abrandando o] potencial de linguagem da tecnologia" (Ibidem, p.113).

> "Abrandar tecnologia significa, em termos de pensamento operativo, encontrar funções similares entre as organizações sintáticas dos equipamentos (*hardware* e *software*) e as forças universais explicitadas no *insight*. Desta maneira, não há uma interferência interna de uma linguagem sobre as qualidades da outra linguagem. Os discursos se equivalem, gerando sentimentos similares diante do fenômeno em si ou da manifestação cultural produzida. Para se chegar a esta postura operacional de estabelecer similaridade de funções, é necessário ter conhecimento dos recursos de linguagem propostos pelos equipamentos utilizados. A autoria fica dividida entre o homem (conhecimento e juízo) e o equipamento (funções determinadas de linguagem); formalizou-se uma coautoria." (LAURENTIZ, 1991, p.113)

O artista bem informado que opera com os novos meios é então capaz de propor analogias e correspondências, equilibrando o seu potencial criativo às possibilidades de representação da máquina. Dessa forma a representação branda tem como característica a relação de sincronicidade entre o mundo e a mente, que por similaridade permite "a avaliação do trabalho artístico possibilitando a manutenção do efeito promotor e do efeito conseguido com a obra pronta" (LAURENTIZ, 1991, p. 129-130). É nessa característica de similaridade que a arte se apoia, ao sugerir pela lógica sem que seja necessário comprovar ou generalizar fatos.

1.3. O fortalecimento do processo na arte: o tratamento automático da informação e o desenvolvimento das tecnologias de comunicação de base computacional

O aprimoramento das técnicas mecânicas e elétricas desencadeadoras dos aparelhos de difusão do som e da imagem repercute no desenvolvimento da tecnologia eletrônica; é nesse momento que, para Debray (1993, p.271), a imagem perde sua característica de substância, tornando-se um sinal: "para ser *vista*, deve ser *lida* pelo cabeçote leitor". A qualidade de retroação ou "ação de retorno" da máquina, característica do conceito da Cibernética, assim como a informação sugerem "ordem, complexidade, organização, e se opõem à desordem, à entropia, que ameaçam tanto o mundo físico quanto as sociedades" (Ibidem, p.95).

Alguns artistas passam a lidar com os princípios da Teoria da Informação[24] que por meio da automação desenvolve máquinas e linguagens quantificando a informação. Essa corrente passa a influenciar a Cibernética ao contribuir com métodos científicos que deram margem a "um conjunto de ideias extremamente novas em correspondência estreita com as tecnologias [...]" (COUCHOT, 2003, p.99). Contudo, foi a característica metodológica da Cibernética, de formalização das estruturas que constituem "[...] totalidades

24 A Teoria da Informação trata do estudo e da mensuração da informação, e tem como base teorias do cálculo da probabilidade e da estatística matemática.

compostas de elementos independentes regidos por leis internas e capazes de se autorregular"[25] (Ibidem, p.100), que marcará as artes a partir da década de 50.

Ao se deixar levar pela técnica, e apenas a ela responder, a arte perdia a função de produzir sentido. Foi o que ocorreu a partir da década de 50, quando algumas práticas artísticas se incrustaram de tal forma na exatidão do real que não foi mais possível diferenciá-la como uma atividade sensível. O sujeito-Nós predominava abafando o Eu do interior do artista. Dessa forma, ocorre um "empobrecimento da arte" e, conforme abordado por Couchot (2003, p.126), reforça-se "a importância cada vez mais desmesurada do artista", que por sua gana de se tornar cada vez maior e mais importante torna a arte incompreensível. Concorre para esse fato a mudança da percepção causada pela evolução do ambiente tecnológico, que promove a "automatização e a descrição dos processos industriais", e com isso a consequente "pesquisa do menor elemento constituinte da imagem e sua decodificação" (Ibidem, p.129). Decorre que essa mudança de percepção deixa de pertencer ao "universo das ideias e dos sentimentos" para ir ao encontro da ciência. Afinal, com o desenvolvimento da Cibernética e da Teoria da Informação, os artistas chegam à conclusão de que a máquina, assim como o homem, é capaz de pensar, "não há nada mais que uma diferença quantitativa na capacidade de tratar a informação" (Ibidem, p.135). Com a simulação artificial do pensamento humano o sujeito-Eu deixa de ser o principal foco, dando espaço para um sujeito-Nós que não cessa de se desenvolver e ganhar autonomia.

As teorias disseminadas tanto pela Cibernética quanto pela Teoria da Informação fazem emergir nas artes dois polos: o primeiro promove a participação ativa do espectador, inserindo na obra um sistema de *feedback* alimentado pela comunicação com o receptor; o segundo se preocupa com o processo de criação mais do que com o próprio resultado da obra. Concentraremos o nosso estudo no momento em que artistas exploram suas práticas criativas. No polo em que se atribui um interesse maior pelos "sistemas lógicos acionados na produção da obra", que, conforme Couchot (2003, p.117), se interessam pela "elaboração conceitual, a ideia que preside a criação, os procedimentos segundo os quais as obras são organizadas".

Os movimentos artísticos que correspondem a essa forma de criar, desenvolvendo diagramas e instruções, têm raízes na arte conceitual e na arte baseada em processos. Inspirada pelo modelo linguístico de organização sistemática, a arte conceitual parte do principio de que "as ideias ou os conceitos constituem a verdadeira obra" (DEMPSEY, 2003, p.240). A aparente desmaterialização da arte se justifica pelo fato de o objeto perder sua importância em detrimento de se revelarem o mecanismo da linguagem e o processo de criação inerente à obra. Para Couchot (2003, p.119), nessa corrente artística, o "fazer é mais importante que o feito".

---

25 O homem se aproxima de um grau de controle com as máquinas similar aos sistemas de "retroações biológicas reguladoras" presentes na natureza. De acordo com Taylor (2014, p.85), os cientistas que utilizavam o conceito da Cibernética, "could derive general models of control processes from living systems and apply them to the construction of machines" ("podiam derivar modelos gerais de processos de controle de sistemas vivos e aplicá-los na construção de máquinas" (T. A.)). Conforme Couchot (2003, p.96) explicita, esse controle na regulação da máquina "se dá por meio de mensagens", gerando uma comunicação "pela qual são reguladas no seio da sociedade as mensagens trocadas entre os diversos organismos componentes desta sociedade". A comunicação se encaminha para a autorregulação em uma tentativa de organizar o mundo físico de maneira cada vez mais artificial e inteligente. É importante ressaltar que esse nível de conhecimento adquirido pela máquina, permitindo gerar resultados emergentes, resulta de uma pesquisa maior envolvendo ciências cognitivas ou biologia, e que será mencionada com mais profundidade no capítulo 2 da presente tese.

> "Mas se é verdade que a arte conceitual se inspirou no modelo linguístico (gramáticas generativas, linguística estrutural, etc.) ou filosófico (filosofia analítica, estruturalismo), ela também adotou, por sua própria conta, um outro modelo, este por sua vez tecnológico: o tratamento automático da informação." (COUCHOT, 2003, p.119)

Tomando essa afirmação como verdadeira, Couchot (2003, p.119) constata que os artistas conceituais procedem como "analistas-programadores", uma vez que "imaginam uma espécie de algoritmo, que a exemplo daqueles que são utilizados nos programas informáticos só têm sentido pela aplicação que o usuário faz dele". Essa característica, quando aplicada na arte, se caracteriza por um caráter "desconstrutivo, analítico e crítico" (Ibidem, p.119), mesmo os artistas não tendo o menor conhecimento prático e efetivo da informática.

O advento do computador permite o armazenamento de incontáveis dados, e viabiliza, por meio de seus programas, a realização de escolhas aleatórias devidamente respaldadas por parâmetros definidos pelo artista. Essa exploração sistemática, potencializada pela associação homem/computador, promove uma "articulação produtiva entre as duas dimensões da mente humana distinguidas por Pascal: a mente matemática, que chamou de *esprit de géométrie*, e a mente perceptiva, o *esprit de finesse*..." (EPSTEIN, 1988, p.70). Sendo assim, os programas computacionais se traduzem por algoritmos cuja função é a de gerar processos aleatórios, oferecendo ao artista um novo campo de possibilidades na geração de formas.

A técnica será doravante abordada, no âmbito desta pesquisa, como um meio que permite ao artista dar forma a suas intenções e seus procedimentos, possibilitando a este transcorrer entre os campos do sensível e do visível, ou, como diz Couchot (2003, p.139), "tornar sensível o trabalho subterrâneo da ciência". Ou seja, pretende-se enfatizar a manifestação das tecnologias sob o viés da inovação na arte, aquela que foi abrandada pelo artista que se empenha em conhecer os meios de seu tempo. Mais especificamente, pretende-se, no estudo das relações entre arte e tecnologia, aprofundar o que for da ordem da "arte como tecnologia", que, conforme nos esclarece Plaza & Tavares (1998, p.29), possui "caráter qualitativo e estruturador", enfatizando-se o "caráter produtor e criativo, ou seja, como modificação do aparelho produtor".

1.3.1. A imagem de base computacional

O computador moderno[26] nasce quando, em seu sistema, instruções codificadas de números e letras começam a substituir conexões e cabos. Foi em 1949 que, conforme nos esclarece Couchot (2003, p.98), a informação passa a ser medida em BIT (BInary digiT), que "mede, sob a forma logarítmica, a informação contida por uma mensagem minimal comunicada através de um canal, entre um emissor e um receptor". A existência da unidade de informação promove a expressão binária de mensagens medidas por 1 BIT, sendo 0 ou 1, fazendo a mensagem circular para o computador e internamente a ele de uma maneira lógica.

A imagem de síntese, ou algorítmica, produzida no computador não possui um original e se forma a partir de codificações numéricas, cujos números exercem as funções de "transdução", "paramorfismo" e "oti-

26 O seu uso inicialmente foi reservado a determinadas necessidades da área militar.

mização" (Plaza & Tavares, 1998, p.27). Dessa forma, "o numérico assume importante papel de lei estruturante na formação da imagem, afetando sua configuração e 'refletindo' no interior de seu sistema". Os vários papéis exercidos pelo número na construção da imagem reforçam seu caráter estruturador, reversível e normativo. A imagem, por se tratar de uma configuração inteligível do numérico, implica, ainda de acordo com Plaza & Tavares (1998, p.28), "a emergência da previsibilidade, da continuidade, da infinitude e da regularidade."

Não apenas imagens podem ser compreendidas pelo computador, por meio do sistema de instruções codificadas, mas também sons e textos, podendo haver uma associação entre eles por sua linguagem numérica. As técnicas de síntese presentes nos computadores procuram, conforme Couchot (2003, p.157), reconstruir "o real a partir de descrições da linguagem lógico-matemática, eventualmente no seu aspecto visível (bi ou tridimensional), mas sobretudo no devir virtual [...]". Premissa indissociável das imagens digitais, a simulação[27] "é uma técnica baseada sobre um modelo matemático que permite experimentar hipóteses representando-as em situações reais, onde a execução – em verdadeira grandeza – seria excessivamente onerosa, perigosa ou impossível" (PLAZA & TAVARES, 1998, p.38).

Diferentemente da automatização técnica da imagem proporcionada pela fotografia, pelo cinema e pela televisão, a "imagem graficamente computadorizada" ou numérica se apresenta autorreferente, e não necessariamente se vincula à representação do real, pois é "o produto real que deverá limitá-la para existir" (DEBRAY, 1993, p.277). Para Debray, a entidade virtual produzida no suporte computacional, apesar de imaterial, é passível de ser percebida, e com ela é possível se interagir, esboroando-se assim os limites do que é imagem e/ou realidade (quando do uso de equipamentos sofisticados como sensores e captadores de posição) (Ibidem, 1993, p.278).

Lévy (1996, p.135) amplia o significado do termo "virtual", tratando-o como uma "dessubstancialização" mais do que uma mera desmaterialização. Isso porque "nem o sujeito nem o objeto são substâncias, mas nós flutuantes de acontecimentos que se interfaceiam e se envolvem reciprocamente" (Ibidem, p.135). Para esse autor, a condição do "virtual" é oposta e ao mesmo tempo dialoga com o "atual", por ser esta última a "solução de um problema", uma transformação de ideias que responderiam ao virtual (Ibidem, p.16). Dessa maneira, o atual, como acontecimento manifesto, interpreta e atualiza o latente e subjetivo virtual, animando "a própria dialética do acontecimento, do processo, do ser como criação" (Ibidem, p.137). O autor complementa a compreensão do "virtual" e do "atual" ao situá-los no polo dos "acontecimentos", simetricamente oposto ao que seria o polo das "substâncias", que se caracteriza pela dialética entre o "possível" e o "real". Esses polos[28], apesar de diferentes, são complementares e operam juntos, estando suas articulações presentes em nossos processos de percepção, ocorrendo muitas vezes de maneira inconsciente.

---

27 Ao se falar de simulação, parte-se do princípio, abordado por Peirce e discutido pelos autores SANTAELLA & NÖTH (2008), de que uma simulação é sempre representação. De acordo com os autores, a ideia que Peirce sustenta é de que o objeto de uma representação pode ser qualquer coisa existente, perceptível, apenas imaginável ou mesmo não suscetível de ser imaginada."

28 No âmbito do polo da substância, foi sugerido pelo autor a existência de processos de "realização" e de "potencialização" que dialogam com o "possível" e o "real". Já no polo dos acontecimentos os processos que intermediam o "virtual" e o "atual" seria aquele da "atualização" e o da "virtualização" (LÉVY, 1996, p.145).

Ao produzirmos algo físico por meio de algum tipo de instrumento e/ou máquina, estamos operando a dialética potencial x real, ou seja, ocorre a "realização" de um objeto por meio das possibilidades de codificações e traduções que este mesmo instrumento/máquina permitem. O indivíduo então "potencializa" o objeto na medida em que aciona elementos codificados que constituem a linguagem do instrumento/máquina o qual operam. Concomitantemente a esse processo de característica mecânica e formal (polo da substância), o individuo que visa desenvolver seu objeto "atualiza" ideias e intuições, que são por sua vez "virtualizadas" em um campo de significações (Ibidem, p.142-143). Nesse sentido, se pensarmos nos dispositivos computacionais e processos tecnológicos que se infiltram continuamente na cultura visual, estes nada mais são do que máquinas programadas das quais espera-se um uso inventivo de modo a combater seu caráter repetitivo e previsto, abrandando-se assim essa tecnologia. Quando o artista realiza a sua obra com a mediação de um computador, ele tem acesso a um número de potencialidades a serem descobertas e reorganizadas por meio de uma linguagem formal e codificada de algoritmos familiares ao programa. Ao escolher e, dessa forma, atualizar as possibilidades desse sistema a partir de suas preferências, estará virtualizando o resultado da invenção.

1.4. A criação em base digital no contraponto ao funcionalismo e à estereotipia generalizados

Uma vez definido o recorte desta pesquisa para a investigação do processo de criação e a atualização dos sistemas lógicos virtuais programados pelos artistas, pretende-se identificar como se desenrola a apropriação de dispositivos e processos técnicos à medida que esses se difundem e ampliam. Por serem inicialmente desconhecidas do público leigo, as tecnologias computacionais não eram facilmente acessíveis a qualquer um que não tivesse um conhecimento extenso na área da computação.

Neste ponto apresenta-se uma questão, levantada por Flusser e ampliada por Machado (1997b), a respeito da intervenção artística em uma época contemporânea marcada pelo tecnocentrismo. A discussão trazida pelos autores empenha-se em encontrar uma resposta ao nível de autoria atribuído a uma criação realizada por meio de máquinas pré-programadas.

Para Flusser, as imagens técnicas e, por conseguinte, as digitais, seriam produzidas de maneira automática mediadas pelo uso de aparelhos de codificação. Essa automatização é justificada pelo desconhecimento da maioria dos indivíduos sobre a utilização da máquina e seu interior, estigmatizando-se o termo "caixa-preta", uma vez que não é necessário entender seu conteúdo para efetivamente se obter um resultado. A partir desse ponto de vista, o artista se vê impelido a compreender o interior dessa caixa-preta de modo a efetivamente realizar algo criativo opondo-se à figura do mero funcionário, cuja função seria a de apenas acionar corretamente as funções pré-programadas do sistema que opera.

Machado (1997b, p.14) amplia esse ponto de vista ao reconhecer o computador como "máquina genérica", que, por se basear no "poder de repetição", pode levar a uma "estereotipia" ou a uma "previsibilidade de resultados". Da mesma forma, pelo ponto de vista de Flusser, o artista que lida com os sistemas computacionais se vê coagido a compreender o interior da caixa-preta, uma vez que o computador se apresenta muito mais complexo do que o sistema ótico mecânico da máquina fotográfica. O computador compreende, além do *hardware*, constituído pela parte física de memória, circuitos eletrônicos e processadores, a parte lógica do *software,* que se caracteriza pela linguagem codificada pelos algoritmos que se apresentam na forma de programas cada vez mais amigáveis, e por isso mesmo instigando menos a sua desconstrução.

Dessa forma, descortina-se uma realidade em que o artista tem a falsa impressão de estar criando algo novo, quando em realidade "sua escolha será sempre programada porque é limitada pelo número de categorias inscritas no aparelho ou na máquina" (MACHADO, 1997b, p.3). A possibilidade de inversão desse estado seria o de interferir diretamente na arquitetura interna do aparelho, atravessando os domínios que o *software* apresenta e sua configuração pré-programada pelo *hardware*. Apenas assim seria possível "intervir no imaginário", alcançando um nível de liberdade por entre os elementos estruturantes da máquina. Essa possibilidade de clareamento da caixa-preta é vista por Flusser e se apresenta na tarefa da arte de protestar contra a iminente automatização e, portanto, "recolocar as questões da liberdade e da criatividade no contexto de uma sociedade cada vez mais informatizada e dependente da tecnologia" (MACHADO, 1997b, p.4-5). Pelo fato de a arte assumir esse papel de ir contra o fluxo da lógica estipulada pelos instrumentos, o verdadeiro criador deve procurar subverter essa ordem, tentando "submeter a intenção do aparelho à sua própria" (Ibidem, p.5). Tal atitude corresponde ao jogo entre usuário e aparelho, no qual, conforme Flusser, o "artista luta para desviar o aparelho de sua função programada", evitando-se assim a redundância própria promovida pelo aparelho (Ibidem, p.5). O autor Machado (1997b, p.6) completa sua argumentação reiterando que uma tecnologia não pode ser vista como estática ou pré-determinada pois se encontra em "permanente mutação, em contínuo redirecionamento e cresce na mesma proporção que o seu repertório de obras criativas".

> "Since the second half of the 1960s the tradition of joint exhibitions dedicated to art and computer technologies was gradually established. These events had several specific characteristics: the exposition included objects of art, design and technology which were often the result of collaboration between one or several artists, engineers, experts in computer technology and scientists. During the exhibition a symposium or a conference was often held, or it served as a space for the participants' discussions. A published volume sometimes accompanied the exhibition, which included papers written by the participants.[29]" (ZARINA, 2014, p.2)

Em vista da complexidade cada vez maior das ferramentas tecnológicas, os artistas passam a firmar parcerias com áreas das Exatas. Conforme Taylor (2014, p.107), até o final dos anos setenta o acesso a computadores ainda era restrito "to governmental, industrial, and academic settings[30]", sendo que para viabilizar qualquer tipo de incursão no meio digital o artista era obrigado a se infiltrar nessa área, seja no papel de especialista ou, o que era inicialmente mais comum, estabelecendo parcerias com pessoas desse campo do conhecimento. Dessas parcerias surgiram "exhibitions and periodicals dedicated to art, research and new technologies[31]" (ZARINA, 2014 p.2). As primeiras imagens criadas com o auxílio do computador datam dos anos 50, mas a autoria das mesmas era ainda exclusiva dos cientistas e engenheiros, que eram as pessoas

29 "Desde a segunda metade da década de 1960 a tradição de exposições conjuntas dedicadas à arte e tecnologias computacionais foi gradualmente estabelecida. Esses eventos tinham várias características específicas: a exposição incluía objetos de arte, desenho (*design*) e tecnologia, que eram muitas vezes o resultado da colaboração entre um ou vários artistas, engenheiros, especialistas em tecnologia da computação e cientistas. Durante a exposição, simpósios ou conferências foram muitas vezes realizados, ou também serviu como um espaço para discussões dos participantes. Um volume publicado por vezes acompanhava a exposição, que incluía artigos escritos pelos participantes." (T. A.)

30 "às dependências governamentais, industriais e acadêmicas" (T. A.)

31 "exposições e periódicos dedicados à arte, à pesquisa e às novas tecnologias" (T. A.)

que tinham acesso, no período, a essa complexa, escassa e onerosa tecnologia. As imagens geradas por computador eram utilizadas para visualização de dados científicos e para mapear a complexidade da ordem e desordem dos fenômenos naturais (TAYLOR, 2014, p.66). Apenas em 1960 iniciativas de grupos independentes formados por artistas e cientistas surgiram para aproximar a arte das tecnologias.

Na França foram fundados os grupos OuLiPo (Ouvroir de Littérature Potentielle) e G.R.A.V. (Group de recherche d'art visuel). Os membros do OuLiPo tinham interesse pela Teoria da Informação e colaboravam com um grupo de matemáticos. Os poetas deste grupo produziram obras de arte em que a criação de uma ideia é traduzida pela escolha de elementos e algoritmos combinatórios delimitados pela permutação no computador de modo a "possibilitar a exploração sistemática do campo de possíveis" (TAVARES, 2000, p.133). O G.R.A.V. se ocupava mais especificamente de pesquisas no campo da percepção e do processamento do visual nas artes. Uma série de exposições foram realizadas no âmbito da pesquisa da arte e tecnologia. Em 1961, na Iugoslávia, um grupo de artistas organizou a exibição "Nove tendencije" (Novas tendências). A exposição trazia inovações no campo da arte, como instalações cinéticas e arte programada, e é considerada como um primeiro exemplo de cooperação entre artistas, teóricos e cientistas na história da arte computacional. A exposição "Cybernetic Serendipity: The Computer and the Arts" ocorreu em 1968 e é considerado como um momento profícuo na história da arte digital.

Associações informais que visavam a contribuição entre artistas e cientistas se estabeleceram quase que simultaneamente em diversos países: E.A.T. (Experiments in Art and Technology) nos Estados Unidos em 1966; CTG (Computer Technique Group) no Japão em 1967, e CAS (Computer Arts Society) no Reino Unido em 1968. Em especial, o CTG, baseado em Tokio, foi o primeiro a prever o papel do artista como o de construtor de um sistema criador de inúmeras formas ao invés de obras artísticas individuais (TAYLOR, 2014, p.102). Um de seus membros, o artista Masao Komura (1943 -), chegou a declarar que "the true art was the discovery of a system[32]" (Ibidem, p.102).

A partir de 1965 começam a surgir com maior significância experimentações artísticas envolvendo as novas tecnologias. Conforme Popper (1993, p.202), nesse período, principalmente durante a década de 70, havia uma "tendência geral da época em privilegiar mais as ideias do que os objetos, culminando numa desmaterialização desses últimos". O computador começa, paulatinamente, a ser desvendado por artistas.

> "A rigor, o que nós construímos numa memoria de máquina são objetos, objetos de verdade, que podem ser inclusive tridimensionais, como uma escultura. A única diferença em relação aos objetos convencionais da experiência cotidiana é que os objetos informáticos são imateriais e só existem numa dimensão virtual, a das expressões matemáticas." (MACHADO, 1993, p.60)

32 "A arte verdadeira foi a descoberta de um sistema" (T. A.).

Foi a partir dos anos 70, com a "informática gráfica interativa"[33], que a possibilidade de interação e "domínio da imagem a partir do seu menor elemento constituinte" se tornou possível, e com isso se deu uma irreversível "modificação da relação homem/máquina" (COUCHOT, 2003, p.160). A imagem numérica como produto de cálculo realizado pelo computador permite um nível de intervenção tanto por quem a cria quanto por quem com ela interage. Assim, se admitirmos o artista como o seu primeiro receptor, essa interatividade possível de se estabelecer com a máquina em um modelo de ação e reação, considerada por Couchot (2010, p.186) como sendo a "primeira interatividade", introduz processos de criação em que as respostas se dão com base em sistemas aleatórios. Esse modelo de interatividade possui, segundo Couchot et al. (2003, p.32), um caráter "exógeno", numa relação entre o computador e o homem que segue o modelo "estímulo-resposta" ou "ação-reação", sem, no entanto, envolver ações inteligentes e autônomas geradas pela máquina. Há, contudo, um outro caso, em que a tendência à autonomia é maior e é designado por Couchot et al. (2003, p.27-28) como "segunda interatividade", aquela que encontra relação com os novos campos de experiência no domínio técnico-científico da comunicação e da arte. Essa interatividade de caráter "endógeno", que será aprofundada no capítulo 2 desta tese, se refere às atividades maquínicas mais complexas e refinadas do que o usual, que simulam comportamentos. Percebe-se que nessa fase ou patamar de interação, o computador é pouco a pouco "dotado de propriedades que são em geral características dos seres vivos inteligentes". Vale lembrar que esses dois tipos de interatividade – exógena e endógena - não são excludentes entre si.

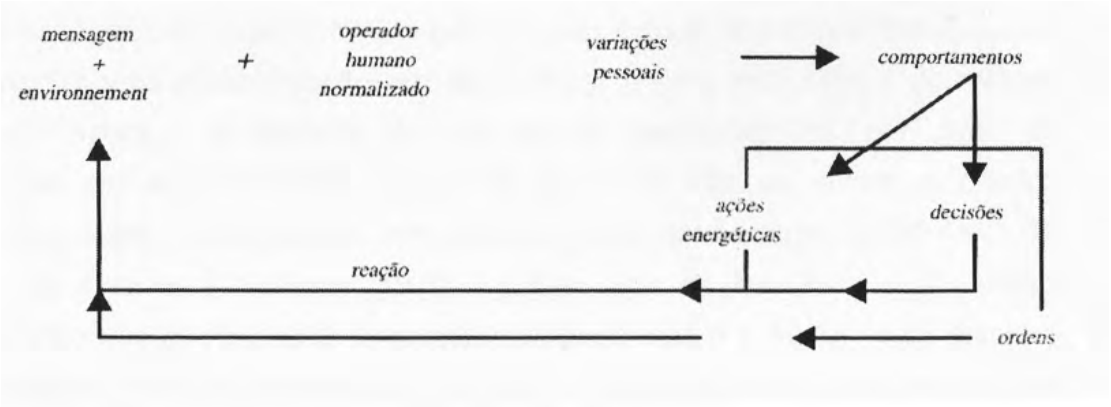


Figura 7: Funcionamento das ações e reações na construção de um *environment*.
Fonte: Moles & Rohmer (1977 apud TAVARES 2000, p.121)

Os processos e as técnicas digitais que intermedeiam o artista como receptor e a imagem potencializam e asseguram a comunicação entre estes por meio de *feedbacks*. Como pode ser visto na figura 7, o operador humano ou o artista que domina os códigos de representação de um determinado meio, tendo em vista a mensagem e o ambiente no qual opera, pode transmitir ações que na forma de predefinições afetam esse sistema. Esse processo de ação e reação interfere tanto nas decisões do artista-receptor como no ambiente

33 Desde 1963, quando Ivan Sutherland criou o *software* "Sketchpad", que se tornou possível desenhar com o auxílio do computador. "Sketchpad, the progenitor of computer-aided drawing software (CAD) such as Autodesk's AutoCAD and Adobe Illustrator, used the newly invented light pen input device that made it possible to draw directly to the screen. The software had features to convert imprecise marks into perfect straight lines, arcs, and circles. It could also constrain marks to make them identical, parallel, or perpendicular." (REAS & FRY, 2007, p.217). ("Sketchpad, o progenitor do software CAD para desenho, tais como AutoCAD e Adobe Illustrator da Autodesk, usou o recém inventado dispositivo de entrada de caneta de luz que tornou possível o desenho diretamente na tela . O software possuia recursos para converter marcas imprecisas em perfeitas linhas retas, arcos e círculos. Ele também podia restringir marcas para torná-las idênticas, paralelas ou perpendiculares") (T.A.)

no qual ele está inscrito, assegurando uma comunicação de caráter bidirecional e de tradução com a imagem. Esse fluxo interativo pode ser caracterizado tanto por uma relação de causalidade aberta, sendo o seu efeito necessariamente a função da causa exterior aplicada, como pode ser caracterizado por uma relação de causalidade fechada, em que não apenas é afetada por efeitos do ambiente como também por efeitos intrínsecos "da reação que reenvia parte de seus efeitos sobre as causas que lhe originou" (TAVARES, 2000, p.120). Percebe-se uma semelhança entre os conceitos de causalidade do tipo aberta com a "primeira interatividade" de ação e reação, e entre a causalidade do tipo fechada com a "segunda interatividade", em que predomina um aprendizado por parte dos sistemas.

1.5. A criação artística em ambiente digital

O interesse dos primeiros artistas que trabalharam com o computador, de acordo com Couchot (2003, p.197), foi o de explorar os "processos de criação" e a "produção da obra". Queriam entender a origem desses processos e principalmente "as regras ou as leis que os determinam". Debray (1993, p.283). já destacava que a arte produzida pelo computador "é mais fecunda em procedimentos, processos ou programas do que em objetos acabados". A própria linguagem algorítmica promove um ambiente em que o artista precisa "conceber um conjunto de operações que resultem na produção de uma imagem – ou de um som, até de um texto – definindo suas regras de maneira precisa e rigorosa, etapa por etapa[34]. Devido à limitação inicial dos computadores, desprovidos de uma interface gráfica, os primeiros artistas, muitas vezes acompanhados por cientistas[35], realizavam procedimentos com iterações[36] matemáticas, de modo a, por exemplo, reproduzir simetrias baseadas em formas da natureza (TAYLOR, 2014, p.72).

A possibilidade de utilizar um *plotter* associado ao computador, especialmente a partir da década de 60, permitiu a reprodução gráfica de formas geométricas complexas e precisas derivadas de uma combinação de algoritmos. Os parâmetros desses algoritmos são passíveis de variação "graças às operações já conhecidas nos programas". Desse modo, entende-se que a partir de um limitado número de "proposições de base, o computador declina sequências quase infinitas de variações" (COUCHOT, 2003, p.198). De modo a escapar da previsibilidade de resultados e de um "determinismo imposto pelo desenvolvimento dos cálculos", Couchot (2003, p.198) indica que a solução seria recorrer ao acaso, que pode ser introduzido nas variações paramétricas[37] ou mesmo ampliar o número de permutações entre os elementos do sistema com base nas regras nele estabelecidas.

---

34 É importante destacar que as primeiras obras e experimentações em plataforma digital eram realizadas sem o auxílio de interfaces visuais. Conforme nos esclarece Wands (2006, p.33), "after programming, images were output through the use of plotters – devices that draw pictures on paper with a variety of pens or brushes controlled by digital motors". ("após programadas, as imagens eram produzidas por meio de plotters – equipamentos que desenham imagens no papel a partir de uma variedade de canetas ou pincéis controlados digitalmente por motores." (T. A.))

35 Com a introdução do computador, as pesquisas científicas se voltaram para investigações visuais que agora podiam ser realizadas com uma maior precisão e complexidade de elementos. Conforme nos esclarece Taylor (2014, p.77), os cientistas e pesquisadores exploravam ideias com as quais estavam familiarizados, como: "spatial arrangement, periodicities, combinatorics, transformations and symmetry".

36 Iteração é a repetição de um procedimento matemático ou computacional aplicado ao resultado de uma etapa anterior tipicamente como uma maneira de se obter sucessivas aproximações à solução de um problema.

37 Conceito já explorado por artistas no uso da aleatoriedade, mas que é potencializado na parceria com a base programática do computador.

Por mais que os artistas tivessem consciência sobre as variações paramétricas incutidas no computador, os resultados obtidos pela via da imagem eram inesperados, dificultando o reconhecimento de sua própria criação (TAYLOR, 2014, p.74). Conforme Taylor (2014, p.75-76), a possibilidade de se operar randomicamente com os algoritmos tornava a criação nos meios digitais um processo de descoberta, pois devido ao resultado inesperado da imagem os artistas tinham a impressão de não terem contribuído conscientemente para a produção das mesmas. Diferente da aleatoriedade produzida, por exemplo, pelos artistas dadaístas, o processo de realização do acaso pelo computador[38] não dava abertura ao envolvimento subjetivo do artista durante o processo, limitando-o a uma restrita participação "to define the parameters of randomness prior to beginning[39]" (Ibidem, p.92).

Já a permutação como uma prática sistemática secular[40] se apresenta e ganha força no interesse pelos modelos estatísticos nos processos de criação que envolvem o computador. Baseia-se, segundo Moles (1990, p.111), na asserção de que "a criação é um processo, não uma inspiração". Por essa razão, entende-se que "o criador não está mais 'envolvido' pela sua obra, ele está na sua origem", e sendo assim o "pensamento artístico" precederia a realização da obra (Ibidem, p.111). A permutação possibilita "uma multiplicidade de formas novas a partir de um número limitado de elementos", permitindo aos artistas, por meio de regras, refazer a obra múltiplas vezes (Ibidem, p.112). Tais regras podem variar a partir da adoção de parâmetros, determinando o nível de liberdade desse sistema.

O artista da Op Art Victor Vasarely (1906-1997) utiliza o conceito de combinatória, característico da permutação, na escolha dos elementos e na definição do algoritmo combinatório. Como pode ser visto na figura 8, Vasarely utilizava um esquema gráfico antes da aplicação das cores finais, de modo a estudar e planejar os contrastes de cor e o movimento, que traziam para seu quadro efeitos de ilusão de ótica. Conforme Moles (1990, p.114), Vasarely primeiramente definiu uma paleta de cores à qual atribuiu valores de 1 a 10, para em seguida, em uma malha geométrica, combinar esses elementos em diferentes variações por ele controladas.

---

38 É importante esclarecer que os sistemas que geram números randômicos utilizam algoritmos deterministas, o que inviabiliza a geração de números verdadeiramente aleatórios, por isso os programas que os geram costumam ser chamados de pseudorrandômicos (TAYLOR, 2014, p.91-92).

39 "para a definição de parâmetros de randomicidade antes do início" (T. A.).

40 A arte permutacional, existente desde o século XV, apresenta uma abordagem sistemática envolvendo regras combinatórias de um número de elementos de modo a produzir obras baseadas em permutações. Conforme Epstein (1988, p.67), nas obras de arte, assim como nos códigos, os "[...] símbolos ou elementos básicos agrupam-se segundo determinadas regras de sintaxe, frequências relativas distintas, etc., resultando a forma ou estilo pelo qual são conhecidos".

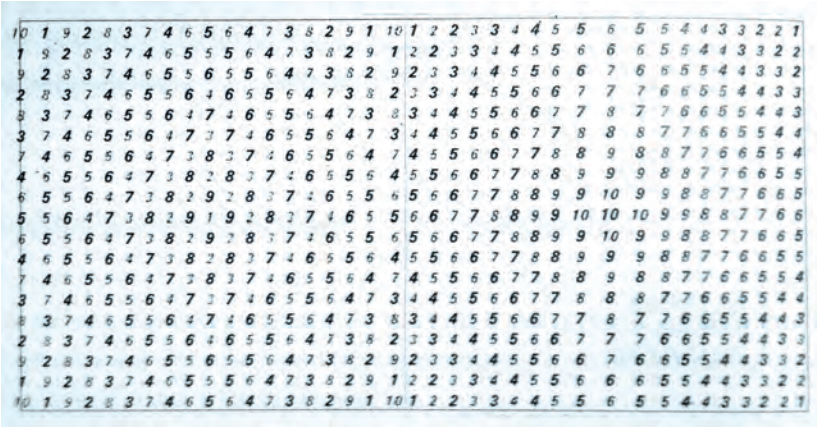


Figura 8: Esquema de um quadro de Vasarely em que números indicam os valores de coloração de uma parte da imagem a ser produzida. Fonte: Moles, 1990, p.114

> "Toda arte, ao constatar que as regras são finitas e os eventos infinitos, coloca o problema da multiplicidade na forma de variações sobre um tema ou de suas repetições. Entre o 'tema e variação' e sua cópia, surge a ideia racional da permutação como combinatória de elementos simples de variedades limitadas, que abrem à percepção uma diversidade e imensidade finita de um campo de possíveis." (PLAZA & TAVARES, 1998, p.139)

Nas primeiras obras realizadas por meio do computador, o artista pretendia investigar os efeitos visuais da aleatoriedade programada (TAYLOR, 2014, p.33), como por exemplo "Gaussian Quadratic" (1963) e "Vertical Horizontal Number Three" (1964), do tecnólogo e artista computacional Michael Noll (1939-). Em "Gaussian Quadratic" (ver Figura 9), uma "linha reta contínua é submetida a variações paramétricas", provocando descontinuidade e uma aparente fragmentação em linhas cruzadas (COUCHOT, 2003, p.199). O artista compara o resultado de sua obra com a pintura cubista "La Jolie" (1911-12), de Pablo Picasso, que, de acordo com Taylor (2014, p.33), seria sua pintura favorita dentre a coleção pertencente ao MoMA. Para Noll, o computador assumia o papel criativo, como "actual means or methodology of realizing machine production" (Ibidem, p.92-93).

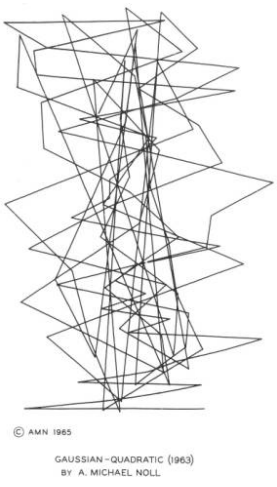


Figura 9: Acima, à esquerda: Michael Noll, "Gaussian-Quadratic" (1963). Fonte: Taylor (2014, p.32). Acima, à direita: Pablo Picasso, "La Jolie" (1911-12). Fonte: <www.moma.org>

O artista Manfred Mohr (1938 -), considerado pioneiro da arte digital, em sua obra “P018 Random Walk”, de 1969 (ver Figura 10), determina um caminho a partir de simples regras em que cada passo, representado por uma linha reta, é determinado randomicamente em uma de oito possíveis direções. Conforme Taylor (2014, p.91), o artista se inspirou em um estudo de 1866, realizado quase cem anos antes pelo logicista inglês John Venn, que representou um caminho aleatório, intitulado “The Logic of Chance” (ver Figura 11), utilizando os dígitos na expansão decimal de pi (π) como determinante para direcionar o caminho. Para Mohr, a contribuição da precisão e a lógica do computador no processo de invenção visual transpareciam a intenção e o pensamento do artista (Ibidem, p.126). Conforme trecho citado por Wands (2006, p.63), Mohr descreve seu processo de criação, que apesar de sistemático leva em consideração a imprevisibilidade do meio computacional:

> “I write computer algorithms, i.e. rules that calculate and then generate a work that could not be realized in any other way. It is not necessarily the system or the logic I want to present in my work, but the visual invention that results from it. My artistic goal is reached when a finished work can visually dissociate itself from its logical content and convincingly stand as an independent abstract entity.”[41] (Manfred Mohr apud WANDS, 2006, p.63)

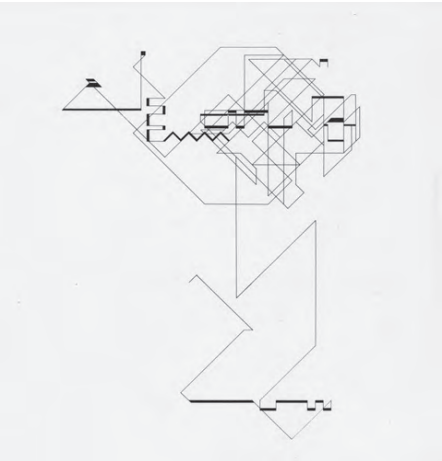


Figura 10: Manfred Mohr, “P018 Random Walk” (1968), 60cm x 50cm. Fonte: Taylor, 2014, p.93

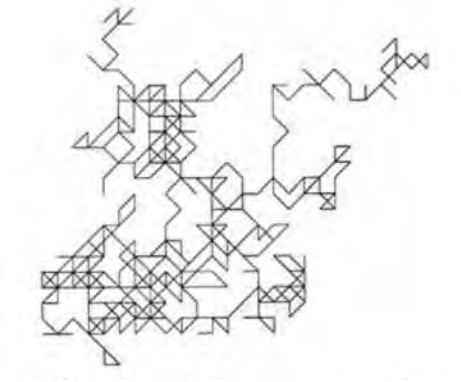


Figura 11: John Venn, “The Logic of Chance” (1866). Fonte: Taylor, 2014, p.92

41 “Eu escrevo algoritmos de computador, ou seja, regras que calculam e, em seguida, geram um trabalho que não poderia ter sido realizado de qualquer outra forma. Não é necessariamente o sistema ou a lógica que quero apresentar no meu trabalho, mas a invenção visual que resulta dele. Minha proposta artística é alcançada quando uma obra acabada pode visualmente dissociar-se de seu conteúdo lógico e de maneira convincente se apresentar como uma entidade abstrata e independente.” (T. A.).

A geração de uma série de formas a partir da programação de algoritmos foi explorada por Georg Nees em seu “23-Corner Graphic”, de 1965 (ver Figura 12). O artista utilizou funções generativas baseadas em parâmetros randômicos de modo a garantir uma variação de formas (TAYLOR, 2014, p.94). Assim, a partir da determinação de simples regras, empregadas na formação de cada uma das figuras, distribuem pontos de maneira randômica em um espaço de um quadrado, para posteriormente, em uma segunda etapa da programação, os pontos serem ligados cada vez de uma maneira diferente (Ibidem, p.94).

Figura 12: Georg Nees, “23-Corner Graphic” (1965). Fonte: Taylor, 2014, p.95

Além das técnicas até aqui apresentadas, de geração de configurações abstratas a partir de parâmetros matemáticos, outro procedimento artístico de base computacional que também interessava os artistas era o processamento da imagem por meio de processos transformativos. O primeiro artista[42] a trabalhar com o computador e com processamento de texto e imagem no Brasil e na América Latina foi Waldemar Cordeiro (1925-1973). Trata-se de um artista que possuía interesse pelo potencial dos computadores e que, para viabilizar suas criações, estabeleceu uma parceria com o físico Giorgio Moscati (IFUSP), que já trabalhava com a extração de informação de imagens. O primeiro trabalho realizado com o computador por Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati foi “Beabá”, de 1968 (ver Figura 13), um programa que gerava “plausible but randomly synthesized Portuguese words out of a data-base of common phonemes and letters assembled according to their frequency in Portuguese[43]” (PRICE, 2012, p.65). A importância desse experimento com linguagem no contexto deste capítulo se justifica pelo uso inovador de linguagem artificial obtida por meio de programação.

42 De acordo com Taylor (2014, p.118), Cordeiro e o também artista Lloyd Sumner são considerados pioneiros na utilização de temas humanos, como a emoção no “frio” suporte computacional.

43 “palavras plausíveis em português mas sintetizadas randomicamente a partir de uma base de dados de fonemas e letras agrupadas de acordo com sua frequência em português.” (T. A.)

Figura 13: Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati, "Beabá" (1968).
Fonte: <http://elmcip.net/creative-work/beaba>

Sua obra "A mulher que não é B.B.", de 1971 (ver Figura 14), retrata uma mulher "identified only as 'not Brigitte Bardot'[44]" (PRICE, 2012, p.61). O processo para a obtenção dessa imagem se deu pela digitalização, ou seja, a conversão de dados analógicos da imagem em digitais, de uma fotografia de jornal de uma mulher vietnamita "processed to produce a pixilated effect (the pixels were ASCII characters layered to create varying degrees of darkness) into which noise – randomly assigned dark dots – has been introduced[45]" (PRICE, 2012, p.61-62). A característica negativa evidenciada pelo termo "não" em seu título, além de emprestada do modernismo[46], também se apresenta "apophatic" de várias maneiras, como: "not romantic, not realist, not modernist, not subjective, not of the (passing) industrial age"[47] (Ibidem, p.62).

> "Yet his computer art corpus, whose production process should have made it in some ways the most objective of his work, comprises mostly (hand-) digitized photographs of the human figure or face, some of which convey typical depictions of affect, such as Valentine's Day silhouettes of couples in love or the image of a face in a pain. That is, just when computer algorithms promised to remove subjectivity from representation, "the human" reentered Cordeiro's oeuvre both on the level of the making of the art – in the choices made to alter analog images and in the actual human labor needed to digitize the images – and on the level of subject matter.[48]" (PRICE, 2012, p.62)

44 "identificada apenas como 'não Brigitte Bardot'" (T. A.)

45 "processada para produzir um efeito pixelado (os pixels eram caracteres ASCII em camadas para criar um grau variado de escurecimento) no qual um ruído – atribuído aleatoriamente por pontos escuros – era introduzido." (T. A.)

46 De acordo com Price (2012, p.62), o título da obra de Cordeiro faz uma analogia com o título do ensaio de Mario de Andrade chamado "A escrava que não era Isaura" (1925), parodiando o romance "A escrava Isaura" (1875), de Bernardo Guimarães.

47 "Não romântico, não realista, não modernista, não subjetiva, não da (passagem) da era industrial." (T. A.)

48 "No entanto o *corpus* de sua arte com computador, do qual o processo de produção deveria ser em alguns aspectos o mais objetivo em seu trabalho, compreende na maior parte fotografias da figura humana ou face digitalizadas (a mão), alguns dos quais transmitem representações típicas de afeto, como silhuetas de casais apaixonados no Dia dos Namorados ou a imagem de um rosto em sofrimento. Ou seja, justo quando os algoritmos de computador prometeram remover a subjetividade da representação, 'o humano' reentra no trabalho de Cordeiro, tanto no nível do fazer da arte – nas escolhas feitas para alterar imagens analógicas e no atual trabalho humano necessário para digitalizar as imagens – quanto no nível do tema principal." (T. A.)

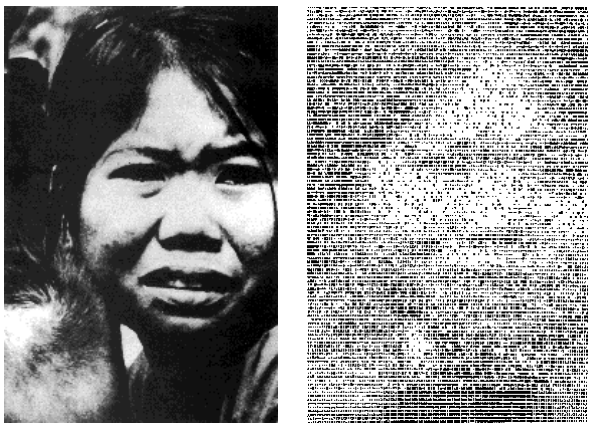


Figura 14: Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati, “A mulher que não é B.B.” (1971). Fonte: Price, 2012, p.62-63

> “Observa-se que a grande maioria das obras realizadas com o computador entre 1960 e 1980 é de fatura geométrica. Isso se explica pela influência da arte abstrata que se exerce ainda, mas, sobretudo, pela dificuldade de produzir imagens realistas, tanto no que concerne aos algoritmos quanto às técnicas de visualização limitadas pelas mesas traçantes e as impressoras alfanuméricas.” (COUCHOT, 2003, p.202)

Fica bastante claro, visto na obra de Cordeiro, o papel do artista ao humanizar a produção digital, migrando de uma fria e retórica abstração mecânica “towards styles informed by the organic and the human[49]” (TAYLOR, 2014, p.122). Os artistas tinham uma tendência de subverter a precisão ordenada do computador em direção ao que Taylor (2014, p.123) considera como a inexatidão e a desordem, como que em uma tentativa de recuperar ou estabelecer uma relação com a produção artística tradicional. No entanto, essa tentativa estaria forçadamente ligada à lógica sistemática do computador, que se utilizado de maneira inteligente contribuiria “toward the analysis of mental processes in artistic activity[50]” (Ibidem, p.126).

A ampliação do numérico a partir do final da década de 80 introduz “modificações qualitativas cada vez mais importantes” em relação ao tratamento das informações visuais, sonoras e textuais (COUCHOT, 2003, p.156). As mídias, ao permitirem uma retroação, mudam a natureza das imagens, que ao serem reativas ou interativas rompem as relações entre imagem, objeto e sujeito. O numérico, além de apresentar novos meios aos artistas, acaba por alterar “profundamente sua relação com o real” ao ser apresentado à simulação. A técnica de ordem material é substituída por “linguagens programáticas” que são “fruto de uma interpretação bastante elaborada do real” (Ibidem, p.158).

49 “em direção a estilos baseados pelo orgânico e pelo humano” (T. A.)

50 “em direção à análise de processos mentais na atividade artística” (T. A.)

> "A tomada de consciência desse fenômeno por jovens artistas, mas também por artistas engajados há muito tempo na valorização de técnicas para fins estéticos, é o ponto essencial nesse desenvolvimento. É a partir desse momento que se pode falar de uma arte da tecnociência, de uma arte em que intenções estéticas e pesquisas tecnológicas fundadas cientificamente parecem ligadas indissoluvelmente e, em todo caso, se influenciam reciprocamente." (POPPER, 1993, p.203)

Em razão desse aprimoramento e da disponibilidade cada vez maior do computador decorre sua propagação "em todas as regiões da vida social", que, conforme Popper (1993, p.203), "[...] com seus efeitos benéficos, seus sérios perigos e suas enormes possibilidades, leva cada um de nós a se confrontar com problemas cuja solução não se acha mais nas lições a tirar das experiências anteriores". Diante dessa situação, os artistas procuram correlacionar as "experiências humanas fundamentais – físicas, psicológicas ou mentais – e as novas técnicas com seu fundo de pensamento científico", de modo a promover imagens.

1.6. Avanços na representação da imagem

A simulação da imagem numérica lança desafios aos artistas, que a partir da década de 80 passaram a conquistar territórios desconhecidos. A possibilidade de simulação do pensamento criativo se dá no trabalho cooperativo com os meios computacionais, que permitem a "tradução de imagens mentais com base em operações lógicas e aritméticas" (PLAZA & TAVARES, 1998, p.71). Os artistas "buscam assimilar e ultrapassar os dados técnicos que permitiram o aperfeiçoamento de programas informáticos capazes de realizar numerosas operações humanas" na medida em que se mobilizam pela inteligência artificial (POPPER, 1993, p.211). Os projetos desses artistas se envolvem nos "problemas propriamente estéticos", apresentando "um espaço digital codificado e colocando-o em relação com nossa ciência cultural e nossa maneira de pensar" (Ibidem, p.211).

A "tecnociência", que conforme Popper (1993, p.212) é a "tecnologia fundada na ciência", domina várias camadas da vida social e é utilizada pelos artistas de modo a criar imagens que unam "experiências humanas fundamentais às novas tecnologias". Passaram a ser prioridade no campo de pesquisa artística as noções de "interatividade, simulação e inteligência artificial" (Ibidem, p.212). Apesar do nome, a "Inteligência Artificial" se limita à programação centralizada de computadores sem que se atenha ao método pela qual a inteligência é gerada pelos meios naturais. É nesse ponto que a Vida Artificial, ou A-Life, se apresenta como uma filosofia que se mantém "'true to natural life' following the 'key insight' that 'nature is fundamentally parallel'[51]" (LANGTON apud WHITELAW, 2006, p.8). O sistema natural é um complexo agregado de partes em que "each of which has its own 'behavioral repertoire'; behavior arises out of the parallel operation of these parts[52]" (WHITELAW, 2006, p.8). Para simular esse sistema natural, a Vida Artificial utiliza técnicas como os "algoritmos genéticos" (técnica que simula variações genéticas pelo computador), "sistemas baseados em agentes" (se preocupa em modelar atributos de indivíduos que interagem com o mundo artificial) e "autômatos celulares" (a partir de simples regras, células se desenvolvem de maneira emergente).

---

51 "'verdadeira à vida natural' seguindo a 'visão chave' de que a 'natureza é fundamentalmente paralela'" (T.A.)

52 "cada uma delas tem o seu próprio 'repertório comportamental'; comportamento decorre da operação paralela destas peças" (T.A.)

Interessou a este capítulo demonstrar que o aceleramento da evolução técnica não diminui a liberdade do artista em criar. Que os meios técnicos não atuam como inibidores do ato criador por meio de seu sistema lógico-numérico. A comparação entre os personagens "funcionário" e "jogador", adotada por Flusser (2011, p.43) e já tratada anteriormente neste capítulo, traz bases para identificar de maneira clara as afirmações anteriores. No primeiro caso, o individuo operador está "indelevelmente amalgamado ao aparelho", sendo o seu programa "impenetrável para o fotógrafo, em sua totalidade". Já o indivíduo que brinca com o aparelho, faz isso de modo a "esgotar-lhe o programa", ele "penetra o aparelho a fim de descobrir-lhe as manhas". Identificamos, a partir dessa analogia, que o artista, ao contrário do sujeito comum, que apenas ativa os mecanismos da máquina, a utiliza para dar "forma sensível às mutações que a sociedade industrial avançada está produzindo, tornando explícitas as novas relações culturais, políticas e epistemológicas [...]" (MACHADO, 1993, p.14). Distinguir o *brinquedo* do *instrumento* não é tarefa fácil. Flusser (2011, p.45) faz uma analogia destes com o *hardware* e o *software*, que, pertinentes ao mesmo aparelho no caso fotográfico, se "coimplicam" em uma hierarquia de programas. O *hardware*, como "objeto duro", tem um caráter automático que se traduz pelas "virtualidades de realizar fotografias"; por um outro lado o *software*, como "coisa mole", se traduz pelas "virtualidades contidas na regra" (Ibidem, p.46-47). Assim como o artista se coloca no papel do indivíduo que brinca, ao acessar uma máquina ele tem acesso a um material "simbólico" que, conforme Flusser (2011, p.47), é "o verdadeiro portador de valor do mundo pós-industrial dos aparelhos". O objeto deixa de ser importante em face da grandiosidade do símbolo. O artista, ao ter acesso e saber interpretar o interior da máquina e seu potencial de linguagem, se torna apto para abrandar essa tecnologia, dialogando com ela de maneira cooperativa.

Ao nos referirmos à passagem de Machado (2004, p. 2) em que ele ressalta que "a arte sempre foi produzida com os meios de seu tempo", os materiais utilizados pelo artista tendem a se retroalimentar, pois este fará uso dos meios de seu sistema. Os impulsos criadores dos artistas levarão em conta o aventurar-se em meio a esses novos procedimentos de produção de imagem e, mais ainda, conforme Henno & Tavares (2014, p.162), a sua capacidade de inovar ao "explorar maneiras de subverter tais processos de produção de imagem [...] superando, assim, seus limites em favor da concepção de objetos poéticos". No decorrer das últimas grandes transformações por que passou a Arte, notou-se a tendência do artista em adotar os materiais pertencentes ao seu tempo, à sua nova mentalidade e forma de ver o mundo. Assim como pontuado por Poissant (2009, p.72), esses materiais primeiramente pertenciam à esfera "do mundo industrial ou do cotidiano", para depois pertencerem ao "campo das comunicações da tecnologia". Tais materiais acompanharam as sucessivas inovações no campo da tecnologia e da ciência, que avançaram das técnicas ótico-mecânicas até as eletrônicas e computacionais. Essas técnicas, quando adotadas pelo artista, acabam necessariamente transportando-o para um ambiente cada vez menos tangível, mesmo que paradoxalmente, e cada vez mais simbólico. Os artistas encontram, no ambiente tecnológico, uma "nova visão filosófica e cognitiva do mundo", em que o homem e a máquina se assemelham em sua capacidade de "tratar a informação" (COUCHOT, 2003, p.135). O pensamento passa a não ser exclusivo do homem, e a máquina passa a ser dotada da capacidade de associar sinais codificados em imagens, sons e textos. A ênfase desse ambiente numérico se coloca bem mais no processo, o que abre "caminho para uma série de considerações e tentativas técnicas" (POISSANT, 2009, p.73).

> "There is a growing number of such digitally fed interfaces surrounding us, constructing and driving our shared reality, from office software structuring our working days, through wireless transmition systems enabling complex telecommunications and leisurely derivations, to the hyperpresence of televised images and televised "truths". For want of a better word, we can call this condition digital culture, a social environment, field of action and interaction, in which meanings, pleasures and desires are increasingly dependent on their construction or transmission and thus on their translation by digital devices. The necessary technical abstraction that the contents have to go through is becoming a cultural condition, which has effects far beyond the actual mechanism of extrapolated signal switching"[53]. (BROECKMANN, 2010, p.193-194)

Parte-se então do princípio de que nas mídias digitais as operações com o computador podem ser feitas por meio de interfaces homem/máquina[54], que, conforme Poissant (2009, p.79), são "dispositivos que conectam humanos e máquinas". Esses dispositivos ou interfaces permitem que se efetuem "comunicações", "visualizações" e "transformações estruturais abstratas" em informações digitais, que, segundo McCullough (1996, p.87), poderiam ser documentos, formas tridimensionais, processos industriais, comunicação em rede, etc. Ao artista são oferecidos materiais e técnicas nunca antes tão complexos. A capacidade do computador de permitir a manipulação, a integração e a mutabilidade de um volume grande de dados promove a complexidade dos processos atrelados a seu sistema. O artista se intriga e pesquisa diversos fenômenos comuns a essa complexidade, como os exemplos citados por Moles (1990, p.49): "variações sistemáticas em torno de um modelo" e "exploração de um campo dos possíveis".

> "A máquina visa com efeito abordar a obra de arte de todas as maneiras possíveis, e, de cada vez, propor 'simulacros', cada um deles correspondente a uma concepção diferente da obra. O 'grau de similitude' desempenha aí o papel do antigo valor de 'verdade'. Não será abusivo qualificar este método de 'neo-cartesianismo', um neo-cartesianismo da máquina baseado na realidade". (MOLES, 1990, p.50)

Hoje os meios permitem uma acuracidade maior na tradução da natureza. O homem nunca esteve tão perto daquela que antes se figurava como mística e impenetrável. O artista das mídias digitais tem hoje a possibilidade de manipular a matéria de formas incontáveis. Os instrumentos e as interfaces de ordem digital ampliam sobremaneira o acervo do artista contemporâneo, permitindo a ele o esboroamento entre o material e o digital tanto na representação como na produção de suas obras. Assim como o pioneiro Waldemar Cordeiro fez ao estabelecer uma parceria com um físico de modo a viabilizar suas ideias, o artista

---

53 "Há um número crescente de interfaces alimentadas digitalmente em torno de nós, construindo e dirigindo a nossa realidade compartilhada, a partir de *software* de escritório estruturando nossos dias de trabalho por meio de sistemas de transmissão sem fio permitindo telecomunicações complexas e derivações de lazer, até a híperpresença de imagens televisivas e 'verdades' televisionadas. Por falta de uma palavra melhor, podemos chamar essa condição de cultura digital, um ambiente social, campo de ação e interação, em que significados, prazeres e desejos são cada vez mais dependentes da sua construção ou de sua transmissão e, portanto, na sua tradução por dispositivos digitais. A abstração técnica necessária pela qual o conteúdo tem que passar está se tornando uma condição cultural, que tem efeitos muito além do verdadeiro mecanismo de comutação de sinais extrapolados" (T. A.)

54 Para Epstein (1988, p.71), a interface homem/máquina vai além de simples acessórios e periféricos. Para ele a implicação da informática na criatividade artística acaba por incrementar o confronto entre o consciente e o inconsciente, a razão e a intuição que fazem parte da criatividade.

de hoje tem ao seu dispor laboratórios abertos que promovem a pesquisa e o trabalho multidisciplinar, reunindo especialistas de diversas áreas. O acesso a determinadas áreas da pesquisa não está mais restrito, favorecendo novos cruzamentos de ideias e opiniões. No Brasil essa realidade aos poucos vem se tornando possível com a abertura de laboratórios voltados à produção e fabricação digital, e até mesmo pequenos laboratórios de biotecnologia, mas é no exterior que se concentram grupos ativos e comunidades em que artistas, arquitetos, engenheiros, físicos e afins realizam obras que vão do nível das bactérias e das proto-células até grandes instalações que respondem e interagem com o meio que as cerca. O homem, que antes temia a natureza, hoje procura entendê-la à medida que a reproduz sinteticamente. A representação da imagem caminha em direção a sua autonomia.

Capítulo 2

imagem gerada no processing de acordo com o processo DLA (Diffusion-Limited Aggregation)

A CRIAÇÃO SOB UMA ABORDAGEM GENERATIVA NA CONSTRUÇÃO DA IMAGEM

> "Quem não está convencido de que todas as manifestações da essência humana, a sensibilidade e a razão, a intuição e o entendimento, devem ser desenvolvidas para se tornarem uma decisiva unidade, independentemente de quais destas qualidades se tornem predominantes em cada um, passará a vida se esgotando nesta redução desagradável e nunca compreenderá porque tem tantos inimigos tenazes e porque ele mesmo às vezes também vai confrontar outros como inimigo. Assim, um homem nascido e formado para as assim chamadas ciências exatas, quando estiver no ápice de sua razão-entendimento, não compreenderá facilmente que pode haver também uma fantasia sensível exata, sem a qual a arte é impensável". (Goethe apud Kestler, 2006, p. 53)

Sabemos que o processamento de um computador ainda está longe de alcançar os sistemas mais simples de moléculas ou enzimas encontradas na natureza. No entanto, em todo o seu desenvolvimento, como introduzido no capítulo anterior, é possível acompanhar um crescimento contínuo na criação e no controle da complexidade. Isso se dá como consequência de uma miniaturização dos componentes eletrônicos, que proporcionam o avanço em direção a sistemas computacionais mais abertos e dinâmicos, levando a uma maior dificuldade de se prever resultados. Essa progressiva sofisticação tanto do *software* como do *hardware* dos sistemas computacionais permite que o artista configure a arquitetura algorítmica da imagem, que por possuir um espaço intertextual acaba por promover resultados inesperados. Nota-se isso pelos *software* que permitem o desenvolvimento de *scripts* e códigos que podem simular complexas estruturas dinâmicas e emergentes.

Os computadores processam informações muito mais rapidamente do que um cérebro faria[1], e isso os torna aliados no processamento de dados seriados que crescem proporcionalmente aos avanços no sistema computacional. O armazenamento dessa massiva quantidade de dados, que certamente extrapola nossa capacidade cerebral, é realizada no disco rígido de computadores ou de servidores dedicados com ainda maior capacidade de armazenamento e se vale das interfaces visuais de modo a seletivamente tornar esse conteúdo disponível à medida que necessitamos. Foi na década de 1950 que o cérebro humano foi primeiramente comparado de maneira metafórica com um computador, "reflecting the human mind as no previous machine had" (TAYLOR, 2014, p.54). O matemático britânico Alan Turing (1912-1954) chegou a prever que, ao final do milênio, o computador seria capaz de imitar a inteligência humana (Ibidem, p.55). As pesquisas científicas no campo da Inteligência Artificial trariam avanços nesse sentido já no final da década de 1960. E quanto mais a competência das máquinas avançava, mais era essencial para os cientistas

1 Conforme Johnson (2001, p.127), os nossos neurônios são capazes de efetuar 200 cálculos por Segundo, enquanto os computadores podem realizar milhares de cálculos por segundo. Por se tratar de uma publicação antiga e levando em consideração os avanços tecnológicos recentes, a proporção hoje é ainda maior.

demonstrar que elas eram capazes de substituir o homem não somente em tarefas mecânicas mas intelectuais e culturais, como a criação artística. É justamente no contraponto de tal tendência que artistas se impõem, ao adotarem o processo e o algoritmo como metodologia e fonte de inspiração nos seus trabalhos criativos. Interessa a este capítulo demonstrar como os artistas se apropriaram de tais técnicas, que, cada vez mais complexas, começavam a demonstrar sinais de autonômia e cognição.

2.1. Limites do domínio da máquina

Quando o artista das mídias digitais procura abrandar essa tecnologia, ele torna acessível oportunidades criativas que não eram antes possíveis pelos meios tradicionais. Por um outro lado, Wands (2006, p.12) atenta para o fato de que quanto maior for o controle conquistado pelo artista na mídia operada, isso pode também significar " [...] that creative 'accidents' happen less often"[2], denotando um excesso de controle. Aqui é preciso considerar os limites com os quais o artista precisa lidar, uma vez que estes regulam uma autonomia cada vez maior em relação ao meio pelo qual sua obra é realizada. O artista precisa saber que autonomia a imagem produzida poderá alcançar sem no entanto ganhar uma vida própria e distante de sua proposta original.

Em uma visão aparentemente radical, o artista inglês Harold Cohen acredita que a verdadeira arte realizada em base computacional deveria ir além do simples processamento de imagem, deveria refletir um conhecimento programático que permitisse ao computador algum nível de independência. Para o artista, apenas quando um programa apresentar um comportamento de consciência é que a máquina deixa de ser um instrumento que o humano manipula para assumir um comportamento criativo humano próprio. O automatismo na utilização do computador (ver figura 15) é classificado por Cohen (1973, p.2) como uma linha de produção na qual a imagem é alimentada em um processador "with a slot at the top through which original material is fed, and a slot in the bottom through which the processed material exits"[3]. Tal comparação se assemelha ao conceito de caixa-preta de Flusser, introduzido no capítulo anterior, em que o desconhecimento das funcionalidades dos sistemas é traduzido no automatismo e na dependência de funções pré-programadas sugeridas pelo equipamento.

De modo a aproximar a máquina de uma autonomia, seria necessária a inclusão de um sistema de *feedback* ou comunicação retroativa, que estão presentes no processo de criação artístico humano, na medida em que o artista toma decisões com base em sua percepção durante o processo de criação. Conforme Cohen (1973, p.1), o *feedback* permite a existência e o processamento de funções comportamentais, geradas a partir de ações subsequentes a diferentes resultados. Na figura 16 o artista exemplifica que, ao invés de alimentar a máquina com um material original, seria necessário introduzir funções comportamentais no programa, o que pode ser metaforicamente comparado às instruções de um professor a um aluno. Essas funções se responsabilizariam por articular um sistema de *feedbacks* na estrutura do programa, e a partir daí o modificaria automomamente diversas vezes, criando novos caminhos não planejados pelo programador:

---

2 "[…] que acidentes criativos podem ocorrer com menos frequência". (T. A.)

3 "com uma abertura na parte superior, através da qual o material original é alimentado, e uma abertura na parte inferior, através da qual o material processado sai". (T. A.)

> "What we would need to imagine to establish a reasonable parallel is a machine equipped with an archival memory, running a self--modifying program not once, but hundreds or even thousands of times, modifying future performance on the basis of past performance. In this state, the nature of the initial input might be of no more importance to the final outcome than the name and style of an artist's first teacher.[4]" (COHEN, 1973, p.5-6)

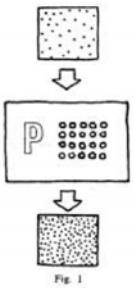


Figura 15: Diagrama que representa a entrada de um material original que, após processado (P – *Processor*) e pré-programado pela máquina, dá saída a um material reconfigurado. Fonte: Cohen, 1973, p.3

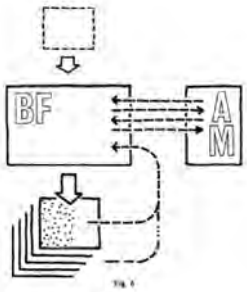


Figura 16: Diagrama que representa a introdução de um material em uma máquina que, por sua vez, foi instruída por meio de funções comportamentais (BF – *Behavioral Functions*) trocadas com um arquivo de memória de uma fonte externa (AM – *Archival Memory*) de modo a dar saída a um material constantemente reinterpretado. Fonte: Cohen, 1973, p.5

É nesse contexto que Cohen desenvolveu o programa AARON, que ilustra a tentativa de promover artificialmente a criatividade, racionalizando e tomando como parâmetro as faculdades criativas humanas de modo a ampliar sua capacidade produtiva gerando novos conhecimentos. Conforme Reas & Fry (2007, p.218), o programa foi primeiramente escrito em 1973 e até hoje Cohen mantém modificações nele baseadas nas imagens produzidas, o que o torna um sofisticado *software* de desenho. Cohen começou suas incursões em programação em 1968 no departamento de Artes Visuais da UCSD devido a sua inclinação em querer criar a partir de regras. O artista explorou de maneira centralizada a inteligência do computador ao desenvolver um sistema baseado em regras que tornava o programa capaz de pintar[5] e desenhar formas originais, tomando como base a relação entre a visão e o sistema cognitivo humano. Dessa forma a programação, por meio de comandos condicionantes, permitiria um controle lógico no processo de criação.

---

4 "O que seria preciso imaginar para estabelecer um paralelo razoável é uma máquina equipada com uma memória de arquivo executando um programa automodificável não uma, mas centenas ou mesmo milhares de vezes, modificando o desempenho futuro com base no desempenho passado. Nesse estado, a natureza da entrada inicial pode não ter mais importância para o resultado final do que o nome e o estilo do primeiro professor do artista." (T. A.)

5 A exploração da pintura só pode vir no meio dos anos 80 com a chegada dos monitore coloridos.

> "AARON initially created abstract drawings and over the years has been refined to add rocks, then plants, and finally people. Cohen has encoded his ideas about drawing as a set of rules that comprise the AARON software. The program operates autonomously and makes a unique drawing each time it is run. The software makes every composition decision and produces drawings that often surprise Cohen.[6]" (REAS & FRY, 2007, p.218)

Dessa forma, por meio da linguagem de códigos o artista criou regras para que o programa ganhasse autonomia na elaboração de desenhos realizados com o auxílio de plotters[7] controlados numericamente sobre um plano bidimensional. O sistema de *feedback* se dá pela interação de elementos cognitivos primitivos planejados por Cohen (assim como um professor ensinando ao aluno), munindo o AARON de um conhecimento de base, que a partir de diferentes combinações o permite completar e ter consciência do desenho realizado (TAYLOR, 2014, p.131). A proposta do artista é que o AARON fosse ganhando independência no controle de estratégias cada vez mais complexas ao reproduzir o comportamento do artista na criação de formas. Trata-se de um exemplo clássico da exploração de um sistema cognitivo centralizado baseado em inteligência artificial. O artista exerce as funções de tutor e colaborador, oferecendo "[...] aesthetic guidance to AARON by programming it to generate pieces in a certain style [...] Cohen [also] acts as curator/collaborator by accepting and rejecting pieces produced by the system[8]" (McCORMACK & d'INVERNO, 2012, p.8).

Em um dado momento o artista percebeu que o fato do AARON produzir imagens cada vez mais complexas, mas baseadas na mesma fórmula, não o tornava mais próximo do ideal humano. Um exemplo disso é a capacidade excepcional do programa de prever "[...] the appearance of complex color relationships [...] an un-human ability to build and mantain an internal model of arbitrarily complex color schema[9]" (COHEN, 2006, p.3-4). Realidade diferente da de um colorista especialista, que não poderia construir tal representação internamente sem que antes pudesse ver as cores para assim decidir qual escolher. Para Cohen essa humanização não era natural, não se baseava em um *feedback* visual, assim como o artista que modifica sua obra durante o ato de criar, valendo-se de um repertório cultural que é acessado à medida que avalia criticamente sua própria obra. Além do mais, muitas vezes durante a criação da obra os já citados "acidentes" criativos podem surgir e serem integrados no processo da obra. O AARON não seguia um padrão sensível que o permitisse se automodificar baseado em suas realizações, ele apenas era orientado a construir modelos a partir de sua impecável habilidade de obedecer regras pré-concebidas que o ensinavam a lidar com possíveis situações no desenvolvimento da imagem.

---

6 "AARON criou inicialmente desenhos abstratos e ao longo dos anos tem sido aperfeiçoado para adicionar rochas, plantas e, finalmente, pessoas. Cohen codificou suas ideias sobre desenho em um conjunto de regras que compõem o *software* AARON. O programa funciona de forma autônoma e realiza um único desenho cada vez que é executado. O *software* toma todas as decisões de composição e produz desenhos que muitas vezes surpreendem Cohen." (T. A.)

7 O plotter é considerado o primeiro dispositivo a permitir a transposição numericamente controlada de informação digital para um suporte físico, como por exemplo o papel. Conforme Taylor (2014, p.255), já em meados da década de 1990 a sua utilização perde em popularidade para a tecnologia *ink jet* e impressoras a *laser*.

8 "[...] orientação estética para o AARON, ao programá-lo para gerar obras de um certo estilo [...] Cohen [também] atua como curador/colaborador, ao aceitar e rejeitar obras produzidas pelo sistema" (T. A.)

9 "[...] a aparência de relações complexas de cores [...] uma capacidade não-humana de construir e manter um modelo interno e complexo com um esquema arbitrário de cores." (T. A.)

Devido à insatisfação de Cohen (2010, p.8) pelo fato do AARON representar sempre famílias de formas pré-definidas (ver Figura 17), o artista resolveu verificar como a máquina se comportaria criando suas próprias regras de maneira emergente (seguindo regras locais). Essa nova versão do programa escrita por Cohen significava uma inversão no controle de todo o sistema, deixando de exigir um comando central e rígido para seguir um controle periférico e intuitivo que permitisse a determinação de poucos parâmetros iniciais.

> "One of the strangest, and most significant, things to emerge from this new way of generating material was that it produced usable results only when I concentrated exclusively on devising local rules for attaching cells, without any regard to the appearance of the outcome. When I fell into the trap of trying to devise rule-sets to produce something I thought I might like to have – an octopus, say, or a fish – the results were uniformly hopeless. The program was in command here; once I had told it how to proceed I had little or no control over the physical appearance of what emerged. I either liked it and used it, or I didn't like it and abandoned it.[10]" (COHEN, 2010, p.11)

Foi nesse momento que o artista, ao fazer uma incursão no campo da Emergência[11], presenciou uma mudança de controle e uma, agora efetiva, independência nas realizações de AARON. No entanto, os resultados produzidos eram abstratos e não tinham qualquer semelhança com qualquer repertório de forma que o artista pudesse prever (ver Figura 18). A ideia inicial de Cohen era de que o AARON fosse uma "[...] extension of his artistic process rather than an independent, autonomous creative entity[12]" (McCORMACK & d'INVERNO, 2012, p.x). Nesse ponto, o programa poderia se virar sozinho e sua presença não mais era sentida, ou quase não era percebida, nas obras. Em vista dessa situação, Cohen experimentou novas abordagens de controle com o AARON colorindo as formas produzidas (ver Figura 19) e, assim, tornando sua participação colaborativa não só no nível da elaboração do código do programa, mas agora da finalização das obras, completando o ciclo criativo que havia iniciado há quase quatro décadas. O artista concluiu que por não ser possível alcançar um comportamento reflexivo no AARON à medida que este criava imagens, sua criação fazia sentido apenas quando vista pelo conjunto "criador e máquina". O AARON, afinal, era o instrumento autômato[13] que Cohen desenvolvera para ser indeterminado, e que ao mesmo tempo inter-

---

10 "Um das coisas mais estranhas, e mais significativas, a emergir desta nova forma de gerar material foi que isso produziu resultados utilizáveis somente quando me concentrei exclusivamente na elaboração de regras locais para o agrupamento de células, sem qualquer preocupação com a aparência do resultado final. Quando eu caí na armadilha de tentar definir um conjunto de regras para produzir algo que eu pensei que eu gostaria de ter – um polvo, digamos, ou um peixe – os resultados foram uniformemente desanimadores. O programa estava no comando aqui; uma vez que eu tinha dito a ele como proceder, eu tinha pouco ou nenhum controle sobre a aparência física do que emergiu. Eu ou gosteu e usei, ou eu não gostei e abandonei." (T. A.)

11 O conceito de Emergência, central à área da Vida Artificial, é um processo pelo qual os simples componentes de um nível inferior interagem produzindo resultados complexos e sofisticados, próximos ao que encontramos na matéria viva. De acordo com Johnson (2001, p.21), o estudo da Emergência começou na década de 1990, quando começaram a ser adaptados sistemas auto-organizáveis para aplicativos de *software*, *games* e também na arte e na música. Os princípios da Emergência são a interação entre vizinhos, o reconhecimento de padrões, o *feedback* e o controle indireto (JOHNSON, 2001, p.22).

12 "[...] extensão de seu processo artístico ao invés de uma entidade criativa dotada de independência e autonomia." (T. A.)

13 Conforme Taylor (2014, p.132), os autômatos seriam aparatos mecânicos que representam atributos físicos e mentais do humano. "In fact, the dream of conflating artificial systems and life can be traced back to Enlightenment automata." ("De fato, o sonho de combinar sistemas artificiais e vida remonta aos autômatos do Iluminismo" (T. A.)). Os autômatos mecânicos surgiram com os primeiros relógios durante o século XIII e demonstravam "that even the most complicated physical processes of animals and men could be explained as intricate clockwork mechanisms" ("que mesmo os processos físicos mais complicados de animais e homens poderiam ser explicados como intrincados mecanismos de relógio" (T. A.)) (Ibidem, p.133). A figura do mecanismo autômato sustentado pelo

pretava seus desenhos, fazendo parte de seu processo criativo. No entender do artista, portanto, não era esperada uma independência total da máquina, que a desvinculasse do seu olhar atento e domínio, mesmo que parcial.

Figura 17: Uma das imagens produzidas por AARON quando este tinha 10 anos, em 1983. Fonte: Reichardt, 1987, p. 370

Figura 18: Imagem produzida por AARON em que uma colônia de células é agrupada seguindo regras locais. Fonte: Cohen, 2010, p. 10

Figura 19: Exemplo de imagem produzida por AARON e posteriormente colorida por Harold Cohen. Fonte: Cohen, 2010, p. 13

> "In a trivial sense, AARON is creative, but this creativity is a pseudo-creativity. It is confined to the rules and their certainly wide spectrum of possibilities. AARON will forever remain a technical system. Even if that system contained some meta-rules capable of changing other rules, and meta-meta-rules altering the meta-rules on the lower level, there would always be an explicit end. AARON would not be capable of leaving its own confines. It cannot cross borders.[14]" (McCORMACK & d'INVERNO, 2012, p.85).

trabalho do sistema mecânico de engrenagens do relógio permaneceria até o século XIX. Já "in the twentieth century the computer embodied the artificial wonder of mechanical simulation" ("no século XX, o computador incorpora a maravilha artificial da simulação mecânica" (T. A.)) (Ibidem, p.134). Poissant (2003, p.71) complementa dizendo que os autômatos, diferentemente dos robôs, não são projetados para o trabalho, mas sim para o entretenimento e a decoração.

14 "Em um sentido trivial, AARON é criativo, mas essa criatividade é uma pseudo-criatividade. Ele esta confinado às regras e a seu inquestionável amplo espectro de possibilidades. AARON permanecerá para sempre como um sistema técnico. Mesmo que esse

Tal afirmação nos faz refletir a respeito da tomada de decisão que levou Cohen a descentralizar o sistema de controle do AARON para uma abordagem emergente. Por mais que essa nova linguagem tenha promovido uma independência ao seu programa, transferindo o controle do que seria produzido para a máquina, o artista ainda podia perifericamente dar forma a essa emergência. Eventos como esse nos levam a questionar se sistemas que transferem autonomia à imagem tornariam desnecessária a presença do artista no processo de criação. Nesse caso, o programador assumiria o papel mais importante na configuração da obra? Seria o *software* um instrumento ou um coautor? Este capítulo tentará lidar com essas indagações ao apresentar um futuro mais próximo do humano que as máquinas estão conquistando.

2.2. A construção da imagem complexa

No final dos anos 60, um novo paradigma começou a emergir baseado em um sofisticado entrelaçamento "across a number of scientific and technical fields, eventually reaching popular culture as well[15]" (MANOVICH, 2010, p.345). Dentre esses campos e temas emergentes podemos citar a teoria do caos, os sistemas complexos, a auto-organização, a emergência, a vida artificial, as redes neurais e os algoritmos genéticos inspirados na biologia evolucionária. Apesar das diferenças, os campos anteriormente citados têm em comum um complexo sistema não linear que se baseia na interação dinâmica de seus elementos que "periodically leads to certain orderly configurations[16]" (Ibidem, p.348). Esse comportamento emergente e complexo não permite prever o comportamento de um sistema a partir de uma abordagem reducionista[17], ou seja, pelo estudo das suas menores partes, pois a ordem emerge espontaneamente da interação entre suas partes de maneira ascendente.

> "Orderly ensemble properties can and do arise in the absence of blueprints, plans, or discrete organizers; interesting wholes can arise simply from interacting parts; enumeration of parts cannot account for wholes; change does not necessarily indicate the existance of an outside agent or force; interesting wholes can arise from chaos or randonmness.[18]" (MANOVICH, 2010, p.345)

Esse novo paradigma da complexidade lançado pelos cientistas torna possível explicar e descrever o fenômeno do mundo natural que não é nem linear e nem randômico, mas que se altera "[...] from state to

---

sistema contenha algumas meta-regras capazes de alterar outras regras, e meta-meta-regras que alteram as meta-regras no nível mais reduzido, haveria sempre um final explícito. AARON não seria capaz de sair de seus próprios limites. Ele não pode cruzar fronteiras." (T. A.)

15 "um novo paradigm começou a surgir em meio a um número de campos científicos e técnicos, eventualmente alcançando também a cultura popular". (T. A.)

16 "periodicamente conduz a determinadas configurações ordenadas." (T. A.)

17 Conforme McCormack & Dorin (2001, p.72), as propriedades macroemergentes não podem ser previstas a partir do micro nível, caracterizando-se irredutíveis até mesmo pelo computador. O autor também acrescenta que as condições enfrentadas pelo nível macro interferem de volta no nível micro, tornando elas parte de um intrincado sistema que não permite reduções. Devido às diversas possíveis relações que ocorrem no nível micro, torna-se impossível prever o que irá emergir nos níveis mais altos (Ibidem, p.72).

18 "Propriedades agrupadas de maneira ordenada podem e surgem na ausência de projetos, planos ou organizadores discretos; totalidades interessantes podem surgir simplesmente da interação de partes; a enumeração das partes não dá conta de explicar o todo; mudança não necessariamente indica a existência de um agente ou força exterior; totalidades interessantes podem surgir a partir do caos ou da aleatoriedade." (T. A.)

state, oscilating between order and chaos[19]" (Ibidem, p.349). Trata-se de estudar um modelo não linear a partir de uma abordagem ascendente que "[...] constantly mutate, shift, and evolve[20]" (Ibidem, p.349). Assim como na era modernista os artistas se inspiraram nas pesquisas científicas e adotaram em suas obras o caráter linear, reducionista, os artistas que acompanharam o surgimento do estudo da complexidade na ciência procuraram transparecer esse conceito ascendente pela via do processo em suas obras. O computador e a tecnologia promoveram a realização desse novo cenário à medida que eram descobertos e explorados em uma escala progressiva que acompanha o seu desenvolvimento. De acordo com Manovich (2010, p.346-347), muitos artistas e designers experimentam e emprestam configurações de algoritmos de publicações científicas a respeito do caos, da vida artificial, dos autômatos celulares, etc. como uma forma de reproduzir e reconhecer a complexidade do mundo.

Os sistemas naturais que a ciência procura compreender e reproduzir na forma de sistemas computacionais se posicionam necessariamente em uma escala que vai da mais completa ordem para a mais completa desordem, sendo o meio termo entre essas posições a que apresenta maior complexidade. De acordo com a figura 20, é possível notar que o lado representante da ordem se caracteriza por uma estrutura que pode ser encontrada, por exemplo, em cristais e minerais; já o extremo oposto, os gases atmosféricos, ilustram a desordem e o ruído. A vida biológica se apresenta como um ponto de extrema complexidade ao resultar da tensão entre a ordem e a desordem, e dessa forma se apresenta imprevisível e emergente. Mas mesmo que os sistemas computacionais que pretendem descrever a complexidade reproduzam condições de tensão entre um nível de estrutura e caos, ainda assim não é possível alcançar a inovação por diferentes graus e camadas de emergência que se interfaceiam e que estão presentes na vida biológica (GALANTER, 2010, p.328).

Tomando como correta a afirmativa de que a complexidade de um sistema, seja ele natural ou artificial, está diretamente relacionada com a relação dialética entre ordem e desordem que emerge de sua estrutura, conclui-se que a variação desse potencial elemento caracteriza o sistema como possuidor de uma maior ou menor autonomia. É nesse sentido que Galanter (2010, p.327) analisa o uso das técnicas generativas operadas por artistas, que variam de extremos como a aleatoriedade, representando o mais desorganizado sistema, até a simetria, representando o sistema mais ordenado. Como é possível verificar na figura 21, o maior nível de complexidade nos sistemas de arte generativa[21] é alcançado quanto existe um diálogo mais equilibrado entre a ordem e a desordem, significando que o sistema alcança a condição de autoevolução na qual propriedades emergentes surgem como reflexo de diversidade, organização e conectividade. Esse tipo de comportamento emergente pode ser visto nos sistemas genéticos bem como no conceito de vida artificial. Quando a arte passou a incorporar os sistemas computacionais como instrumentos de criação, tornou-se viável operar tanto pela via da *aleatoriedade*, estabelecendo uma série de instruções "mantenedoras de uma desordem programada", como pela via da *autonomia*, na qual as mesmas instruções são gerenciadas pelo sistema de maneira regulada estabelecendo-se um equilíbrio ou uma homeostase característica dos sistemas vivos (TAVARES & HENNO, 2015, p.201).

---

19 "[...] de estado para estado, oscilando entre a ordem e o caos." (T. A.)

20 "[…] constantemente se transforma, modifica, e evolui." (T. A.)

21 O discurso da arte generativa surge na década de 1990 e está ligado a abordagens que enfatizam a programação e o algoritmo em uma série de práticas inspiradas na tecnociência como: vida artificial, teoria da catástrofe, caos e complexidade, fractais e matemática generativa [...] O termo "generativo", assim como "algoritmo", descreve um processo amplo que incorpora a multiplicidade das técnicas e aplicações (TAYLOR, 2014, p.256).

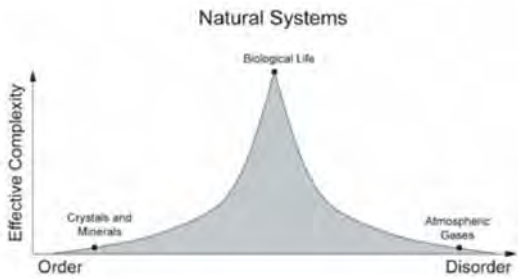


Figura 20: Gráfico que apresenta a complexidade efetiva dos sistemas naturais. Fonte: Galanter, 2010, p.326.

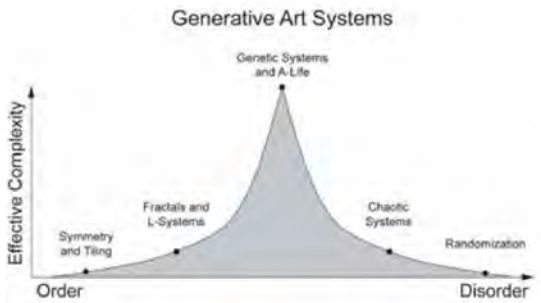


Figura 21: Gráfico que apresenta a complexidade efetiva dos sistemas generativos. Fonte: Galanter, 2010, p.326.

Conclui-se que a arte generativa se inspira em fenômenos de ordem natural mais ou menos complexos na representação da imagem, que pode apresentar, à medida que se complexifica, um elevado grau de imprevisibilidade e autonomia. O uso de sistemas estruturados e caóticos na representação estética e poética da forma não teve início com a era digital, podendo ser percebido muito antes, evidenciando o processo como forma de criação (GALANTER, 2010, p.326). Pode-se identificar os sistemas ordenados no uso que os artistas faziam da simetria e dos padrões ordenados, a exemplo dos padrões geométricos do artista M. C. Escher (1898-1972), e os sistemas desordenados na utilização do acaso e da aleatoriedade, estes últimos já tratados anteriormente nesta tese. O que este capítulo pretende apresentar é a potencialidade que o computador inaugurou ao permitir, além da reprodução de sistemas estruturais e aleatórios, tratar da tensão entre ordem e caos por meio de sistemas dinâmicos cada vez mais complexos. Não se pretende dizer que sistemas complexos são melhores que aqueles que apresentam uma clara estrutura ou uma aparente desordem, mas sim evidenciar como o computador pode ser utilizado pelos artistas como instrumento para explorar novos caminhos até então reservados à teorias científicas restritas a um universo de especialistas. A acessibilidade cada vez maior dos computadores e seu progressivo "clareamento"[22] têm facilitado ao artista inaugurar uma nova área a ser explorada, que permite se afastar dos extremos ordem-desordem na busca de uma imagem cada vez mais complexa e autônoma. O desafio de abrandar essa tecnologia é cada vez maior e exige um conhecimento e uma habilidade mais amplos do artista que trabalha cooperativamente com as interfaces digitais, indo além da previsibilidade das ferramentas artesanais.

A modelização de uma imagem, independentemente do nível de complexidade com o qual é concebida, trata da criação de um objeto virtual que, conforme Plaza & Tavares (1998, p.40), é "definido matematicamente no espaço-tempo do computador, criado pela mente a partir de juízos perceptivos (conceito de objeto) e códigos de representação". O algoritmo assume um papel importante de tradutor de instruções baseadas

22 O verbo "clarear" bem como suas flexões serão a partir usados para se referirem à teoria da "caixa-preta" de Flusser (2011), já discutida com argumentações de Machado (1997b, p.14) no capítulo 1 desta tese.

no repertório criativo do artista que, de modo a serem interpretadas pelo sistema computacional, precisam ser adequadas em diretivas e procedimentos pertencentes à linguagem do *software* utilizado ou criado:

> "A criação caracteriza-se, assim, pela transição de um repertório (finito) para um produto, produto este que pode ser reflexo do estado repertorial (ordem caógena) de um estado de ordem regular e normativa (ordem estrutural) ou de um estado irregular, configurado ou singular (BENSE, 1972, p.108-13). Assim, a arte gerada pela aleatoriedade computacional está ligada à teoria da "estética gerativa" de Max Bense (1975, p.136), que se propõe como teoria matemática tecnológica da transformação de um repertório em diretivas, destas em procedimentos, e destes em realizações." (TAVARES & HENNO, 2015, p.201)

A imagem, quando adquire um grau elevado de complexidade, passa a apresentar faculdades perceptivas mais ou menos autônomas[23] que se assemelham aos sistemas naturais. A imagem autônoma é nesse sentido capaz de criar suas próprias regras devido a um grau de sensibilidade e inteligência de que é dotada. Retomando os conceitos introduzidos no capítulo anterior e conforme Couchot (2010, p.185), essa capacidade emergente dos novos sistemas computacionais estaria ligada a uma segunda interatividade, que, seguida da primeira interatividade[24] lançada pela cibernética, lida com noções de auto-organização[25], estruturas emergentes, redes e evolução. Essa segunda interatividade, de caráter endógeno, levaria ao exame das ações relacionadas à autonomia em diversos graus, extrapolando o controle homem e máquina para um comportamento mais espontâneo e adaptativo do sistema. A interação que, se apresentava entre o real e o virtual[26], agora, neste segundo tipo de interação, ganha autonomia, exercendo influência sobre o sistema que simula vida inteligente e processos evolucionários por meio de algoritmos.

> "From an artistic point of view, the use of models issued from cognitive Science in order to create autonomous visual artifacts capable of reacting to the gestures of real beings has enabled some artists to reinstate the decisive importance of the body, in all its mysterious complexity, at the core of aesthetic relations."[27] (COUCHOT, 2010, p.188-189)

---

23 Pode-se aqui fazer uma aproximação dos sistemas com menor grau de autonomia, como aqueles relacionados à Inteligência Artificial e os com maior autonomia, como aqueles mais complexos e dinâmicos presentes na Vida Artificial.

24 A primeira interatividade é caracterizada pela cibernética, a qual conceitualiza o controle e a comunicação entre o homem e máquina.

25 Ao se falar em auto-organização é necessário apresentar o termo "autopoiesis", que, cunhado pelo neurobiólogo Humberto Maturana (1928-) e pelo biólogo Francisco Varela (1946-2001), seria relativo ao que ocorre na dinâmica da autonomia própria dos sistemas vivos (MATURANA & VARELA, 1980, p.XVII). A autopoiesis, assim como a auto-organização, é uma ação relativa à habilidade de regulação de um sistema aberto que estabelece limites com o ambiente externo assim como um ser vivo (LOVEJOY; PAUL; VESNA, 2011, p.277).

26 Pode-se dizer que a própria cibernética já se aproximava indiretamente de um sistema natural por estar correlacionada a sua mecânica de informação.

27 "A partir de um ponto de vista artístico, o uso de modelos oriundos da ciência cognitiva, de modo a se criar artefatos visuais autônomos capazes de reagir aos gestos de seres reais, permitiu que alguns artistas restabelecessem a importância decisiva do corpo, em toda a sua misteriosa complexidade, no núcleo das relações estéticas." (T. A.)

Se por um lado o avanço tecnológico se dá no sentido de permitir que ordem e desordem possam ser programadas em um computador, dando margem à simulação de imagens autônomas, seria o papel do artista aquele de subsidiário ou refém da máquina nesse novo cenário? O já apresentado artista Harold Cohen declara sua opinião a esse respeito ao expor, em artigo escrito em 1973[28], sua preocupação com a criação de imagens que utilizavam o computador como meio. Para ele, o verdadeiro artista deveria ir além da superficialidade de acesso oferecida pelo computador, além das funções de um simples processador de ordens lógicas pré-programadas, para ganhar uma verdadeira autonomia na representação da imagem (COHEN, 1973, p.2). Isto é, reiterando o que foi discutido no capítulo anterior, o verdadeiro criador, que produz por meio de máquinas pré-programadas, seria aquele que desvenda e "clareia" o interior da máquina, de modo a evitar a redundância promovida pelo aparelho. Ou seja, o processamento da imagem deveria ir além da simples transformação ou manipulação guiada pelo criador, deveria prever um *feedback* não apenas reativo da máquina. Conforme Taylor (2014, p.129), o sistema natural de *feedback* "[...] was engaged when the artist encountered the perceptual world and made decisions on the basis of precepts[29]". O autor reitera que, em se tratando do computador, qualquer *feedback* notado no processo artístico se viabiliza pela intervenção do humano, o que o coloca na posição de qualquer outro instrumento utilizado (Ibidem, p.130). A autonomia, nesse sentido uma segunda interatividade, permitiria que a imagem fosse gerada sem que houvesse a necessidade da supervisão constante do criador.

Operações triviais, apenas atualizando as possibilidades pré-programadas dos *software*, "atualizariam apenas o potencial de escolhas embutido na obra". Já nas operações não triviais existe uma possibilidade de "enriquecer e transformar a informação que circula [...] nos terminais" (TAVARES, 2000, p.116). Serão apresentados ao longo deste capítulo exemplos de criações artísticas que caminham no sentido contrário ao da atualização de sistemas fechados nos quais o artista possui o controle de todo o processo de realização da imagem. Interessa enfatizar o papel do artista como um "coordenador" interagindo intuitivamente ou de maneira planejada com sistemas computacionais abertos e não-triviais, que assumem um papel de extensão e de complementaridade de modo a ampliar as possibilidades e articulações criativas no contexto da criação da imagem. Os sistemas não-triviais são infinitos "na capacidade por acomodar novas variáveis", sendo característicos dos sistemas abertos cujas ações ocorrem por algoritmos evolutivos (Ibidem, p.116).

Pelo ponto de vista da natureza, a complexidade pode ser encontrada nas formas e nos comportamentos dos sistemas vivos, e na maneira como eles se relacionam com o ambiente. Assim como na cibernética, já se percebia traços de um sistema adaptativo quando Norbert Weiner estudou sobre o comportamento de comunicação interna à máquina, o *feedback* ou retroação. A aproximação e o interesse dos artistas pela complexidade e sua relação com organismos vivos ou sistemas pode ser visto como uma tentativa de se produzir as propriedades de um sistema vivo, tornando-se a bioinformática o meio e a finalidade de muitas das experiências.

2.2.1. Biologia genética e sistemas evolucionários

A era da informação em que vivemos se destaca pela capacidade de armazenamento de informação, que cresce desproporcionalmente. A autonomia de determinados sistemas computacionais considerados inte-

28 Cohen, Harold. Parallel to Perception: Some Notes on the Problem of Machine-Generated Art, Computer Studies IV, 1973

29 "[...] foi envolvido quando o artista encontrou o mundo perceptivo e tomou decisões com base em preceitos." (T. A.)

ligentes ou vivos está relacionada a uma aptidão de aprendizado que se vale da sua capacidade de armazenar e localizar informação de modo a reconhecer padrões não estáveis (JOHNSON, 2001, p.103-104). Essa aprendizagem de caráter artificial se caracteriza pelo comportamento de um sistema que regula seu interior em relação a interferências externas por meio de circuitos de *feedbacks* positivos e ou negativos entre os seus componentes. O *feedback* positivo é assim chamado pois, por meio de retroações autoampliadoras, prevê a ampliação do seu próprio sinal (Ibidem, p.139). Para Dawkins (1986, p.198), o *feedback* positivo é descontrolado e instável, uma vez que pequenas perturbações são amplificadas "[...] and they run away in an ever-increasing spiral, which culminates either in disaster or in an eventual throttling down at some higher level due to other processes"[30]. O segundo tipo de *feedback* de característica reativa é considerado negativo devido a sua capacidade de se regular em relação ao ambiente e ao que com ele interage, promovendo a homeostase[31] ao constantemente estabelecer a ordem em um sistema.

Os sistemas complexos partem de uma configuração genérica para o desenvolvimento de especificidades locais. Essa qualidade adaptativa do sistema, que se caracteriza por uma regularidade em se manter uma diversidade, é resultante de um ciclo de *feedbacks* ocorridos em um sistema que internamente tenta se manter controlado mas que sofre ações desencadeadoras de imprevisibilidade provenientes de um ambiente externo. Esse tipo de relações interconectadas acabam por estimular a emergência de novas expressões de um sistema pois são específicas e únicas. Logo, um sistema adaptativo é capaz de neutralizar as interferências de um *feedback* positivo que altera a sua configuração inicial, trazendo novos elementos que, por meio do *feedback* negativo, são regulados, ampliando sua diversidade. Esse tipo de interação estímulo-resposta é desencadeada pela ação e reação de um sistema cujas regras locais de adaptação foram previamente estabelecidas mas que uma vez colocadas em prática independem de um controle central.

> "Logo, com base no que Johnson (2011, s.p.) propõe, se admitirmos [...] [os sistemas] complexos, eles devem conter se não todas, mas sim a maioria das seguintes características: a) o sistema contém uma coleção de objetos que interagem entre si e são conhecidos como "agentes"; b) o comportamento destes objetos é afetado pela memória ou *feedback*; c) os objetos podem adaptar suas estratégias de acordo com suas histórias; d) o sistema é tipicamente "aberto"; e) o sistema parece estar "vivo"; f) o sistema exibe fenômenos emergentes que são geralmente imprevistos e podem ser extremos; g) os fenômenos emergentes tipicamente se apresentam na ausência de qualquer sorte de "mão invisível" ou controlador central; h) o sistema mostra uma mistura complicada de comportamentos ordenados e desordenados. Entende-se que o grau de complexidade varia em função da adequação do sistema à quantidade e ao tipo de *feedback* [...]". (TAVARES & HENNO, 2015, p.202)

Admitindo-se que os sistemas complexos adaptativos reúnam características que o classificam como inteligentes, faz-se necessário abordar a dialética entre emergência e controle que lhe confere autonomia. As

---

30 "e podem escapar em uma espiral sempre crescente, que culmina ou em um desastre ou numa eventual desaceleração para algum nível mais elevado devido a outros processos." (T. A.)

31 Conforme McCormack (2007, p.6), homeostase se trata da habilidade de automanutenção de uma particular configuração dinâmica em condições externas variáveis.

relações entre emergência e controle estão interligadas no sentido de que a emergência ocorre idealmente com a ausência de controle, enquanto que o controle regula a emergência. Tal tensão precisa ser driblada pelo artista que, ao lidar com um sistema autônomo, pouco pode interferir em seu comportamento, uma vez que este, por característica, adquirirá imprevisibilidade. O desafio dos artistas, à medida que esses sistemas autônomos forem implementados, será o de, na medida do possível, garantir uma articulação do controle dentro da iminente emergência.

O conceito de emergência, central à arte generativa, trata de um fenômeno no qual novas propriedades que não haviam sido previstas emergem em um sistema, apontando um comportamento descentralizado, sem qualquer hierarquia de ordem ou regra na organização. Cientistas como Adam Smith (1723-1790), Friedrich Engels (1820-1895), Charles Darwin (1809-1882) e Alan Turing contribuíram para a ciência da auto-organização, que justamente se interessa pela emergência de padrões em sistemas sem nenhum comando central (JOHNSON, 2001, p.18). De modo geral, os sistemas chamados emergentes são ascendentes, pois, devido a sua característica adaptativa complexa, permitem que seus agentes que estão em um nível reduzido interajam dinamicamente, produzindo conhecimento uma escala acima, até que ao ascender a um determinado nível seja possível notar soluções complexas e sofisticadas. Essa interação local dos agentes ocorre "in multiple ways following local rules and oblivious to any higher-level instructions[32]" (Ibidem, p.19). A qualidade dinâmica de adaptação por meio de um comportamento do sistema que responde a estímulos do ambiente externo procurando manter um equilíbrio entre a ordem e a desordem se afina com a natureza e permite a emergência de configurações não previstas. Conforme Johnson (2001, p.22), os princípios fundamentais da emergência são "neighbor interaction, pattern recognition, feedback, and indirect control"[33].

Como visto no capítulo anterior, as mudanças e descobertas científicas de cada período se refletiram no entendimento e na produção da forma. Em um momento da história, a forma se desvinculou das regras e dos padrões rígidos estabelecidos pela ciência como uma tentativa de destacar o caráter poético e não mecanizado da criação. Quando artistas interviam criativamente na máquina era para tentar encontrar na tecnologia uma expressão não redundante e padronizada, tirando partido dela como instrumento e não ferramenta. Os artistas queriam destacar qualidades que não eram possíveis de serem alcançadas apenas pela ciência. O estudo dos sistemas adaptativos deu abertura a uma forma com característica autônoma e gerativa, que não é prevista, apesar de pré-programada, pois é emergente. O artista coopera indiretamente com o seu "crescimento", cuja estrutura pode ser vista como um intrincado sistema vivo. As possibilidades de se interagir com a forma a partir desse ponto de vista se ampliam, mas em contrapartida exigem um conhecimento técnico cada vez mais especializado do artista, que agora também é programador[34].

---

32 "de múltiplas maneiras seguindo regras locais e alheia a qualquer instrução de nível superior." (T. A.)

33 "interação com o próximo, reconhecimento de padrões, feedback e controle indireto." (T. A.)

34 A figura do artista-programador se populariza na década de 1980 indicando a familiaridade de artistas que aprenderam a programar de modo a ter maior liberdade na utilização do computador como meio criativo. Porém, com o surgimento de *software* comerciais, que de modo geral concentravam opções pré-programadas de criação, como a reprodução de estilos gráficos e de pintura, acabou surgindo uma divisão entre aqueles que dominavam a programação (como por exemplo os artistas generativos) e aqueles que criavam a partir da interface visual gráfica pré-programada.

Nos anos 60, o cientista John Holland (1929-2015), que tinha sido aluno de Norbert Wiener (1894-1964), fundador da teoria da cibernética, explorava a maneira como regras locais simples podiam ensinar comportamentos complexos, mais especificamente em *software* de aprendizado aberto, baseando-se para isso em conceitos da evolução darwiniana[35] (JOHNSON, 2001, p.57/58). Daí surgiram os algoritmos genéticos, que, assim como na seleção natural ocorrida por meio do DNA, promoviam por meio da linguagem de códigos operações como a seleção, a reprodução, a recombinação e algumas vezes a mutação para formar gerações de programas cada vez mais adaptados. O programador teria a responsabilidade de definir uma tarefa sem, no entanto, ensinar diretamente como cumpri-la, apenas definiria parâmetros que caracterizam adequação genética e deixaria o *software* evoluir de maneira independente (Ibidem, p.59). Tal conceito foi considerado inovador e se diferenciava do *software* comum, que apenas se preocupava com a disposição de uma série de instruções codificadas cuja função seria a de estritamente ensinar ao computador o que fazer. O trabalho do programador era essencial para se definir a sequência mais eficiente de instruções, tarefa esta que Johnson (2001, p.58) classifica como efetivamente cerebral.

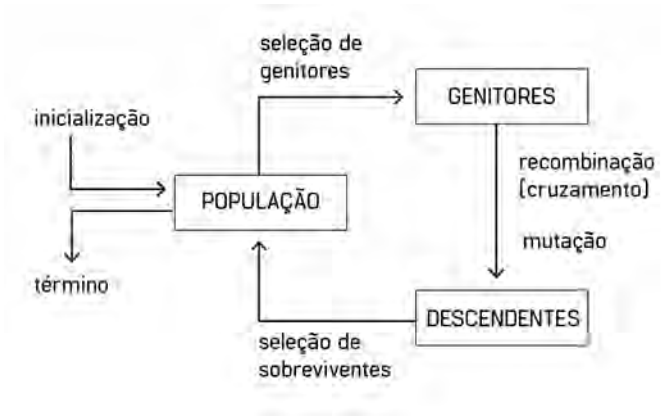


Figura 22: Diagrama de um típico Algoritmo Genético. Fonte Eiben, 2002, p.3

Os Algoritmos Genéticos possuem duas etapas principais: o *estabelecimento de um problema* cuja solução se apresentará em etapas automáticas por meio de reprodução e mutação, e a *especificação de uma função de avaliação* (*fitness*), que irá comparar e julgar as melhores respostas. Como pode ser visto na Figura 22, em um exemplo genérico de Algoritmo Genético, um código precisa ter início com uma população aleatória em que cada integrante é possuidor de uma diferente solução do problema lançado. Para cada nova população são selecionados pares de integrantes genitores que serão recombinados para a geração de uma nova população. Durante o processo de recombinação podem estar previstas mutações, de modo a incrementar a multiplicidade de soluções para o problema sugerido. A seleção é realizada com base nos integrantes que possuem a mais eficiente solução e têm permissão para avançar para a próxima geração. Este processo é repetido diversas vezes, até se obter a resposta que melhor cabe ao problema tendo em vista as sequências de gerações realizadas. Esse tipo de algoritmo inspirado na teoria da evolução por seleção natural é normalmente utilizado para se alcançar a resposta para pro-

35 A teoria da evolução por seleção natural de Charles Darwin aponta que variações das características genéticas são transmitidas pelos progenitores aos filhos, e que existe uma seleção natural que tende a favorecer aqueles cujas variações genéticas são mais adaptadas ao ambiente. Desta forma, entende-se que os organismos e seu ambiente estão em uma constante luta pela sobrevivência, e que com o passar das gerações, por meio da reprodução, apenas os indivíduos mais aptos sobrevivem em uma escala que tende a formar gerações cada vez mais evoluídas. Conforme McCormack & d'Inverno (2012, p.373), a teoria evolucionária de Darwin explicita que os humanos, como organismos evoluídos, possuem um comportamento em grande parte adaptativo em relação a algum ambiente evolutivo do passado.

blemas complexos, uma vez que a resposta certa ou mais aproximada é obtida por meio de seleção por avaliação em relação a um número x de gerações.

A arte generativa, por estabelecer semelhanças com o sistema natural, pode ser compreendida como uma prática artística que, em relação metafórica com a biologia, produz "genótipos" e "fenótipos" como processo para se produzir a imagem (DORIN & McCORMACK, 2001, p.240). O genótipo, que na biologia carregaria informações genéticas, como o DNA, para a realização de um organismo ou fenótipo, é na arte generativa o processo codificado que produz a forma. O fenótipo seria a obra, a culminação do processo codificado no genótipo, seria pertencente a uma espécie que guarda sua individualidade mas pertence a uma mesma linhagem proveniente de um genótipo relacionado ao ambiente que habita. Apresentada esta comparação, faz sentido falar da arte generativa como dinâmica, fluida e mutável (Ibidem, p.240). O artista pode criar e manipular o genótipo e atuar no seu processo de desenvolvimento, que se desdobra na forma de um fenótipo (McCORMACK & DORIN, 2001, p.69).

Dessa forma, o artista que trabalha em analogia com os sistemas naturais, exerce funções de manipulação, criação e geração de dados. O processo, que antes da era computacional já era adotado na atividade criativa dos artistas, passa a ser, com a adição dessa ferramenta baseada em etapas, tão ou até mais importante que o resultado final da obra. Quando o artista opta pela utilização do computador como meio, o processo ou as especificações algorítmicas por ele definidos tornam-se inseparáveis da imagem final produzida. O artista que antes refletia sobre a forma sublime advinda da natureza agora a interpreta ao incorporar o processo e a emergência em seu ato criativo para a geração de uma imagem complexa.

> "It is convenient to use the biological terms genotype and phenotype when discussing artificial evolution. A genotype is a coded representation of a possible individual or problem solution. In biological systems, a genotype is usually composed of DNA and contains the instructions for the development of an organism. Genetic algorithms typically use populations of genotypes consisting of strings of binary digits or parameters. These are read to produce phenotypes which are then evaluated according to some fitness criteria and selectively reproduced. New genotypes are generated by copying, mutating, and/or combining the genotypes of the most fit individuals, and as the cycle repeats the population should ascend to higher and higher levels of fitness."[36] (SIMS, 1994, p.15)

Apenas na década de 1980, com o constante progresso na área computacional, que trouxe computadores mais rápidos e de uso pessoal, é que foi possível colocar em prática os conceitos dos algoritmos genéticos. A maneira mais eficiente de se reproduzir a evolução natural é por meio da simulação. A simulação por meio do computador permitiu testar teorias a respeito da evolução que antes pertenciam ao campo da

36 "É conveniente usar os termos da biologia genótipo e fenótipo quando se discute a evolução artificial. Um genótipo é uma representação codificada de um possível indivíduo ou solução de um problema. Em sistemas biológicos, um genótipo é geralmente composto de DNA e contém as instruções para o desenvolvimento de um organismo. Algoritmos genéticos normalmente usam populações de genótipos que consistem em sequências de dígitos binários ou parâmetros. Estes são interpretados para produzir fenótipos, que são então avaliados de acordo com alguns critérios de aptidão e seletivamente reproduzidos. Novos genótipos são gerados pela cópia, mutação, e/ou combinação de genótipos dos indivíduos mais aptos, e como o ciclo se repete, a população deve ascender a níveis mais elevados de aptidão." (T. A.)

intuição, conforme afirma Dennett (1995, p.174): "the very idea of evolution as an algorithmic process could not be properly formulated and evaluated until it was possible to test huge, complicated algorithmic models in place of the wildly oversimple models of earlier theorists."[37]

Em meados da década de 1980, um grupo de pesquisadores ligados à universidade UCLA desenvolveram um sistema capaz de simular uma população de organismos programados para agir de acordo com a leis naturais da evolução. O programa, chamado Genesys/Tracker, simulava o comportamento de formigas que precisavam aprender a realizar uma atividade a partir de regras locais pré-definidas. O sistema previa a reprodução e seleção das formigas, que, à medida que se multiplicavam, se tornavam mais eficientes no objetivo inicial proposto pelos programadores (JEFFERSON et. al, 1990, p.1). O biologista evolucionário Richard Dawkins (1941-) publicou em 1986 o livro "The Blind Watchmaker", que descreve experimentos realizados no computador utilizando a simulação de figuras estéticas por meio da simulação artificial genética e procedimentos de evolução (TAYLOR, 2014, p.238). A proposta de Dawkins era investigar maneiras de, a partir do controle de simples parâmetros, gerar formas complexas, como por exemplo os organismos gráficos criados por ele e apelidados de "biomorphs". Para Dawkins, o processo evolutivo de um organismo gráfico, à medida que se complexifica, não se afigura como um processo evolutivo, mas sim como um processo de descoberta[38]. Experimentos como esses , na área da teoria da evolução e dos sistemas complexos, assim como a biologia molecular, estão na raiz do campo de pesquisa científica fundada em 1987 por Christopher Langton (1948-) e chamada Vida Artificial ou *Artificial Life* (*A-Life*), que se ocupa em estudar sistemas artificiais que manifestam propriedades dos sistemas vivos. A Vida Artificial reproduz e formaliza, em um meio artificial, a organização dinâmica presente na matéria que compõe os sistemas vivos (WHITELAW, 2001, p.346).

> "Different interest groups have different interpretations and visions for Artificial Life (Artificial Lives as Bonabeau and Theraulaz call them). The perspective [here] presented [...] is taken from that of the artist wishing to engage critically with AL. Therefore, important and cognisant ideas that compel the AL artist may centre, for example, on the concepts of control, inscape, the sublime, novelty, aesthetics, phenomenology, determinism, causation, and ecology."[39] (McCORMACK & DORIN, 2001, p.69)

---

37 "a própria idéia de evolução, como um processo algorítmico, não podia ser adequadamente formulada e avaliada até que fosse possível testar grandes e complicados modelos algorítmicos no lugar de modelos grosseiros e simples dos teóricos antigos" (T. A.)

38 Dawkins descreve em seu livro sua impressão ao evoluir uma forma artificial em um ambiente a que ele se refere como "Biomorph Land": "When you first evolve a new creature by artificial selection in the computer model, it feels like a creative process. So it is, indeed. But what you are really doing is finding the creature [...]. The reason it is a truly creative process is that finding any particular creature is extremely difficult, simply and purely because Biomorph Land is very very large, and the total number of creatures sitting there is all but infinite. It isn't feasible just to search aimlessly and at random. You have to adopt some more efficient - creative - searching procedure." ("Quando pela primeira vez você evolui uma nova criatura pelo modelo de seleção artificial no computador, sentimos como um verdadeiro processo criativo. Assim é, de fato. Mas o que você está realmente fazendo é encontrando a criatura [...]. A razão de ser um processo verdadeiramente criativo é que encontrar qualquer criatura particular é extremamente difícil, pura e simplesmente porque o Biomorph Land é muito, muito grande, e o número total de criaturas lá situadas é quase infinito. Não é viável apenas procurar a esmo e de forma aleatória. Você tem que adotar alguns procedimentos de busca mais eficientes (criativos)." (T. A.))

39 "Grupos de diferentes interesses têm diferentes interpretações e visões a respeito da Vida Artificial (ou Viver Artificial, como Bonabeau e Theraulaz costumam chamar). A perspectiva [aqui] apresentada [...] se baseia naquela do artista que deseja se engajar criticamente com a V.A. Portanto, as ideias importantes e cientes que compelem o artista da V.A. podem estar centradas, por exemplo, nos conceitos de controle, da paisagem interior, do sublime, da novidade, da estética, da fenomenologia, do determinismo, da causalidade e da ecologia." (T. A.)

De acordo com Whitelaw (2006, p.3), artistas das mídias digitais[40] cujas obras artísticas se inspiram nesse tipo de estudo assumem características que "evolves, responds, mutates, and forms complex, supple systems and cryptic alien artifacts"[41]. O artista não prevê o resultado de sua criação, pois a obra "se faz" apresentando-se como complexa. Mas ele define parâmetros e regras locais que serão o ponto de partida dessa criação. A arte que se baseia nos conceitos da Vida Artificial depende tanto do processo como de estruturas traduzidas por meio da mídia tecnológica "into structures of code and engineering, into explicit and formal rules and processes"[42] (WHITELAW, 2001, p.347). Característica semelhante é possível notar, aplicada de forma incipiente, na prática criativa do artista suprematista Kazimir Malevich, que, como apresentado no capítulo anterior, a exemplo da obra "Black Square", de 1915, se destaca pela sua aproximação com a sistematização da forma de modo a se apresentar em um estado natural e dinâmico. Dentre as tecnologias que representam a vida, o autor elenca "modeling, simulation, decomposition, engineering, and manipulation of biological life"[43] (WHITELAW, 2006, p.3). À medida que a tecnologia e a ciência se aprimoram, torna-se mais viável compreender a matéria viva. É nesse contexto que as novas mídias, como prática cultural, se relacionam com a tecnologia e a biologia:

> "New media art, the primary context for this practice, is already deeply enmeshed in a wider technoculture; its standard practice is to take up the products of the technology industries – focused recently on personal and networked computing – and apply them to its own diverse ends, in a cultural domain. It draws on these technical resources but also characteristically reflects on and critiques them. New media art self-consciously reworks technology into culture, and rereads technology as culture."[44] (WHITELAW, 2006, p.5)

As novas mídias manipulam e subvertem as funções da tecnologia salientando novas possibilidades e investigações até então não imaginadas. Quando o artista se apropria dos conceitos da vida artificial, ele se vê impelido a transformá-la e traduzi-la se valendo da técnica na produção de "objetos culturais". O campo da vida artificial opera na relação estreita entre vida biológica e tecnologia, e com isso o computador aparenta conter "not only organisms but whole living systems in detailed articulation"[45] (WHITELAW, 2006, p.5). O computador mais que imita o sistema vivo, ele demonstra a evolução "as its strongest, an abstract distilla-

---

40 A referência aos artistas das mídias digitais se faz em relação àqueles que se valiam do computador para explorar um emergente território digital, que no caso valoriza a produção de sistemas generativos de modo a alcançar resultados dinâmicos. Quando o artista explora áreas interdisciplinares e plurais é que se pode falar da contemporânea arte das novas mídias.

41 "evoluem, respondem, sofrem mutação e formam sistemas complexos e flexíveis, e artefatos estranhos e enigmáticos." (T. A.)

42 "em estruturas de código e engenharia, em regras e processos explícitos e formais." (T. A.)

43 "modelagem, simulação, decomposição, engenharia e manipulação da vida biológica." (T. A.)

44 "O contexto primário das artes das novas mídias, já está profundamente enredado em uma ampla tecnocultura; sua prática padrão é retirar os produtos das indústrias de tecnologia - focados recentemente na computação pessoal e em rede - e os aplica aos seus próprios e diversos fins, em um domínio cultural. Ela tira partido destes recursos técnicos, mas também, de maneira caracteristica reflete sobre eles e os critica. A arte das novas mídias conscientemente retrabalha a tecnologia na forma de cultura, e relê a tecnologia como cultura." (T.A.)

45 "não apenas organismos, mas sistemas vivos inteiros em detalhada articulação." (T. A.)

tion of aliveness, life itself, reembodied in voltage and silicon"[46] (Ibidem, p.5). A importância da prática cultural artística no contexto da vida artificial fomenta o debate "around the increasing technologization of living matter as well as broader issues of life and autonomy, agency and evolution, genetics, code and matter"[47] (WHITELAW, 2006, p.6). Faz-se necessário, neste ponto, retomar a importância dos conhecimentos programáticos e computacionais do artista das mídias digitais, que, com o acesso cada vez mais amplo e viável aos computadores, pode passar a controlar e simular sistemas que geram resultados inesperados e não previsíveis. Partindo da assertiva de que toda imagem realizada pelo meio digital é de base algorítmica, podemos situar a arte generativa que lida com sistemas evolutivos como aquela que demanda um conhecimento maior devido a sua alta complexidade.

Retomando o exemplo de Cohen, o artista claramente se apoia nos conceitos de Inteligência Artificial[48] ao coordenar a autonomia das imagens produzidas por seu programa AARON; no entanto, apesar de demonstrarem um relativo grau de consciência, essas imagens ainda eram passíveis de sofrer adaptações controladas. Todavia, como foi relatado anteriormente, em um dado momento de definição e ajustes na programação do AARON, o artista deu indícios de uma aproximação com conceitos de emergência e vida artificial, ao permitir uma inversão na direção de controle do sistema que operava a obra. A obra passou a ditar as coordenadas, liberando as imagens produzidas de coordenadas precisas, que agora se resumiam a um controle periférico e consequentemente limitado do artista. É importante ressaltar que ambas as modalidades, seja a Inteligência Artificial ou a Vida Artificial, garantem autonomia à imagem digital, mas com uma variação que pode ser medida pelo grau de complexidade do processo intrínseco a ela. Desde o momento em que a natureza se apresentava como uma força de poderes místicos, até as tentativas de efetivamente mensurá-la por meio de instrumentos e extensores, o artista procura, por meio da sua abordagem poética, estabelecer uma relação com a natureza. O que se acompanhou até aqui foi uma revolução no sentido de o artista poder, cooperativamente com os meios digitais, criar, com base em sistemas artificiais, sistemas que reproduzam características dos sistemas vivos, na direção de ampliar seu espectro de campos a serem explorados, mas também reverter o medo inicial daquela natureza até então incontrolável.

As primeiras obras artísticas que trabalharam com o conceito de Vida Artificial surgiram na década de 1990 e perseguiam o conceito da evolução artificial "and its application in generating aesthetic objects"[49] (WHITELAW, 2006, p.10-11). Ao reinterpretar as descobertas da vida artificial, os artistas se aproximaram criticamente, questionando as técnicas e reconfigurando-as de modo a responder sua proposta poética. O campo da arte generativa, que dentre as suas vertentes envolve a prática da Vida Artificial e se baseia nas práticas criativas, interessa-se pelo conceito de emergência e pela evolução de mundos digitais (TAYLOR,

---

46 "como seu ponto mais forte, uma abstrata destilação de vivacidade, da própria vida, incorporada em voltagem e silício." (T. A.)

47 "em torno da crescente tecnologização da matéria viva, bem como questões mais amplas de vida e autonomia, intervenção e evolução, genética, código e matéria." (T. A.)

48 A Inteligência Artificial, ou *Artificial Intelligence* (AI), se baseia na programação do computador e, ao contrário da Vida Artificial, não possui um modelo ou relação com o método pelo qual a inteligência é formada nos sistemas naturais. Sua abordagem é descendente e centralizada, focada na cognição sem qualquer característica emergente, pois o conjunto de regras era enviado de maneira hierárquica do artista para o sistema programado. De modo geral, a Inteligência Artificial defende que o mecanismo do computador pode se aproximar daquele do nosso cérebro, pois manipula informações simbólicas em seu sentido amplo, promovendo uma criatividade artificial por parte da máquina.

49 "e sua aplicação na geração de objetos estéticos." (T. A.)

2014, p.256). De acordo com Whitelaw (2006, p.16), a cibernética foi a antecessora da ciência dos sistemas complexos e também da vida artificial, uma vez que "address problems across living and nonliving systems by considering both in terms of abstract causal dynamics, inputs and outputs, and feedback loops."[50]

2.3. Processos evolutivos artificiais na arte

No início dos anos 90, os artistas William Latham e Karl Sims combinaram o uso de técnicas de evolução artificial e computação gráfica na criação de imagens de grande complexidade. A arte que trabalha com sistemas evolucionários pode ser comparada à resolução de um problema que é representado numericamente, estando a cargo do programa produzir um grande número de possíveis soluções. Dentre as soluções apresentadas, as que mais se adequam, a depender de sua qualidade ou aptidão, são recombinadas gerando novas soluções, cada vez mais sofisticadas. E no caso de Latham e Sims, apesar de utilizarem o mecanismo dos sistemas evolucionários cujo caráter era otimizador, usavam-no principalmente com a estratégia exploratória da imagem. "Normally guided by a human, the software is used to investigate many possible solutions, to provide inspiration, and to give a feel for the range of useful solutions"[51] (BENTLEY & CORNE, 2002, p.39).

Preocupado em gerar informações simbólicas verdadeiramente novas, Karl Sims criou uma organização de estruturas em um nível reduzido, as quais, seguindo regras locais, evoluiram sem o seu controle. As estruturas perseguiram o objetivo de se desenvolver por meio da competição. O método de evolução aberta e as criaturas virtuais a partir dele produzidas exibem propriedades emergentes que vão além da intenção conciente do criador (McCORMACK & DORIN, 2001, p.75). O trabalho de Sims e o sistema a partir do qual ele criou as imagens serviu de fonte de inspiração não apenas para artistas, mas também para programadores desde então. No mesmo período, o artista William Latham concentrou seus esforços em evoluir elementos orgânicos tridimensionais. Em parceria com o físico Stephen Todd, Latham criou um estilo artístico chamado "Evolucionismo", no qual, a partir da criação de sistemas generativos, eram selecionadas as formas e/ou animações que julgava ter qualidade estética. Os seus trabalhos foram uma fonte de inspiração para artistas que viriam a trabalhar posteriormente o conceito evolucionário.

2.3.1. Karl Sims

O artista Karl Sims (1962 -) foi pioneiro na aplicação de conceitos de Vida Artificial no trabalho artístico em meios eletrônicos. Sims estudou computação gráfica e ciências da vida no MIT, e realizou residência artística com *Thinking Machines* em Cambridge, onde teve acesso "to highly parallel computer systems" (DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, p.232). Seu "Genetic Images" (1993) (ver Figura 23) utiliza um sistema chamado *image breeder*, ou um reprodutor de imagens, que conforme Whitelaw (2006, p.27) se fundamenta em analogias com a genética e a evolução. Dessa forma, a imagem digital produzida corresponderia a um organismo (ou *phenotype*), e sua equação, ao código genético (ou *genotype*) (WHITELAW, 2006, p.27). Nesta obra, um computador, um Connection Machine de 32.768 processadores, é responsável por simular a evolução de imagens que se desenvolvem a partir da seleção estética do visitante da obra

---

50 "abordava problemas em sistemas vivos e não-vivos na medida em que considerava ambos em termos de dinâmicas abstratas causais, entradas e saídas, e sequências de *feedbacks*." (T. A.)

51 "Normalmente guiado pelo humano, o *software* é usado para se investigar possíveis soluções, para promover a inspiração, e para dar uma sensação da gama de soluções úteis." (T. A.).

(DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, p.232). Essas imagens ficam dispostas em 16 telas na forma de um arco. De acordo com Sims[52], o interator se posiciona sobre sensores de frente para as imagens e escolhe qual seria, segundo seu critério, a mais "esteticamente agradável", acionando assim a técnica generativa que seleciona quais imagens irão sobreviver e, consequentemente, reproduzir de modo a criar novas gerações. Os resultados acumulados das várias gerações de imagens se apresentam como complexas imagens abstratas. Conforme Whitelaw (2006, p.28) ressalta, cada uma dessas imagens é possuidora de "[...] mathematical 'genes' so complicated that, in Sims's words, they 'would be quite difficult for any human to design or even understand'"[53]. Esse sistema complexo criado por "Genetic Images" é difícil de se prever devido ao seu caráter dinâmico e aberto. Cria-se um "hiperespaço genético" com dimensões variáveis:

> "In a system with two parameters, every possibility lies on an imaginary two-dimensional plane; in a system with three dimensions, that space is cubic; but a system may have many more variables and therefore a parameter space that is far harder to visualize, with four, ten, or a hundred dimensions."[54] (WHITELAW, 2006, p.28-29)

Diferentemente do que prevalece na seleção natural e na variação de organismos nos sistemas vivos, essa evolução simulada, quando aplicada nas artes por computador, respeita a seleção estética do próprio artista, como o que ocorre com "Genetic Images". Assim como o genoma não possui um número pré-determinado de genes, "[...] the code for any given image might have one, thirty, or a hundred variables"[55] (WHITELAW, 2006, p.29). Simples funções e operações são a base para as operações complexas e dinâmicas características dos sistemas baseados nos sistemas vivos. Tendo em vista que o artista é capaz de alterar determinadas variáveis ou parâmetros desses sistemas, as imagem resultantes são mais difíceis de se prever. O trabalho de Karl Sims, ao se valer da estrutura técnica de reprodução da imagem, se apresentou como "an artificial genome, an artificial phenotype and an interactive selection process"[56] (WHITELAW, 2006, p.32).

---

52 http://www.karlsims.com/genetic-images.html

53 "[...] 'genes' matemáticos tão complicados que, nas palavras de Sims, eles 'seriam muito difíceis para qualquer humano projetar ou mesmo entender'" (T. A.).

54 "Em um sistema com dois parâmetros, todas as possibilidade estão em um plano bidimensional imaginário; em um sistema com três dimensões, esse espaço é cúbico; mas um sistema pode ter muito mais variáveis e, portanto, um espaço de parâmetros que é muito mais difícil de visualizar, quando este possuir quatro, dez ou cem dimensões." (T. A.)

55 "[...] o código para qualquer imagem pode ter uma, trinta ou cem variáveis" (T. A.)

56 "um genoma artificial, um fenótipo artificial e um processo de seleção interativo." (T. A.)

Figura 23: Karl Sims, “Genetic Images”, 1993. Fonte: http://www.karlsims.com/genetic-images.html

A animação em vídeo “Evolved Virtual Creatures” (1994), criada por Sims, utiliza algoritmos genéticos para simular a morfologia e o sistema neural de simples estruturas tridimensionais à medida que estas desenvolvem musculatura e articulação para alcançar objetivos determinados em um ambiente virtual. Para o autor, os algoritmos genéticos atuam como uma técnica de otimização que possibilita a geração e progressão de complexidade, como em uma evolução artificial. Assim como em “Genetic Images”, a medida adotada para se evoluir artificialmente as estruturas de “Evolved Virtual Creatures” foi a interação evolucionária (SIMS, 1994, p.15). Ao invés de permitir que o programa realize automaticamente a seleção do elemento mais propício para dar continuidade às próximas gerações, essa responsabilidade é passada para o próprio artista ou quem interage com a obra. Dessa forma justifica-se um controle, mesmo que parcial, na criação da imagem autônoma, assim como veremos nas famílias de formas produzidas por William Latham.

As criaturas produzidas por Sims surgem como simples estruturas, possuidoras de “genes” ou genótipos randômicos não especializados que se movem de maneira desorganizada na tela. As estruturas que apresentam a melhor *performance*, tendo em vista a realização de um objetivo determinado, são escolhidas e elegíveis para prosseguir na escala evolutiva em direção à geração de criaturas especialistas, cada uma a sua maneira, na atividade proposta. Os objetivos indicados às estruturas são todos relativos ao movimento (nadar, andar, pular, perseguir ou competir) e, à medida que avançam ao longo de centenas de ciclos de seleção e reprodução, nota-se um aperfeiçoamento e desenvolvimento de estratégias que podem ou não ser compatíveis com o mundo natural (McCORMACK & d’INVERNO, 2012, p.265).

A morfologia das estruturas (ver Figura 24) pode variar em complexidade, sendo resultante de ciclos de uma adaptação evolutiva sem qualquer ideia preconcebida que as associe a formas que no mundo assumiriam tal habilidade. Portanto, seja a estrutura simples, contendo apenas duas partes, ou uma complexa aglomeração de formas, quando associadas a um sistema de articulação eficiente, acabam por otimizar os movimentos na obtenção do objetivo proposto. A articulações que unem as partes de cada individuo podem estar conectadas em um ou mais pontos, interferindo no grau de mobilidade e especialidade daquele

membro para realizar uma determinada atividade. Cada habilidade testada ocorre em um ambiente virtual que simula a interação da estrutura com leis da física, como a gravidade, a fricção, etc. Uma vez alcançado o objetivo de evoluir no desenvolvimento de uma determinada atividade, a estrutura alcança eficiência, podendo ter um número de partes reduzido ou maior, a depender da estratégia por ela desenvolvida (ver Figura 25). Fundamental à evolução das estruturas é a troca de informação que ocorre a cada ciclo, quando sensores presentes em sua estrutura remetem aspectos do corpo da criatura e de sua relação com o ambiente para seu sistema de controle, que age como neurônios ao processar matematicamente tais informações e devolvê-las por meio de efetores que atuam como impulsos ativadores dos "músculos" ou das articulações das partes que a compõem (ver Figura 26). A participação do artista é a de fixar os padrões de elegibilidade para o alcance de determinadas funções, como a definição de dados quantitativos medindo a eficiência motora e a capacidade dos órgãos sensórios para a realização de determinada atividade (Ibidem, p.237).

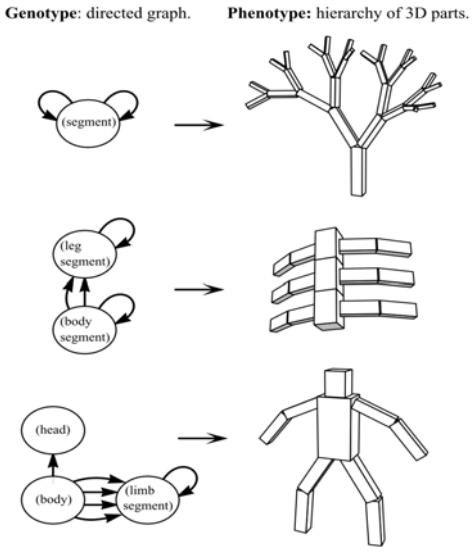


Figura 24: Exemplo esquemático de genótipos e as morfologias a eles correspondentes. Fonte: Sims, 1994, p.16

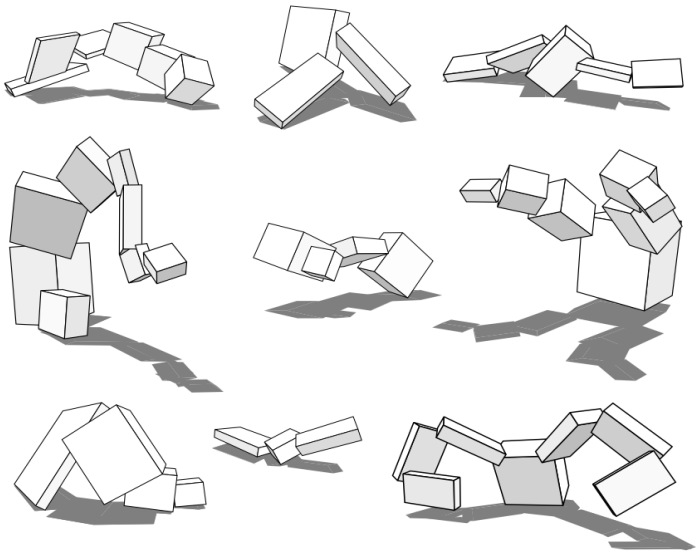


Figura 25: Criaturas que desenvolveram a capacidade de caminhar. Fonte: Sims, 1994, p.21

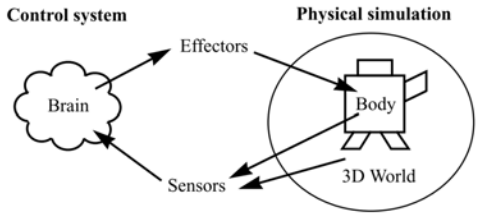


Figura 26: Diagrama demonstrando o ciclo de efeitos realizados entre o cérebro e sua simulação de corpo físico no plano virtual. Fonte: Sims, 1994, p.16

Torna-se claro o papel do computador como um instrumento para avançar na escala da complexidade. Tanto William Latham quanto Karl Sims utilizaram algoritmos evolucionários na realização de suas obras de modo a controlar a evolução da imagem produzida. Latham atuou diretamente na definição da imagem por meio de sua interface, que permitia a evolução de aspectos específicos da imagem, como "[...] the degree of "twist" to be applied to some geometrical form"[57] (BENTLEY & CORNE, 2002, p.232). Já Sims explorou os algoritmos de maneira diferente, ao tornar o controle dos parâmetros dos processos evolucionários da imagem mais aberto (Ibidem, p.232). Nos dois casos, o artista interfere no processo evolutivo da imagem, porém, ao fazer isso diretamente na seleção das imagens vencedoras para prosseguirem na escala evolutiva, ele demonstra um maior controle sobre as seguintes gerações de imagens e pode explorar mais a diversidade das formas.

2.3.2. William Latham

O artista William Latham (1961 -) encontrou no computador um aliado para a tarefa de criar sistemas generativos para a geração de arte, o que já realizava manualmente de maneira experimental. Seguindo o conceito de seleção natural relativo à disciplina Vida Artificial, o artista criou um novo sistema para produzir formas orgânicas sintéticas (TODD & LATHAM, 1992, p.2). Sua intenção era a de reproduzir sinteticamente a vida da maneira mais natural possível em uma forma. Contrariamente aos aparatos autômatos que se valiam no passado de estruturas mecânicas, o seu sistema era uma simulação que se apresentava ou no plano físico, do desenho, ou digital, da simulação virtual.

Durante seus estudos em mídias impressas no Royal College of Art em Londres, Latham criou, em 1989, seu primeiro sistema experimental para a geração de formas, intitulado FormSynth, que foi realizado no papel sem o auxílio do computador. Esse sistema, que utilizava uma gramática generativa, previa o cruzamento entre simples sólidos geométricos de modo a se produzir gerações por sucessivas transformações, como por exemplo a adição de protuberâncias côncavas ou convexas e bicos. As formas resultantes se tornavam bastante complexas[58] (ver Figura 27), e por conseguinte imprevisíveis para o artista, à medida que avançavam para um número maior de gerações. Do ponto de vista de Latham, o fato de diferentes operações serem possíveis de se aplicar em relação à grande diversidade de resultados tornava a produção de formas incalculável e infinita (DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, P.228). De acordo com Todd & Latham (1992, p.2), algumas formas que alcançavam um grande nível de complexidade precisavam ser escalonadas com o auxílio de uma fotocopiadora, de modo que o artista pudesse simplificar a forma. Dentre as formas geradas, o artista selecionava as que ele considerava mais estéticas e ampliava esse sólido geométrico para a estrutura de uma escultura feita em madeira.

57 "[...] o grau de "torção" a ser aplicado a uma determinada forma geométrica" (T. A.)

58 Alguns desenhos alcançaram quase dez metros de comprimento, de acordo com Todd & Latham (1992, p.2).

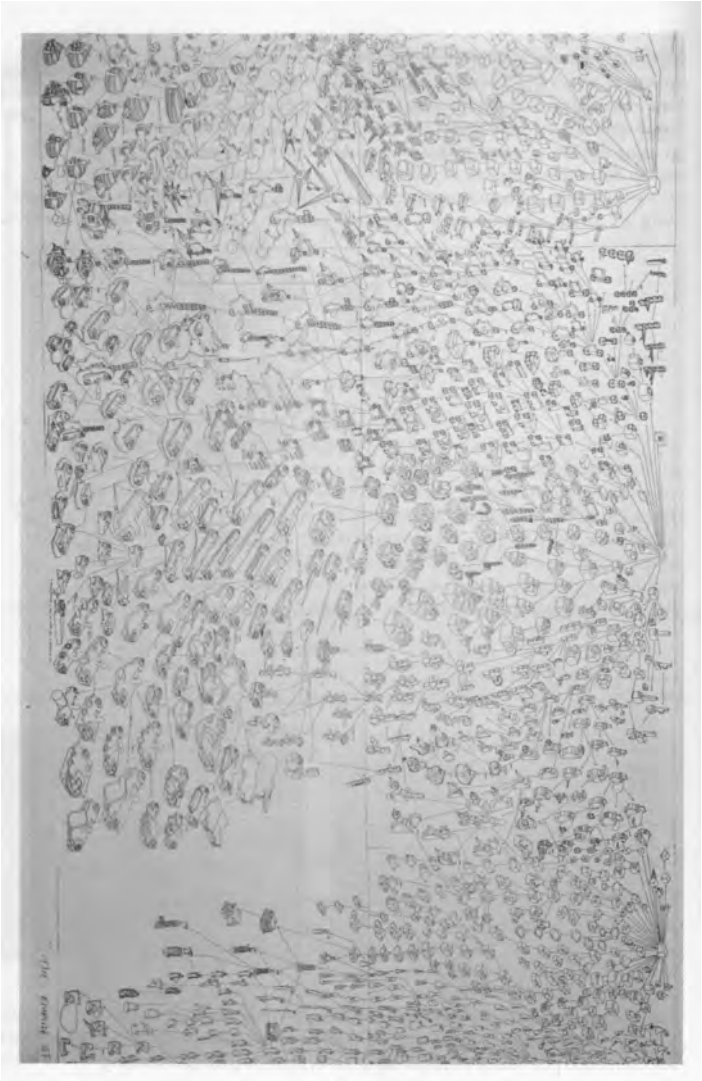


Figura 27: Parte de um desenho de 10 metros de largura como desdobramento do "Form Synth". Fonte Todd & Latham, 1992, p.5

Para Latham os sistemas artísticos, de uma maneira geral, capturam as ideias do artista e permitem a criação de trabalhos de arte individuais porém característicos, como que pertencentes a um mesmo autor (TODD & LATHAM, 1992, p.6). Em FormSynth é necessária a participação do artista para se avaliar as formas que seguirão para a próxima geração. A incorporação do computador no processo criativo do artista seguiu naturalmente, uma vez que ele tinha consciência de que os computadores são ideais na aplicação de sistemas[59] (ver figura 28). Para Latham a velocidade e potência do computador permitiam "extend the creative power of the artist"[60], bem como "realize the potential of artistic systems"[61] (Ibidem, p.6). Acima de tudo, Latham preza o computador como um instrumento que permite ao artista simular técnicas tradicionais, que vão da perspectiva, iluminação, pintura e escultura até a fotografia e o vídeo.

59 Latham utilizava a tecnologia CAE (Computer-Aided Evolution), ou "evolução auxiliada pelo computador", para a geração de formas (DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, p.228).

60 "estender o poder criativo do artista" (T. A.)

61 "concretizar o potencial dos sistemas artísticos". (T. A.)

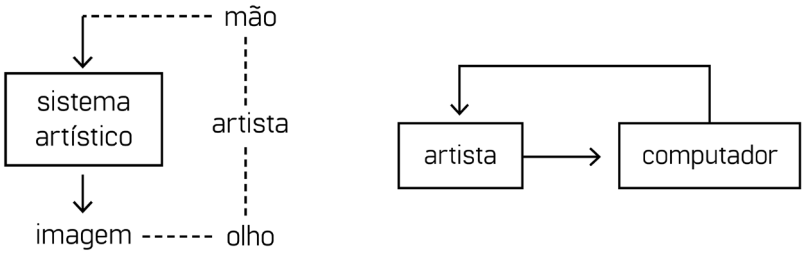


Figura 28: Gráfico esquemático baseado na proposta de Latham sobre o sistema criativo sem e com a presença de um computador. Fonte Todd & Latham, 1992, p.6

No período em que Latham trabalhou como artista visitante na IBM UK (Scientific Centre), em Winchester, entre os anos de 1987 e 1994, teve a oportunidade de, pela primeira vez, simular digitalmente seu sistema FormSynth. Com a parceria do matemático Stephen Todd e sua equipe, William Latham realizou o programa e a interface criativa Mutator (1987-90), que foram construídos a partir da linguagem de programação gráfica ESME (DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, p.228). Organizado de maneira análoga aos processos biológicos de criação, o programa Mutator armazenava um banco de formas tridimensionais ou "genes" (genótipos), que eram apresentadas por meio de uma interface gráfica ao artista, que julgava subjetivamente as formas "vencedoras" (fenótipos) para se reproduzirem e, assim, prosseguirem na escala evolutiva. Esse processo de julgamento previa a alteração de parâmetros de uma estrutura algorítmica por parte do artista ao aplicar operações como mutação e seleção de modo a explorar possíveis formas (Ibidem, p.229). O processo tinha início quando o artista escolhia um primeiro gene do banco de formas e permitia que ele sofresse uma mutação, ajustando para isso determinados parâmetros na interface gráfica do programa e dando origem a oito genes familiares ao original. O total de nove genes, contando com o originário, se mantinham agrupados[62] e se tornavam visíveis para o artista de modo que ele optasse por um gene vencedor (ver Figura 29), dando início a um novo ciclo e dando prosseguimento à geração de formas cada vez mais complexas (ver Figuras 30 e 31).

> "Thereby the mutated genome corresponds to the parameter set of a base program that was created in the programming language ESME. The base program was adapted manually by Latham for each new mutation family. It applies certain complex functions, such as building horns, branches, and ribcages, over and over again, which explains the aesthetic consistency of his pictures."[63] (DEUSSEN & LINTERMANN, 2005, p.229)

62 O artista apelidou esse grupo composto pelos nove genes como *Mutator frame*.

63 Deste modo o genoma mutado corresponde ao conjunto de parâmetros de um programa de base que foi criado na linguagem de programação ESME. O programa de base foi adaptado manualmente por Latham para estabelecer cada nova família de mutação. É então possível se aplicar certas funções complexas, como estruturas de chifres, galhos e troncos, várias vezes, o que explica a consistência estética de seus quadros." (T. A.)

Figura 29: William Latham, “Treefrac”, 1991. Fonte Todd & Latham, 1992, p.134

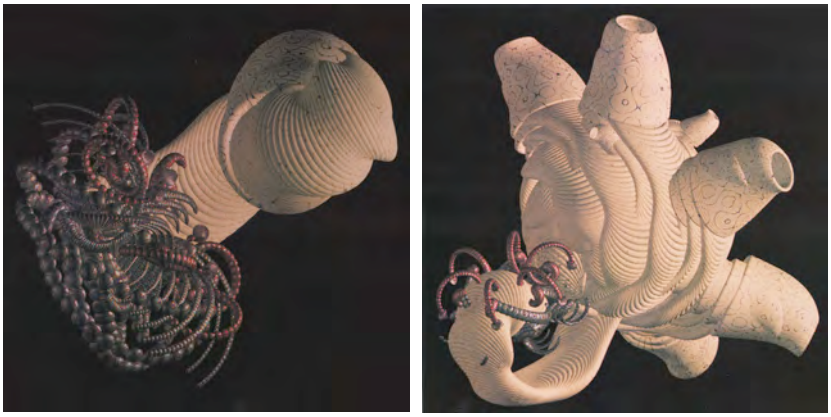


Figura 30: Da esquerda para a direita: “White Growth” (1990); “Tusk 10” (1990). Fonte Todd & Latham, 1992, p.130-131

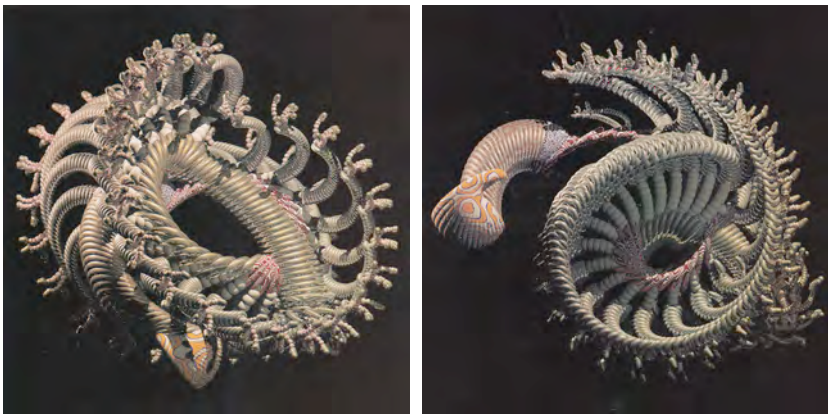


Figura 31: Da esquerda para a direita: “Mutation Y1 Raytraced” (1992); “Mutation X Raytraced” (1992). Fonte Todd & Latham, 1992, p.138;140

Utilizando algoritmos genéticos, Stephen Todd e William Latham criaram um programa cuja estrutura gerava famílias de formas que, para se diferenciarem e darem prosseguimento a uma evolução, dependiam de fatores como a seleção e a mutação. Ao permitir uma seleção manual e uma definição da mutação por meio de parâmetros ajustáveis, o artista pode interferir diretamente no processo evolutivo das formas, tendo um controle periférico sobre elas que o surpreendiam devido à complexidade de seu processo evolucionário.

Fica claro que o computador ampliou o alcance do artista de maneira inimaginável ao promover, seguindo o seu mesmo processo criativo convertido em sistema, resultados ainda mais complexos ao avançar de modo ilimitado nas gerações de famílias de formas. Latham identifica dois estágios no seu processo criativo, sendo o primeiro o de um artista-criador de sistemas de um mundo virtual e o segundo o de um artista-jardineiro que manipula e controla a natureza ao selecionar esteticamente o melhor resultado dentre as imagens produzidas (TODD & LATHAM, 1992, p.209).

2.3.3. Autômatos celulares e ecossistemas artificiais

Apesar de não ser possível alcançar a complexidade dos sistemas naturais, os artistas que utilizaram conceitos da Vida Artificial procuraram extrair princípios lógicos, como por exemplo o da teoria da evolução natural, e traduzi-los artificialmente por meio de algoritmos no meio digital para a produção de suas imagens. O que importava era a produção do novo e do inesperado por meio da emergência de sistemas por eles projetados e controlados em um processo de metacriação[64]. O campo de possibilidades promovido pelo espaço genético de um mecanismo evolucionário e sua habilidade de promover descobertas foram fatores decisivos para sua utilização por artistas que trabalham com as mídias digitais. Com o passar dos anos, os artistas começaram a aplicar conceitos utilizados nas novas mídias a esse tipo de abordagem, como, por exemplo a simulação de ecossistemas, autômatos celulares e robótica baseada em comportamento.

Além da técnica dos algoritmos genéticos utilizada para representar uma variação morfológica por meio da reprodução evolutiva, outras técnicas são adotadas por artistas na exploração da imagem de base generativa. A técnica do Autômato Celular (Cellular Automata – CAs), mais antiga do que a própria disciplina Vida Artificial, permite a programação de sistemas povoados por unidades celulares que obedecem regras simples, que incluem sua relação com células vizinhas, resultando na emergência de formas imprevistas. Devido a essa característica de multiplicação programada, as obras realizadas por meio desse conceito acabam por evoluir em ritmos complexos. O efeito resultante dessa interação no tempo é possível de se verificar em imagens bidimensionais estáticas ou em movimento, permitindo identificar o comportamento do conjunto estabelecido pelas regras iniciais do artista. O artista Paul Brown (1947-) se interessa pelo cruzamento da área de Autômatos Celulares com sistemas simétricos e de ladrilhamento, que vem utilizando para a produção de suas obras desde o final da década de 1960 (WANDS, 2006, p.45). Devido a imprevisibilidade dos resultados, o artista nomeia a obra posteriormente, ao tentar estabelecer uma analogia com seu repertório de referências, como uma piscina em “Swimming Pool”, de 1997 (ver Figura 32), e malhas colantes em esportistas, como em “Gymnasts”, do mesmo ano (ver Figura 33).

64 Conceito abordado por Mitchell Whitelaw (2006, p.148) que descreve a mudança do papel do artista na representação de objetos para a representação de processos que geram objetos. Para ele as obras seriam autônomas no sentido de que uma vez realizadas elas poderiam se realizar.

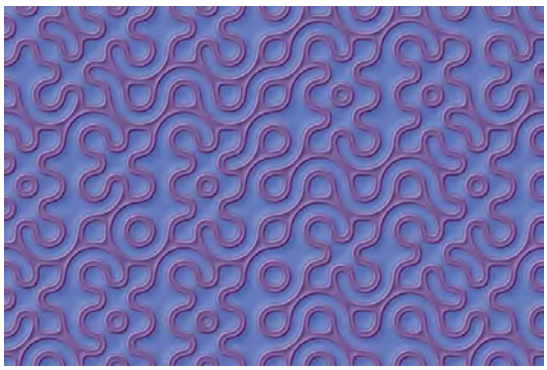


Figura 32: “Swimming Pool” (1997), 50x75cm. Fonte: http://www.paul-brown.com

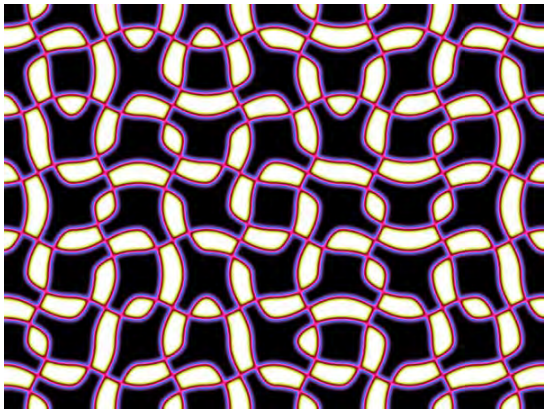


Figura 33: “Gymnasts” (1997) 60x80cm. Fonte: <http://www.paul-brown.com>

De maneira geral, desde o início de sua carreira como artista, o processo criativo de Paul Brown na geração de imagens se baseia na projeção de sistemas cuja base se fundamenta em conceitos de lógica e linguagens formais (BROWN, 2002, p.391). O componente referente ao autômato celular presente em sua obra é basicamente uma malha quadriculada na qual cada espaço representa uma célula, que pode estar ocupada ou vazia, podendo por exemplo ser representada pelo sistema binário, sendo 1 (para vivo) e/ou 0 (para morto). Em um primeiro momento, cada uma das células dessa malha estaria preenchida com valores indicando a sua situação (viva ou morta), e em um segundo momento seriam aplicadas regras simples, pré-estabelecidas pelo artista, afetando a situação de cada uma das células. Essas regras são aplicadas para cada célula – viva ou morta –, podendo o estado atual de cada uma ser alterado em relação às oito casas vizinhas (ver Figura 34). A seguir, um exemplo que se baseia no “Game of Life”, realizado na década de 1970 pelo matemático John Conway (1937-):

> “1. If the cell is occupied and it has 2 or 3 neighbors occupied, then it will remain occupied in the next time slice. 2. If the cell is empty and has 3 neighbors occupied, then it will become occupied in the next time slice. 3. Otherwise the cell will be empty in the next time slice.”[65] (BROWN, 2002, p.396)

65 “1. Se a célula está ocupada e houver 2 ou 3 casas vizinhas ocupadas, então ela se manterá ocupada na próxima etapa. 2. Se a célula está vazia e houver 3 casas vizinhas ocupadas, então ela se tornará ocupada na próxima etapa. 3. Caso contrário, a célula ficará vazia na próxima etapa.” (T. A.)

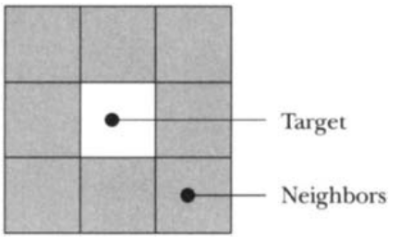


Figura 34: Célula central à qual são aplicadas as regras em relação
às células vizinhas. Fonte: Brown, 2002, p.397

Outro componente de sua obra diz respeito a uma interpretação gráfica que mapeia a informação resultante de cada momento após a aplicação de regras e traduz a linguagem do sistema binário, equivalente a 1 ou 0, e o associa a uma forma diferente de ladrilho ou módulo. Na figura 35 é possível notar dois diferentes sistemas (a e b) que, quando associados à malha de dados, irão compor uma nova forma pela associação de suas partes (sejam elas 0 ou 1).

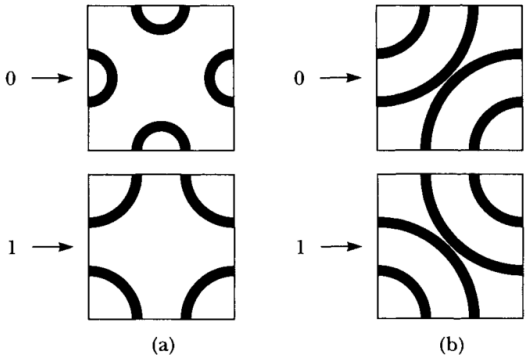


Figura 35: Dois exemplos de mapeamento por módulos. Fonte: Brown, 2002, p.400

Este tipo de sistema pode gerar padrões interessantes, porém até certo ponto limitados, uma vez que utiliza uma variação de apenas dois estados diferentes por célula. No entanto, de modo a ampliar a gama de variações produzidas pela associação dos diferentes estados das células, Brown acrescentou novos estados às células que se baseiam no acúmulo de dois ou três momentos. A associação acumulada dos estados de uma única célula é que vão dizer qual módulo ela irá representar (ver Figura 36). Com o acúmulo dos pares ou trios de dígitos (a depender de quantos momentos se quer representar) o número de estados de cada célula passa a corresponder a quatro (referente a dois momentos) ou oito (três momentos) módulos (ver Figuras 37 e 38). Note que cada módulo na verdade é a variação de um mesmo, rotacionado para gerar mais três formas e/ou espelhado produzindo outras quatro, indicando que pertence a uma mesma família de formas. Quanto maior o acúmulo de momentos, tanto maior será a complexidade e variedade da forma gerada.

Cell State in T_n	Cell State in T_{n+1}	Anthropomorphic Interpretation
0	0	Void
0	1	Being born
1	0	Dying
1	1	Being alive

Possible states of one cell in time slices T_n and T_{n+1}.

Figura 36: Interpretação da combinação de dois possíveis estados de uma célula tendo
em vista duas etapas subsequentes. Fonte: Brown, 2002, p.400

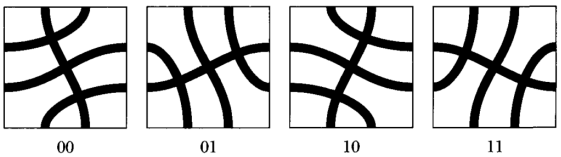


Figura 37: Família de quatro possíveis estados para células de dois digitos. Fonte: Brown, 2002, p.401

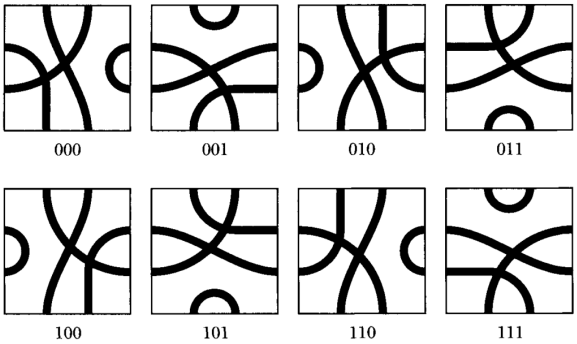


Figura 38: Família de oito possíveis estados para células de três digitos. Fonte: Brown, 2002, p.401

Em seu "The Deluge - after Leonardo", de 1995 (ver Figura 39), é possível ver um exemplo de aplicação do sistema baseado no acúmulo de dois momentos, ou seja, para cada célula é possível uma variação de 4 estados. Com essa nova adaptação realizada por Brown, novas explorações podem ser feitas no sistema, que agora apresenta uma maior variação. A proposta do artista é a de fazer emergir complexidade da simplicidade, ou mostrar que o todo é maior que a soma de suas partes (Ibidem, 2002, p.400).

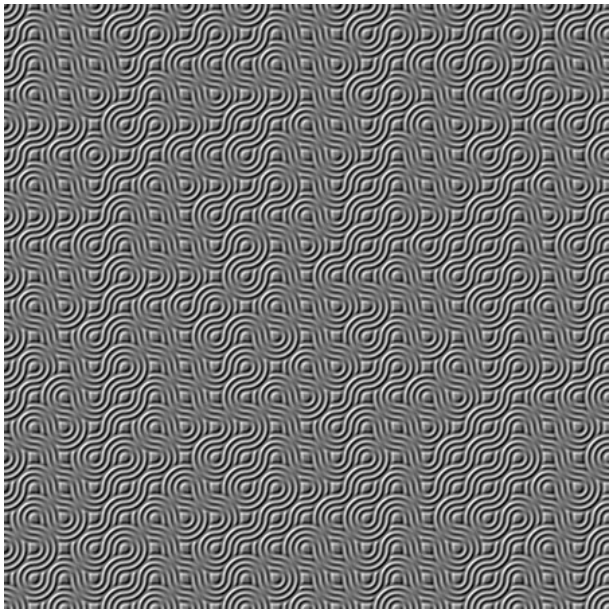


Figura 39: Paul Brown, "The Deluge - after Leonardo", 50 x 50 cm, 1995. Fonte: <http://www.paul-brown.com>

Outra técnica utilizada por artistas que abordam a Vida Artificial é o da criação de "sistemas baseados em agentes" (*Agent Based Systems*). Esse tipo de sistema descentralizado é normalmente utilizado por artistas para simular indivíduos interagindo em um mundo artificial, fazendo emergir diferentes dinâmicas. Conforme Whitelaw (2006, p.9), esses sistemas podem usar em alguns casos os algoritmos genéticos de modo a permitir a reprodução e seleção de espécies, mas tende a apresentar comportamentos sofistica-

dos, como a comunicação e a cooperação entre agentes. Instalações como aquela a ser descrita a seguir apresenta interfaces interativas que incorporam o som produzido pelos agentes e a presença de pessoas na frente da obra, expandindo assim sua experiência sensorial, que ganha movimento e dinamismo.

A instalação "Eden" (2000-2001)[66] (ver Figura 40), de John McCormack, é um exemplo de descoberta criativa pelo computador que segue um processo generativo em que há a promoção de um comportamento inesperado. Essa emergência criativa se baseia em um conceito de Ecossistema Artificial, que, de acordo com McCormack (2007, p.3), permite "harness the novel potential of ecosystem processes at a metaphoric level and apply them to creative processes of interest to humans"[67]. Dessa forma o artista sugere alcançar uma descoberta criativa ao abstrair sistemas dinâmicos complexos encontrados na natureza e traduzi--los por algoritmos. Nessa instalação ele simula um ecossistema utilizando algoritmos computacionais não como ferramenta mas como resultado de uma interação homem-máquina. O ecossistema representado é o resultado da interação entre um sistema e o ambiente simulado em um processo de constante interdependência (Ibidem, p.6).

O artista chama de "mundo" um complexo ecossistema artificial composto de pedras, biomassa e agentes que evoluem em um plano bidimensional. O mundo, projetado em dois painéis translúcidos de 6 por 6 metros no espaço da exposição, apresenta em tempo real o desenvolvimento de uma espécie, que no caso seriam os próprios agentes, à medida que estes interagem com o ambiente delimitado por uma estrutura de células. A estrutura celular que ocupa todo o painel determina que para cada espaço de uma célula apenas pode estar uma pedra, uma biomassa ou um agente, podendo a configuração das posições ser alterada conforme a espécie se desenvolve ou a biomassa aumenta ou diminui.

> The Eden world exists on an imaginary, Earth-like planet, orbiting a sun with a period of 600 days. The orbit eccentricity and polar orientation result in seasonal variations of temperature, thus affecting biomass growth. As with Lenton and Lovelock's model, the system exhibits self-regulation and stability under a range of conditions. (McCORMACK, 2007, p.7)

Os agentes são seres, dotados de sensores e atuadores controlados por um sistema de aprendizagem. Devido aos sensores, eles têm a capacidade de introspecção (de dor e saúde) e são conscientes do ambiente que os cerca (quem são os vizinhos e os sons produzidos pelos agentes). A saúde de cada agente depende de seu nível de energia, que é metabolizado da biomassa disponível no ambiente. Ou seja, em uma analogia simplista com a natureza, o agente, como indivíduo, precisa de um estoque de energia, ou seja, saúde, para poder realizar atividades das mais variadas, como descansar, comer, se mover em determinada direção, atacar e acasalar. Cada uma das atividades envolve um maior ou menor gasto de energia, sendo a proximidade do zero fatal para aquele agente. O agente pode perder energia se ele se mover na direção de uma célula ocupada por uma pedra, significando que essa atitude implicará um "machucado" ou perda de energia. Uma característica excêntrica deste ecossistema artificial é o fato de que quando um agente morre ele servirá de comida, assim como a biomassa, por um tempo determinado até que desapareça.

---

66 A leitura dessa obra se baseia na descrição do próprio artista (McCORMACK, 2007, p.6-7).

67 "controlar o potencial inovador dos processos dos ecossistemas a um nível metafórico e aplicá-lo a processos criativos que sejam de interesse para os humanos" (T. A.)

À medida que os agentes se acasalam, ampliando a população do mundo, a biomassa vai diminuindo e com isso a temperatura do planeta tende a aumentar. O ápice desta situação, caso não revertida, é a extinção dos agentes. Quando a "morte" do planeta ocorre, o sistema imediatamente reinicia as condições iniciais para o início de um novo mundo. A cada nova "vida" nesse mundo, um sistema de aprendizado, individual para cada agente, se ocupa de evoluir regras de conduta conforme estes vivenciam eventos positivos ou negativos no ambiente. De tempos em tempos, os níveis de saúde e de aquisição de recursos de cada agente é avaliado pelo sistema, que pode aplicar multa ou oferecer créditos, afetando seu quadro evolutivo individual. As gerações seguintes de agentes recebem uma combinação das regras bem sucedidas dos pais, de modo que os habitantes sejam cada vez mais eficientes.

Além desse comportamento autossuficiente dos agentes no mundo, a instalação prevê uma interação com o receptor da obra, promovendo um "ecossistema simbiótico" (Ibidem, p.7). A presença de um interator é detectada quando sensores infravermelhos ligados a uma câmera de vídeo detectam o movimento e a presença de uma pessoa na área dos painéis. Essa presença é convertida no surgimento de mais ou menos biomassa, a depender do tempo que a pessoa permanece próxima à obra. O artista faz uma analogia dizendo que quanto mais a pessoa se interessa pelo "mundo" mais este irá permanecer vivo. Outro interessante elemento da instalação notado pelo receptor é o som produzido pelos agentes, que pode ser ouvido por meio de quatro caixas de som posicionadas nos cantos internos dos painéis. Cada agente, além de realizar ações no ambiente, emite e reconhece sons em diferentes frequências. À medida que o agente evolui, o som por ele emitido se torna cada vez mais complexo.

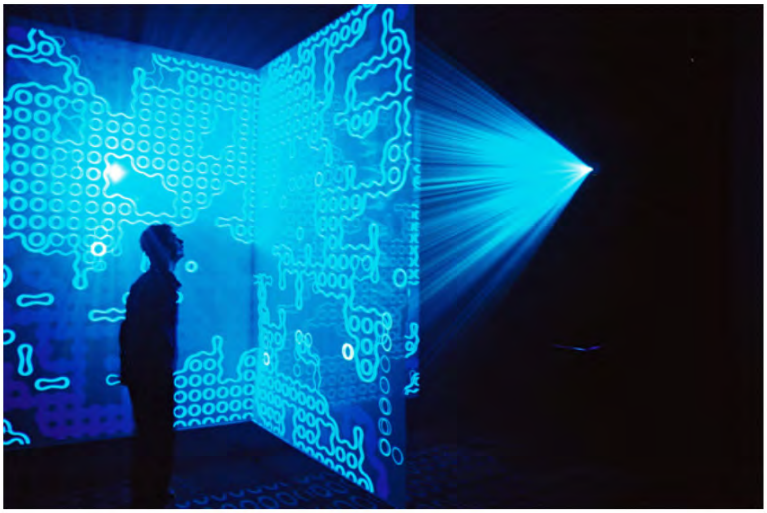


Figura 40: Jon McCormack, "Eden", 2000-2001. Fonte: McCormack, 2007, p. 7

A partir da exploração de um ecossistema artificial, McCormack vai além dos limites combinatórios de um sistema computacional, introduzindo novos elementos. A criatividade é neste caso vista como um "[...] emergent phenomenon of dynamic interaction between interconnected, self-organising components and their environment"[68] (Ibidem, p.8). Diferentes de um sistema generativo baseado no conceito de Vida Artificial e mais precisamente de algoritmos genéticos, que estabelece com bastante precisão a avaliação baseada em uma função de avaliação (*fitness)*, os escossistemas artificiais tornam essa escolha implícita e

68 "[...] fenômeno emergente de interação dinâmica entre a interconecção de componentes auto-organizáveis e seu ambiente" (T. A.)

associada a mudanças organizacionais e de comportamento do sistema. Torna-se mais importante projetar o ambiente e sua interação com e entre os agentes de um sistema quase que biológico do que simplesmente se ater a definir métodos de *fitness* e de perfil dos genótipos restritos à etapa de seleção artificial.

2.4. Panorama e desdobramentos da imagem complexa

As obras apresentadas neste capítulo têm em comum a exploração da complexidade como elemento determinante para caracterizar a autonomia da imagem. É nesse sentido que o computador se apresenta como instrumento essencial que permite explorar os diversos níveis de autonomia inspirados nos sistemas vivos. Essa característica do computador integrada com o a curiosidade exploratória do artista que procura traduzir e conhecer o mundo em que vive se fortalece ampliando as formas de criar. Desde o primeiro capítulo procurou-se salientar um caminho na produção da imagem em que a interferência tanto da tecnologia como da ciência refletiram na adoção direta ou indireta do processo e da sistematização na atividade criativa do artista. Nessa perspectiva, a arte generativa se destaca pela sua característica de enfatizar o processo como forma de criação de imagens mais ou menos ordenadas. A associação do computador na geração de sistemas generativos de criação permitiu o acesso à complexidade, potencializando o alcance criativo do artista para explorar e desvendar o mundo. Utilizando as palavras de Michael Noll, ao rebater críticas negativas iniciais a respeito do uso do computador nas artes: "[...] if creativity is restricted to mean the production of the unconventional or the unpredicted, then the computer should [...] be portrayed as a creative medium – an active and creative collaborator with the artist[69]" (NOLL, 1967, p.90). É a partir dessa assertiva, de que o computador atua como um colaborador, que se torna evidente uma autoria compartilhada entre o artista e o programa.

A imagem complexa verdadeiramente criativa necessita de uma pré-definição inicial estipulada pelo artista que sabe traduzir sua proposta poética para a linguagem do código, convertendo-a em especificações técnicas que serão interpretadas pela máquina cooperadora. E para saber traduzir a informação simbólica para a linguagem baseada em BITs, o artista precisa programar ou ter um conhecimento básico que o permita dialogar na "mesma língua" com um colaborador cientista ou tecnólogo a respeito de suas intenções poéticas com o computador. Verificou-se que a obra com característica autônoma será sempre um resultado inesperado baseado no aprendizado, mesmo que tenha como fundamento os parâmetros iniciais propostos pelo criador. A autoria que agora é compartilhada com o sistema computacional admite que novas articulações criativas ocorram no interior da máquina no sentido de "crescer" a imagem, que nesse sentido se apresenta "viva".

Os exemplos e conceitos abordados no decorrer do capítulo reafirmam o papel do computador como cooperador na criação da obra. Se, quando do seu advento inicial, o computador era visto por alguns artistas como um instrumento que auxiliaria na manipulação e na produção da obra, a partir do momento em que ele se torna acessível, democrático e aberto, e o seu interior é "clareado" por artistas (-programadores), o processo algorítmico não se separa mais da obra, ambos estão intrinsicamente relacionados. À medida que o artista acrescenta ao algoritmo características individuais por meio da interação, abre-se para ele uma

69 "[...] se criatividade se restringe ao significado de produção do não-convencional ou do imprevisível, então o computador deveria ser retratado como um meio criativo – um colaborador ativo e criativo junto ao artista." (T. A.).

liberdade de ação "to proceed further into the new frontiers"[70] (TAYLOR, 2014, p.234). Retomando os conceitos de criatividade discutidos no capítulo anterior por Machado (1997, p.4-5), apenas quando o artista interfere diretamente na arquitetura interna do aparelho é que se pode alcançar um nível de liberdade por entre os elementos estruturantes da máquina. Ao individualizar o algoritmo o artista subverte o fluxo da lógica estipulada para os instrumentos, evitando assim a redundância, e se propõe a produzir uma imagem genuinamente nova. O artista se apoia nas qualidades de memória e processamento do computador, bem como na sua capacidade emergente e metacriadora (que vai além da simples ferramenta), para junto com ele, de forma cooperativa, produzir imagens complexas que podem apresentar autonomia.

> "In essence, all generative art focuses on the process by which an artwork is made, and this process is required to have a degree of autonomy and independence from the artist who defines it. The degree of autonomy and independence assigned to the computer varies significantly — from works that seek to minimize or exclude the creative "signature" of the human designer to those in which the computer's role is more passive and the human artist has primary creative responsibility and autonomy."[71] (McCORMACK et al., 2014, p.135)

Se toda a arte que se baseia em processos pode ser medida pelo nível de liberdade dado à imagem, e se, por outro lado, essa liberdade indica um distanciamento do criador, levanta-se a questão que envolve a diferença entre os termos "gerar" e "criar". Quando se pensa em "gerar", nos vem a noção de algo proveniente de um processo artificial, até mesmo autônomo e emergente. Por outro lado, o "criar" representa algo humano e que independe de qualquer meio mecânico, eletrônico ou digital. Sabemos que apenas com o auxílio de instrumentos o artista pode enfrentar a impenetrável natureza e pouco a pouco descobrir nela uma nova maneira de compreender e representar o mundo. O desenvolvimento tecnológico e cientifico dos instrumentos viabilizou uma aproximação nunca antes possível dos sistemas vivos. A criação agora se hibridiza nos processos generativos artificiais, na tentativa de produzir formas extremamentes complexas. Se entendermos que o artista conforma o código à medida que cria, entende-se que ele é responsável não apenas pela ação criadora mas por conduzir a geração da imagem. Os artistas que lidam com processos não constroem uma única obra, eles passam a ser construtores de sistemas que determinam formas. Esse ato de metacriação ou metalinguagem decorre do novo papel assumido pelo artista de "fazer leis e não seguir leis estabelecidas", conformando o sensível na combinatória do pensamento (MOLES, 1990, p.259).

O computador, ao gerar informações não previstas, demonstra que possui uma qualidade que vai além da humana ao processar informações e com isso encontrar caminhos aparentemente impensáveis e criativos. Sua capacidade metacriativa de se modificar e se adaptar durante um processo, e assim definir novos caminhos, também implica que são capazes de produzir informações originais. Mas a originalidade não deveria sozinha servir de medida para a arte, mas ser interpretada como instrumento ou colaboradora na ação de

---

70 "para prosseguir adiante em direção às novas fronteiras." (T. A.).

71 "Em essência, toda arte generativa se concentra no processo pelo qual a obra é realizada, e esse processo é requerido de modo a haver um grau de autonomia e independência em relação ao artista que o definiu. O grau de autonomia e independência destinado ao computador varia significantemente – desde as obras que procuram minimizar ou excluir a assinatura "criativa" do criador humano até aquelas em que o papel do computador é mais passivo e o artista humano possui a responsabilidade criativa primária e autonomia." (T. A.)

criar do artista. Conforme McCormack et al. (2014, p.136), "individual creativity is arguably weak in the absence of the structures and systems that enable the accumulation of artifacts and information; competent autonomous computer artists might conceivably require a similar context"[72].

> "With the advent, in the 1980's, of comercial software and user-friendly interface, a new generation of artists emerged that had little need or will to understand the underlying structure and disconcerting complexities of the computer. Rapidly, artists could engage the computer on a haptic and tactile level rather than on a cerebral and abstract level."[73] (TAYLOR, 2014, p.260)

Pretende-se aqui demonstrar que tanto a tecnologia como o computador, ao se tornarem acessíveis e descentralizados, e cada vez mais incorporados a nossa cultura e sociedade, afetaram a produção artística. A tecnologia da informação corroborou uma criação multifacetada, permeada pela interatividade do digital, que já era percebida na década de 1990. O artista programador continua a existir, porém, não é uma unanimidade. A razão disso são as novas tecnologias da imagem, que envolvem sofisticados programas de digitalização e processamento, de animação bi ou tridimensional e de modelagem tridimensional que, cada vez mais acessíveis e menos triviais, permitem um contato com a complexidade da programação e da parametrização de dados no desenvolvimento da imagem.

A forma e o material, que antes eram modelados pela técnica do artesão, agora são submetidos a processos automatizados em larga escala distantes da mão do criador[74]. O criador passa a ser aquele que deu forma ao produto em um *software,* preparando-o para ser produzido automaticamente pelas máquinas operadas ou não por técnicos. Além da possiblidade da produção seriada, a programação da forma permite que esta seja sempre única, podendo não se repetir. Para Flusser (2002, p.87), o trabalho passa a se constituir de duas fases: "(…) a soft phase in which human and artificial intelligence design forms, often from numeric calculations, and a hard one in which these forms are mechanically, often automatically, stamped upon raw material[75]." Nesse novo cenário, a realização do trabalho direto no material, a produção, fica cada vez mais distanciado do homem conforme se aproxima da automatização, já a criação da forma é realizada por mais pessoas que trabalham apenas com a informação. "It is not the owner of machines but the information specialist (not the capitalist but the systems analyst and programmer) who holds the power"[76] (Ibidem,

---

72 "a criatividade individual é indiscutivelmente fraca na ausência das estruturas e sistemas que permitam a acumulação de artefatos e informações; competentes artistas computacionais que lidam com a autonomia poderiam possivelmente requerer um contexto semelhante." (T. A.)

73 "Na década de 1980, com o advento do *software* comercial e da interface amigável, uma nova geração de artistas surgiu que tinha pouca necessidade ou vontade de compreender a estrutura subjacente e as complexidades desconcertantes do computador. De maneira cada vez mais acentuada, os artistas puderam se envolver com o computador em um nível háptico e tátil, ao invés de um nível cerebral e abstrato." (T. A.)

74 "These devices are an opening (input) through which raw material flows in order to flow out of another opening (output) as products." (FLUSSER, 2002, p.86) ("Esses dispositivos são uma abertura (entrada) pela qual o material bruto entra de modo a fluir para fora por outra abertura (saída) como produtos") (T. A.)

75 "[...] uma fase lógica, em que a inteligência humana e artificial desenham formas, na maioria das vezes a partir de cálculos numéricos, e uma fase física, em que estas formas são mecanicamente, na maioria das vezes automaticamente, estampadas sobre um material bruto." (T. A.)

76 "Não é o dono da máquina mas o especialista em informação (não o capitalista mas o analista de sistema e o programador) que detém o poder." (T. A.)

p.87). As formas geradas a partir de modelos numéricos podem ser geradas independentemente do tempo e do espaço. O importante agora não é só desenvolver novas formas, e sim novos materiais para formas pré-existentes. E nesse sentido a fabricação digital, que será tratada no capítulo 3 desta tese, terá o importante papel de recuperar a autonomia perdida pelo artista quando da produção de sua obra, liberando-o de qualquer restrição de materiais e formas. A produção e a criação voltam a se interligar em um processo que inaugura a fase da seriação individual da imagem. A capacidade de aprendizado do computador associado à constante progressão tecnológica tornou possível a concretização da imagem autônoma, resultante de um nível de complexidade e de processamento de dados não suportados por uma pessoa. A complementaridade desses sistemas computacionais inteligentes com o intelecto do artista potencializam ampliar as formas de se pensar a imagem. A complexidade da forma pode agora, com a fabricação digital, explorar a terceira dimensão da matéria.

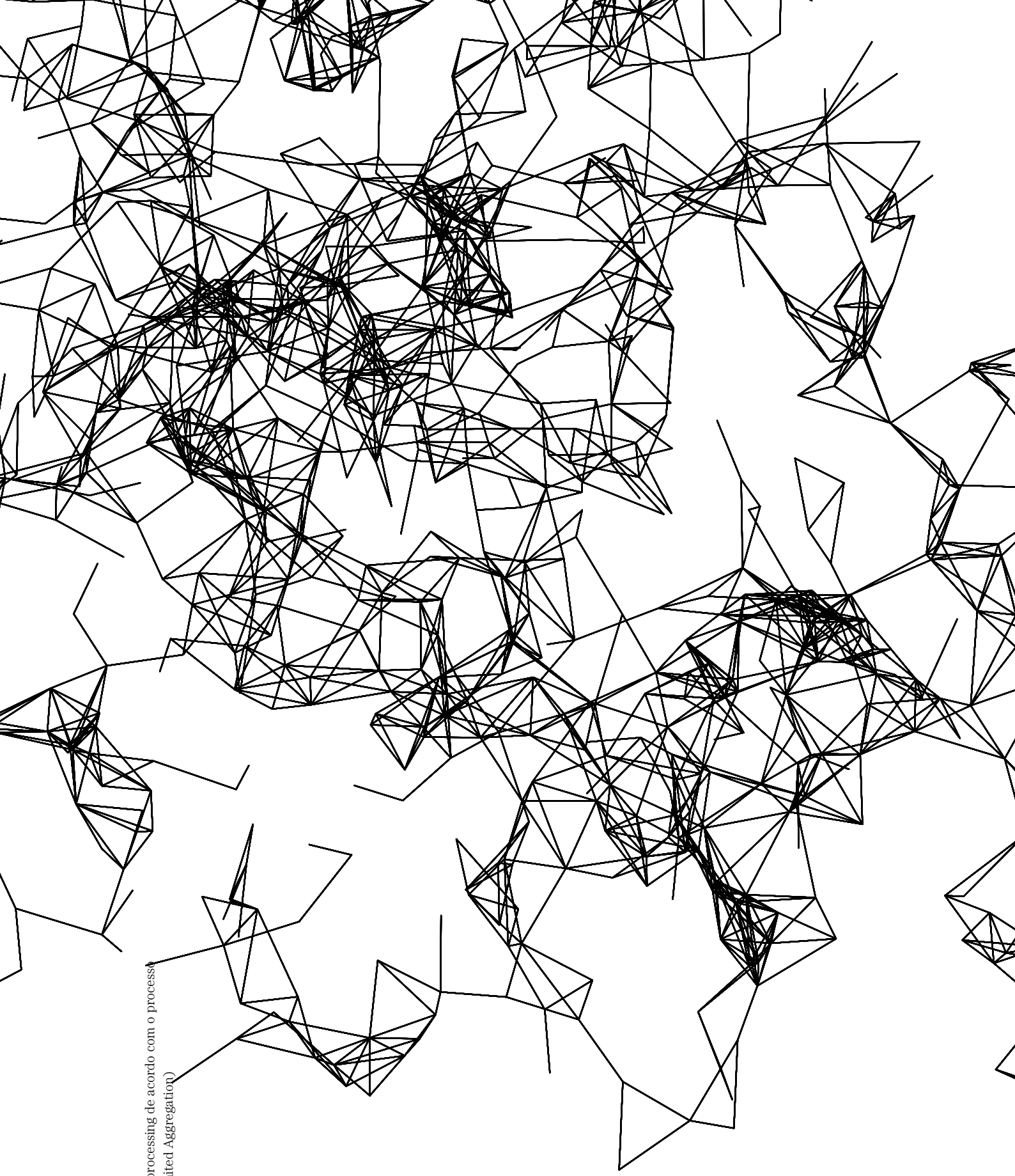


imagem gerada no processing de acordo com o processo
DLA (Diffusion-Limited Aggregation)

Capítulo 3

A FABRICAÇÃO DIGITAL NO CONTEXTO DAS ARTES VISUAIS

> "Depending on how the technology is applied will obviously be an important factor when it comes to sensibility. Much of this resides with the artist. For me the art occurs in the modeling process, where one's sensibilities are applied intuitively, along with emotion and intellectual accompaniment. [...] It's not so much the qualities of the processes or materials themselves but rather what one does with them." (Keith Brown apud Hoskins, 2013, p.90)

A atual era da informação suplantou tradicionais técnicas de projeto, manufatura e construção. A fabricação e prototipagem surgidas nesta nova era computacional das tecnologias CAD/CAM[1] operam por meios digitais a produção e a subsequente materialização de um modelo virtual por meio de diversas técnicas a elas atreladas. Em outras palavras, um modelo virtual formado por *bits* numéricos é codificado pelo *software* do computador e processado pela máquina que decodifica esses impulsos eletrônicos na sua forma inicial, materializando-o no plano dos átomos. A maneira como o modelo virtual é concebido nesse meio digital é passível de um grande potencial criativo e generativo, que amplia um campo de novas possibilidades para quem o opera. Uma das possibilidades mais consistentes da fabricação digital é a possibilidade de materializar sólidos baseados em modelos virtuais extremamente complexos.

Tal tecnologia, bastante utilizada na engenharia[2], no desenho industrial e de maneira cada vez mais crescente na arquitetura tem sido também usada por artistas de todas as partes do mundo. O seu acesso pelo meio artístico ainda se mostra bastante restrito, normalmente circunscrito a laboratórios de universidades e alguns ateliês ou *bureaus* especializados. Trata-se de uma tecnologia bastante dispendiosa, que necessita de insumos na maioria das vezes caros e de conhecimento técnico especializado para sua operacionalização. Quando utilizada pelo artista, este costuma explorar o processo de fabricação e a prototipagem digital como linguagens na representação física de modelos digitalmente simulados. O artista das mídias digitais se sente impelido a explorar essas novas possibilidades do meio digital por meio de diversos instrumentos que lhe são apresentados para diferentes tipos de aplicações, e que interferem tanto na criação quanto na execução de sua obra. Outro fator inaugurado com a fabricação e a prototipagem digitais é a noção de original, que ganha o caráter de matriz digital e se caracteriza por um comando responsável por gerar uma única ou uma série de cópias impressas de características individuais.

---

1 CAD – *Computer Aided Design* (Design Auxiliado por Computador); CAM – *Computer Aided Manufacture* (Manufatura Auxiliada por Computador).

2 A Engenharia Mecânica tem produzido partes de motores metálicos para as indústrias espacial e automotiva e a Engenharia Civil com a Arquitetura produziram até casas inteiras por meio da fabricação digital. A odontologia é outra área que se beneficia com a fabricação digital, na realização de coroas dentárias personalizadas para a estrutura bucal. Áreas ligadas à moda tem incorporado a fabricação digital na realização de protótipos ou modelos finais personalizados, e o *design* de joias tem aos poucos adotado moldes produzidos a partir de modelos digitais. A fabricação digital tem produzido um grande impacto também na medicina, com a produção de implantes, próteses e medicamentos. No Brasil, podemos citar o Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), inaugurado em 1982, unidade de pesquisa pertencente ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que atua com bastante impacto nas tecnologias de impressão 3D em apoio à ciência, à indústria e à medicina. O centro desenvolve e aplica processamento de imagens e prototipagem rápida direcionados ao diagnóstico e planejamento de cirurgias de casos considerados complexos, e também possui uma linha de pesquisa na área de Bioimpressão (aplicação da prototipagem rápida para a fabricação aditiva de tecidos e órgãos humanos).

3.1. A fabricação e a prototipagem digitais como linguagem artística e instrumento de criação

No decorrer dos capítulos anteriores, apresentou-se um panorama que demonstra como a prática criativa do artista é sensível a mudanças nos planos da tecnologia e da ciência. Se a primeira revolução industrial, que introduziu a mecanização na indústria, possibilitou modificações no plano da técnica, e a segunda revolução industrial inaugurou a linha de montagem e a produção em massa de bens, a terceira e atual revolução transformou a produção industrial em um processo de ordem digital. Diferentes tecnologias convergem nessa nova fase: "clever software, novel materials, more dexterous robots, new processes (notably three-dimensional printing) and a whole range of web-based services[3]" (The Economist, 2012, s.p.). Essa maior autonomia e flexibilidade oferecidas pelo digital refletem sobremaneira na escala de produção[4], que se torna mais intelectual do que braçal, e no desenvolvimento de materiais mais duráveis[5]. Assim como na natureza é possível encontrar eficiência a partir da escala das nano estruturas, as novas tecnologias procuram emular tais efeitos de modo a progredir cada vez mais tanto na área da técnica quanto do material.

Como dito no capítulo anterior, as novas tecnologias, especificamente as generativas computacionais, permitiram aos artistas se aproximarem da criação da complexidade, até então exclusiva dos sistemas vivos. Foi no campo da arte generativa que se procurou, à imagem da natureza, criar a partir do menor elemento de modo a gerar a imagem complexa em um processo emergente. Ao artista é permitido manipular o algoritmo de modo a construir um sistema metacriador de potencial generativo. O que ainda não havia sido colocado é que, a partir dessa mesma revolução tecnológica digital, foi possível materializar dados complexos, múltiplos e ao mesmo tempo diferenciados. Essa realidade, de certo modo exclusiva, se apresentou como uma possibilidade para o artista das mídias digitais materializar sua criação independentemente da complexidade a ela inerente.

Não se pretende, neste capítulo, explorar o estado da arte de pesquisas envolvendo as ciências biológicas e a nanotecnologia, mas sim apresentar sinteticamente as principais e mais acessíveis técnicas que se apresentam como potenciais instrumentos para a materialização de um modelo digital a serem explorados e abrandados pelos artistas das mídias digitais. Para ilustrar esta apropriação da técnica pelos artistas, foram selecionadas algumas obras que demonstram as potencialidades de cada técnica bem como sua combinação com outras técnicas digitais. A partir do entendimento dos processos inscritos nessa tecnologia de fabricação, este capítulo pretende apresentar uma seleção de obras que exploraram sistemas autônomos na geração de imagens tridimensionais e que devido a sua complexidade só poderiam ser materializadas pelos meios digitais.

Como visto no primeiro capítulo, as primeiras imagens produzidas quando do surgimento dos computadores foram realizadas por cientistas e matemáticos que dominavam a técnica da programação. Hoje houve uma inversão desse controle, que passou a ser descentralizado. Devido à democratização do acesso às

---

3 "*Software* inteligentes, novos materiais, robôs mais inteligentes, novos processos (notadamente a impressão em três dimensões) e uma grande variedade de serviços baseados na Internet." (T. A.)

4 Reduz cada vez mais a necessidade de pessoas operando as máquinas, exigindo um conhecimento mais intelectual do operador.

5 A nanotecnologia, por exemplo, tem intensificado o aprimoramento de materiais ao permitir intervenções na escala dos átomos e das moléculas. Dessa forma chega-se ao nível de nanopartículas geneticamente modificadas, que podem realizar tarefas como reagir a intempéries ao emprestar qualidades hidrofóbicas a uma superfície que repelirá a água, ou, a exemplo do dióxido de titânio (TiO^2), produzir vidros autolimpantes (The Economist, 2012, s.p.).

novas tecnologias e às características cada vez mais amigáveis dos programas, amplia-se o uso da técnica para pessoas interessadas, sejam elas de quaisquer áreas, que passam a ter a possibilidade de gerar imagens complexas e com atributos estéticos. O processo de estruturação sintática que embasa a criação das esculturas digitais parte necessariamente de um modelo geométrico digital, que em um fluxo de informação CAD/CAM com a máquina transmite os dados necessários para a sua produção no plano físico (MITCHEL & McCULLOUGH, 1995, p.417). Devido a essa lógica e à regularidade do sistema, que tendem a sistematizar as produções em meio digital, intenta-se neste capítulo apresentar como se dão a fabricação e a prototipagem digitais sob o ponto de vista de um instrumento que complemente ou seja intrínseco a uma poética criativa, desviando-se a atenção dos produtos criados automaticamente, frutos da curiosidade e da especulação da lógica operativa da máquina.

Mais uma vez cabe retomar a discussão iniciada no primeiro capítulo, entre Flusser e Machado (1993, p.14), a respeito da distinção entre uma autoria atribuída e uma criação realizada por meio de máquinas pré-programadas. Os autores partem do pressuposto de que o automatismo atribuído às máquinas se equipara a um desconhecimento por parte do operador, e que para efetivamente se produzir algo criativo é necessário interferir nos elementos estruturantes do sistema. A noção de computador como "máquina genérica" (Ibidem, p.14) que se baseia na repetição e na previsibilidade de dados é agora colocada a prova quando operada por artistas que conseguem lidar com diferentes graus de complexidade na plataforma digital. Mesmo que seja patente o fato de haver um número de categorias inscritas na máquina e o ato criativo ser limitado a escolhas desse repertório, tornam-se quase infinitas as possibilidades à medida que se amplia a complexidade de um sistema. Para o criador alcançar seu objetivo de dar "consciência às máquinas" (Ibidem, p.14), é necessário conhecê-las de modo a explorar suas possibilidades e, a partir daí, propor novas leituras, não se atendo simplesmente à redundância por ela imposta. Vale lembrar que com a introdução de *software* e periféricos que promovem uma intervenção háptica no desenvolvimento da imagem digital tendem a permitir, mesmo sem a necessidade da realização de complexos códigos, explorar os elementos configurantes do computador.

Complementando os conceitos já aqui trabalhados sobre a complexidade, Kolarevic (2001, p.119) acrescenta que, no contexto da modelagem em ambiente digital, a forma é o resultado de reações em um contexto de forças e ações. Existe, então, uma indeterminação no controle dessas ações que permitem gerar formas novas e imprevisíveis. Essa multiplicidade de possibilidades é característica desse meio digital, e estas precisam ser compreendidas para serem exploradas ao máximo. Como visto no decorrer dos capítulos anteriores, a utilização da tecnologia atrelada aos processos criativos permitiu que o artista agisse como um criador de sistemas. A imagem de caráter autônomo só é possível pelo fato determinante de que a criação desses modelos digitais se dá pela simulação de códigos de representação e ferramentais cuja linguagem se baseia na matemática. Dessa forma é possível modelar estruturas altamente complexas que, seguindo instruções generativas, podem apresentar uma maior ou menor autonomia, refletindo graus diferentes na relação entre ordem e desordem do sistema. Nesse sentido, a fabricação e a prototipagem digitais complementariam a atividade do artista, que já familiarizado com a criação de modelos digitais viabilizaria um desdobramento da mesma forma, agora no campo físico da matéria. A compreensão das especificidades desse meio digital é fundamental para que se proponham sistemas que se traduzam pelo diálogo com o artista em seu esforço de operar cooperativamente abrandando o potencial de linguagem dessa tecnologia.

O uso compartilhado de dispositivos computacionais associados a máquinas numericamente controladas, além de permitir ao artista materializar formas originadas no computador, possibilita também a captura de dados pelo meio digital de alguma fonte material. No decorrer deste capítulo serão apresentados exemplos de ambos os casos, demonstrando que a articulação do analógico com o digital enriquece o trabalho artístico, ampliando a gama de possibilidades no tratamento da matéria. O computador e seus periféricos, assim como a fabricação e a prototipagem digitais, vêm a somar para a produção do artista mais ampliando do que limitando seu repertório. A característica aberta desses novos meios permite uma criação que concilia os meios e as técnicas tradicionais de produção de imagem com a viabilidade de operá-las digitalmente, equilibrando o uso de acordo com a proposta poética. Tanto é possível criar em ambiente digital como é totalmente possível materializar essa criação no campo físico a partir das ferramentas CNC[6] de que hoje dispomos. Como veremos nos exemplos elencados neste capítulo, existem artistas que migram dos meios e das técnicas tradicionais para o digital voltando a seguir para a tradicional, como que fechando um ciclo equilibrado de produção de caráter plural. A seguir serão apresentados os diferentes processos disponíveis de fabricação via controle numérico pelo qual um modelo virtual pode ser materializado.

3.2. O potencial criativo e poético dos meios de produção digital

A produção automatizada é uma tecnologia que foi desenvolvida para auxiliar engenheiros e desenhistas industriais na produção de protótipos e, cada vez mais, na produção de objetos finais. Em ambos os casos parte-se de modelos geométricos digitais para se obter o modelo físico, tendo como base um método de produção que deixa de ser mecânico para ser controlado numericamente pelo computador. No que se refere à produção de protótipos (prototipagem digital), estão incluídos os *mock-ups,* ou modelos de avaliação, produzidos em materiais mais frágeis, como por exemplo o gesso. A função dos protótipos é reproduzir o modelo digital em matéria palpável, para que possam ser avaliados antes da produção em escala industrial. Normalmente esses modelos são produzidos em impressoras de pequeno porte, sistematizando assim o uso da escala para elementos maiores, como seria o caso da arquitetura. Por sua vez a produção de objetos finais (fabricação digital) resulta em artefatos físicos ou elementos construtivos resistentes que podem ser empregados diretamente na obra ou em outras funções finais. São produzidos com matéria-prima que lhes garanta resistência, podendo, de acordo com o método, possuir diferentes características. Para ambas as finalidades, a fabricação digital[7] apresenta a vantagem de ser uma solução mais econômica e rápida para a obtenção do protótipo ou modelo. A produção industrial exige uma quantidade mínima e não produz um objeto instantaneamente, dependendo da realização de moldes e sucessivas intervenções durante o processo. No âmbito da arte, os limites entre protótipos e objetos finais não existem, eximindo a obra de classificações tão restritas e balizadoras como seria comum nas áreas das ciências exatas.

A figura 41 ilustra de uma maneira geral o fluxo de informação CAD/CAM para a materialização de um objeto final. Assim sendo, parte-se de um modelo virtual 3D que ou foi capturado digitalmente, ou foi modelado em um *software* 3D, para então se efetuar a sua materialização na forma final por meio de diferentes processos. O objeto resultante guarda as características superficiais externas do modelo original,

---

6 CNC é a abreviação para *Computer Numerical Control* ou sistema que é controlado numericamente pelo computador por meio da linguagem de códigos binários.

7 Uma vez explicitada a diferença técnica entre os termos "fabricação" e "prototipagem" digitais, e tendo-se em vista que no campo das artes essa classificação não é fundamental, a partir de agora ao fazer referência à prática da materialização por meios digitais será usado o termo "fabricação digital". Evita-se, assim, qualquer tipo de confusão, e se alinha o uso do termo com a expressão utilizada por muitos autores ao se referirem genericamente tanto ao objeto final construído quanto ao protótipo de avaliação.

podendo sofrer algum tipo de alteração a depender do material e da técnica definidos. No âmbito da arte, esse possível ruído deixado pela máquina é muitas vezes explorado e ressaltado como uma qualidade ou um acidente que traz consigo um grau de indeterminação.

Os processos de produção automatizada se subdividem conforme as maneiras de produção, que podem ser: subtrativo, que abrange o desbaste de um material por meio de corte ou fresa; aditivo, que compreende diferentes métodos de adição de camadas em diversos materiais, e o formativo, que envolve a conformação de material por meio de calandras e moldes. No campo das artes, os dois primeiros métodos são os mais populares. O terceiro método, o formativo, exclusivo para a produção de extensas áreas fabricadas e moldadas, como as fachadas orgânicas de prédios e pavilhões, mais populares na arquitetura e engenharia, não será abordado nesta tese.

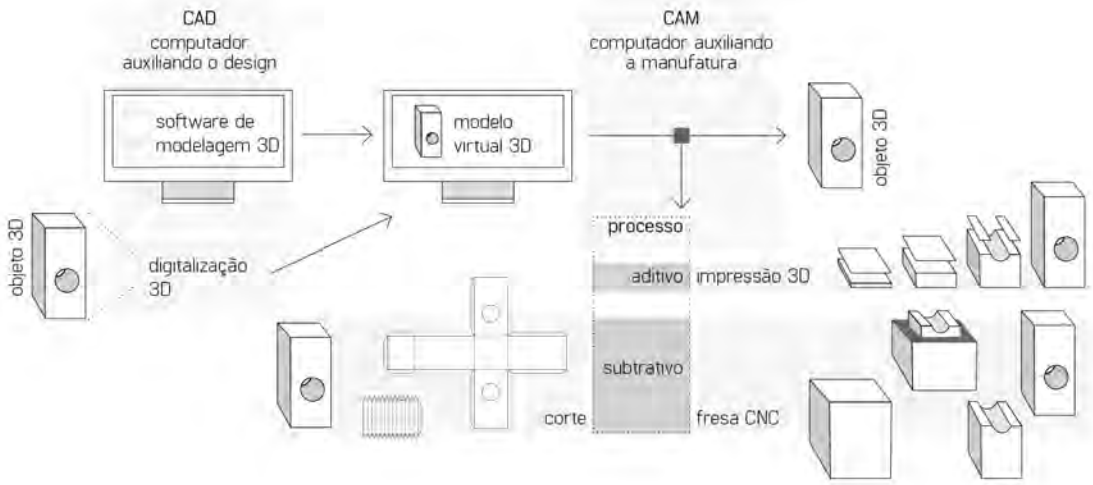


Figura 41: Diagrama demonstrando as etapas da obtenção do modelo virtual até a sua produção por processos digitais de fabricação em um fluxo CAD/CAM. Fonte: Autora

A análise dos métodos de fabricação digital e os exemplos de obras apresentados a seguir nos farão perceber uma similaridade com determinadas técnicas artesanais nas quais os artistas operam diretamente sobre matérias brutas, como a terra, a madeira, a pedra e os metais. Seriam elas a escultura, a modelagem e a fundição, que, assim como o princípio encontrado nas máquinas controladas numericamente, se preocupam em respectivamente retirar, adicionar e reproduzir o volume. Assim como as técnicas artesanais dirigiram e dirigem o desenvolvimento de ferramentas especiais para a utilização em materiais específicos, a fabricação digital se aperfeiçoa constantemente, ampliando o leque de materiais e técnicas a se explorar em um processo contínuo de *feedback*. A matéria utilizada no âmbito da produção por meios digitais na era pós-industrial se equipara aos materiais utilizados pelos artistas pré-industriais, como a terra, a pedra, a madeira e os metais, sabendo-se porém que hoje em dia a gama de materiais é muito maior, justificável pelo desenvolvimento de novos materiais.

3.2.1. Processo subtrativo

Trata-se de um processo que utiliza a técnica do desbaste seletivo de material por meio de uma fresadora, que desbasta seletivamente um sólido a partir de comandos numéricos advindos da forma digital original.

Existem diferentes tipos de fresadoras, mas elas se diferenciam principalmente pela quantidade de eixos em que sua fresa pode se mover. As mais comuns se movem em três eixos ou direções (X, Y e Z), e os modelos mais sofisticados podem se mover a partir de quatro eixos[8], permitindo o desbaste de formas mais complexas e, portanto, menos limitadas. Pode-se afirmar que o objeto a ser concretizado tem mais ou menos precisão a depender do número de eixos da máquina e do diâmetro da fresa utilizada. Existem diferentes formatos de fresadoras, conforme ilustrado na figura 42, sendo as principais as de grande formato, a de precisão e o robô industrial. A utilização de cada uma depende do tipo de material a ser desbastado, bem como de sua complexidade.

Figura 42: Diferentes tipos de fresadoras CNC

Existem similaridades entre a técnica escultórica tradicional e o desbaste que ocorre no processo subtrativo. Desde a era pré-industrial até hoje, os escultores tradicionais se valem de instrumentos de trabalho que respeitam os seus hábitos motores e são, portanto, considerados ferramentas manuais ou sensores e extensores. Elas permitem ao artista empregar uma destreza ou força maior no contato com a matéria a ser esculpida, e assim facilitam seu trabalho.

A obra "Inner Sense"[9], de 2004 (ver Figuras 43 e 44), realizada por Jon Isherwood, partiu do método subtrativo de fabricação por meio do desbaste do mármore. Trata-se de uma escultura em mármore verde com um formato de 60 x 55 x 50cm^3. A obra está atualmente no terraço do Museu de Córdova, o Sculpture Park and Museum[10], tendo sido selecionada pelo então diretor Nick Capasso. A escultura é composta por formas arredondadas e sobrepostas que causam uma ilusão de expansão. Os sulcos lineares e rítmicos distribuídos ao redor da superfície enfatizam, de acordo com Wilkin (2005, p. 174), o "[...] sense of contained volume

8 Além dos eixos do sistema de coordenadas no plano cartesiano X, Y (movem-se no campo horizontal) e Z (move-se no campo vertical), muitas fresadoras de alta precisão incorporam um quarto eixo giratório, que permite rotacionar o material em 360 graus com a fresa alcançando partes antes inalcançáveis do modelo.

9 A leitura dessa obra se baseia em artigo escrito pela autora com coautoria com a Profa. Dra. Monica Tavares: HENNO, Juliana Harrison; TAVARES, Monica. A fabricação digital no contexto da criação artística. In: Arte_Corpo_Tecnologia. 2014. p. 146-164.

10 Disponível em: <http://www.decordova.org/art/sculpture-park/inner-sense-place-your-thoughts-things-are-not-always-what--they-seem>. Acesso em: mar. 2014.

[...]”[11]. De maneira extremamente precisa, esses sulcos acentuam sua forma arredondada e abaulada.

Figura 43: “Inner Sense” (2004): escultura realizada em mármore verde – 60 x 55 x 50cm3.
Fonte:<www.jonisherwood.com>

Figura 44: “Inner Sense” (2004) exposto no Cordova Sculpture Park and Museum.
Fonte: <http://www.decordova.org/art/sculpture-park>

O formato da escultura faz alusão a um tronco e uma cabeça, visualmente ideográficos. O topo da escultura apresenta uma abertura, que sugere a figura de um vaso. Conforme Isherwood, em entrevista concedida a Gelber (2004, p. 44), a cabeça é comparada a um vaso, como “[...] an enclosure, something that contains all of our thoughts, questions, and ideas. It’s where we take our intellectual journeys.”[12] Além do mais, o artista estabelece analogia da estrutura da escultura com a noção de tronco humano, entendido como elemento essencial que compõe algo. Isherwood admite o tronco “[...] in terms of its physical capacity as a breathing

11 “Ideia de volume contido”. Os textos originais em língua inglesa, a partir de agora, serão traduzidos pelas autoras deste artigo e serão assim identificados: (T. A.).

12 “[...] uma área delimitada, algo que contém todos os nossos pensamentos, dúvidas e ideias. É onde realizamos nossas jornadas intelectuais.” (T. A.)

apparatus, as a digestive system, a complex muscle system, as the heart and the center of our physical being."[13] Entretanto, como a escultura se apresenta predominantemente pelas suas características icônicas, tais alusões evocam, sobretudo, algo que pode vir a ser, sem certezas, em que as noções de similitude, semelhança, ambiguidade, dúvida, incerteza, indecisão, ambivalência prevalecem. Visto que é patente a ausência de referente preciso, convive-se com a multiplicidade de significados conexos e complementares.

Ao destacar a complementaridade entre cheios e vazios, tornada evidente nos caracteres não representativos da composição, pode-se, metaforicamente, admitir que a obra "Inner Sense" alude às noções de interdependência entre partes: mente e corpo, compressão e dilatação, própria do corpo humano. Enfim, evoca ou sugere a recíproca dependência entre sistemas, intrínseca à existência da condição humana. Como diz Isherwood: "I think about the compression that exists in the internal spaces in the human body. I am trying to fit a lot into a compact and compressed space."[14]

Em geral os procedimentos de produção dos trabalhos de Isherwood contemplam as seguintes etapas: desenho, criação de modelo em argila e gesso, digitalização tridimensional do respectivo modelo, "manipulação" e recriação desse modelo digitalizado, desbaste do material por meio de fresadoras controladas numericamente e, muitas vezes, acabamento manual. Conforme nos relata Gelber (2004, p. 43), Isherwood se interessa pela possibilidade dos recursos de digitalização 3D e de fabricação digital, visto que estes possibilitam capturar formas intuitivas e gestuais, materializando-as com precisão no final do processo.

De acordo com o artista: "[...] the original plaster forms are from my hand, and the stone blanks that are produced by the CNC machine act as new starting points for my hands and eyes to act on."[15] Enfim, existe uma etapa posterior ao trabalho da máquina CNC, podendo a escultura ser ainda cortada, polida, perfurada e algumas vezes até reprogramada para ser uma vez mais desbastada pela fresadora. Em suma, é clara a perspectiva de o artista transpor as limitações do aparelho produtor, colocando-se criticamente diante dele e materializando os modelos mentais próprios ao projeto criativo.

Do ponto de vista do escultor tradicional, quando se compara as técnicas utilizadas por Isherwood, existe a mesma preocupação com a matéria-prima: a resistência do material, no caso a pedra e seus veios de crescimento, vão interferir na técnica e no planejamento de ação aplicada nesse material. O risco de haver incompatibilidades no objeto após ser desbastado é mínimo, devendo-se um possível erro apenas a uma desventura de o material reagir negativamente à ação do instrumento, e quebrar ou lascar. Muitas vezes esses "erros" são incorporados à obra ou então submetidos a uma pós-produção guiada pelo próprio artista.

A obra de Patricia Cronin intitulada "Memorial to a Marriage", de 2003 (ver Figura 45), foi realizada a partir do método subtrativo de fabricação. Trata-se de uma escultura em mármore inspirada nas esculturas mortuárias do século XIX que pretendeu adotar o mesmo processo de modelagem da época, porém inovando

---

13 "[...] em termos de sua capacidade física como aparelho respiratório, como sistema digestório, um sistema muscular complexo, como o coração e o centro de nosso ser físico." (T. A.)

14 "Penso na compressão que existe nos espaços internos do corpo humano. Estou tentando colocar muita coisa em um espaço comprimido e compacto." (T. A.)

15 "[...] as formas de gesso originais vêm das minhas mãos e as lacunas na pedra são produzidas pela máquina CNC, e atuam como pontos de partida sobre os quais minhas mãos e meus olhos agem." (T. A.)

no processo de esculpir a pedra. Antes de a escultura ser realizada no tamanho final em mármore, a artista modelou as figuras em argila e refinou os detalhes no gesso. Até esse momento a produção escultórica se assemelha aos tradicionais métodos adotados por escultores da época. Ao invés de enviar o modelo em gesso para escultores, ou a artista reproduzir ela mesma a escultura no formato final, o modelo em gesso foi digitalizado, tendo suas três dimensões capturadas e lidas por um *software* 3D. Uma vez obtido o modelo digital de uma escultura, abre-se para o artista uma variedade de técnicas de produção a partir dos métodos de fabricação digital. No caso da obra citada, a artista manteve a imagem digitalizada igual à da escultura original, mudando apenas sua escala, para um tamanho além do real. A informação do arquivo digital da escultura foi então enviada para uma fresadora CNC de 5 eixos que, com o auxílio de fresas de diâmetros diferentes, realizou a tarefa de esculpir o mármore. Nem todos os detalhes e as saliências da peça puderam ser esculpidos pela fresadora devido ao ângulo em que estavam. Essa limitação da máquina foi prevista pela artista, que manualmente alcançou esses ângulos e deu o acabamento final à escultura, eliminando possíveis marcas deixadas pela fresa. Na época, fazendo uso das tecnologias então disponíveis, a escultura levou três meses para ser realizada. Caso fosse realizada por mãos humanas, seguindo o tradicional método escultórico, poderia ter alcançado um ano de produção. Na escultura "Memorial to a Marriage" foi intenção da artista utilizar tecnologias de fabricação digital como parte da execução da obra. Como se pode constatar, a tecnologia poderia ser dispensada, mas a artista pretendeu subverter o estilo figurativo das esculturas do século XIX ao inserir na produção da obra um agente que apenas no século XXI seria possível visionar: a fabricação por meios digitais. Unir dois processos, o tradicional e o moderno, na execução de sua obra foi para a artista fundamental em seu percurso poético.

Figura 45: Escultura da artista Patricia Cronin realizadas em mármore "Memorial to a Marriage" e imagens do processo de execução utilizando uma fresadora CNC.
Fonte: http://www.sculpture.org/documents/scmag03/janfeb03/cronin/cronin.shtml

A técnica da fabricação 2D, ou de corte, estaria associada, conforme Pupo (2009), ao processo subtrativo, e se refere ao corte numericamente controlado de áreas de duas dimensões, como é o caso das máquinas de corte a *laser*, corte de plasma ou corte por jato d´água. Para cada tipo de material a ser cortado opta-se por uma técnica de corte que melhor se adeque. Também conhecida como técnica 2.5D, faz referência à possibilidade de cortar a planificação de um sólido virtual tridimensional para ser posteriormente montado por meio de encaixes. Exemplos de máquinas associadas a esse tipo de corte seriam a máquina de corte a *laser*, a *plotter* cortadora de vinil, a *water jet* e a cortadora de plasma (ver Figura 46).

Figura 46: Diferentes tipos de máquinas que operam pelo método de corte 2.5D

Figura 47: Ara Peterson, "Black Warp One e Black Warp Two", 2007.
Fonte: < http://www.ratio3.org/exhibitions/2007/ara-peterson-multidimensional-warp?p=works>

O conjunto de esculturas "Black Warp One e Black Warp Two" (ver Figura 47), do artista Ara Peterson, foram apresentadas em 2007, lado a lado, na exposição "Multidimensional Warp", na Ratio 3 Gallery em São Francisco, Estados Unidos. Ambas as esculturas transcrevem formações de ondas sintetizadas, vibrações que não podemos ver mas que foram traduzidas por meio de tecnologia digital pelo artista. Um dos quadros representa uma visão positiva e o outro, uma visão negativa da formação de onda representada. A maneira escolhida para representar fisicamente esses dados capturados digitalmente foram lâminas de madeira cortadas a *laser* e justapostas lado a lado de modo a formar a estrutura do quadro de 91 x 76 x 4,5cm. Cada quadro, formado pela soma de mais de 100 lâminas de madeira, causa uma ilusão de movimento para quem se aproxima. O artista procurou, por meio dos meios digitais, tornar físico e palpável o que seria apenas uma vibração invisível e intangível. Uma maneira de visualizar uma estrutura natural utilizando a tecnologia como meio.

3.2.2. Processo aditivo

O processo aditivo de fabricação é considerado o mais revolucionário dos métodos de fabricação automatizada, em comparação com a produção industrial, reduzindo em 10% o desperdício de material e barateando o custo ao dispensar as linhas de produção (REICHENTAL apud DIAMONDS, 2016, s/p). Como o próprio nome diz, trata-se de um processo de sobreposição de camadas de material seguindo o rigor de

um controle numérico até que se forme um objeto em três dimensões referente ao modelo digital original. Para que um modelo digital possa ser compreendido e materializado por uma impressora, o *software* da máquina realiza uma operação de "fatiamento" horizontal do modelo digital em sucessivas camadas bidimensionais que serão enviadas à impressora 3D. Quanto mais fatias horizontais, maior será a resolução desse objeto, pois assim é possível conservar um maior número de detalhes presentes na forma original, evitando uma simplificação dela. A maneira como essas camadas se solidificam para formar o objeto tridimensional varia de uma técnica para outra. Hoje existe uma variedade de técnicas que se diferenciam pela precisão, velocidade de impressão, quantidade de materiais[16] e também pela reprodução ou não das cores do arquivo digital, que podem ser convertidas em mais de 1 milhão de cores a serem reproduzidas na superfície impressa. Existem máquinas multimateriais que permitem a combinação de mais de um material, fazendo com que um mesmo objeto possua áreas flexíveis, rígidas ou a combinação destas em diferentes escalas a serem determinadas pelo programa da impressora.

O processo mais comum e barato de se imprimir um volume tridimensional é a modelagem por deposição de material fundido (FDM – *Fused Deposition Modeling*) (ver Figura 48). Nela, um ou mais bicos extrusores depositam camadas de um material termoplástico (PLA – derivado do milho, ABS – derivado do petróleo, Nylon, etc) que chegam na máquina no formato de filamento e derretem à medida que atravessam o bico extrusor aquecido da máquina. Devido à estrutura e forma de extrusão por bico aquecido, esse tipo de impressão não é tão precisa e costuma deixar resquícios das fatias depositadas em sua superfície. Esse tipo de técnica costuma fazer uso de material de suporte, que permite escorar a peça quando esta apresentar superfícies livremente suspensas. Essas máquinas podem sofrer adaptações para a extrusão de outros materiais, como a argila, e até alimentos, como o chocolate.

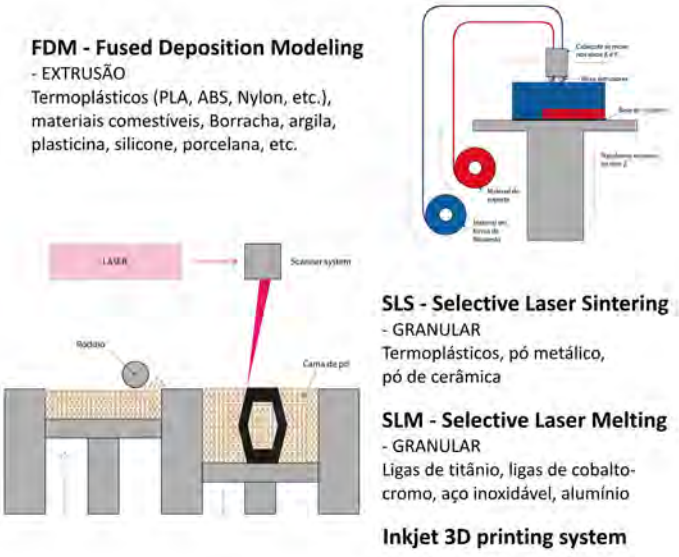


Figura 48: Diferentes máquinas que representam o método aditivo de fabricação

16 Conforme Reichental (apud DIAMONDS, 2016, s/p), é possível realizar a técnica da impressão 3D utilizando-se mais de 250 diferentes materiais, como por exemplo o titânio, a borracha, o plástico, o vidro, a cerâmica, o couro e até o chocolate.

A "*inkjet 3D printing*" (3DP), ou impressão 3D do tipo *inkjet* (ver Figura 48), recebe esse nome por ser bastante parecido com a impressão por jato de tinta. Por meio de um cabeçote, deposita um líquido aglutinante no contato com a superfície granular de um material próximo ao gesso. À medida que as camadas são reproduzidas pelo cabeçote, a superfície desce de maneira fracionada até que todas as fatias se solidifiquem, uma sobre a outra. Esse mesmo processo ganha mais precisão quando, ao invés da ação do cabeçote, a solidificação é realizada por meio de um feixe de *laser* sobre grânulos de materiais. Esses materiais podem ser termoplásticos, metálicos ou cerâmicos (SLS - *Selective Laser Sintering* ou Sinterização Seletiva a *Laser*), e/ou grânulos de titânio, aço e alumínio (SLM - *Selective Laser Melting* ou Fusão Seletiva a *Laser*) (ver Figura 48). Ainda com o uso de *laser,* a Estereolitografia (SLA – *Stereolithography*) (ver Figura 49) permite a polimerização de uma resina líquida de fotopolímero.

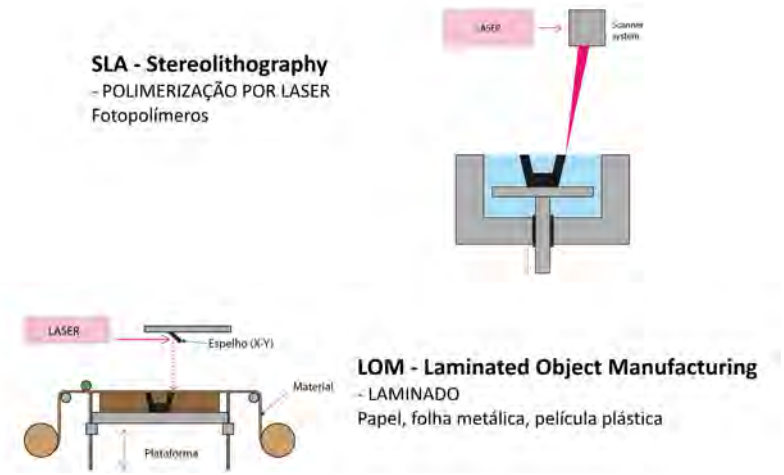


Figura 49: Diferentes máquinas que representam o método aditivo de fabricação

Costuma-se associar o aumento da resolução da peça com a acessibilidade de cada técnica. O sistema FDM se apresenta como o mais simples, podendo até ser construído por uma pessoa que siga corretamente as instruções de um manual, e costuma gerar modelos impressos com resolução não tão precisa. Já os processos que migram para o *laser* possuem uma precisão bem maior, mas têm um formato grande, por isso costumam ser restritos a locais de pesquisa especializados. Esses métodos mais precisos, que utilizam grânulos ou resina líquida, não necessitam de material de suporte, pois a forma fica acomodada por entre o próprio material. Devido à lógica de deposição do material, fatia por fatia, é possível a realização de formas complexas que possam apresentar, por exemplo, partes inclusas e/ou encaixes, ou partes articuláveis que não se soltam. Outro diferencial desse processo de impressão por fatias é a economia na utilização de material, pois é possível prefixar na interface da impressora a espessura das paredes da peça, tendo em vista a criação automática de uma estrutura interna vazada que garanta resistência ao conjunto. Podemos comparar tal estrutura com a estrutura porosa de um osso, ou a estrutura hexagonal de uma colmeia, que garantem estabilidade sem um peso adicional. O processo aditivo com materiais resistentes como o pó de titânio permite a realização de produtos finais sem a necessidade de moldes negativos para injeção.

É possível notar semelhanças entre o processo aditivo e a técnica de modelagem tradicional. A consistência do material modelado constitui-se como diferencial entre o trabalho de escultura e a modelagem na produção artesanal. Ao traçarmos um paralelo com a fabricação digital, o material deixa de ser uma limitação devido às avançadas técnicas de fabricação. Resultam do processo aditivo de sobreposição de

camadas desde materiais frágeis, como o gesso, até aqueles mais rígidos, como resinas, plástico e metal. Além desses, existem muitos artistas que optam por modificar uma impressora 3D comum de modo a adaptá-la para a impressão de materiais menos convencionais[17], como a argila para cerâmica. Dessa forma, a fabricação digital elimina a divisão de que materiais sólidos são pertencentes à escultura e materiais plásticos ou maleáveis seriam os únicos apropriados para a modelagem. E abrindo-se essas possibilidades, ampliam-se as técnicas disponíveis no meio digital para o artista, que não precisa se restringir às práticas de produção presentes no mercado; se necessário, ele irá modificá-las, subvertê-las de modo a conseguir modelar formas a partir de matérias que não são convencionais no mercado.

A obra "L'Artisan Electronique", de 2010 (ver Figura 50), criada pelo estúdio de design Unfold em parceria com Tim Knapen, da Bélgica, traz a técnica da impressão 3D por FDM, que foi adaptada pelo criador para a extrusão de argila ao invés de plástico. Trata-se de uma obra participativa que permite ao usuário, em tempo real, interferir na forma de um vaso ou uma escultura virtual. A obra faz referência a uma das mais antigas técnicas artesanais de produção de utilitários domésticos, em que as mãos moldam as peças em um torno com o auxílio de um disco giratório. Na obra, um *laser* verde e uma câmera são posicionados estrategicamente em relação ao disco, de modo a permitir em tempo real (em uma tela na frente do usuário) a transmissão das alterações causadas no modelo digital do vaso pelas mãos dos "oleiros". A seguir, quando a peça é finalizada, o usuário pressiona um botão "*Save*" e a peça segue projetada em uma parede à espera do momento da impressão em uma máquina de prototipagem rápida modificada cujo processo permite imprimir em argila. As peças impressas são a seguir expostas no local.

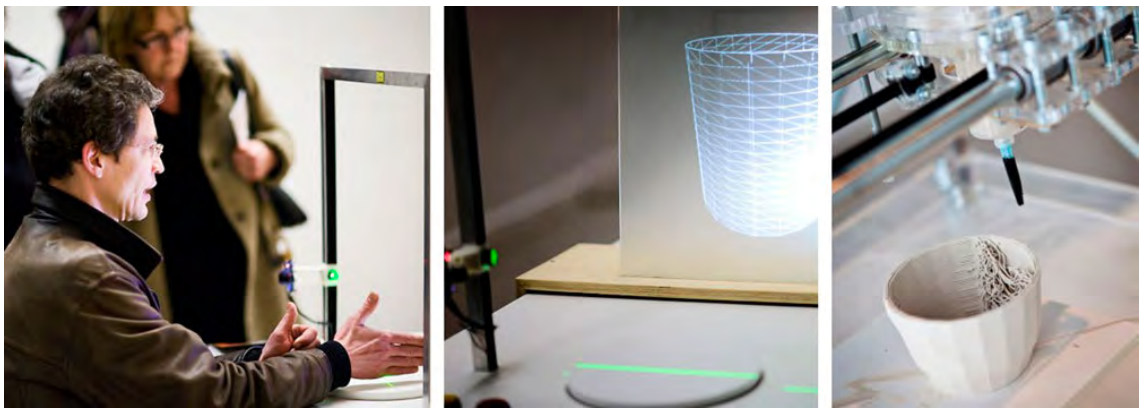


Figura 50: Unfold e Tim Knapen, criadores da obra "L'Artisan Electronique", 2010.
Fonte: < http://www.unfold.be/pages/projects >

A obra "Unidades Fugídias"[18] de 2003 (ver Figura 51), da artista Laurita Salles, ilustra a intervenção realizada pela artista no modelo materializado e originado de um *software* CAD. De acordo com Salles (2003, p.14), a artista procurou transparecer nas obras uma sensação de "vertigem das coisas dentro de si e a natureza fugidia das coisas que hoje nos rodeiam [...] [que] lhes confere, de saída, desrealização introjetada e construída a partir de uma forma nascida de uma inteligibilidade numérica". As obras foram produzidas

17 Convencionais no sentido original para o qual a máquina foi desenvolvida. Sabe-se que a maioria do público que utiliza as impressoras não é necessariamente de artistas, portanto, a adaptação da máquina para realizar a extrusão outros materiais pode ser entendido como uma adaptação e subversão da técnica, para que esta trabalhe em favor do artista, indo ao encontro de sua proposta criativa.

18 A leitura desta obra se baseia em artigo escrito pela autora **HENNO, J. H.** Estudos de caso de processos de criação artística baseados na fabricação e prototipagem digital. In: Arte_Pesquisa: Inter-Relações, 2012, São Paulo. Anais do Arte_Pesquisa: Inter-Relações. São Paulo: Instituto de Artes da Unesp, 2012. p. 562-572.

segundo o método aditivo de fabricação e manualmente esculpidas até alcançarem o formato final. Nessa obra, a deposição de matéria como processo formativo dos modelos físicos é marcada pela exatidão em relação ao modelo virtual original gerado pela artista. Para a autora da obra, o processo de criação não se limita apenas ao espaço virtual da peça, mas a todo o processo desde a concepção da ideia, sua modelagem em ambiente numérico, a posterior impressão utilizando o método aditivo de fabricação, e finalmente o acabamento final dedicado a cada uma das peças.

> "Tratam da perda de espessura da vida contemporânea, da progressiva ausência da experiência, ou melhor, da experiência contraditória da vida vivida também como experiência realizada e vivida na virtualidade. Essa perda de espessura da vida – vivida ainda, sim, e contraditoriamente – talvez seja o motivo dessas esculturas. Estas existem, têm existência real, mas buscam a matéria fina, a experiência contraditória e ambígua e, não por acaso, são feitas de matéria que tende a se ausentar, embora presente." (SALLES, 2003, p.7)

O sentido poético das peças parte da matéria-prima utilizada na produção, pois transfere à obra um sentido frágil, fino e evanescente. A artista trata da "perda de espessura da vida contemporânea", da "progressiva ausência de experiência" pela introdução da virtualidade. Nesse sentido, os "objetos complexos" gerados a partir de programas de simulação numérica trazem um "senso de realidade e desrealização intrínsecos, dado o índice de constituição virtual" que possuem e denotam no elemento físico (SALLES, 2003, p.14).

Na presente obra, a artista consegue transpor o que o computador impõe, concretizando a proposta poética e vencendo os limites impostos pelo meio. No desenvolvimento da forma a artista optou por utilizar ferramentas CAD e de fabricação digital, sistemas estes possuidores de uma complexidade e ordem tecnológica que foram subvertidas de modo a se "descobrir as qualidades e as virtualidades deste instrumental", segundo Plaza & Tavares (1998, p.98).

Figura 51: "Unidades Fugidias", 2003. Fonte: <http://www.canalcontemporaneo.art.br>

Uma utilização considerada limítrofe do processo aditivo é a bioimpressão. Em seu "Sugababe" (2014), o artista Diemut Strebe, com o auxílio de cientistas, desenvolveu uma réplica da orelha de Vincent van Gogh a partir de tecido de cartilagem manipulado (ver Figura 52). Uma rara fotografia que apresentava sua orelha foi processada utilizando tecnologia de imagem digital de modo a replicar uma estrutura em forma tridimensional em que cresceriam células vivas possuidoras de material genético de van Gogh originadas do cruzamento de dados genéticos obtidos da saliva do pintor com a de um parente vivo. A forma

tridimensional da orelha foi materializada em uma impressora 3D e um molde foi criado para receber um polímero degradável que agiria como uma estrutura contentora para as células vivas (SOLON, 2016). Esse tipo de tecnologia de ponta permite o desenvolvimento de obras de arte "vivas" ao se interferir: no código genético em um nível molecular, na organização celular em um nível microscópico e na composição dos tecidos e órgãos em um nível anatômico (ZKM[19], 2016). O artista Diemut Strebe vai além da digitalização superficial, obtida por *scanners* tridimensionais, ao utilizar material biológico para replicar e literalmente "crescer" uma orelha que é mantida "viva" imersa em uma solução nutriente. Uma característica dessa orelha artificial é que ela permite um nível de interação em que o som que chega até ela, por meio de um microfone, é traduzido em uma simulação de impulsos nervosos perceptíveis.

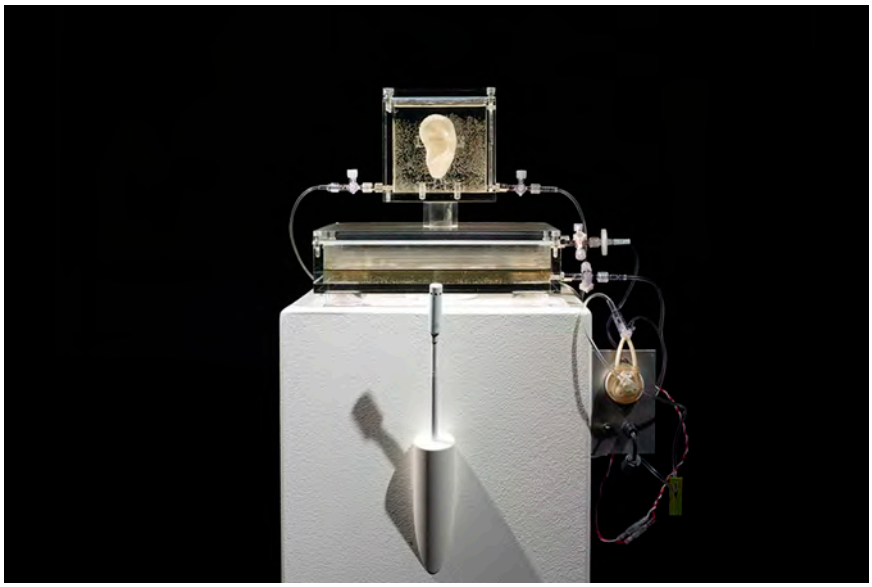


Figura 52: Diemut Strebe, "Sugababe", 2014. Fonte: <http://diemutstrebe.altervista.org/>

3.2.3. A conformidade entre técnicas

Pode-se utilizar tanto o processo aditivo quanto o processo subtrativo para a realização de moldes que, assim como no processo tradicional de fundição, produzem uma matriz para a reprodução de peças idênticas. Para a realização de um molde pela via tradicional, parte-se de um protótipo original (positivo), da subsequente obtenção do seu molde (negativo), até a etapa final de fundição com a matéria que irá compor as réplicas. Já a fabricação digital permite que a obtenção da forma original, a ser reproduzida pelo molde, seja realizada a partir de especificações numéricas. Nesse caso, a forma do protótipo pode ser modelada diretamente por um computador ou pode ser capturada via digitalização ou escaneamento de um modelo físico preexistente. Esta segunda maneira de se obter dados de um protótipo original implica que não necessariamente a matriz ou o modelo deva ser criado em ambiente digital, podendo ser, por exemplo, uma transcrição de algum outro objeto físico modelado tradicionalmente pelo artista. Para isso utiliza-se a digitalização 3D ou a engenharia reversa que, conforme Celani & Cancherini (2009, p.2), se trata da "aquisição de dados tridimensionais de maneira automatizada" e podem ser de vários tipos, a depender da distância (curtas, médias, longas ou muito longas) em relação ao objeto que se pretende digitalizar.

19 <http://on1.zkm.de/zkm/stories/storyReader$8887>

O artista Barry X Ball costuma reproduzir, por meios digitais, esculturas de artistas consagrados com o objetivo de "dar continuidade" ao que para ele não foi alcançado pelo artista original. A importante escultura do artista futurista Umberto Boccioni (1882-1916) "Unique Forms of Continuity in Space" (1913) (ver Figura 53) foi "reinterpretada" por Barry X Ball em uma nova versão chamada "Perfect Forms" (2010-2013) (ver Figura 53). Boccioni não chegou a ver a sua escultura fundida em bronze pois morreu quando ele tinha apenas o molde em gesso. Para Boccioni o movimento é velocidade, é movimento que um corpo realiza impulsionado a uma determinada velocidade. O corpo se movendo é para ele uma forma única que, sob um determinado impulso, conforme Argan (1992, p.441), "deforma-se até o limite da elasticidade". Quando o artista realizava uma escultura, pretendia, por meio de sua imobilidade, estudar a forma do corpo nu se movendo com velocidade. O estudo dos efeitos físicos da velocidade foi sempre sua principal preocupação, e fez isso como uma forma de representar o "homem veloz da civilização dinâmica". Na tentativa de perpetuar a ideia de movimento transmitida pelo figura do homem é que Barry X Ball refez a escultura, criando uma versão que, segundo o próprio artista, vai além do que Boccioni poderia fazer.

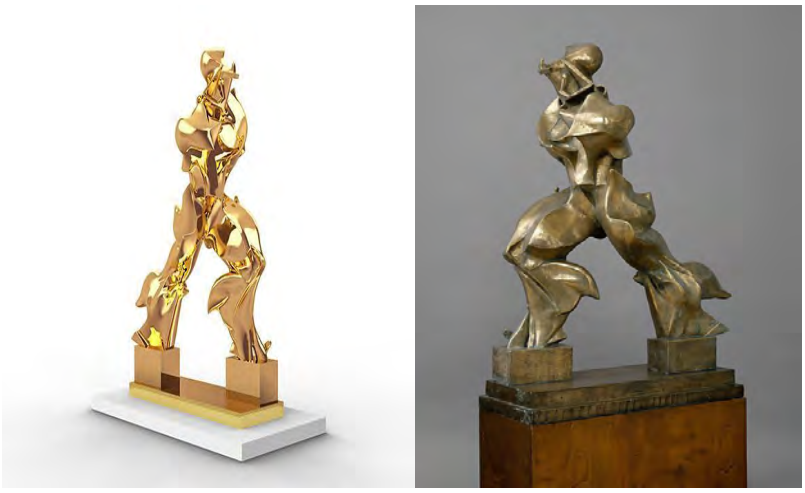


Figura 53: À esquerda: Barry X Ball, "Perfect Form" (2010-2013). Fonte: X Ball, 2013, p.220.
À direita: Umberto Boccioni, "Unique Forms of Continuity in Space" (1913).
Fonte: <http://metmuseum.org/art/collection/search/485540?img=0>

Os processos de produção da escultura, descritos a partir de Strasnick (2013, s.p.), envolvem diferentes etapas manuais que complementam a versão inicial digital. Inicialmente o artista digitalizou a escultura em bronze de Boccioni para poder obter uma réplica do mesmo em versão digital. A partir dessa base digital é que X Ball começa a trabalhar em seu "Perfect Forms". Em um *software* de modelagem 3D, o artista e sua equipe realizaram refinamentos na imagem capturada, eliminando qualquer tipo de imperfeição que pudesse estar no original em bronze. Os cantos agudos foram afinados, e riscos e fissuras foram preenchidos. Foram quase três anos para completar a escultura digital (ver Figura 54). Uma vez finalizada a obra, X Ball inverteu a escultura digital de modo que esta pudesse "olhar" para a escultura de Boccioni.

Figura 54: Modelagem tridimensional proveniente de escultura original de Boccioni. Fonte: Strasnick, 2013, s.p.

Uma vez finalizada, um protótipo de plástico medindo 60 centímetros de altura foi impresso pelo meio aditivo de fabricação utilizando-se uma impressora SLA. Esse protótipo tinha o interior oco e foi posteriormente preenchido. Característica desse método de fabricação, a superfície externa do protótipo de plástico tinha linhas finas correspondentes ao número de camadas sobrepostas no processo de impressão. Essas linhas precisaram ser suavizadas com uma lixa e água. Esta última atuou como lubrificante, contribuindo para um acabamento fosco no plástico (ver Figura 55). A próxima etapa foi a de preencher o interior do protótipo com resina, garantindo uma maior resistência e durabilidade à escultura (ver Figura 55). Se esta fosse impressa de forma maciça pelo método aditivo de fabricação com plástico, este não seria resistente o suficiente para suportar os revestimento de metal que X Ball pretendia para a escultura.

Figura 55: À esquerda: assistente de Barry X Ball lixando as arestas do protótipo em plástico. Fonte: Strasnick, 2013, s.p. À direita: assistente de Barry X Ball despejando resina no interior do protótipo. Fonte: Strasnick, 2013, s.p.

A próxima etapa foi a de revestir o protótipo com uma camada inicial de níquel de modo a deixar a superfície completamente lisa. Após isso, uma camada, desta vez mais espessa e de cobre, foi aplicada tornando a escultura agora efetivamente resistente. Após uma fase de polimento do cobre (ver Figura 56), a escultura foi revestida com uma camada de ouro puro de 24 quilates (ver Figura 56). De acordo com Barry X Ball, a superfície em ouro foi fundamental para manter a proposta original de Boccioni e refletir o mundo ao redor do homem:

> "Perfect Forms painstakingly polished mirrored surfaces glow in the daylight and scintillate with the movement of viewers around it. The dance of reflections across and around its surfaces renders it ethereal, melting its crisp contours. Light reflected from the sculpture plays across walls, floor, and ceiling. The work both affects and is affected by its environment.[20]" (X BALL, 2013, p.221)

Figura 56: À esquerda: assistente de Barry X Ball polindo a escultura revestida em cobre.
Fonte: Strasnick, 2013, s.p. À direita: escultura revestida em ouro 24 quilates. Fonte: Strasnick, 2013, s.p.

Para X Ball, as esculturas fundidas em bronze produzidas a partir do molde original de 1913 não representavam o conceito de inovação idealizado por Boccioni. Para X Ball, o conceito de homem moderno de Boccioni deveria ser interpretado com as tecnologias digitais de hoje (X Ball, 2013, p.221). A primeira aparição de "Perfect Forms" em uma exposição marcou os 100 anos da criação do molde por Boccioni. A exposição "Out of Hands" ocorreu em 2013 no Museu de Arte e Design (MAD) em Nova York juntamente com outras obras que utilizavam a fabricação digital como meio de criação.

É possível também imprimir moldes que, tal como na produção artesanal, podem ser utilizados para se obter formas compostas de materiais que não poderiam ser obtidas pelas demais técnicas de produção, aditiva ou subtrativa, e que têm um processo de produção de menor custo. No entanto, existem limitações, como a não complexidade da forma. Para se realizar um molde, é preciso que este se refira a um protótipo original de forma não complexa, que não contenha reentrâncias ou cavidades ou lados negativos que não possam ser alcançados por um molde composto de duas ou mais partes. A ferramenta mais importante nesse processo, além do próprio molde, é a fresadora que o produziu, ou que tenha produzido o protótipo original.

20 "A superfícies espelhadas e meticulosamente polidas de 'Perfect Forms' brilham na luz do dia e cintilam com o movimento de espectadores ao seu redor. A dança das reflexões através e ao redor de sua superfície a torna etérea, derretendo os seus nítidos contornos. A luz refletida a partir da escultura brinca pelas paredes, pelo chão e pelo teto. O trabalho afeta e é afetado pelo seu ambiente." (T. A.)

> "Esculpindo, modelando ou reproduzindo volumes, as operações artesanais trabalham a matéria ainda com o pensamento voltado para soluções num bloco matérico único, consolidando um espaço real centrado na própria matéria, enquanto ocupante deste espaço. O espaço trabalhado é o próprio espaço da matéria trabalhada." Laurentiz (1991, p.81)

As formas de operação pós-industriais quando adotadas pelo artista para a produção da arte guardam em si características das operações manuais, mas elevadas a um grau de complexidade que amplia as possibilidades de representação da obra de arte. O artista das mídias digitais que se interessa por esses meios pode utilizá-los de modo a complementar e não suplantar a tradição artística da modelagem, escultura e fundição. O que diferencia a produção pós-industrial da industrial e o que a aproxima da produção artesanal é a possibilidade de personalização da matéria trabalhada, podendo ser esta não produzida em série de formas idênticas, e de prever etapas intermediárias não programadas no decorrer do processo que podem incluir ou não uma pós-produção manual artesanal.

Os exemplos de uso e adaptações de técnicas digitais apresentados procuraram dar conta das diferentes possibilidades técnicas associadas à fabricação digital, cujo potencial pode ser explorado de diversas maneiras pelo artista. Ficou claro que o artista é quem controla as etapas de criação da imagem, podendo a apropriação dessas técnicas ser intermediada por outras etapas de produção que incluam ou não um manuseio por técnicas tradicionais. O artista das mídias digitais que compreende essa nova linguagem e entende as possibilidades oferecidas pelo cruzamento de diferentes técnicas de materialização da imagem virtual ganha a liberdade de construir o objeto de arte à medida em que este é inventado. De acordo com Tavares (2004, p.105), ao operar entre método e modo, entre caminho e modalidade operativa, o artista visa construir a sua poética. Ainda de acordo com a autora, se, de um lado, o método opera no sentido do percurso a fazer, de outro, o modo opera tornando aparente as relações entre as causas formal, material, motriz e final (condicionantes de e próprias a cada processo de criação). Daí implica uma poética, que atua no sentido de construir o objeto de arte, como um fazer que se faz à medida que se inventa (Ibidem, p.105).

3.3. A fabricação digital pelo ponto de vista do processo generativo

Apesar de ser bastante disseminada a utilização da fabricação digital como tecnologia que permite a reprodução da forma digital no plano material, nota-se uma tendência de não se explorar todas as funcionalidades que o processo CAD/CAM oferece. Pretende-se aqui ressaltar dois importantes atributos da fabricação digital, que se mostram favoráveis quando vinculados ao arquivo digital, podendo, a depender deste último, promover um melhor aproveitamento do processo de produção. O primeiro dos atributos se refere à possibilidade de se materializar elementos singulares sem a necessidade de uma matriz industrial, e o segundo é a viabilidade de elementos extremamente complexos poderem ser concretizados com precisão em relação ao arquivo original mesmo sabendo que a resolução é algo relativo pois depende da técnica e do material utilizados. Pretende-se aqui demonstrar que ambos os atributos podem se complementar à medida que a imagem se evidencia pelo grau de autonomia, podendo gerar uma multiplicidade de formas provenientes de um mesmo processo de criação.

Entende-se que o artista evidencia tais características quando combina a imagem criada por um sistema complexo adaptativo com a fabricação digital. A escultura resultante dessa associação explora de maneira

ideal os métodos de fabricação, pois, devido a sua variedade e complexidade, não poderia ser reproduzida de outra forma. As imagens provindas desse sistema de criação costumam não ter limites em relação a suas formas, que são sempre inéditas e muitas vezes trazem intrínseca a elas uma complexidade formal quase sempre impossível de se reproduzir artesanalmente. Esse tipo de forma, quando materializada por meios digitais, parece trazer impregnada em sua superfície vestígios dos processos pelos quais a imagem foi gerada. De maneira diversa, as imagens reproduzidas pela tradução mimética de uma forma figurativa ou preexistente, da forma como vista nesta pesquisa, não explorariam o potencial inscrito no processo CAD/CAM.

Pretende-se aqui ressaltar as qualidades que podem ser programadas pelo artista que pretende verdadeiramente investigar e melhor aproveitar essa parceria de tecnologias em seu favor. Como já foi apresentado, a fabricação digital permite integrar diferentes tecnologias de modo a se trabalhar com diferentes materiais, texturas e resoluções, ampliando as formas de operar do artista das mídias digitais. O artista criador de sistemas encontra na fabricação digital a complementação do processo lógico computacional, previamente instaurado na estrutura de suas imagens. Não se pretende apresentar um ideal artístico no diálogo do artista com as tecnologias de manufatura digital, mas apresentar diferentes abordagens criativas que envolvem autonomia, multiplicidade e intervenções genéticas na produção de uma imagem complexa. As obras apresentadas pretendem esclarecer que não necessariamente a complexidade deriva de intrincados cálculos, mas pode emergir de regras simples e locais, abrindo a possibilidade da imprevisibilidade.

3.3.1. A multiplicidade na fabricação de imagens singulares

A fabricação digital inaugura a possibilidade de transformar modelos virtuais em representações físicas devido a compatibilidade numérica na transferência de códigos numéricos intrínsecos a imagem digital. Essa produção digital redefine a lógica da reprodução múltipla ou das cópias idênticas, provenientes de uma única matriz, ao possibilitar a lógica da singularização na multiplicidade (TAVARES & HENNO, 2015, p.203). O caráter numérico da imagem criada a partir de sistemas generativos permite a efetivação da "multiplicidade singularizada" das imagens resultantes possuidoras cada qual de especificidades que as distinguem entre si (fenótipos) porém familiares a um mesmo conjunto de regras ou decisões (genótipo).

As esculturas apresentadas lado a lado na Figura 57 estão separadas por um período de aproximadamente 20 anos. A primeira obra é uma escultura em madeira realizada a partir do sistema evolucionário "Form Synth", já apresentado no capítulo anterior, criado por William Latham em 1989; a segunda escultura faz parte da série intitulada "The Shape Project", realizada em compensado de madeira por Allan McCollum (1944 -) em 2006.

Figura 57: À esquerda: William Latham, escultura “Form Synth” (1989). Fonte: Todd & Latham, 1992, p.3
À direita: Allan McCollum, “Shape” (2006). Fonte: <http://www.petzel.com/exhibitions/2006-11-03_allan-mccollum/>

Ambas as esculturas representam formas sem um referencial real e foram realizadas com os meios de seu tempo. Ambas as formas resultam de um sistema que parte de regras simples para a geração de formas difíceis de prever. Como já introduzido no capítulo anterior, Latham idealizou um sistema em que formas complexas podem ser “evoluídas” a partir da combinação de formas geométricas primitivas, como por exemplo uma esfera, um cubo, um cone, um cilindro, etc (ver Figura 58). A seleção e combinação dessas formas era dirigida pela vontade do artista ao gerenciar a criação seguindo regras simples de adição e subtração[21]. As formas eram transcritas manualmente no papel, possibilitando uma interferência constante em sua “reprodução” por meio da seleção dos elementos eleitos para integrar a nova geração (ver Figura 59). Os volumes que segundo ele eram possuidores de uma qualidade estética eram escolhidos para serem esculpidos em uma escala maior e em materiais variados, como a madeira e o plástico (TODD & LATHAM, 1992, p.3). Por ter trabalhado com o cruzamento e a seleção de sólidos primitivos simples, foi possível prever de antemão as vistas ortográficas do volume, facilitando o procedimento escultórico e sua transcrição para o volume tridimensional.

Figura 58: Pequeno desenho feito a mão representando um desdobramento do “Form Synth”.
Fonte Todd & Latham, 1992, p.2

21 Apesar deste sistema criado por Latham não usar o computador como meio, ele se baseia no funcionamento de um sistema evolutivo para se produzir formas cada vez mais complexas. A função de avaliação estabelecida por Latham é a seleção, que se baseia em decisões subjetivas do artista ao definir qual forma é mais ou menos interessante para prosseguir até as novas gerações. Portanto pode-se dizer que Latham cria e manipula o genótipo (formas geométricas primitivas) por meio de mecanismos como adição e subtração de modo a gerar fenótipos cada vez mais interessantes.

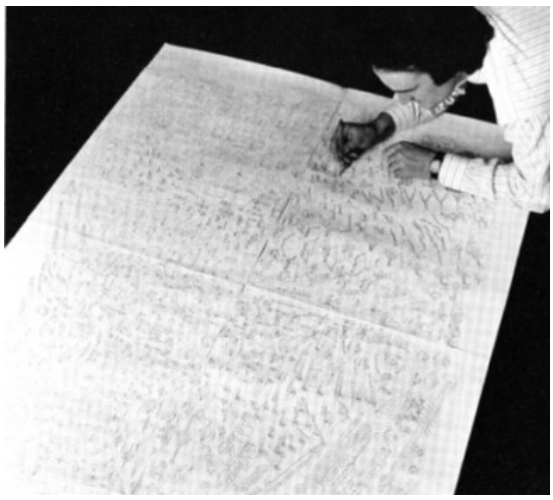


Figura 59: Latham desenhando um desdobramento do “Form Synth”. Fonte Todd & Latham, 1992, p.4

Allan McCollum, assim como Latham, pretendeu criar uma família de formas a partir de regras preestabelecidas, mas sua intenção era criar bilhões de formas. O artista pretendeu, a partir de simples regras de combinação de quatro ou seis partes (ver Figura 60), criar formas[22] suficientes para representar cada habitante do planeta, quando este atingisse seu pico de habitantes em 2050, totalizando uma média de 31 bilhões de formas. O uso de *software* permitiu ao artista a realização desse desafio, devido a sua capacidade de armazenagem de dados e seu rápido processamento. O artista definiu uma série de matrizes (ver Figura 61) cuja combinatória seria suficiente para gerar essa quantidade imensa de imagens. Sua proposta era que essas imagens pudessem ser materializadas por diferentes pessoas, bastando que seguissem a risca o planejamento matricial de formas por ele criado. O artista assume que tal empreitada excederia os seus anos de vida, mas sua intenção era que a prática continuasse indefinidamente, até a materialização de todas as formas. As exposições realizadas por McCollum com o projeto “Shape” apresentaram grandes séries individualizadas expostas sempre em conjunto. McCollum expôs, em diferentes ocasiões[23], uma seleção das formas produzidas tridimensionalmente na forma de esculturas. A escultura apresentada na Figura 62 é parte de uma série que recorreu à qualidade de produção singular da fabricação digital. Sem a necessidade de moldes, os arquivos digitais das formas foram interpretados por uma fresadora CNC de modo a cortar oito formas idênticas em madeira compensada. Essas oito formas foram coladas uma sobre as outras e pressionadas por quase um dia para garantir que as peças não se desprendessem, formando um conjunto sólido. Uma vez coladas, a lateral da peça foi lixada; como acabamento, foram aplicadas duas camadas de verniz. O artista se preocupa em trabalhar conceitos que envolvem a produção em massa, a singularidade e a categorização em suas obras. Para McCollum, a obra de arte não necessariamente precisa ser única para ter valor, ao seu ver a réplica e a reprodução em massa podem também fazer parte do vocabulário de expressão de um artista como algo original. Em seu caso, todas as peças produzidas em larga escala possuem alguma qualidade que as distinguem uma das outras sem no entanto a torna-las alheias aquele grupo ao qual pertencem. Simples regras de adição das partes tendo em vista o repertório criado pelo artista substituíram sofisticados softwares generativos e permitiram a criação de uma família de formas na escala de bilhões.

---

22 Cada uma dessas partes está em um catálogo de 300 partes vetorizadas pelo artista no *software* Adobe Illustrator® de modo a serem combinadas de maneiras diferentes e sem qualquer tipo de repetição resultando nas dezenas de bilhões de formas

23 De todas as formas possíveis, McCollum já realizou experimentos com cerca de 214.000.000, representando-as de maneiras diferentes, desde silhuetas impressas e emolduradas, passando por utensílios domésticos desenvolvidos por meios artesanais até esculturas realizadas por meios digitais.

Figura 60: Formas criadas pela junção de quatro ou oito partes.
Fonte: <http://allanmccollum.net/amcnet2/album/shapes/>

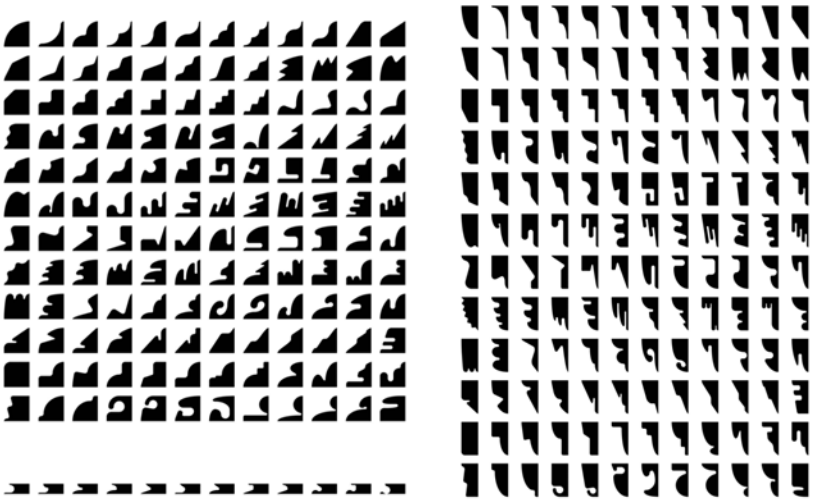


Figura 61: 300 partes usadas para construir as formas.
Fonte: <http://allanmccollum.net/amcnet2/album/shapes/>

Figura 62: Esculturas das formas expostas no Friedrich Petzel Gallery (Nova York) entre novembro e dezembro de 2006. Série de 25 formas realizadas em conjunto com o GraphicStudio em 2006, medindo 30,48cm x 45,72cm x 13,97cm. Fonte: < http://allanmccollum.net/amcnet2/album/shapes/newyorkshapes2.html>

Ambos os exemplos constituem um comparativo interessante, que demonstra que as tecnologias de criação e produção digital permitem uma ampliação das possíveis formas de se criar. A fabricação digital inaugura a possibilidade de personalização em massa, permitindo, porque não, a construção das 31 bilhões de formas, mesmo que tal ação não seja realizada em vida por uma única pessoa. Importa saber que tal

tecnologia permite a criação de múltiplas formas originárias de um mesmo sistema, sem a necessidade de moldes ou gabaritos. Por ter trabalhado no plano tridimensional, as formas produzidas por Latham eram mais complexas se comparadas com as formas de McCollum, que se limitou ao plano bidimensional, gerando simples e singulares esculturas pela combinação de diferentes elementos repetidas vezes.

Tanto Latham quanto McCollum adaptaram as formas de produção do seu tempo para viabilizar a materialização de suas obras. Partindo de formas tridimensionais mais complexas, geradas por meio de seleção em um sistema adaptativo, Latham escolheu as formas resultantes que, além de atenderem sua definição estética, não fossem demasiadamente complexas para se converter no plano material da escultura. Em contrapartida, devido ao objetivo de efetivamente materializar bilhões de formas, o artista McCollum utilizou o computador como um instrumento que lhe permitisse gerar uma matriz de diferentes perfis a serem combinados, gerando assim formas simples que pudessem ser efetivamente produzidas, não só por ele e utilizando uma variedade de meios, incluindo a fabricação digital.

O exemplo da escultura de William Latham, realizada no final da década de 1980, quando a fabricação digital ainda era incipiente e não tão acessível como hoje, demonstra um ponto de partida para se perceber a ampliação de possibilidades ao artista tendo em vista a evolução de tais meios e sua, cada vez maior, acessibilidade. O processo criativo adotado por Latham, que promovia a evolução de imagens a partir de um sistema genealógico de formas permitido pela seleção, se baseava nas pesquisas correntes a respeito da evolução artificial e de sistemas dinâmicos e complexos, que naquela época começavam a ganhar maior ênfase. A adoção de tais conceitos na prática criativa do artista foi potencializada pela possibilidade de se integrar a criação de um conjunto de formas familiares e singulares por meio de processos digitais de fabricação. Machado (1993, p.17) afirma que, assim como nas artes industriais (fotografia, cinema, música concreta ou eletrônica, artes gráficas, etc), "a possibilidade técnica de reprodução é condição fundante da própria produção". A obra a seguir apresenta como a singularização em série pode ser propícia para a materialização de formas que foram além da escultura tão-somente virtual.

Os arquitetos da EZCT (Architecture & Design Research), em parceria com o pesquisador Hatem Hamda (INRIA – French Institute for Research in Computer Science and Automation) e o também pesquisador e especialista em Computação Evolucionária Marc Schoenauer, realizaram em 2004 o projeto chamado *Computational Chair*[24]. Trata-se de um conjunto de 25 cadeiras funcionais em escala natural que já foram exibidas em diversas exposições, como a "Out of Hand", no Museu de Arte e Design (MAD) em Nova York em 2013. Os criadores do projeto pretendiam criar uma população de cadeiras que fossem familiares entre si. A geração das formas se deu pelo uso de algoritmos genéticos baseados nos mecanismos naturais de variação e seleção natural. Seguindo a lógica programática dos algoritmos genéticos, já introduzido no capítulo anterior, partiu-se da definição de um problema para que soluções não previsíveis pudessem emergir. No caso do *Computational Chair*, o problema era gerar cadeiras que fossem ao mesmo tempo leves estruturalmente e funcionais no sentido de acomodar uma pessoa sentada. Partindo desse princípio e evitando uma deformação descontrolada da forma, que a distanciasse do conceito de cadeira, foram feitas

24 A leitura desta obra se baseia no artigo de ECZT (2004), e no capítulo de livro escrito pela Profa. Dra. Monica Tavares com minha co-autoria: TAVARES, M. ; HENNO, J. H. . As co-relações entre multiplicidade e singularidade no contexto da arte e design generativos. In: BASTOS, Paulo; VENTURELLI, Suzete; ROCHA, Cleomar. (Org.). 14o. Encontro Internacional de Arte e Tecnologia: 14#ART - Arte e Desenvolvimento Humano / 14th International Meeting of Art and Technology: 14# ART - Art and Human Enhancement. 1ed.Porto: UA Editora, 2015, v. 14, p. 201-206.

diversas simulações partindo de um sólido maior que era dilapidado à medida que atendia as funções de avaliação e sua forma era modificada em uma série de cruzamentos (ver Figura 63). Cada modelo de cadeira obtido a partir da sequência de gerações e definido como final teria que ser facilmente interpretado por um processo digital de fabricação. A informação codificada dos processos de cruzamento era então levada para um programa separado (ver Figura 64).

Figura 63: Exemplo dos efeitos das gerações sobre a definição da forma da cadeira. Fonte: EZCT, 2014, p.6

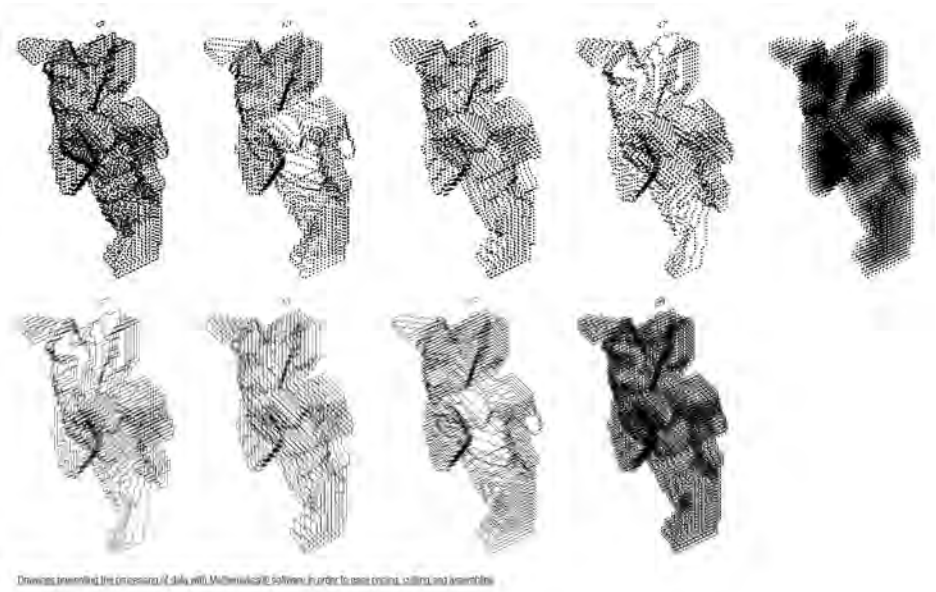


Figura 64: Processamento de dados obtido do cruzamento das cadeiras de modo a torná-las aptas a processos digitais de fabricação. Fonte: EZCT, 2014, p.7

Se formos considerar que a cadeira alcançou 860 gerações e que cada geração foi determinada por um total de 100 indivíduos, o sistema realizou um total de 8.600 possíveis desenhos de possíveis cadeiras. Foram necessários em média 10 dias para a realização de todo o massivo número de avaliações estruturais distri-

buídos em 12 diferentes computadores. Os autores do projeto utilizaram a computação em grade[25] (GRID) no processo de criação ao se valerem da ligação em rede de várias máquinas para conseguirem processar uma quantidade maior de informação. Por estarem ligados em rede, os equipamentos pertencentes a esse GRID processavam os dados de maneira coletiva, tornando o conceito de inteligência algo distribuído. Algumas das formas geradas foram produzidas e materializadas em escala 1:1 utilizando-se a fabricação digital como recurso técnico (ver Figura 65).

Figura 65: Modelo "Test1-860 M" construído a partir de 860 gerações. Fonte EZCT, 2014, p. 10

De antemão, não se podia prever as diferentes formas resultantes das regras inicialmente impostas nos algoritmos. Entretanto, essa potencialidade de criação permitiu a automatização não-seriada e uma consequente customização no processo de fabricação. Não se atualiza simplesmente o banco de dados a partir das regras estruturais predefinidas, mas, principalmente, cria-se um sistema computacional em que se simulam cadeiras "artificiais". Aqui, a não previsibilidade do sistema e a mútua influência entre suas partes constroem um sistema dito autônomo, edificado na dominância da retroação autoamplificadora. Possíveis reorganizações podem se dar a partir das regras impostas pelo criador, que simulam um comportamento computacional autogenerativo.

Como já foi enfatizado, a fabricação digital torna a multiplicidade da imagem viável por dispensar moldes e ou linhas de produção. A depender da técnica utilizada, pode-se idealizar a forma a ser produzida sem que sejam necessárias alterações, como canto negativo, que são fundamentais ao se fazer um molde. Formas complexas podem ser realizadas ou não de maneira seriada, podendo apesar disso, fazer parte de uma mesma família, variações de uma mesma forma. A máquina mecanizada que um dia se afigurou como ameaça para o produtor artesanal por modificar e padronizar a linguagem dos "produtos únicos", se atualiza hoje na sua versão digital com um tipo de produção que habilita ao homem produzir o objeto individual em pequena ou larga escala, podendo esses objetos assumirem uma maior ou menor complexidade.

25 De acordo com Santos (2008, s/p), a computação em grade ou GRID permite potencializar a realização de tarefas ao compartilhar tanto o processamento quanto a capacidade de armazenamento no ambiente. Os computadores quando interligados em rede se apresentam como um recurso computacional único e amplo.

A esta altura se apresenta uma versão mais fronteiriça do uso da tecnologia de fabricação digital. O homem controla todo o processo de produção. Sua participação pela ação motora diminui, mas em contrapartida ele passa a ter maiores possibilidades de se representar no campo tridimensional. Não existe impedimentos para se trabalhar com materiais rígidos demais ou de consistência aversa ao tradicional. A complexidade das formas deixa de ser um limite técnico das ferramentas artesanal e mecânicas. O artista nunca teve tanta liberdade de criar, mas para isso precisa estar alinhado com esse novo vocabulário e com as interfaces que a fabricação digital lhe oferece. Pode-se pensar que esse retorno da participação do homem na produção seria um ciclo que agora se fecha na adição da tecnologia digital como dispositivo. O "produto único" do ciclo pré-industrial é novamente possível, mas com a tecnologia como interface de produção na realização do produto individual e personalizado.

3.3.2. A materialização do conceito generativo

O arquiteto e programador Michael Hansmeyer, em sua obra "Subdivided Columns"[26], de 2010 (ver Figura 66), recriou formas de colunas a partir de processos computacionais de subdivisão. Para ele, a figura icônica da coluna na história é utilizada para manifestar ideais arquitetônicos de beleza e tecnologia, sendo construídas por meio de regras matemáticas e geométricas (HANSMEYER, 2013, p.22). O arquiteto partiu de colunas ornamentais dóricas e modificou sua forma por meio da recombinação de algoritmos na geração de novas regras, utilizando para isso o meio digital (ver Figuras 67 e 68). As colunas obtidas eram resultado da imprevisibilidade gerada pelo controle exercido pelos algoritmos parametrizados à medida que sua superfície era continuamente subdividida. O arquiteto tinha domínio sobre a operação aplicada à forma original, mas não sobre a forma resultante, em razão da imprevisibilidade do algoritmo.

Figura 66: Michael Hansmeyer, "Subdivided Columns" (2010).
Fonte: < http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns>

26 A leitura dessa obra se baseou em informações do site do artista: http://www.michael-hansmeyer.com.

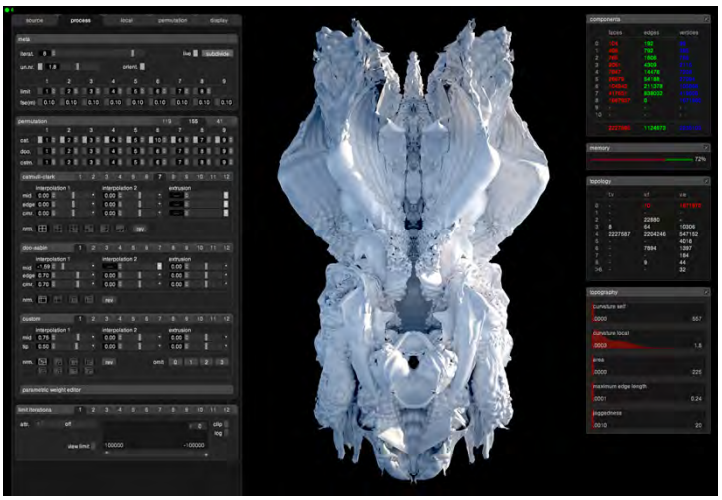


Figura 67: Aplicativo desenvolvido por Hansmeyer para desenhar as colunas.
É possível notar a quantidade de parâmetros utilizados para refinar o processo iterativo de evolução da forma.
Fonte: <http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns>

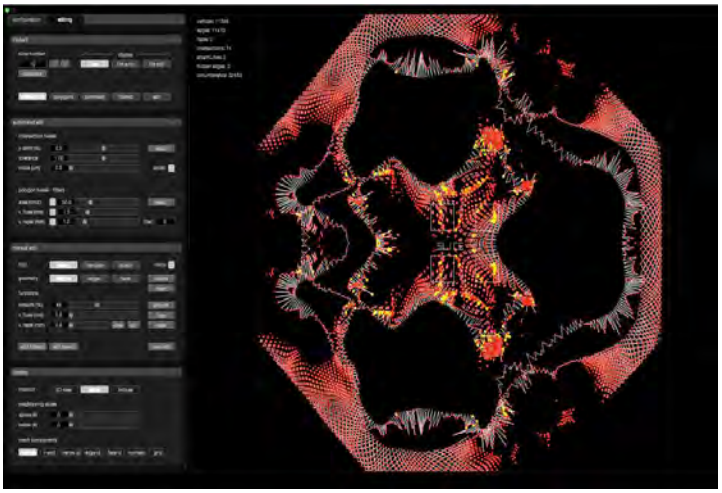


Figura 68: Aplicativo desenvolvido por Hansmeyer para desenhar as colunas. Na imagem é possível notar a ferramenta de fatiamento, que prevê o corte a ser realizado, na etapa de fabricação 2D. Fonte Hansmeyer, 2013, p.24

O algoritmo programado por Hansmeyer consistia de regras as quais, de maneira iterativa, aprimoravam uma estrutura partindo de uma informação original e modificando-a em um processo evolutivo. A partir dessas regras a forma sofria, a cada geração, subdivisões, assumindo novas configurações e gerando formas extremamente detalhadas em escala bastante reduzida. O papel de Hansmeyer, conforme ele mesmo destaca (HANSMEYER, 2013, p.22), foi o de criador de um processo desenhado para criar um objeto. Esse processo metacriativo podia ser ajustado a qualquer momento pelo criador, de maneira que novas famílias de esculturas pudessem ser criadas. Aqui podemos fazer uma aproximação: o conceito de genótipo como sendo o processo codificado no algoritmo, e de fenótipo as esculturas resultantes, que, por seguirem uma estratégia inicial estabelecida, são familiares, porém possuiam qualidades individuais resultantes das adaptações e variações sofridas durante a geração da forma.

> "The resulting column has a distinct language of form, unlike anything created by traditional processes. It exhibits highly specific local conditions as well as an overall coherency and continuity. Its ornament is in continuous flow, yet consists of very distinct local formations. The geometric complexity of the column contrasts with the simplicity of the generative process and the initial input. It strikes a balance between order and chaos"[27]. Hansmeyer, 2013, p.22

Uma vez que os modelos estavam finalizados, o arquiteto materializou as colunas em tamanho real utilizando o sistema de corte 2D. O cálculo do caminho a ser cortado pelo *laser* não foi imediato. Primeiramente planos eram previstos pela intersecção com a superfície tridimensional da coluna. O caminho de linhas resultante precisava ser testado e combinado em polígonos, eliminando-se qualquer outro detalhe que pudesse ficar escondido no interior da coluna (ver Figura 69). Esse processo era importante para simplificar ao máximo o desenho das milhares de lâminas a serem cortadas, consumindo menos tempo de produção. O modelo digital era então fatiado horizontalmente em 2.700 lâminas cortadas em papel cartão cinza de 1 milímetro de espessura. As lâminas eram empilhadas com o auxílio de gabaritos projetados no interior da forma (ver Figura 70). Esses vazios no interior da forma tiveram uma segunda função: tornar o conjunto das lâminas mais leve de se transportar. O tamanho final das colunas era de 2,70 metros e uma largura máxima de 50 x 50 centímetros (ver Figura 71).

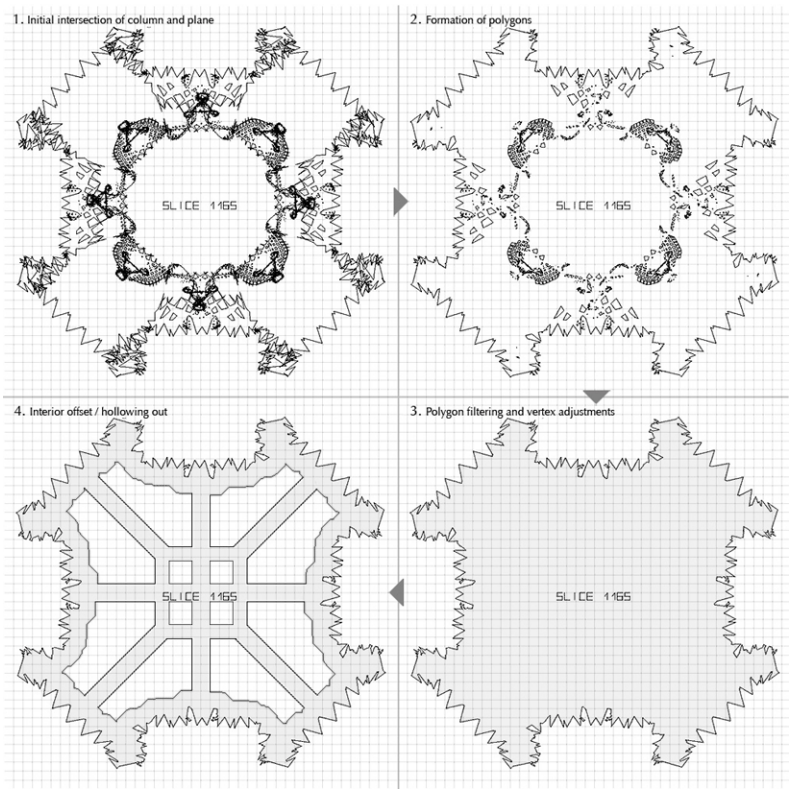


Figura 69: Etapas de simplificação das lâminas: 1) intersecção da coluna com o plano; 2) formação de polígonos; 3) filtragem de polígonos e ajuste dos vértices; 4) inserção de gabaritos no interior da lâmina.
Fonte: < http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns>

27 "A coluna resultante possui uma linguagem distinta de forma, diferentemente de qualquer coisa criada por processos tradicionais. Ela exibe condições locais muito específicas, bem como uma coerência e continuidade em sua forma. Seus ornamentos estão em um fluxo contínuo, mas consistem em formações locais muito distintas. A complexidade geométrica da coluna contrasta com a simplicidade do processo gerador e a entrada de dados inicial. Ela estabelece um equilíbrio entre ordem e caos." (T. A.)

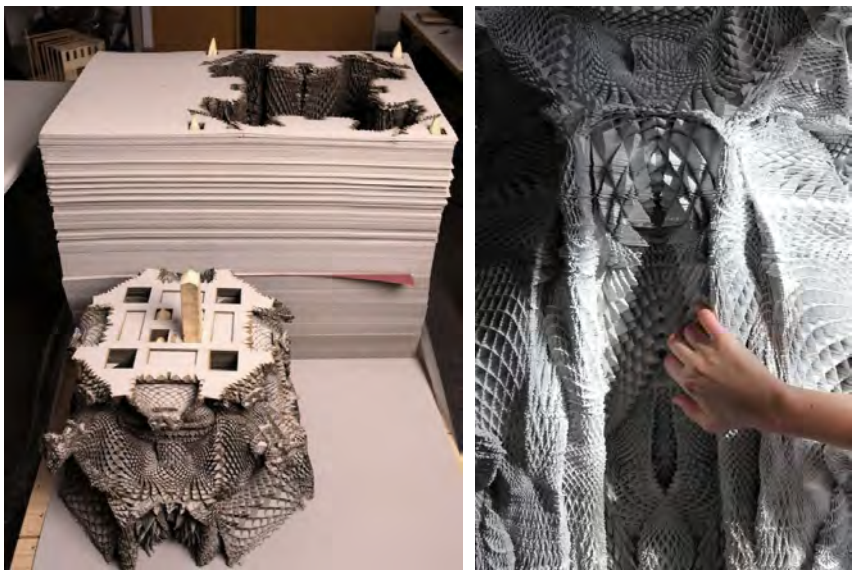


Figura 70: Empilhamento das lâminas utilizando furo como gabarito e detalhe da escultura montada.
Fonte: <http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns>

Figura 71: Michael Hansmeyer, "Subdivided Columns" (2010).
Fonte: < http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns>

Os artistas holandeses Erwin Driessens (1963-) e Maria Verstappen (1964-) exploram mecanismos generativos que, de maneira autônoma, operam processos criativos na arte gerando formas sempre originais. A inspiração nos processos naturais é patente, porém, ao invés de reproduzirem fenômenos físicos e químicos no ambiente computacional, eles descrevem processos fictícios definindo uma natureza artificial. Conforme Driessens & Verstappen (s.d.), o interesse principal dessa escolha seria a de tornar visível a estrutura interna dessa natureza por eles idealizada por meio de resultados visuais que "[...] arise from a logical and direct use of the medium and its formal visual means"[28]. Devido ao caráter generativo do processo criativo associado a processos computadorizados utilizado pelos artistas, a forma é mais "descoberta" do que "criada". A associação da fabricação digital com o processo generativo de criação utilizado por Driessens e Verstappen se justifica pela necessidade de representar no plano físico a forma complexa produzida nesse ambiente artificial.

28 "[…] surgem de uma utilização lógica e direta do meio e dos seus meios visuais formais." (T. A.)

> "In much of the rhetoric around 3Dprinting and other forms of digital fabrication, there is a narrative of "materialization," the making physical of an intangible digital form [...]. This narrative plays an explanatory (and marketing) role, but it also reinforces a simple-minded distinction between the physical and the digital. [...] Certainly digital models are translated into physical forms; but equally the physical domain "reaches back" through the process."[29] (WHITELAW, 2015, p.310)

As obras "Breed" (1999) e "Accretor" (2012) realizadas por Driessens e Verstappen demonstram justamente essa relação recíproca entre o digital e o físico, pois desafiam a capacidade tecnológica de sua época à medida que apresentam uma progressiva complexidade da imagem digital a ser materializada como uma escultura tridimensional. Quanto maior a complexidade da forma, mais é exigido do processamento computacional no fluxo CAD/CAM da informação digital.

A obra "Breed" (1999)[30] não é uma escultura, mas um programa desenvolvido para gerar esculturas pelo método aditivo de fabricação. Esse programa, como o próprio nome sugere, é um sistema criador de formas que se apresentam no plano tridimensional e se baseiam em conceitos de algoritmos genéticos e autômatos celulares. O programa, que tem início com uma única célula ou volume cúbico, prevê a subdivisão deste em 8 partes menores que podem representar individualmente espaços cheios ou vazios. Cada uma das células "cheias" resultantes é então subdividida obedecendo a um mesmo genótipo de uma lógica evolutiva que procede ciclicamente à medida que a forma se torna cada vez mais detalhada. A essa característica de se procriar como uma forma cada vez mais definida, se somam regras que se estabelecem na relação entre as células "cheias" e as células vizinhas "cheias" ou "vazias", possibilitando uma nova variável que complexifica ainda mais a morfologia da estrutura, que agora já não se assemelha ao cubo original, e cuja forma é intercalada por espaços vazios e cheios. A combinação de conceitos de autômatos celulares permitiu incutir uma variedade e uma indeterminação na forma determinística associada aos parâmetros genéticos previamente estabelecidos. Ou seja, o fenótipo (forma cheia ou vazia resultante da reprodução) tem um importante papel na determinação da forma do conjunto a ser desenvolvido. O controle dos artistas sobre a forma é indireto, pois eles estabeleceram critérios de seleção que eram passíveis de modificação a depender da configuração e da integração das células vizinhas, evoluindo para formas imprevisíveis e complexas.

Séries compostas de esculturas singulares foram produzidas pelo programa "Breeder". Basicamente, as formas eram escolhidas pelos artistas de modo a serem materializadas pelo método aditivo de fabricação. A série intitulada "Breed 1.1" (ver Figura 72) foi materializada em 2001 por meio da técnica de Sinterização Seletiva a *Laser* (SLS), que, devido a sua precisão, permitiu reproduzir esculturas com uma média de $10cm^3$ solidificando grânulos de nylon com *laser* de CO_2. Em 2007, os artistas produziram uma nova série de esculturas intitulada "Breed 1.2" (ver Figura 73), desta vez patrocinados pela Fundação Holandesa para

---

29 "Em grande parte da retórica a respeito da impressão 3D e outras formas de fabricação digital, há uma narrativa de 'materialização', do tornar físico uma forma digital intangível [...]. Essa narrativa desempenha um papel explicativo (e de comercialização), mas também reforça uma distinção simplória entre o físico e o digital. [...] Certamente, modelos digitais são convertidos em formas físicas; mas igualmente o domínio físico 'remonta ao digital'
por meio do processo." (T. A)

30 A leitura dessa obra se baseia na descrição realizada por Whitelaw (2006, p.158-162).

Artes Visuais e Arquitetura (Fonds BKVB), utilizando a técnica de impressão 3D em aço inoxidável[31]. As esculturas produzidas por esse método tinham em média 8cm³.

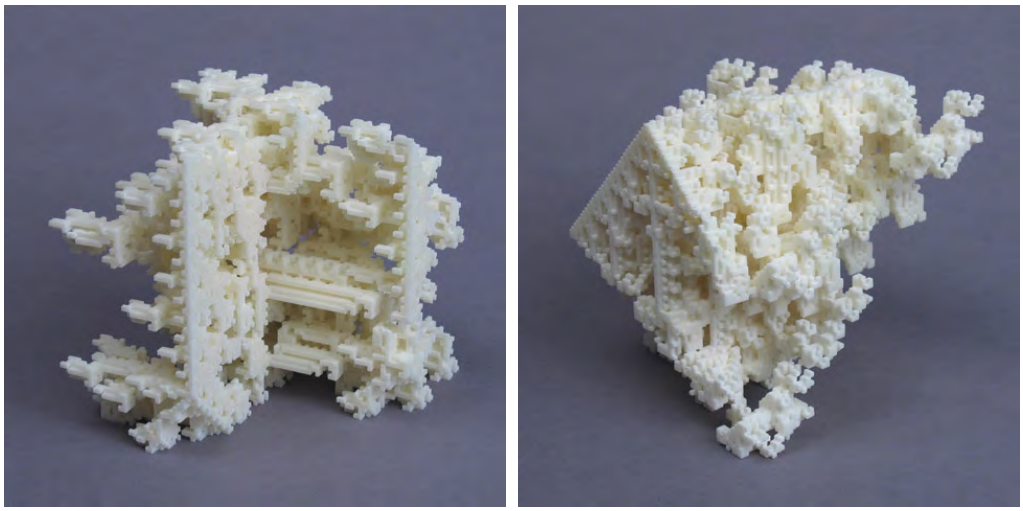


Figura 72: Da série "Breed 1.1" (2001): esquerda, SLS045; direita, SLS235.
Fonte: < https://notnot.home.xs4all.nl/breed/BREEDmodels.html>

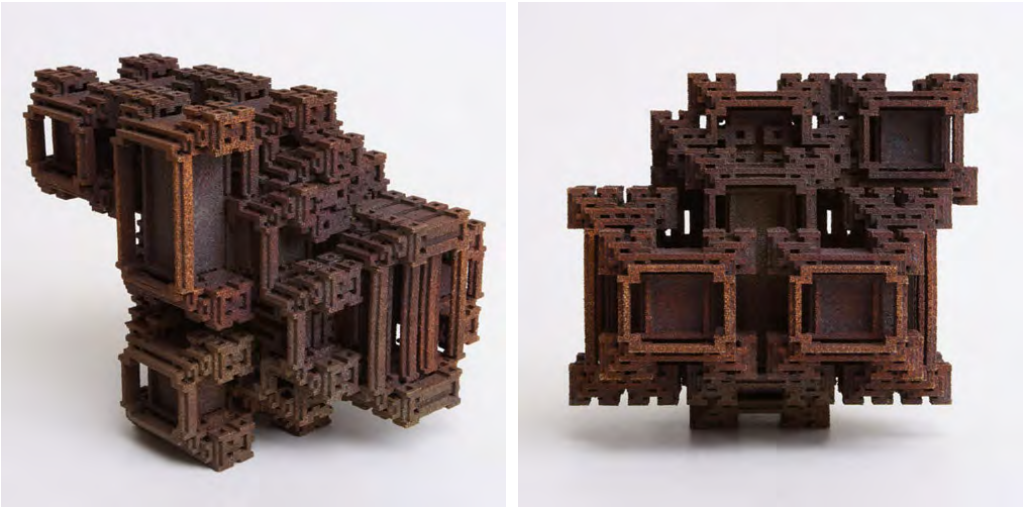


Figura 73: Da série "Breed 1.2" (2007): duas vistas do e234.
Fonte: < https://notnot.home.xs4all.nl/breed/prometal.html>

O programa "Accretor" (2012)[32] (ver Figura 74 e 75), assim como o "Breeder", é um *software* gerador de formas complexas, mas que se difere deste último por agregar novas partículas de dentro para fora, ao invés do contrário. As esculturas são formadas pela agregação de milhões de partículas ou células em um formato cúbico, o que torna as formas resultantes ainda mais intrincadas que as esculturas desenvolvidas

31 A partir desse método, um recipiente contendo grânulos de aço inoxidável, após nivelada pela superfície, receberá o contato numericamente controlado de um cabeçote que ejeta com bastante precisão um líquido aglutinante na superfície bidimensional do recipiente. Após cada camada ser "impressa", aquecedores secam a superfície para que uma nova camada com uma fração de milímetro de grânulos seja novamente sobreposta à antiga superfície, e a "impressão" da nova camada possa novamente começar. O processo se repete até que a última camada do objeto original seja impressa. Antes de retirar a peça do recipiente, este é levado a um forno que irá aquecer o conjunto a uma temperatura de 176ºC por 24 horas, para evaporar a umidade, endurecendo a substância aglutinante. Ao retirar a peça do recipiente ela ainda continua frágil, e passa por um processo de infusão em bronze, que, ao ser aquecido em mais de 1.000ºC por mais 24 horas, ganha resistência ao absorvê-lo.

32 A leitura dessa obra se baseia na descrição realizada por Whitelaw (2015, p.307-312).

em processos anteriores. O *software* começa com uma primeira célula, chamada de "semente", posicionada em um *grid* tridimensional. Novas partículas são adicionadas seguindo regras locais preestabelecidas. Essas regras tomam como referência a posição de cada célula em relação a sua(s) vizinha(s) de modo a determinar a adição de novas células um ciclo por vez. O mesmo cálculo é realizado localmente para cada uma das células, em um processo progressivo e contínuo. Assim como em "Breed", a reprodução das células é um processo determinístico e previsível, porém as diferentes características morfológicas da escultura são produzidas de ciclo em ciclo a partir da interação local entre células vizinhas. Conforme Whitelaw (2015, p.308), uma determinada regra local pode modificar as células para um estado que aciona uma segunda regra, que por sua vez pode acionar uma terceira ou quarta, e assim continuamente. Todas essas regras, inclusive o posicionamento da primeira semente, são determinadas automaticamente pelo programa.

> "In Accretor's three-dimensional space, however, each cell has 26 neighbors, resulting in some 130 million (2^{26}) possible neighborhoods; rules addressing each one would allow the widest range of possible forms, but working with such a large rule set becomes impractical. A totalistic approach compresses the rule set, but greatly limits the range of possible outcomes. The artists' innovation here is a 'semi-totalistic' CA, in which the six face, twelve edge, and eight corner neighbors are counted separately, and a single rule set accounts for all 576 permutations of these totals. [...] Even with these constraints, the total number of possible rules (and thus growth processes) is an immense 2^{576}.[33]" (WHITELAW, 2015, p.308)

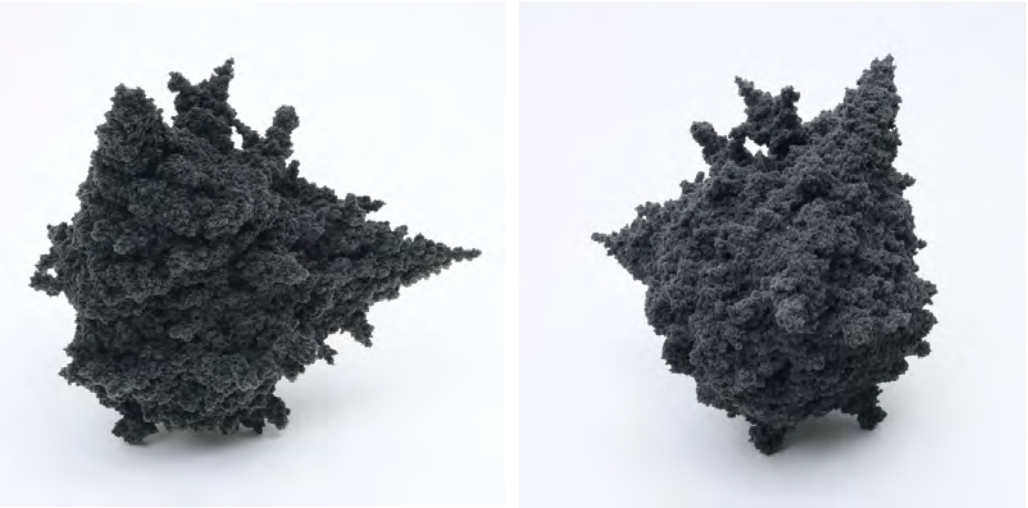


Figura 74: Duas vistas do "Accretor #5188-3".
Fonte: <https://notnot.home.xs4all.nl/accretor/Accretor.html>

33 No espaço tridimensional do "Accretor", no entanto, cada célula tem 26 vizinhos, resultando em cerca de 130 milhões (2^{26}) possíveis vizinhos; regras individuais permitiria a mais ampla gama de formas possíveis, mas trabalhando com um conjunto tão grande de regras torna-se impraticável. Uma abordagem totalitária comprime o conjunto de regras, mas limita consideravelmente a gama de resultados possíveis. A inovação dos artistas é um 'CA [celular automata] semi-totalista', em que para cada uma das seis faces, doze arestas e oito cantos vizinhos são contadas separadamente, e um único conjunto de regras é determinado para todas as 576 permutações desse total. [...] Mesmo com essas restrições, o número total de possíveis regras (e, portanto o processo de crescimento) é um imenso 2^{576}" (T. A.)

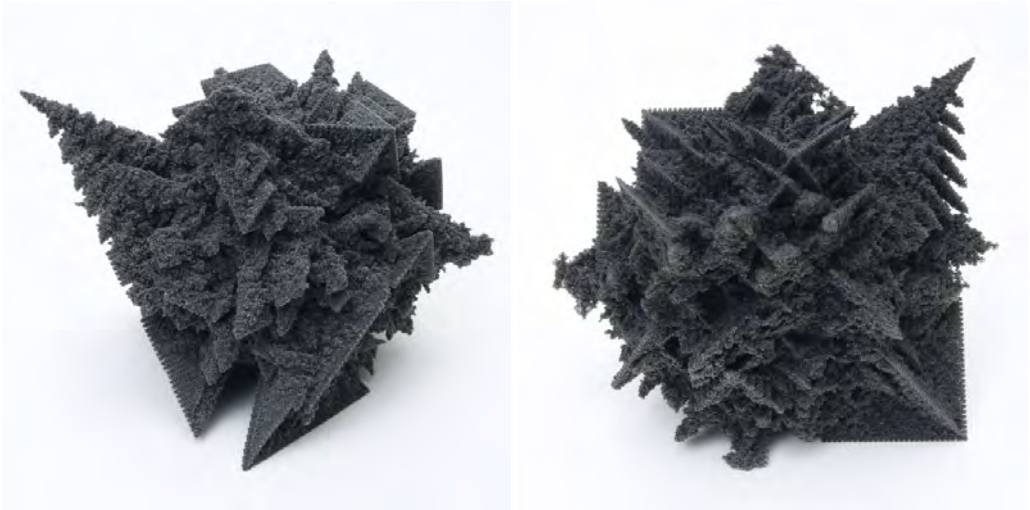


Figura 75: Duas vistas do “Accretor #2777-4”.
Fonte: <https://notnot.home.xs4all.nl/accretor/Accretor.html>

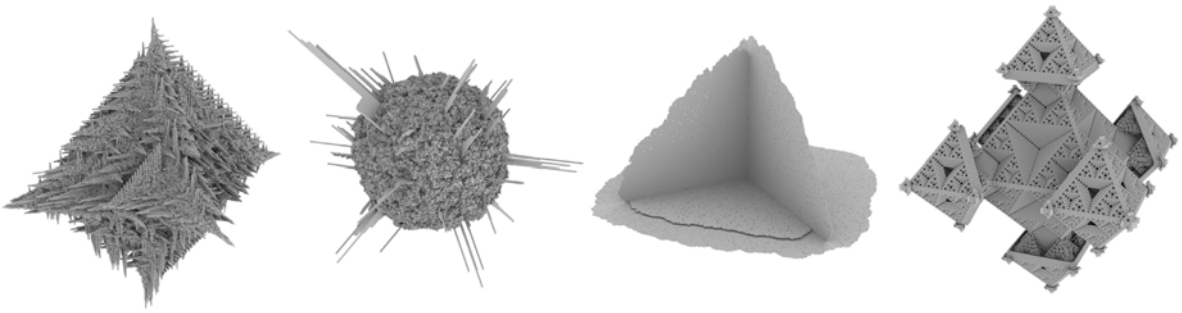


Figura 76: Um exemplo de formas geradas pelo “Accretor” que não foram selecionadas pelos artistas. É possível notar que as formas variam em termos de regularidade e desordem. Fonte: Whitelaw, 2015, p.309

Um conjunto de células que passou por milhões de ciclos assume uma forma complexa e humanamente impossível de se prever. Ela exige do computador uma enorme capacidade de processamento, necessitando de máquinas mais potentes do que aquelas a que a maioria das pessoas tem acesso. O programa chega a calcular por antecipação resultados posteriores de modo a prever possíveis erros ou incompatibilidades quando da interpretação do arquivo digital pela impressora que irá materializá-lo (ver Figura 76). A escultura escolhida é afinal impressa em resina acrílica. Conforme Driessens e Verstappen (2012), todo o processo desde o desenho da forma até a sua execução é automatizado – “the industrial production of unique artifacts”[34]. Uma primeira versão de “Accretor” foi realizada em 2012 e uma segunda versão em 2013. A primeira utilizou uma técnica de fotopolimerização, ou Estereolitografia (SLA), com material de suporte, imprimindo duas qualidades de resina simultaneamente. A resina de suporte, removível com água, foi utilizada para suportar detalhes do objeto que poderiam apresentar instabilidade durante a impressão. As esculturas produzidas pelo “Accretor” possuem aproximadamente 15cm^3 e são compostas de 8 a 12.5 milhões de partículas ou células cada um.

34 “a produção industrial de artefatos únicos” (T. A.)

A obra "Accretor" demonstrou que o nível de complexidade que uma forma pode alcançar pode ser um real entrave para a efetivação da fabricação digital por meio de impressão. Não no sentido de que a forma complexa não possa ser reproduzida – pois com o fatiamento do objeto tridimensional e/ou sua conversão em Código G[35] essa possibilidade sempre existe –, mas no sentido de que, a depender do grau de detalhamento da forma, esta pode chegar a um ponto de sobrecarregar um processador considerado ultrarrápido. Sabe-se que esse tipo de problema tende a se dissipar à medida que a computação evoluir, mas por agora pode-se pensar que, na prática, ainda estamos longe de estabelecer correlações de ordem artificial com os processos naturais, cujas leis e variáveis não podem ser decifradas por uma visão descentralizadora, mas é possível se aproximar deles pelo aprimoramento dos sistemas artificiais. Nesse sentido, o artista que interage com sistemas artificiais acaba por interpretar uma nova forma de criação, propor novas leis e explorar as imagens emergentes desse sistema não como obras finais, mas como imagens que possuem registrada em sua forma a inscrição de um processo. Os artistas exploram a natureza de maneira não predatória mas curiosa, buscando de maneira cooperativa compreender sua lógica, e com isso acaba descobrindo novas formas de operar sua poética criativa.

3.4. Desafios na utilização da fabricação digital

Desde o início desta tese, delineia-se um caminho para apresentar as relações do artista com meios automatizados que, vistos como sensores ou extensores, passam a ser utilizados como transdutores que o intermedeiam com o mundo. Atrelada a cada novo instrumento está sua necessária adaptação para a linguagem de um sistema de produção, que por sua vez permite uma diferenciada gama de descobertas criativas ao artista. A transição para um novo sistema de produção operado por máquinas, em um primeiro momento, sinaliza uma ruptura com a produção artesanal do objeto único. Porém, como pode ser visto até aqui, principalmente com a introdução dos meios digitais, artistas precursores procuraram, no âmbito desses novos meios, resgatar o seu papel de criador da imagem, evitando o automatismo e o anônimo. Sabe-se que esse processo de descoberta vivenciado pelos artistas pioneiros no uso dos meios digitais era muito difícil e limitado, devido a uma sistematização e uma complexidade que somente com os anos foi se modificando, tornando-o acessível pelo desenvolvimento de interfaces mais amigáveis ao usuário. O que interessa aos artistas nessa parceria com a tecnologia é a exploração de características como o detalhe, a precisão e a qualidade de um trabalho impossível de se obter de outra forma (McCULLOUGH, 1996, p.20).

> "In digital production, craft refers to the condition where people apply standard technological means to unanticipated or indescribable ends. Works of computer animation, geometric modeling, and spatial databases get 'crafted' when experts use limited software capacities resourcefully, imaginatively, and in compensation for the inadequacies of prepackaged, hard-coded operations"[36] (McCULLOUGH, 1996, p.21)

35 O Código G tem a função de listar todas as etapas a serem realizadas pela máquina CNC ao fresar e/ou formar um material, como uma espécie de lista com os caminhos a serem seguidos (GARBER & ROBERTSON, 2009, p.15)

36 "Na produção digital, artesanal refere-se à condição em que as pessoas aplicam meios tecnológicos padrão para fins não previstos ou não descritos. Trabalhos de animação por computador, modelagem geométrica e bancos de dados espaciais se tornam 'artesanais' quando especialistas usam as capacidades limitadas de um *software* de maneira criativa, imaginativa, e em compensação pela insuficiência das operações codificadas e pré-programadas." (T. A.)

Esse trabalhar cooperativamente e localmente contra uma redundância programada é uma maneira de se impor em relação a uma cadeia produtiva característica dos tempos atuais. Os meios digitais de criação e fabricação consolidaram essa acessibilidade ao artista, mas ao mesmo tempo cobraram um conhecimento especializado para que este pudesse alcançar uma almejada liberdade criativa em meio à lógica programática do sistema. A fabricação digital permite ao seu operador a realização de diversas combinações na configuração do objeto material. As diversas interfaces a ela associadas tornam o computador menos opressor, permitindo a captura da informação digital por meios sensórios via digitalização ou sensores de presença. Esse processo que contribui para a obtenção e manipulação do modelo virtual encontra nas técnicas de fabricação digital uma possibilidade de desdobramento no plano físico, permitindo intervenções durante o percurso de criação. Dessa forma, quando o artista produz a imagem por meios digitais, a ele não são impostas etapas definidas, pois estas se combinam e entrecruzam.

Quando o controle do objeto "volta" para as mãos do artista na era pós-industrial, amplia-se a sua potencialidade em relação à matéria produzida, e a sua atividade se complexifica, com um maior poder de decisão sobre o objeto produzido. Trata-se de um salto[37] em relação às tradicionais possibilidades de manipulação e informação da matéria. É o artista quem decide se o objeto será produzido integralmente em base digital ou se passará por etapas intermediárias de intervenção manual. Muitos artistas mesclam o uso de ferramentas tradicionais com equipamentos digitais de alta precisão. Chega-se a conclusão de que a participação do homem/produtor, uma vez fragmentada pelo advindo das máquinas, hoje é lateral em termos de controle, mas conta com um domínio controlado e preciso das máquinas digitais. A força motriz do homem não é tão solicitada, mas espera-se que o artista, além da atividade criadora, crie estratégias para melhorar sua maneira de produzir, associando diferentes processos digitais a depender de material, tempo, verba e resultado que espera de sua obra. O artista pode optar por trabalhar parcialmente com o uso da tecnologia, combinando a ela sua força motriz, como visto na obra de Laurita Salles, ou então substituir em sua totalidade a intervenção física, ao produzir a obra integralmente em meio digital, como preferem os artistas Erwin Driessens e Maria Verstappen.

Para o artista americano Shane Hope, sua obra "Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1" (ver Figuras 77, 78 e 79) só faz sentido após sua intervenção com colagens e pinturas sobre modelos moleculares criados artificialmente por códigos em nanoescala e produzidos em impressoras que ele mesmo montou. A tinta é utilizada não apenas em sua função original mas para fixar as peças realizadas pela impressora. Seus quadros em relevo lembram recortes de um mundo artificial ampliados por um microscópio. A intenção do artista é a de manipular os átomos não apenas no nível do código mas combinando suas diferentes estruturas em um conjunto harmonioso. As etapas de produção da obra, que seriam a escrita do código, a renderização e o processamento dos arquivos, a impressão das partes componentes, a pintura e a composição, muitas vezes se sobrepõem, não sendo linear, podendo levar até um mês para a finalização de cada relevo. Os modelos derivam de algoritmos baseados em Nanotecnologia Molecular (*Molecular Nanotechnologies* – MNT) que permitem ao artista realizar formas de maneira ascendente a partir de modificações no nível do átomo. Além dos modelos moleculares que Shane realiza, ele também se apropria de modelos tridimensionais existentes de, por exemplo, proteínas e ácidos nucleicos em bancos de dados. Uma vez realizada

37 Não se pretende aqui declarar que a utilização dos meios digitais sejam melhores que os meios tradicionais de criação, mas destacar as potencialidades que essa nova forma criativa pode agregar.

a seleção de modelos, o artista realiza, por meio de algoritmos, uma visualização de possíveis representações. Para conseguir esse tipo de representação, Shane utiliza *software* e dispositivos científicos que não possuem uma interface amigável e que, portanto, demandam do artista um conhecimento em áreas como a da biologia sintética. O artista repropõe a linguagem da modelagem molecular apenas o suficiente para transmitir a mensagem de que é possível modificar a matéria.

Figura 77: Shane Hope, "Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1" (Detalhe).
Fonte: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/shane-hope-collages>

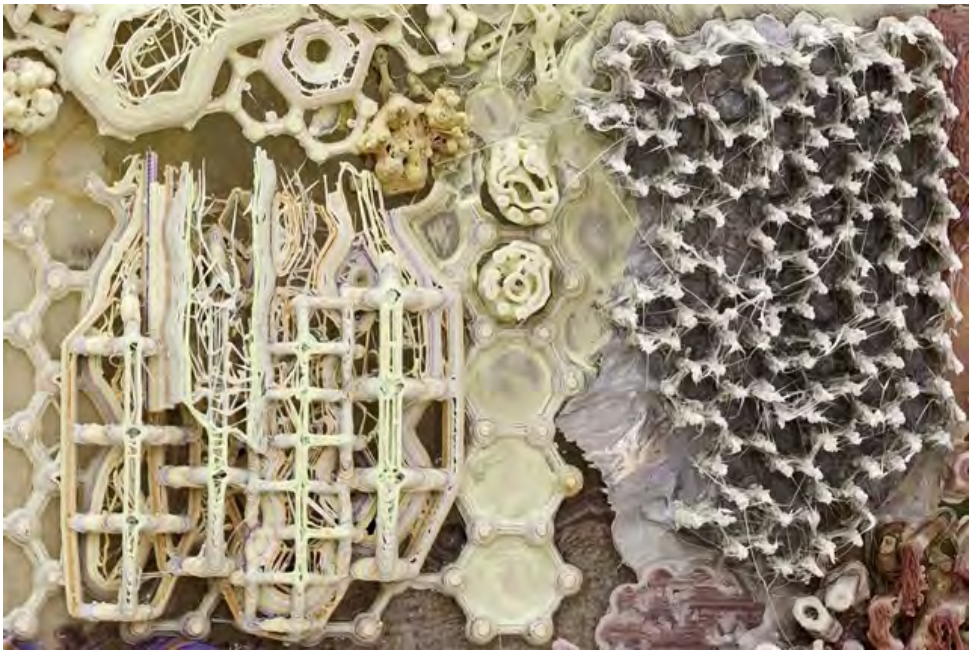


Figura 78: "Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1" (Detalhe).
Fonte: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/shane-hope-collages>

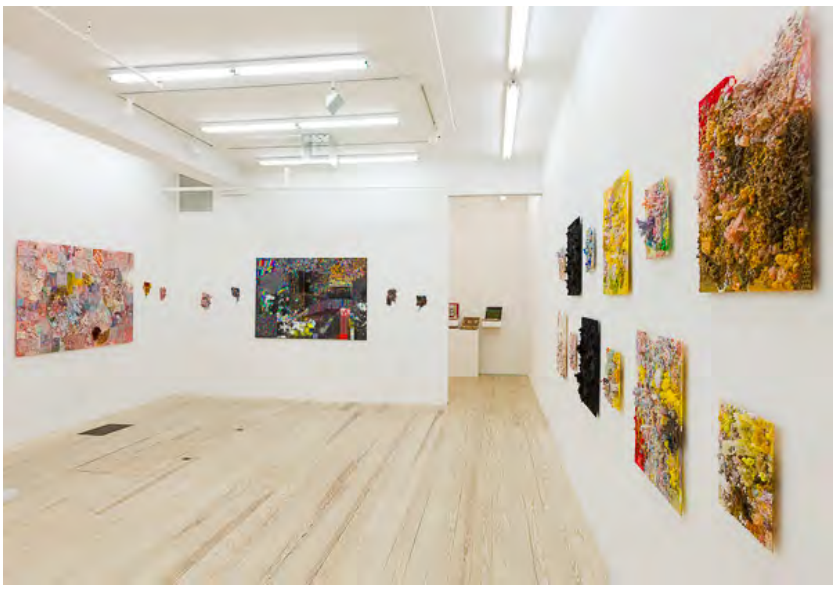


Figura 79: Vista da exposição "Nano-Nonobjective-Oriented Ontographs and Qubit-Built Quilts" (2013) de Shane Hope no Winkleman Gallery. Fonte: http://www.winkleman.com/exhibitions/782/images/27453

Com essa nova possibilidade da produção digital redefine-se a lógica do múltiplo sempre igual, resultante de uma fabricação de modelos idênticos baseados em uma única matriz, para a noção de personalização em massa, característica da fabricação digital. Essa mudança afeta os artistas que, de modo a concretizar formas, recorriam a caras soluções industriais para a produção estandardizada, ou à produção artesanal que nem sempre alcançava o nível de detalhe desejado. A fabricação digital não necessita de moldes ou de uma tiragem mínima; sua única imposição é que o modelo digital a ser produzido seja corretamente convertido para o formato compreendido pela máquina a ser utilizada, para que esta possa gerar o artefato físico, ou seja, possa gerar um fluxo de informação (CAD/CAM). As diferentes técnicas possibilitam diferentes combinações de materiais e acabamentos a custos variados e em um tempo relativamente rápido. A fabricação digital permite que um objeto existente apenas no plano virtual possa se tornar físico redefinindo a função das esculturas no meio artístico:

> "Digital sculptors work in a medium of repetition with, arguably, no original object and infinite reproducibility. In their raw states, RP sculptures seem to deny the sculpted material's aura of authenticity (as posited by Walter Benjamin), especially as the electronic data used to make these works can be shared instantly across the globe and, theoretically, reproduced by anyone"[38]. (GANIS, 2004, s/p)

A não autenticidade das esculturas realizadas pela fabricação digital, como sugerido pelo historiador de arte William V. Ganis (2004, s/p), se dá no sentindo de a obra derivar de um arquivo digital que pode ser facilmente replicável, o que tornaria as obras produzidas por esse meio passíveis de dúvida quanto a sua autenticidade. Partindo deste pressuposto, muitos artistas acreditam que a execução da obra não deveria se encerrar apenas em um processo de fabricação digital, mas, devido à flexibilidade por ela permitida, po-

38 "Escultores digitais trabalham em um meio de repetição em que, sem dúvida, nenhum objeto é original, estando sujeito a infinita reprodutibilidade. Em seu estados bruto, as esculturas [produzidas por prototipagem rápida] RP parecem negar a aura de autenticidade do material esculpido, [...] especialmente porque os dados eletrônicos usados para fazer estas obras podem ser compartilhados instantaneamente em todo o globo e, teoricamente, reproduzido por qualquer pessoa." (T. A.)

deria incorporar intervenções manuais ou até mesmo digitais no decorrer do processo. Uma vez no campo do intrincado meio digital, em que se pode a todo momento propor reconfigurações na base algorítmica da imagem, abre-se uma série de possibilidades de formas que subvertem a infraestrutura normal de um artista escultor que se baseia em técnicas tradicionais de produção. Nesse novo cenário possibilitado pelo digital, a autenticidade não necessariamente se encontra no original, mas pode surgir das diversas adaptações e recorrências de um sistema engendrado pelo artista.

Hoje em dia é mais comum encontrar equipamentos de fabricação digital em laboratórios de universidades ou laboratórios dedicados em departamentos de Artes Visuais pelo Brasil. Os artistas que não são estudantes mas que pretendem utilizar tal tecnologia e não a possuem em um laboratório próprio, acabam por procurar *bureaus* ou sociedades que implementam o uso compartilhado desse tipo de máquina.

A fabricação digital, cada dia mais acessível em laboratórios voltados para a comunidade, permite a qualquer um ter acesso à criação e materialização de modelos digitais. Indo na contramão das tendências comerciais das tecnologias de fabricação digital, os artistas não se identificam tanto com a progressiva agilidade da ferramenta, mas sim com as possibilidades permitidas pela cada vez maior flexibilidade dessa tecnologia.

Capítulo 4

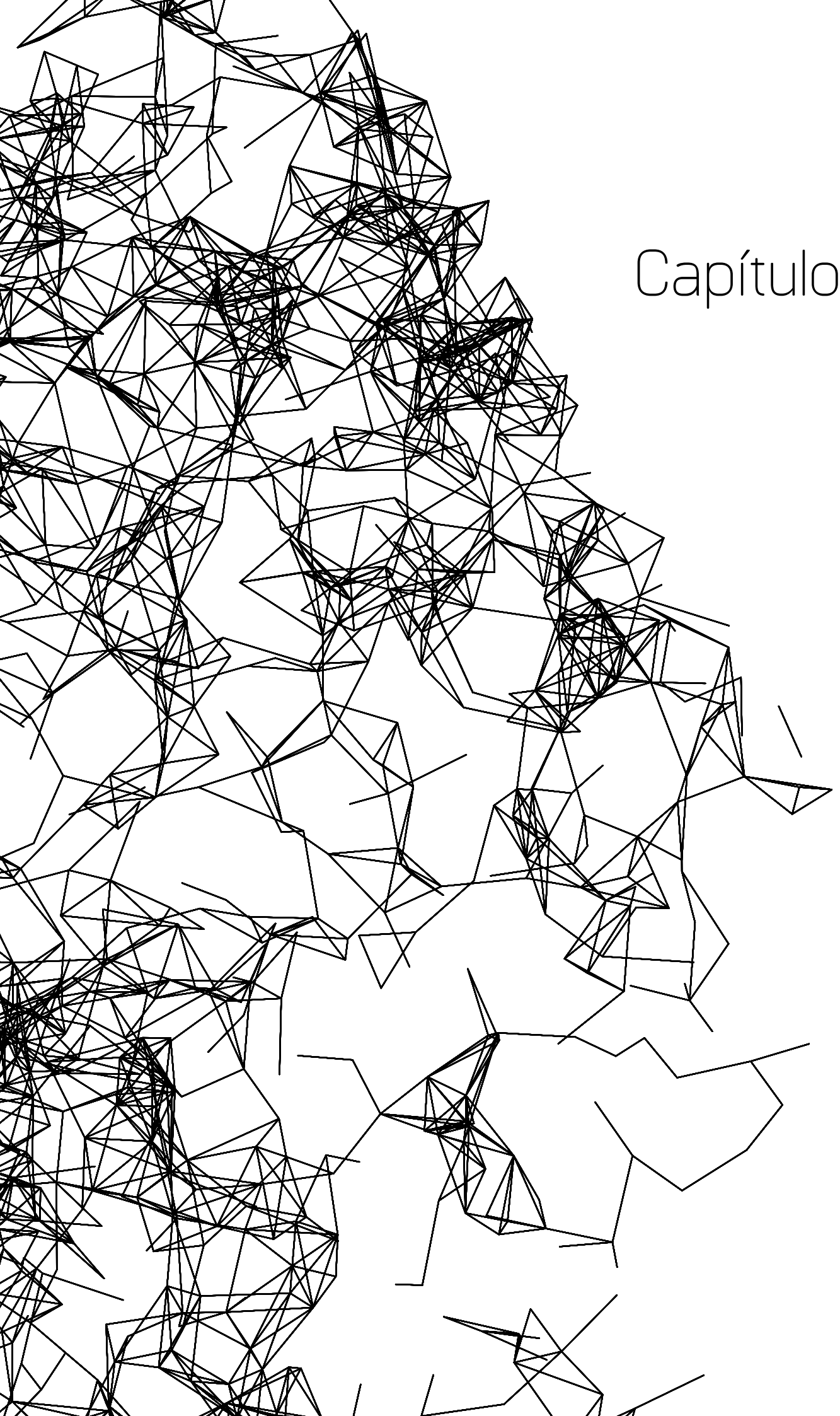


imagem gerada no processing de acordo com o processo DLA (Diffusion-Limited Aggregation)

EXPERIMENTOS E OBRAS SOBRE A CRIAÇÃO E A MATERIALIZAÇÃO DA IMAGEM DIGITAL

> "A técnica avança apagando suas marcas e quanto mais reforça sua influência, tanto mais se escamoteia a si mesma. À medida que cresce nosso domínio sobre as coisas, diminui nossa aptidão para dominar, nem que seja pela inteligência, esse mesmo domínio." (Debray, 1993, p.261)

Este capítulo tem o propósito de reunir estudos de caso que demonstram como a pesquisa, a exploração e a experimentação das novas tecnologias digitais oferecem novas oportunidades criativas para o artista. Como apresentado nos capítulos anteriores, é cada vez maior o número de obras artísticas derivadas da colaboração da arte com disciplinas tecnológicas e científicas. Reforçando o conteúdo contextual, teórico e técnico a esse respeito, o presente capítulo pretende, por meio da leitura de obras, apresentar o processo como elemento fundante da obra artística dos meios digitais. Supõe-se que pela apreensão das obras elencadas neste capítulo será possível embasar a prática artística na interação com a máquina como um fator resultante das interações entre a Arte, a Ciência, a Tecnologia.

Da mesma maneira que o computador inaugurou novos processos de criação, ele também tornou frequente o trabalho colaborativo do artista com pessoas de outras áreas e especialidades, promovendo uma diversidade de métodos e estratégias no uso criativo das tecnologias. A fabricação digital é introduzida nesta tese como instrumento que permite ampliar as possibilidades de se pensar a imagem digital e a harmonização entre os processos computacionais CAD/CAM que se apresentam como complementares à prática artística. Decorrente dessa complementaridade está a possibilidade de se elaborar e materializar imagens que desafiam os limites do artista-artífice, as quais ganham autonomia. Esse tipo de obra não se limita a técnicas de produção ou a formação de teorias, mas reflete sobre o processo como resultado criativo da interação do homem com a máquina.

No sentido de viabilizar essa prática é que artistas têm cada vez mais frequentado laboratórios, *bureaus* ou ateliês que possuem equipamentos de fabricação digital, possibilitando pela experimentação o desenvolvimento de novos potenciais. No decorrer dos anos que compreenderam esta pesquisa, notou-se um acentuado surgimento de laboratórios de fabricação digital pelo Brasil, financiados pelo governo ou por fundos de investimento científicos e/ou acadêmicos. Os experimentos conduzidos pela autora durante os quatro anos de pesquisa só foram possíveis devido a essa abertura. Os experimentos se concentraram principalmente na prática da fabricação digital, como uma trajetória de abordagem prática para compreender os processos de criação estudados na tese. Também foram explorados conceitos de programação eletrônica, seguidos mais tarde pelos de emergência e autonomia da imagem.

Este capítulo é dividido em duas partes, que pretendem abordar as práticas criativas com base na tradução do pensamento criativo e com base na emergência. A primeira parte se baseia na convergência entre a fabricação digital e as Artes, sendo este o ponto de partida investigativo que suscitou a elaboração desta pesquisa. Mais especificamente, esta parte aborda a maneira como a tradução entre um campo imaterial

e físico é possibilitada quando o artista opera pelos meios digitais CAD/CAM. Para ilustrar essa prática, a autora relata o processo de criação de uma experimentação e uma instalação que articula a tradução de dados abstratos por meio da criação e da fabricação em base digital. A segunda parte se baseia na emergência como processo que garante complexidade e imprevisibilidade para a imagem. Dando prosseguimento ao percurso de descobertas explorado na pesquisa, o processo de emergência está necessariamente relacionado a comportamentos complexos que são possíveis de se simular por programas computacionais de código aberto ou pela programação direta do algoritmo. O artista que associa a imagem complexa com os métodos de fabricação digital, além de viabilizar a sua materialização, pode optar por representá-la em uma variedade de materiais disponíveis. De modo a ilustrar essas possibilidades, a autora realizou alguns experimentos, documentados nesta parte, que apesar de básicos procuram demonstrar as potencialidades da técnica. É nesse sentido, de ampliar tal abordagem, mas agora com uma prática efetivamente poética, que se achou apropriado apresentar uma sequência de obras do artista português Leonel Moura (1948-) que evidenciam diferentes maneiras de se representar a imagem emergente e imprevisível pelos meios digitais. O artista, de certa forma, associa as duas partes aqui apresentadas: tendo o domínio da linguagem formal familiar ao *software,* torna possível a tradução de seu pensamento criativo na produção de um processo que produz a si próprio de maneira emergente.

Os experimentos e obras aqui descritos não têm como objetivo, portanto, esgotar as possibilidades de aplicação das técnicas, nem apresentar o estado da arte do que há hoje disponível em termos de processos e linguagens. Trata-se de experimentos motivados pela descoberta de processos e diálogos promovidos de modo a "clarear" a tecnologia utilizada por artistas das mídias digitais na materialização da imagem virtual ou processada. Intenta-se, por meio da descrição da prática baseada em experimentos, compreender como o artista faz uso das tecnologias digitais em seu processo criativo. Além da obra de Leonel Moura, e dos experimentos realizados pela autora, tanto no campo da fabricação quanto da programação, este capítulo descreve a instalação sonora Analogias Sonoras (2015), realizada pelo grupo de pesquisa GP_ADMD (ECA-USP), que foi exposta durante o evento UVM2015 no CCBB em Brasília-DF.

4.1. Práticas criativas com base na tradução do pensamento criativo

Para se apontar a tradução é preciso inicialmente partir da assertiva de que o artista, para dar forma a sua sensibilidade, opera atrelado aos meios de representação e de pensamento de seu tempo, e que a cada período da história é construído a partir de um novo repertório de referências, com novos instrumentos e técnicas, e principalmente com novos conhecimentos e ideais. Isto posto, e tendo em vista a atual e ininterrupta complexificação dos meios, tem-se certo que aos artistas é oferecido um campo de tecnologias que lhe permitem explorar diferentes possibilidades de tradução. Ao se traduzir, o artista potencializa a obra, mas para isso espera-se que ele tenha familiaridade com os elementos codificados que constituem a linguagem do equipamento operado.

Nesse sentido, o experimento e a instalação a seguir apresentados procuram demonstrar um uso inventivo dos meios digitais de fabricação de modo a traduzir informações de cor e de som para formas não convencionais. Apesar de não lidarem com o conceito de imagem autônoma, tais práticas criativas pretenderam, pela mediação com processos tecnológicos, explorar formas de se traduzir informações de maneira prevista e calculada. Interessou nesses casos ter-se o controle sobre as etapas de tradução e não gerar uma imagem totalmente imprevista.

4.1.1. A materialização da obra de Victor Vasarely

A inspiração para esse trabalho surgiu de um *workshop* realizado pela autora em 2009 a respeito das linguagens de programação Gdlib, ImageMagick e Script Image Processing, ministrado por James Wallbank no Museu da Imagem e do Som (MIS). O resultado dessa participação, quando se deu seu primeiro contato com a programação, foi um conjunto de três imagens intitulado "Rearranging RGB" (ver Figura 80), envolvendo a reorganização dos dados de imagens tomando como parâmetro os canais RGB de cores de uma imagem digital original.

Todas as etapas de transformação da imagem foram realizadas por meio da programação, não existindo a possibilidade de se utilizar interfaces gráficas visuais como mediadoras da operação. Usando o *software* de programação "Image Magick", a imagem retangular original foi subdividida em módulos iguais a serem a seguir reorganizados em uma nova área, quase quadrada, e pela autora definida com 32 x 27 módulos. Os valores numéricos médios de cada módulo, referentes a suas cores individuais vermelho (R-0/255), verde (G-0/255) e azul (B-0/255), foram analisados e reorganizados pelo *software,* que deu saída a três diferentes composições de mesmo tamanho. Cada composição teve os seus módulos reorganizados de acordo com os valores, em ordem crescente, de um índice de cor separado (R, G ou B), respeitando-se a gradual intensidade da média de cor calculada para cada módulo. Dessa forma, o primeiro quadro seria uma organização dos índices do vermelho, o segundo dos índices do verde e o terceiro dos índices do azul.

Tal experimento permitiu que a autora pudesse explorar possibilidades de tradução e codificação à medida que se articulavam elementos codificados na linguagem de programação. Ficou claro nesse primeiro experimento que a ausência de uma interface gráfica permitiu uma maior liberdade em se atualizar novas propostas de maneira inventiva. Mas, por outro lado, limitou-se o acesso desse tipo de abordagem devido à dificuldade técnica que precisou ser vencida de modo a efetivamente ser possível a familiaridade com a linguagem. No caso do experimento realizado pela autora, este só foi possível com o apoio e as instruções do instrutor.

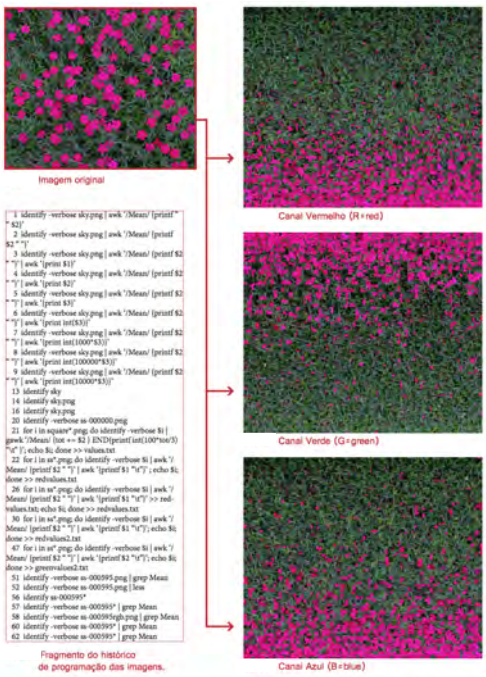


Figura 80: Trecho do código programado para a transformação da imagem original nas três diferentes reorganizações intituladas "Rearranging RGB". Fonte: acervo da autora

O experimento “Rearranging RGB” foi retomado pela autora da tese em 2012, decisão esta motivada pelas atividades prático-experimentais realizadas em um laboratório de fabricação digital no primeiro ano de realização da presente tese. Participaram desse experimento o arquiteto Henrique Stabile (na época mestrando da FAU-USP) e a Profª. Drª. Monica Tavares, professora do departamento de Artes Visuais da ECA-USP. Inicialmente pretendeu-se partir das imagens resultantes de “Rearranging RGB” para se propor uma nova tradução delas, porém agora para o plano físico e tridimensional.

Foi definido pelo grupo que nesse novo experimento a tradução dos dados das imagens digitais deveria ser realizada por meio de um processo de parametrização. Dessa forma, utilizando um *software* de modelagem 3D chamado Rhinoceros, em conjunto com um *plugin* de linguagem gráfica de programação chamado Grasshopper[1], seria possível efetivamente traduzir os dados da imagem em uma malha geométrica tridimensional. No ambiente do *software* foram definidos parâmetros de tradução da imagem como escala, nível de detalhes medidos em pontos na malha e o componente “Image Sampler”, que se baseia em um algoritmo utilizado para a conversão das cores provenientes da imagem original em vetores. No caso desse experimento, a intenção era converter os dados de cor em vetores de diferentes alturas a serem demarcadas na malha geométrica. O componente utilizado para a tradução do canal de cor permitia a tradução dos canais separados da imagem.

Então, nessa primeira configuração, foi acertado que o canal seria definido em correspondência com o canal da imagem original. Optamos por iniciar o teste com a tradução do canal azul de “Rearranging RGB” por meio do componente que filtraria apenas as informações desse canal. A imagem foi então interpretada pelo *software*, resultando em uma malha tridimensional com ondulações respectivas aos dados associados no processo de parametrização (ver Figura 81). Esse primeiro teste foi fresado em uma *router* CNC (fresadora de grande formato) em poliuretano e em escala reduzida, apenas para avaliarmos o resultado da tradução (ver Figura 82). Essa primeira tentativa não nos agradou, pois o resultado final pareceu muito abstrato quando comparado à imagem original. Decidimos então modificar a imagem de origem e não nos atermos à separação dos canais de cores como elemento de tradução, evitando assim obter imagens muito abstratas, que no plano tridimensional seriam mais difíceis de se identificar. Em um rápido teste, no qual reconfiguramos a função do componente de tradução de cor, percebemos que quando a tradução da imagem era feita com todos os canais somados (RGB), a semelhança com a imagem inicial era maior.

1 Desenvolvido em 2007 por David Rutten, trata-se de uma linguagem de programação visual composta por algoritmos generativos, numéricos, textuais, audiovisuais e hápticos que é utilizada como um *plugin* do *software* Rhinoceros3D na criação de formas bi ou tridimensionais.

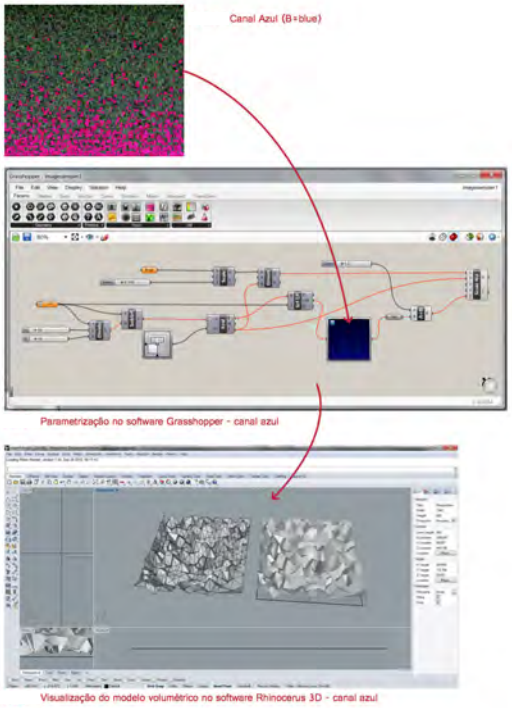


Figura 81: Parametrização do canal azul de “Rearranging Colors” no software Rhinoceros

Figura 82: Protótipo realizado em uma placa de poliuretano simulando o canal azul
(durante e após ser fresado em uma *router* CNC)

Essa nova versão[2] de tradução da cor de uma imagem em um plano tridimensional foi composta por uma série de experimentações artísticas. Por meio de transduções de informações do original, novos trabalhos foram gerados pela transposição de meio, considerando-se como parâmetro de tradução a variação de cor de fonte luminosa.

Para os próximos experimentos, foram escolhidas três obras do artista Victor Vasarely: “Vonal Alto”, de 1969; “Cheyt Pyr”, de 1970-1971, e “Enigma 5”, de 1974. O artista em questão é a principal referência do movimento artístico da década de 60 conhecido por Optical Art, ou Op Art. Suas obras sugerem movimento tomando como partido efeitos de ilusão de ótica. O artista realizou experimentos com cores ao estudar o movimento e a percepção. Mesmo produzidas no bidimensional, as obras escolhidas de Vasarely parecem

2 A leitura dessa segunda fase do experimento se baseia no artigo da autora com a coautoria da Profa. Dra. Monica Tavares e do arquiteto Henrique Stabile: HENNO, J. H.; TAVARES, M.; STABILE, H.. The transposition from colour to volume by means of digital fabrication: Op Art case study. In: 12th International AIC Colour Congress, 2013, Newcastle upon Tyne. AIC Colour 2013 / Conference Proceedings. Great Britain: The Colour Group. v. 3. p. 953-956.

ganhar volume por meio do contraste de cores e jogos tonais expressos nas composições. Esses efeitos óticos que sugerem a visualização da terceira dimensão resultam, portanto, da maneira como o artista tratou as relações entre cor e forma. Nos estudos de caso a serem aqui apresentados, pretendeu-se traduzir em volume as informações cromáticas de três diferentes obras do artista, informações essas recuperadas a partir da digitalização dos desenhos originais de Vasarely.

Para melhor compreender como a simulação numérica da estrutura geométrica de um objeto pode viabilizar a sua representação "física" e tridimensional, tomaremos como eixo de investigação três experimentações artísticas que destacam as mudanças causadas pela introdução dos métodos de produção automatizados no contexto das Artes Visuais. As recodificações realizadas se deram por meio do uso de processos de *design* paramétrico e de interação, obtidos com o auxílio de *software* generativos e 3D. O fundamento das releituras sustenta-se na recodificação das informações dos canais RGB das obras digitalizadas, com vistas a se obter um volume passível de ser produzido pelo processo subtrativo de fabricação digital. Mesmo que pareça paradoxal, pode-se admitir que esse processo dá materialidade ao imaterial; enfim, ampliam-se possibilidades de visualizações em razão da potencialidade das mídias digitais.

O processo de releitura das obras de Vasarely foi iniciado pela digitalização no *software* Rhinoceros em conjunto com o *plugin* Grasshopper (ver Figura 83). A partir daí foi possível estabelecer parâmetros para reinterpretar a obra original levando-se em conta os canais RGB da obra já digitalizada. As etapas a seguir referidas foram comuns aos três processos de recodificação das três imagens: a reparametrização de um plano, a divisão desse plano em pontos, a configuração do amostrador tornando esses valores significativos, a utilização desses valores para controlar a altura dos pontos no plano e, finalmente, a extração dos dados da imagem. Para cada uma das três imagens, utilizamos o componente Image Sampler do Grasshopper, que permite a leitura de informações dos canais RGB da imagem.

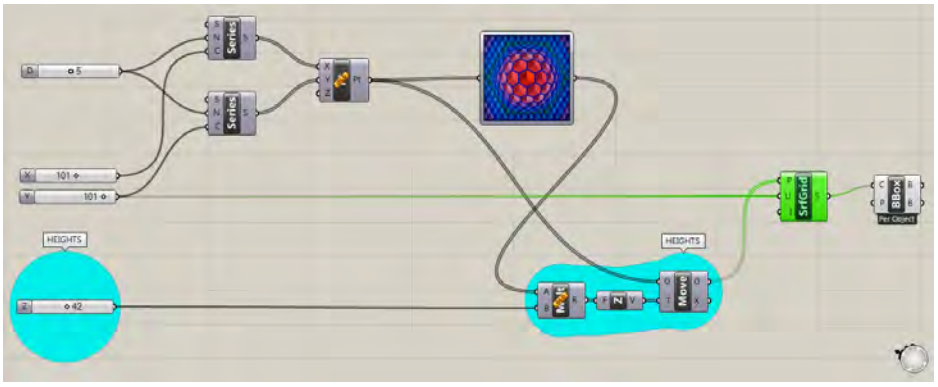


Figura 83: Parâmetros utilizados no *plugin* Grasshopper para a tradução das imagens

Uma vez realizada a modelagem paramétrica das peças, utilizou-se o processo subtrativo para o seu desbaste por meio de uma fresadora CNC tendo como matéria-prima placas coloridas de MDF (Valchromat®) superpostas umas às outras. Ao final do processo, obteve-se a fabricação de três placas, cada uma representando uma reinterpretação, uma recodificação de um quadro de Vasarely (ver Figura 84). Enfim, essas experimentações artísticas foram geradas a partir da simulação numérica da estrutura geométrica de obras da Op Art, transpostas para um suporte tridimensional.

Ao associarmos os processos de simulação numérica com os métodos de fabricação e prototipagem digitais, tornamos viável a representação de dados complexos graças à acurácia envolvida nas transposições de meio realizadas. Não somente foi possível modelar elementos intrincados, cuja construção manual seria impraticável, como também tornou-se concebível a sua exata representação física. Como diz Pupo (2009, p.5), a complexidade alcançada pelos modelos digitais se deve aos "*software* tridimensionais baseados em Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS), que oferecem curvas e superfícies paramétricas" necessárias ao desenvolvimento de formas difíceis.

Para cada uma das três experimentações realizadas, a diretriz poética proposta foi a recodificação de obras de Vasarely tendo como parâmetro as variações de intensidades de cada canal de cor como fundamento para se obter a representação tridimensional. As potencialidades dos meios digitais aliaram-se às intenções criativas como via para se chegar a novas invenções. As traduções realizadas evidenciaram um caminho que vai da cor ao volume, do bidimensional ao tridimensional, do numérico ao analógico. Os resultados gerados retratam formas de criar moldadas pela intenção dos autores, mas que ao mesmo tempo veem-se amplificadas pela lógica programativa do computador.

Ao resultar da tradução entre códigos, o modelo físico impresso enfatiza o caráter expressivo e sinestésico embutido nas propostas dos artistas. Como se sabe, com base em Tavares (2001, p. 129-130), é a transformação entre imaterial e material, realizada entre os dispositivos transdutores, que garante que a imagem se atualize sob diferentes configurações, a partir do trânsito entre *softcopy* e *hardcopy*. Os objetos resultantes das recodificações realizadas decorrem da simulação numérica de estruturas geométricas geradas a partir da transcodificação dos valores dos canais RGB de obras de Vasarely, estruturas essas que passam a ter aparência física com o auxílio de equipamentos de fabricação digital que reproduzem o digital para a matéria.

A intenção de utilizar o computador como metameio para processar os dados provenientes de uma imagem digital e, a partir daí, propor parâmetros para o desenvolvimento de regras sintáticas para a construção de formas tridimensionais é a diretriz que sustenta a proposta poética. A imagem digital foi manipulada de modo a dela se utilizarem os valores de cor de fonte luminosa como meios para criar a volumetria. A cor passou a ser avaliada de maneira deslocada de sua constituição e materialidade originais. A posterior fabricação das peças com o auxílio da fresa de controle numérico permitiu materializar fisicamente o objeto, trazendo-o à aparência por meio da recodificação dos parâmetros digitais da cor como fonte luminosa em volume.

Figura 84: Releitura de "Enigma 5" (1974) de Victor Vasarely

4.1.2. A tradução de fragmentos sonoros

A instalação "Analogias Sonoras" foi realizado pelo grupo de pesquisa em Arte, Design e Mídias Digitais (GP_ADMD), do qual a autora participa, e teve como propósito geral realizar a tradução do som em matéria palpável. O interesse coletivo pelo tema da tradução já vinha sendo tratado desde 2014, mas foi no ano seguinte que o grupo reuniu recursos para concretizar a proposta em uma instalação. Esse trabalho foi apresentado na exposição "Visual Music: Interações Música-Imagem Exposição Arte Computacional", durante o evento UVM2015, que ocorreu no CCBB (Centro Cultural Banco do Brasil) de Brasília-DF entre junho e julho de 2015.

A instalação é composta de oito volumes tridimensionais, cujas formas foram estabelecidas poeticamente pela tradução do som. Cada uma das peças possui um alto-falante embutido que reproduz cada uma das camadas de uma textura sonora que varia continuamente. Tanto as texturas como as peças foram geradas a partir de um mesmo material sonoro de base. Assim, o som e a forma configuram uma relação de mútua dependência. O grupo de pesquisa reuniu pessoas de várias áreas do conhecimento, como Artes, Música, Design e Arquitetura, o que contribuiu sobremaneira para a troca de ideias tendo como base a especialidade de cada um.

O ponto de início do trabalho foram oito fragmentos sonoros, produzidos por um dos integrantes do grupo, que foram analisados de modo a se estabelecer um percurso criativo para a tradução dos mesmos em uma matéria tridimensional. Devido à aparente unidade entre os sons de cada áudio, com uma duração média de 10 segundos cada, foi decidido que as formas resultantes da tradução deveriam expressar essa uniformidade. Chegou-se à conclusão de que as formas poderiam estar dispostas em um móbile, sendo que no interior de cada tradução estaria embutido um alto-falante que emitiria o fragmento de som correspondente, como em uma metalinguagem. Confirmando-se essa possibilidade de distribuição das formas, deu-se início a uma fase de reflexão sobre como a tradução dos fragmentos seria feita. Questionamentos acerca da composição do som e de como ele poderia ser interpretado foram feitos, na tentativa de se explorar as diferentes possibilidades de codificação.

Um fator limitador na condução das reflexões sobre a tradução foi o de que as formas resultantes precisavam se adequar à função do móbile e também manter uma harmonia formal entre elas, indicando pertencer a uma série de oito variações. Tendo em vista essas limitações e imaginando como o som poderia ser compreendido visualmente, concordamos que o gráfico relativo ao espectro sonoro era um elemento expressivo para se viabilizar a tradução para a forma. Além do mais, era conhecido o fato de que o espectro sonoro compreende o conjunto de todas as ondas proveniente do som.

Partindo do pressuposto de que as ondas do espectro sonoro determinariam a deformação das formas tridimensionais, ficou decidido que era necessário especificar parâmetros de tal modo que a parte externa ao volume fosse afetada, preservando-se porém o interior que acomodaria os alto-falantes. Determinamos os parâmetros de tradução para deformar a superfície com base em informações provenientes de cada espectro sonoro. Para isso foi necessário inicialmente uma superfície bidimensional que contivesse a informação da variação de intensidades de ondas do espectro. A linguagem de programação Processing foi utilizada para gerar essa superfície que interpretaria o espectro sonoro. Antes de iniciar a escrita do código, foi necessária a confirmação do tamanho da forma tridimensional.

Tendo em vista a presença de um alto-falante no interior de cada forma, foi realizada uma pesquisa a respeito do equipamento que possuísse a menor dimensão, fosse relativamente leve e que ao mesmo tempo possuísse uma boa qualidade acústica em relação a uma pessoa que circula por entre as formas do móbile. Definido o modelo e o tamanho do alto-falante, com 9cm de diâmetro, foi iniciada a etapa de previsão do espaço interno para a forma tridimensional que o acomodaria. Era necessária uma folga de meio centímetro para cada lado, prevendo-se ainda que a forma externa não ultrapassasse uma área máxima de 15cm^3 (ver Figura 85), para que o conjunto não ficasse muito pesado ou desproporcional em relação ao equilíbrio visual previsto pelo grupo (ver Figura 86).

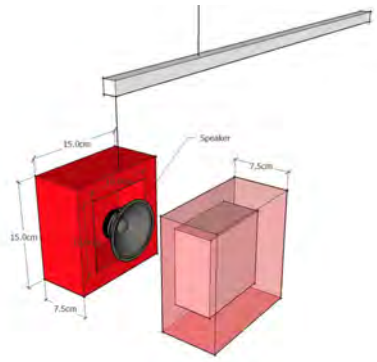


Figura 85: Medidas máximas previstas para a forma tridimensional que acomodaria o alto-falante.

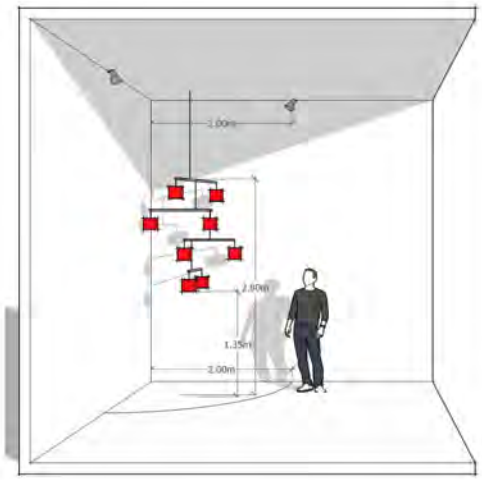


Figura 86: Disposição prevista para a instalação sonora com medidas.

Considerando as medidas do volume tridimensional, foi possível formular o código que traduziria na forma de gráfico o nível de deformações relacionadas aos fragmentos sonoros. O código foi criado de modo a definir:

- a largura do gráfico bidimensional;
- a altura do gráfico, composta por faixas, cada uma com altura de 8 pixels, representando cada uma um valor do espectro (a parte superior do gráfico corresponderia ao início do áudio e a base representaria o final);
- os valores do espectro seriam traduzidos em níveis de intensidade, sendo estes valores correlacionados a tons da escala de cinza por meio do canal RGB. Por exemplo: o mínimo referente ao preto (R0/G0/B0), o médio referente ao cinza (R127/G127/B127) e o máximo referente ao branco (R255/G255/B255).

O código (ver Figura 87) foi introduzido oito vezes no programa, sendo que para cada uma das vezes a informação do áudio foi alterada para cada um dos fragmentos originais. Os gráficos resultantes (ver Figura 88) variaram em intensidade de tons de cinza, indicando originarem-se de áudios diferentes.

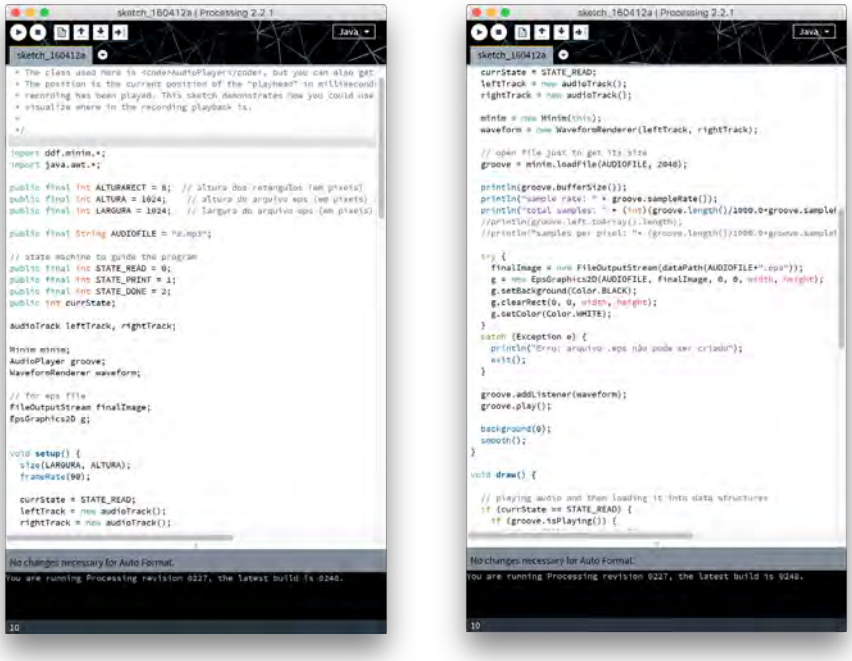


Figura 87: Trechos do código realizado no Processing® para a tradução do espectro sonoro em um gráfico bidimensional.

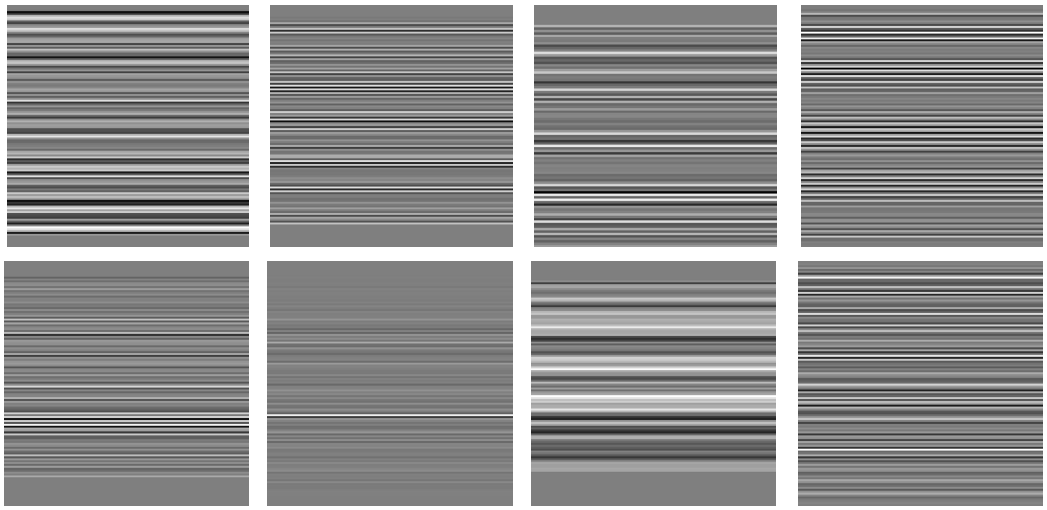


Figura 88: Gráficos resultantes da tradução dos oito diferentes áudios.

Estando o gráfico com intensidades do espectro pronto, foram estabelecidas as estratégias para mapear a superfície dos volumes tridimensionais e finalmente realizar as deformações. Optou-se por integrar todo esse processo no *software* Rhinoceros, que por meio do comando *Apply Displacement* simulou um deslocamento programado na superfície do volume tridimensional. A viabilidade desse comando se deu pelo fato de que o gráfico a ser mapeado na superfície do volume tridimensional possuía diferentes intensidades de cinza, que neste caso poderiam ser traduzidas em projeções de diferentes intensidades. Considerando o limite de 15cm o qual as projeções não poderiam exceder, foram realizados testes mapeando o gráfico dos

oito espectros em três diferentes volumes-base, sendo eles um cubo, um cilindro e uma esfera. Na figura 89 é possível perceber que a superfície da forma base, ao sofrer as deformações, varia de uma "não expansão" (relativa à cor preta: R0-G0-B0) até uma "máxima expansão" (relativa à cor branca: R-255-G255-B255).

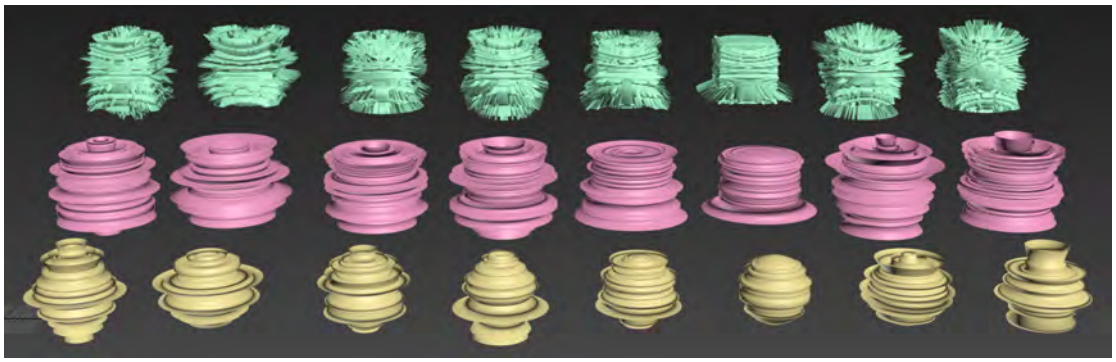


Figura 89: Série de testes para definir a base a ser aplicada à deformação produzida a partir do espectro sonoro. A linha de cima parte de um cubo, a linha do meio parte de um cilindro e a última linha parte de uma esfera.

O grupo analisou as formas resultantes da tradução do espectro e decidiu que as formas que partiam da esfera como base eram as que mais se adequavam ao conjunto do móbile. O primeiro volume a ser descartado foi o de base cúbica, pois as variações pontiagudas, além de limitar as possibilidades de impressão, não traduziam uma harmonia ou familiaridade com as ondas do espectro sonoro. As opções que variavam do cilindro e da esfera eram mais harmônicas e demonstravam de maneira mais sutil as variações de intensidade do som. Dentre esses dois volumes-base, optou-se pela esfera, por ser mais leve visualmente quando vista em conjunto, ocupando inclusive menos espaço. Após essa escolha foram feitos acertos finos nas definições do comando *Apply Displacement*, antecipando possíveis adequações para as diferentes possibilidades de produção das peças utilizando técnicas de fabricação digital.

Nesse ponto o projeto sofreu uma adaptação, prevendo que o teto do espaço expositivo era de gesso e não deveria receber muito peso. Sabendo que o peso total dos oito falantes somado aos cabos a eles conectados era superior ao indicado, adaptamos a configuração das oito peças de modo que ficassem distribuídas e apoiadas em uma superfície plana e horizontal. Entendemos que tal medida pode ter descaracterizado a proposta original, uma vez que o conjunto perdeu o balanço proporcionado pela estrutura do móbile, fazendo com que os sons se integrassem em uma única massa sonora nivelada em uma mesma altura. Mas esse novo direcionamento permitiu uma adaptação baseada na investigação dos melhores materiais e na previsão da acústica destes tendo em vista a nova disposição dos volumes. Um teste foi realizado antes da produção das peças: foram inseridos pequenos orifícios vazando o lado da peça para onde o alto-falante estaria voltado, e um furo na outra extremidade para a saída do cabo (ver Figura 90). Dessa forma, pudemos testar se o som seria audível apesar de o alto-falante estar encapsulado na forma produzida.

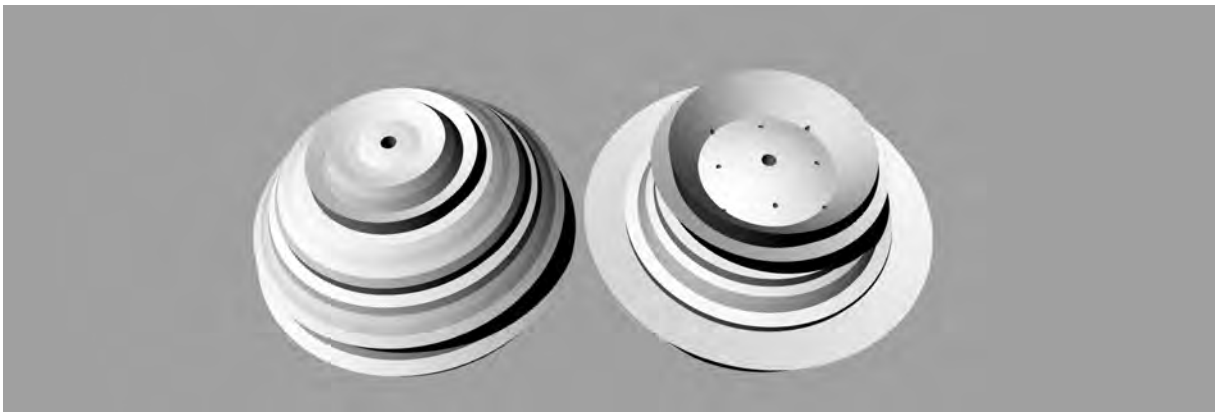


Figura 90: Vista externa das duas faces do modelo. É possível notar que de um lado está o furo para a passagem do cabo do auto-falante e na outra face, os diversos furos para facilitar a saída do som.

A fase de produção do objeto se deu com base na análise de testes que avaliaram diferentes métodos de fabricação e de materiais em relação à forma final do volume. O primeiro método testado foi a produção dos volumes de acordo com o processo aditivo de fabricação. Um dos volumes foi escolhido e impresso utilizando-se uma impressora 3D de filamento (FDM) (ver Figura 91). O modelo foi produzido com um termoplástico ABS, o que resultou em uma superfície brilhante e resistente. Para que o alto-falante pudesse ser inserido no interior da peça, imprimimos o modelo dividido em duas partes e com um encaixe interno (ver Figuras 92 e 93). A avaliação realizada pelo grupo foi de que a peça era excessivamente pesada devido ao excesso de material, e que quanto mais material, mais horas de trabalho, consequentemente, o preço por peça excederia o valor pensado para o conjunto de oito peças.

Figura 91: Vistas diferentes do mesmo volume impresso a partir de uma impressora FDM.

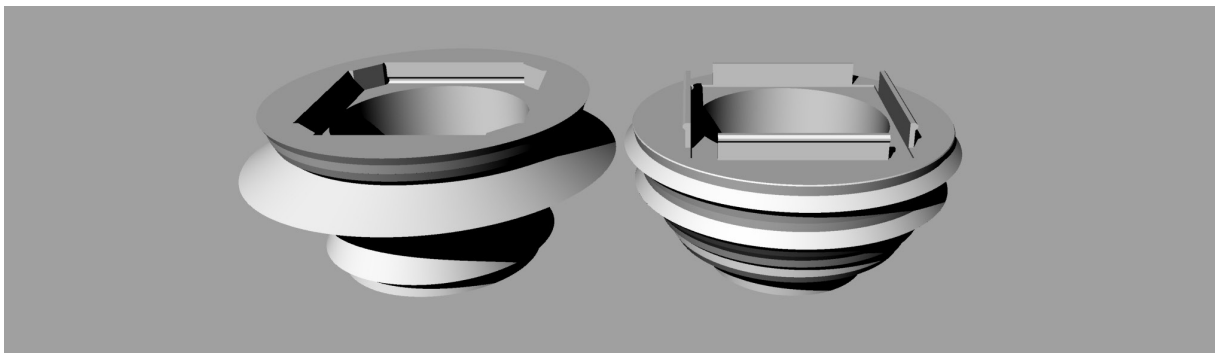


Figura 92: Vista interna das duas faces do modelo. É possível notar o espaço reservado para acomodar o alto-falante, bem como o encaixe para unir as duas faces da peça.

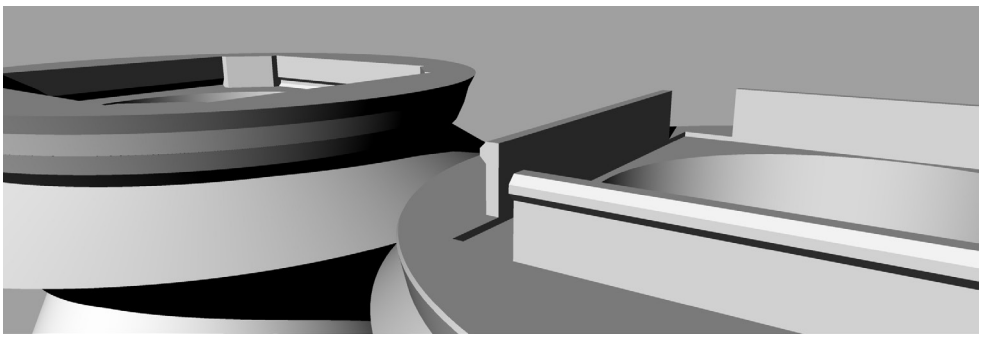


Figura 93: Detalhe do encaixe para juntar as duas faces da peça.

Descartada a possibilidade de imprimir segundo o processo aditivo, foram realizados testes na máquina de corte a *laser*. Para isso foi preciso fatiar o volume da peça original em diversas camadas horizontais. utilizando o *software* 123DMake, da Autodesk, que permite o fatiamento de uma estrutura em qualquer ângulo e espessura a partir de um modelo tridimensional. Utilizando o programa foi possível determinar automaticamente o número de fatias tendo em vista a espessura do material usado. O programa distribuiu as camadas, devidamente numeradas, na área solicitada (compatível com a área do material) aproveitando da melhor maneira o espaço disponível (ver Figura 94). Um primeiro teste foi realizado com uma chapa de acrílico de 3mm (ver Figura 95), que resultou em um modelo agradável que evidenciava de forma clara a sugestão de fatias, em referência às distorções lineares do espectro. Porém avaliou-se que o empilhamento dos acrílicos, além de tornar o conjunto com o alto-falante muito pesado, não permitia um bom acabamento, uma vez que a cola em alguns pontos ficava aparente.

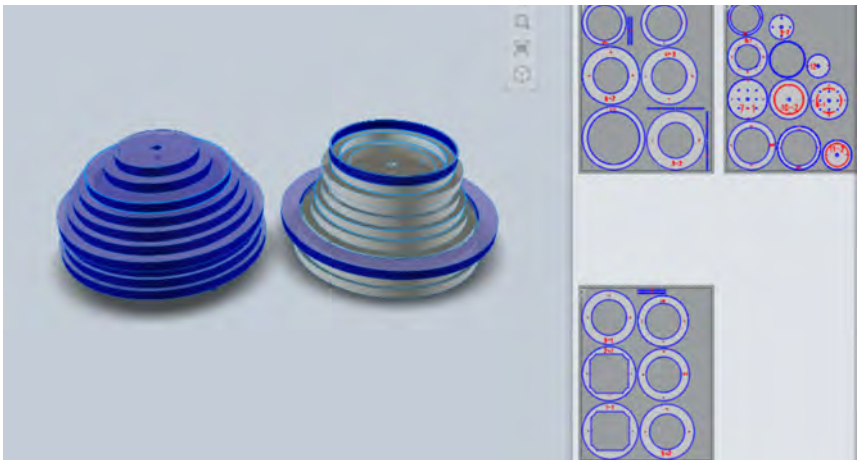


Figura 94: Exemplo de um dos modelos fatiado no programa 123DMake®.
No canto direito é possível notar a distribuição das peças no espaço da página.

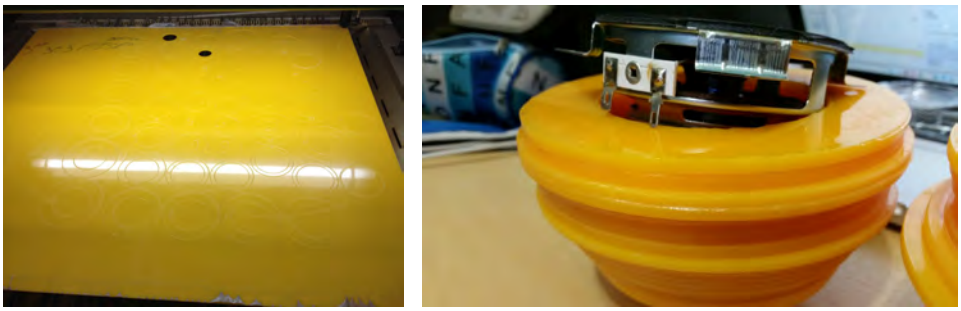


Figura 95: Chapa de acrílico após corte na máquina de corte a *laser* e modelo montado a partir da colagem das camadas em acrílico.

Os outros testes foram feitos em E.V.A., adotado devido à leveza desse material. Foram realizados pequenos ajustes de espessura e área do material no programa 123DMake, e a partir das formas geradas o E.V.A. foi cortado para um primeiro teste. Esse teste foi realizado com uma espessura mais fina de E.V.A., e logo no processo de montagem notou-se que, apesar da leveza, não seria um bom caminho, devido à grande quantidade de lâminas para colar, o que, por consequência, tornava o conjunto mais instável e disforme (ver Figura 96).

Figura 96: Vista frontal de um dos modelos de teste montado a partir de lâminas finas de E.V.A.

Em um segundo teste realizado com um E.V.A. de 4mm obteve-se um volume mais bem estruturado, porém com uma simplificação dos detalhes (ver Figura 97). O resultado agradou os integrantes do grupo, que concordaram com a cor preta do material por esta não se "impor", trazendo sobriedade ao conjunto de elementos da instalação. Para não obscurecer os detalhes da peça, como o desnível da superfície, ficou definida a utilização de um *spot* de luz direcionado para o conjunto. Para colar as camadas das peças foi utilizado adesivo instantâneo a base de etilcianoacrilato, que possibilitou colar o conjunto com apenas pequenos pontos da substância, mantendo-o e sem sinais de cola aparente.

Figura 97: Modelo final no E.V.A. de 4mm de espessura.

Outra modificação em relação à proposta original foi causada pela impossibilidade de isolar os oito fragmentos de som para cada diferente peça do conjunto devido à ausência de uma interface de áudio apropriada para oito saídas/canais. De modo a viabilizar o funcionamento do conjunto, optamos pela utilização de uma interface de duas saídas/canais, que emitiria simultaneamente nos oito alto-falantes dois canais de áudio, cada qual com o conjunto de oito fragmentos reproduzidos randomicamente.

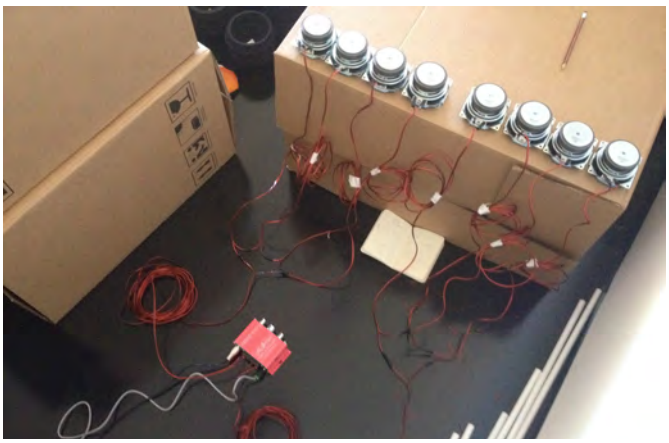


Figura 98: Teste de som com os oito alto-falantes ligados na interface de áudio de dois canais.

Figura 99: Últimos acertos nas peças fixadas no suporte da caixa.

Figura 100: A doutoranda Dandara Dantas interage com a obra Analogias Sonoras durante a abertura da exposição UVM2015 no CCBB em Brasília.

Durante a montagem das peças (ver Figuras 98 e 99) foi possível a realização de testes de som que garantiram a estabilidade da instalação sonora. De maneira geral, considerou-se bem sucedido o processo de tradução dos fragmentos sonoros em diferentes formas tridimensionais. A realização dos objetos se deu pelas possibilidades de codificação e traduções proporcionadas pelo conjunto de *software* utilizados, bem como pelo fluxo de informação CAD/CAM. Foi indispensável conhecer os elementos codificados que constituíam a linguagem inscrita nesses meios digitais, de modo a operá-lo em nosso favor. À medida que avançavam as etapas de realização da obra, o percurso poético e criativo era refeito, atualizando-se ideias e intuições, que eram virtualizadas em um campo de significações.

Os experimentos aqui documentados foram tentativas de combater o caráter redundante de máquinas pré-programadas por meio do uso inventivo e muitas vezes subvertido dos processos de produção da imagem. O objetivo da autora em relação a essas experimentações foi pela prática consolidar uma base argumentativa na leitura de obras inseridas no campo pesquisado.

4.2. Práticas criativas com base na emergência

A principal característica desse tipo de abordagem criativa é a ausência de autoridade do artista em relação à imagem criada, que, por se mostrar indissociável dos meios digitais, divide-se incessantemente entre estados potenciais e estados reais (COUCHOT, 1997, p.141). O artista, então, atualiza a obra por meio de um diálogo que permite "hibridizar o universo do cálculo e aquele do gesto expressivo, da emoção, da ambiguidade, da hesitação" (Ibidem, p.141). Como apresentado no capítulo 2 desta tese, o artista que opera pelos meios que tangem a emergência tem interesse de trabalhar cooperativamente com a máquina, dando a ela o controle central da imagem criada. Também motiva essa escolha do artista o fato de que nenhuma imagem pode ser prevista, e de que a partir de um mesmo processo sugerido pelo artista nenhuma imagem resultante será necessariamente igual a outra. É no sentido de explorar tais respostas que o artista se empenha em definir uma estrutura inicial sugerindo caminhos a serem percorridos racionalmente pela máquina.

Em uma relação de isodinamismo[3] o artista complementa a sensibilidade que está ausente na máquina, e a máquina por sua vez aumenta a capacidade de processamento e armazenamento de informação do criador. Nesse sentido, a máquina pode ser entendida como um "ser que funciona" cujos mecanismos concretizariam "um dinamismo coerente que existiu uma vez no pensamento" daquele que a configurou (SANTOS, 1994, p.49). A máquina, quando programada por processos emergentes, tem a capacidade de realizar uma imensa quantidade de operações simultâneas em elementos básicos, dando início a uma espécie de organismo artificial autossuficiente cujo objetivo foi definido exclusivamente para explorar os efeitos resultantes das possíveis reorganizações de uma linguagem codificada de algoritmos elementares ao programa.

É nesse sentido que os experimentos realizados pela autora e descritos a seguir tentam dar conta de uma introdução à programação de elementos com qualidade emergente. Por se tratar de um conhecimento muito mais avançado que o tempo disponível para a escrita da tese, pretendeu-se por meio desses exemplos apenas sugerir possíveis caminhos a serem explorados futuramente.

---

3 Ao fazer referência a Simondon, o autor Santos (1994, p.49) descreve que a relação de isodinamismo que ocorre entre o homem e a máquina se dá de modo paralelo no momento da invenção e ocorre quando o funcionamento mental do homem se complementa em relação ao funcionamento físico da máquina.

De modo a ilustrar uma prática artística pautada na emergência, será também apresentado o trabalho do artista Leonel Moura, que já tem trabalhado com a complexidade da imagem desde o início deste século. Em uma visão mais extrema, esse artista idealiza a tendência de que no futuro a presença humana não será mais necessária, pois as máquinas alcançarão a autossuficiência. Ele percebe nos sinais evidenciados pela evolução tecnológica que uma nova qualidade de arte baseada na produção de dados sintéticos e autônomos irá necessariamente evoluir no sentido de adquirir consciência. Cabe aqui destacar que Harold Cohen também acreditava na possibilidade de a máquina ser criativa, porém ele considerava essa capacidade proveniente de um diálogo entre o artista e o programa, não pertencendo esta criatividade a um ou outro. Como apresentado no capítulo 2 desta tese, a complexidade de caráter ascendente que em um dado momento permitiu a realização de ainda mais complexas formas foi o viés condutor para direcionar Cohen a colorir os desenhos produzidos por AARON de modo a garantir sua parcela de intencionalidade na leitura da imagem.

4.2.1. Experimentos com tradução de dados em visualização de imagens por meio de processos generativos de criação

As experimentações a seguir apresentadas foram realizadas pela autora durante um período de seis meses de estágio supervisionado no departamento de Arquitetura, Planejamento e Paisagismo da Universidade de Newcastle. Dentre as várias atividades realizadas no âmbito do estudo dos sistemas emergentes, apresenta-se aqui os experimentos com ferramentas de programação que permitiram à autora modelar sistemas emergentes auto-organizáveis. Os experimentos foram realizados em uma linguagem e em um ambiente de programação de nome Processing. Esse *software* permite realizar formas, movimentos e interações por meio de linhas de código baseadas na linguagem Java. Foram realizados um conjunto de três experimentos que evoluem progressivamente no sentido de demonstrar, do ponto de vista técnico, a possibilidade de se programar sistemas emergentes. O terceiro experimento, em especial, demonstra a possibilidade de trabalhar em um plano tridimensional exportando a imagem para um *software* CAD, permitindo uma gama de possíveis transformações na imagem sem que se atenha a apenas uma linguagem de execução. É importante enfatizar que os exemplos possuem um caráter experimental, procurando revelar o mecanismo do pensamento programático ao lidar com a criação de imagens que podem apresentar graus diferentes de autonomia, e não necessariamente pretendem explorar conceitos poéticos de criação.

Série 1 de experimentos – Animações de caráter generativo

As primeiras experimentações realizadas pela autora no *software* Processing permitiram a prática de conceitos básicos de variáveis e construção de primitivas para a geração de animações generativas. Dentre a série de tentativas de trabalhar com diferentes combinações de padrões geométricos abstratos, foi possível perceber e controlar o aparecimentos de um efeito chamado *moiré*, que se trata, neste caso, de uma interferência ótica produzida pela superposição das linhas que compõem a imagem. Destaca-se, aqui, uma referência a Lloyd Sumner, cuja produção artística utilizando o computador data de 1964 e que trabalhava principalmente com simples geometrias lineares (TAYLOR, 2014, p.119). Em “Intuitively Yours” (1968) (ver Figura 101), o efeito *moiré* causado pela disposição dos padrões geométricos ressalta a importância que o artista depositava na recepção da imagem pelo receptor. Nesse período em que o computador tinha um estigma de ser técnico e, consequentemente, insensível, o artista procurava promover a intuição nas obras a partir dele geradas (Ibidem, p.121).

Figura 101: Lloyd Sumner, "Intuitively Yours" (1968). Fonte: < http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/625>

Os códigos realizados durante as experimentações no ambiente Processing se dividem em dois modos distintos: Módulo *setup*, que define os parâmetros constantes da programação, e Módulo *draw*, que trabalha de um modo iterativo e incremental. Nesse primeiro experimento, sobre a criação de uma animação generativa, a proposta foi a de trabalhar com elipses que se sobrepunham não concentricamente, porém respeitando uma variação em seus posicionamentos à medida que eram ampliados em escala de modo a perderem a referência da forma elíptica inicial até se confundirem com arcos ou simplesmente linhas (ver Figuras 102 e 103). Foi proposta uma variação de cores para que fosse possível notar as etapas de transformação da imagem. Uma vez planejadas as diretrizes da animação, deu-se início à escrita do código, que, como descrito anteriormente, se dividiu em dois módulos diferentes: *setup* e *draw*.

A leitura das coordenadas ou instruções foi feita de maneira linear e descendente, podendo ou não ser previsto um *looping* (na linguagem dos programadores, seria laço ou repetição) para se gerar uma animação ao invés de uma imagem fixa. Desse modo, foi preciso determinar que a elipse a ser representada teria a largura de 2 pixels e a altura de 1 pixel antes de prosseguir com os módulos responsáveis pela execução do código. No módulo *setup* foi definida a medida da área da imagem final em pixels – *size* (400, 400) –, bem como a cor de fundo no padrão RGB – *background* (0). Definidos a cor de fundo e o tamanho da tela, foram estabelecidas as iterações de modo a criar as disposições e os parâmetros para as elipses.

No módulo *draw* foi definida uma variável que previa uma condição de repetição para a construção de 100 elipses, incrementadas uma a uma até o final da animação. Tendo estabelecido o número máximo de elipses e o espaçamento em que elas surgiriam, foi determinada uma condição: se as elipses estivessem entre as primeiras 49, então a cor de contorno das mesmas seria igual a um tom de vermelho; caso contrário (da quinquagésima até a centésima) elas seriam brancas. De modo a efetivamente ampliar a escala original das elipses, foram acrescentadas duas linhas de código, incrementando a largura em 2 pixels e a altura em 1 pixel toda vez que houvesse uma nova repetição das 100 construções de elipses. A seguir determinou-se que nenhuma das elipses teria uma cor de preenchimento, e para finalizar determinaram-se os parâmetros para o posicionamento e o tamanho da elipse.

De modo a garantir a variação gradual nas formas (partindo das diversas eclipses para os arcos e as linhas) e nas cores (elipses com contorno vermelho sobre um fundo preto até diversas linhas brancas que preen-

chiam quase que a totalidade do fundo), foi necessário determinar as variáveis referentes a quantidade e medidas previamente ao estabelecimento das coordenadas finais. Nesse primeiro experimento, o nível de controle foi bastante alto, se não total, uma vez que foram trabalhadas poucas formas cujo posicionamento poderia ser previsto com simples, porém exaustivos, cálculos matemáticos em um plano bidimensional. No entanto, as várias alterações de parâmetros acabaram por surpreender a autora com o aparecimento de determinados efeitos óticos, como o *moiré,* e diferentes gradientes de cores.

Figura 102: Código de programação referente à série 1 de experimentos

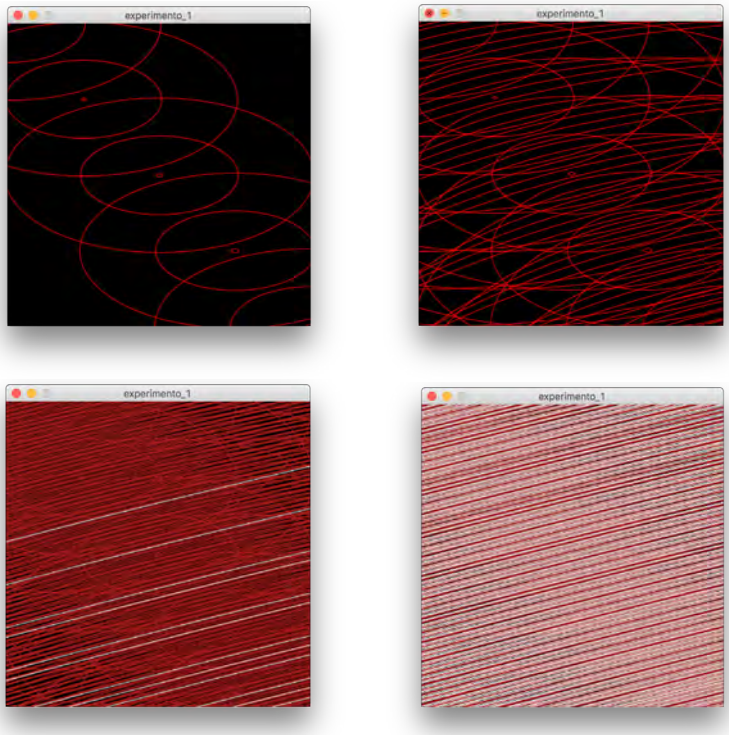


Figura 103: Série 1 de experimentos - frames com as etapas de evolução da mesma programação

Série 2 de experimentos – Sistemas emergentes

Esse experimento (ver Figuras 104 e 105) mostra um avanço no entendimento da linguagem de programação, pois parte do desafio de simular um sistema emergente de células que se aglomeram seguindo instruções locais. Esse tipo de sistema, chamado *Diffusion-limited aggregation* (DLA), é um processo que permite a geração de formas orgânicas a partir de regras simples (REAS et al., 2010, p.171). Esse tipo de sistema é descentralizado, ou seja, não existe uma regra específica para prever a forma final da imagem programada, mas existem parâmetros que podem ser definidos de modo a prever uma característica geral para o sistema. Semelhante lógica foi utilizada por Harold Cohen e por Leonel Moura, quando os artistas trabalharam a criação de formas de maneira descentralizada seguindo regras locais.

Para se trabalhar com sistemas emergentes, como o DLA, é necessário estabelecer classes de objetos, as quais vão abrigar regras simples e locais que animarão os elementos pretendidos. No experimento realizado, os elementos seriam células que, seguindo as regras definidas pela sua classe, iriam se agrupar em formas orgânicas partindo de quatro pontos distintos da tela. Para que as formas tivessem um nível razoável de detalhes, optou-se por trabalhar com um número grande de células (cinco mil), tendo cada uma delas um pequeno diâmetro de 5 pixels distribuídos em uma área de 500 x 500 pixels. A forma orgânica gerada partiria de quatro células fazendo o papel de "semente", ou seja, elas ficariam fixas aguardando o contato de qualquer outra célula "não-semente" para expandir sua forma. No momento em que a célula "não-semente" encostasse na célula "semente", imediatamente ela se tornaria "semente", fixando posição e transmitindo o mesmo efeito para as próximas células que colidissem na composição.

A classe de células criada guardava informações como: a) localização da célula; b) diâmetro da célula; c) se a célula era "semente"; d) espessura da linha de contorno das células; e) instruções sobre a área de movimentação das células "não-sementes". No que se refere à movimentação das células, a cada passo ela podia se movimentar randomicamente em um raio de quatro casas para qualquer direção em relação a sua posição original. Uma vez determinadas as funções da classe de células, a autora concentrou-se na parte da programação relativa à animação dos objetos pertencentes à classe de células. Primeiramente foi definida uma gama de 5.000 posições que iriam futuramente armazenar os objetos familiares à classe de células. A seguir, no módulo *setup* foi definido que em uma área de tela de 500 x 500 pixels existiria uma população de 5.000 células que, a cada repetição do código, obedeceriam as regras pré-definidas por sua classe, ou seja, atuariam conforme as regras locais, dando início a uma movimentação autônoma.

No módulo *draw* foi estabelecido que a cor de fundo da tela seria branca e que repetições fossem realizadas para encontrar quais das células eram ou não "sementes". Nesse módulo as células foram desenhadas e movimentadas, e também onde se conferiu a elegibilidade de uma célula "não-semente" para uma "semente", a depender da proximidade entre elas. Esse experimento foi importante para demonstrar que o nível de autonomia da imagem era real. As diversas regras locais estabelecidas isoladamente pela classe e atualizadas pelas células no decorrer do código demonstraram que comportamentos emergentes começaram a surgir sem que se pudesse ter controle algum sobre o resultado final da imagem. A nossa atuação era meramente periférica e descentralizada, ao se definir regras simples de controle para os menores elementos do conjunto. Quando inicializada várias vezes, o mesmo código gerou formas diferentes de ramificações.

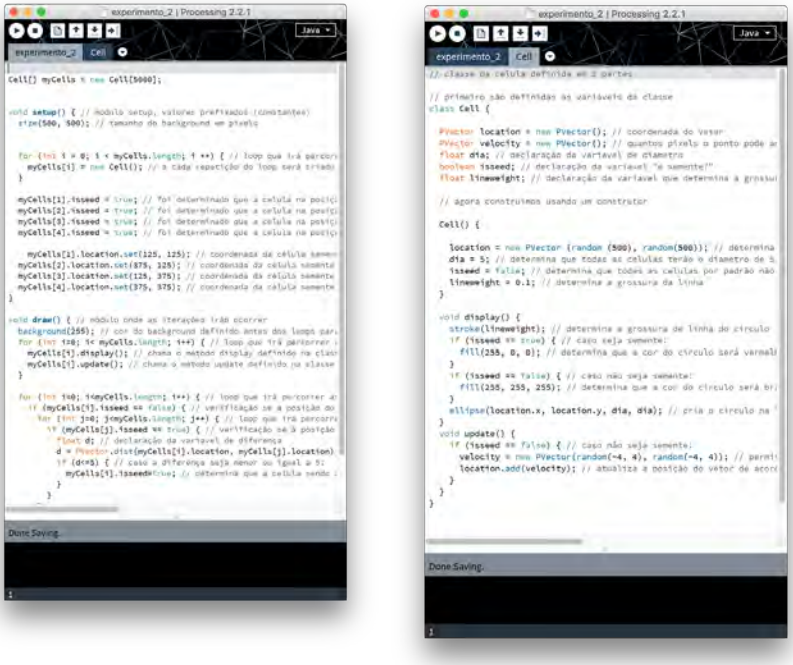


Figura 104: Código de programação referente à série 2 de experimentos

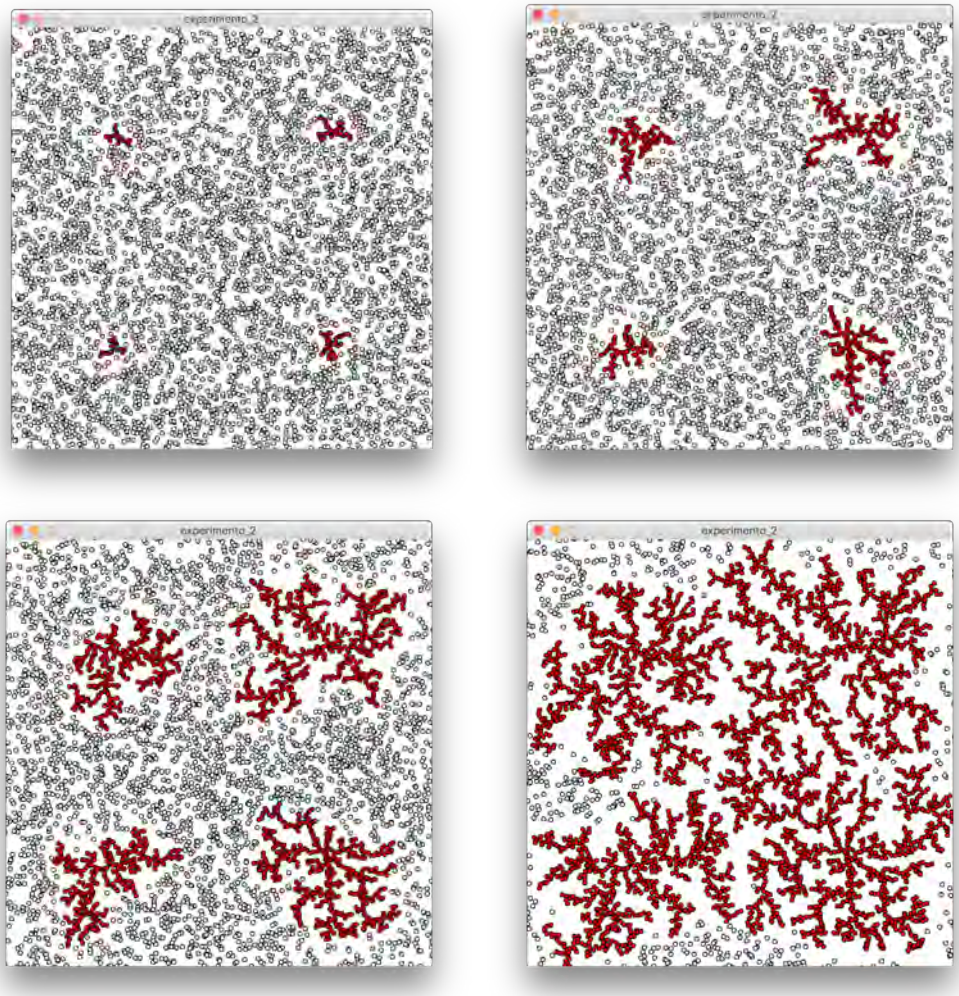


Figura 105: Série 2 de experimentos - frames com as etapas de evolução da mesma programação

Série 3 de experimentos – Acréscimo de terceira dimensão ao sistema emergente

A terceira e última série de experimentos apresenta a possibilidade de se acrescentar uma terceira dimensão a um sistema de comportamento emergente (ver Figuras 106 e 107). A intensão era que essa forma pudesse ser compreendida em um *software* de modelagem 3D, podendo ser alterada futuramente. A estrutura do código dessa animação é muito semelhante à série 2, anteriormente apresentada, variando o acréscimo da terceira dimensão (P3D) e a utilização de linhas ao invés de pequenos círculos como células. Outra modificação realizada foi a determinação de que a célula semente dessa vez partiria de um primeiro ponto ao invés de ocorrer separadamente em quatro cantos distintos na tela. Essa medida foi fundamental para que se pudesse gerar um único objeto tridimensional e não um grupo de quatro. Por meio de código foi possível definir que um arquivo com extensão .DXF (*Drawing Exchange Format*) ou seja, um formato de desenho compreensível por *software* CAD, como Autocad ou Rhinoceros, fosse gerado no decorrer da animação e salvo quando se digitasse "e" no teclado (a vogal foi definida aleatoriamente na programação). Antes de iniciar os módulos *setup* e *draw* foi preciso importar uma biblioteca chamada "*processing.dxf*" para permitir que o código interpretasse uma terceira dimensão. A forma final foi então, ao longo de 10.000 repetições, construída linha após linha em direções não previsíveis.

Pretendeu-se demostrar que o computador oferece ao artista potencialidades incalculáveis de cooperação, ampliando as suas possibilidades de instrumentação. A maior dificuldade é o fato de que quanto mais autonomia e complexidade se pretender transferir para a imagem, mais conhecimento técnico será exigido do artista. A não ser que se estabeleça uma parceria com um programador ou cientista, o artista se vê impelido a se tornar autodidata para compreender a linguagem computacional. E mesmo que fique determinada uma parceria com um especialista, o artista deveria conhecer os princípios básicos da linguagem do computador de modo a traduzir sua criação em passos que sigam um rigor operacional compreensível, evitando possíveis incoerências entre ele e seu parceiro, cujo conhecimento se restringiria ao das Exatas. O que se tentou apresentar, desde o capítulo um até aqui, foi exatamente o esforço do artista em aprender e se familiarizar com essa nova linguagem, de modo a tirar o maior proveito de suas potencialidades – o artista foi cada vez mais se tornando um artista-programador. Por um outro lado, notou-se que a tecnologia não prevê limites para o aperfeiçoamento cada vez maior dos computadores e seus periféricos.

A complexidade alcançada nas imagens digitais era até então, nos exemplos apresentados, materializada por meio de *plotters*, que executavam bem o seu papel representando com precisão a forma bi ou tri dimensional. O aprimoramento dos *plotters* ou impressoras jato de tinta ou *laser* se limitou à transcrição da imagem em uma resolução cada vez melhor, porém possuidoras de uma unidade relativa ao plano bidimensional, mesmo que as imagens originais tivessem uma complexidade que extrapolasse o plano bidimensional. No caso de uma forma tridimensional, a impressão era normalmente realizada a partir de uma vista em perspectiva ou de uma das vistas ortográficas da escultura digital. Essa limitação, além de despersonalizar a obra, não a traduzia corretamente, assim como era projetada no campo virtual do computador. Se por um lado os sistemas de reprodução bidimensional da imagem, como o *plotter*, não permitiam qualquer intervenção do artista tornando a mão do artista irrelevante, a fabricação digital permite variados níveis de modificação da obra durante o processo de execução. O artista que já explorou tanto em termos de complexidade digital, tem a possibilidade de materializar integralmente, em todas as dimensões, sua obra. A associação dos meios digitais de fabricação recupera um trabalho artesanal e único que ficou esquecido e proporciona o retorno das mãos, que agora tangenciam os meios digital e físico em uma nova fase de personalização em série. O artista amplia e complexifica ainda mais o seu domínio sobre a forma, podendo agora transcrevê-la fisicamente tendo controle sobre a escolha dos materiais e diferentes métodos que a irão compor.

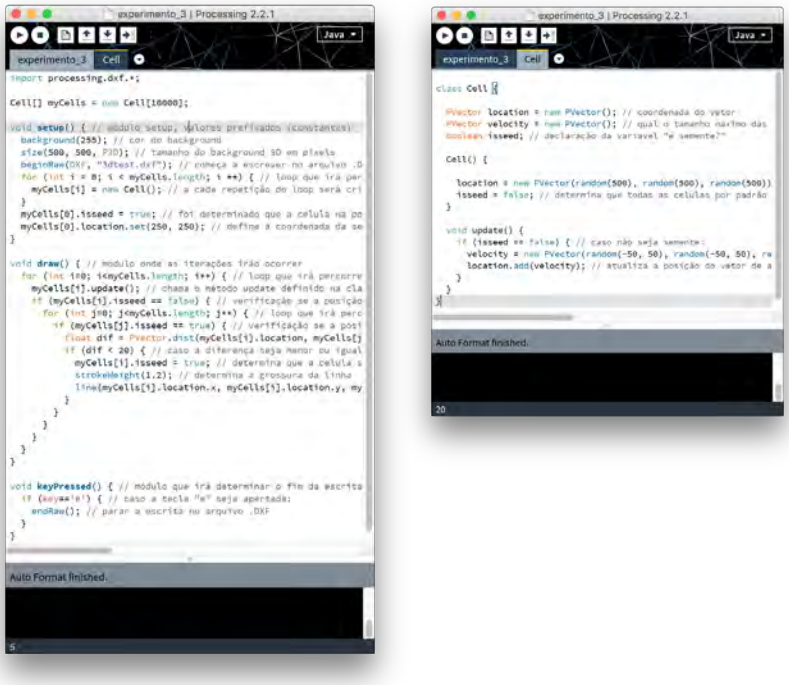


Figura 106: Código de programação referente à série 3 de experimentos

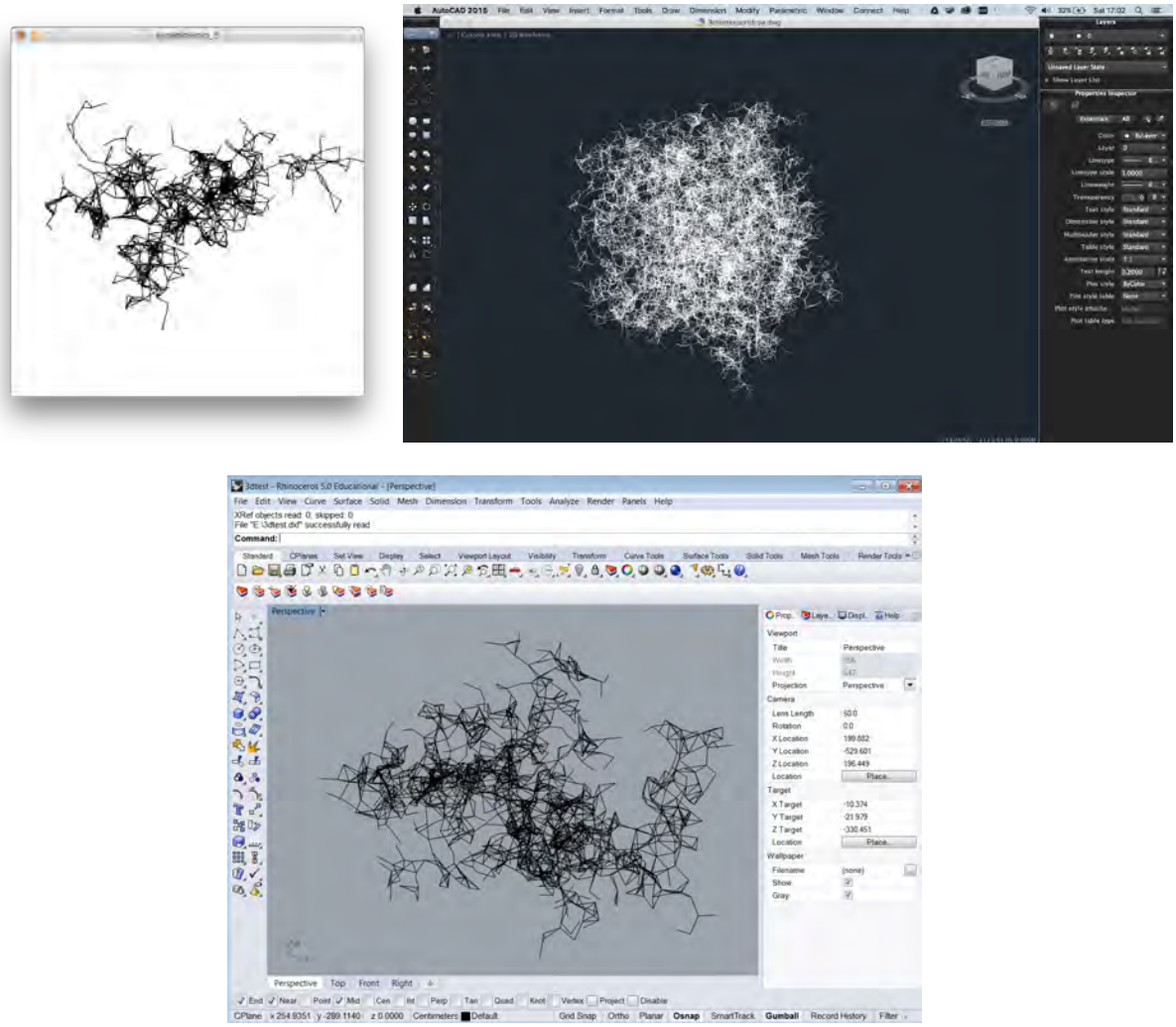


Figura 107: Série 3 de experimentos - frame com a etapa final da programação e seu desdobramento em um software de modelagem 3D.

4.2.2. A emergência da imagem na obra de Leonel Moura

A proposição de uma máquina criativa e capaz de produzir arte de maneira inventiva vem sendo explorada pelo artista lisbonense Leonel Moura desde os primeiros anos deste século. Para alcançar tal objetivo, o artista tem, ao longo dos anos, tentado cada vez mais conferir um caráter autossuficiente a máquinas habitualmente autômatas.

> "Interesso-me muito pelos processos criativos de organismos simples. Bactérias ou formigas, por exemplo. Isso porque esses organismos e essas máquinas mostram como a criatividade pode emergir de regras simples, sem a necessidade dessa visão grandiloquente da genialidade humana." (MOURA, 2015, s.p.)

Em seu "Swarm Paintings", de 2001 (ver Figura 108), o artista utiliza algoritmos baseados no comportamento de formigas, que estabelecem regras locais simples tendo em vista rastros de feromônios[4], desencadeando modificações em uma escala global. Esse tipo de abordagem faz uma clara alusão aos conceitos de Vida Artificial, na medida em que trata da emergência de fenômenos originários da integração de suas menores partes, que se dá de forma ascendente. A lógica auto-organizativa das formigas, como aprendem a explorar e construir colônias, se baseia em sistemas complexos adaptativos que resolvem um dado problema a partir das menores parte do sistema, e não de um comando central. As imagens produzidas em "Swarm Paintings" seguiam esse padrão e eram transferidas para o papel por um braço mecânico com um pincel adaptado em sua extremidade. O percurso realizado pelo pincel correspondia aos rastros simulados de uma população de formigas. A complexidade sistemática emergente nas imagens produzidas vinha então da interação local entre as "formigas", que ao reconhecerem padrões de "feromônios" alteravam seu percurso de uma maneira autoamplificadora, seguindo o controle indireto do artista ao estabelecer as especificidades do algoritmo.

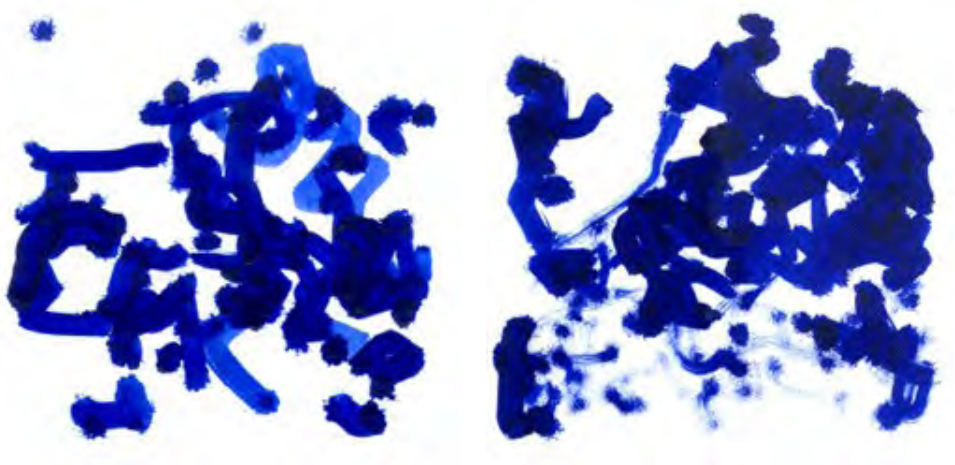


Figura 108: À esquerda e à direita: [sem título], tinta acrílica no papel, 33 x 33cm.
Fonte: < http://www.leonelmoura.com/swarm.html>

4 Conforme Johnson (2001, p.75-76), o feromônio, substância secretada pelas formigas para demarcar trilhas ou se comunicar, explica o comportamento descentralizado de sua população. Esses feromônios, antes de gradualmente evaporarem, transmitem uma informação para o individuo mais próximo, que por sua vez retransmite a mensagem, criando uma reação em cadeia. A detecção desses rastros funciona como um termômetro para se medir a transferência de uma determinada informação para os integrantes daquela população. Na medida em que se preocupam apenas com seus vizinhos, sem ter noção do conjunto total, e por não obedecerem a ordem de uma única pessoa, acabam por, coletivamente, contribuir para um comportamento global (Ibidem, p.74).

A experiência com emergência foi o início de um percurso até hoje trilhado pelo artista com o propósito de suscitar a criatividade nas máquinas. Partindo do conceito de utilizar ferômonios artificiais de formigas como rastros para a realização de composições emergentes, Leonel Moura construiu robôs que atuassem simultaneamente utilizando a mesma lógica programática de "Swarm Paintings". Esta nova abordagem permitiu a realização de quadros maiores (ver Figura 109), que acomodam o trânsito de diversos robôs, chamados de ArtSBot (ver Figura 110), os quais demonstram um senso de auto-organização, uma vez que que coletivamente preenchem com cores o espaço.

Conforme Moura & Pereira (2003, s.p.), cada robô é equipado com sensores de detecção de cor, sensores de presença para o desvio de obstáculos, um microcontrolador e atuadores para a movimentação no espaço e para o acionamento de canetas. Cada um dos robôs é informado da programação algorítmica que define as regras locais em que se baseiam seu comportamento. Essas regras são iguais para todos e são transferidas para seus microcontroladores, que fazem o papel do "cérebro" dos robôs. Como eles atuam a partir dai depende não somente das regras neles incutidas mas das interferências que porventura possam aparecer em seu caminho, contribuindo para resultados sempre novos.

Figura 109: Pintura sem título produzida por 10 robôs e medindo 400 x 500cm.
Fonte: Moura & Pereira, 2003, s.p.

Figura 110: Robô ArtSBot. Fonte: Moura & Pereira, 2003, s.p.

Basicamente o comportamento desses robôs é afetado por duas regras simples. A primeira delas define que o acionamento da caneta é realizado aleatoriamente quando o sensor de cor detectar uma superfície branca, e a segunda delas define uma reação autoamplificadora que enaltece a cor detectada pela cor correspondente. Cada robô possui uma cor quente e outra fria em sua estrutura, podendo haver uma variação de cores quentes e frias entre os robôs, de modo a garantir uma variedade cromática na composição final. Se

a cor detectada for uma cor quente (por exemplo, laranja) ele acionará a sua cor quente (que poderia ser amarelo), encorajando o preenchimento de áreas não aleatórias, na medida em que todos os espaços vazios são preenchidos. O *feedback* positivo provocado pela exacerbação de cores pode ser aqui entendido como flutuações autoamplificadoras que trazem uma nova ordem e complexidade às imagens (Ibidem, s.p.).

O termo "estigmérgico" usado por Moura & Pereira (2003, s/p) enfatiza o aprendizado coletivo proveniente da interação entre os robôs, que, assim como no comportamento das formigas, é determinada pela localização e pelos "rastros" dos robôs vizinhos (ver Figura 111). Os robôs, assim como as formigas, não têm consciência da composição geral, mas tomam suas decisões a partir de eventos locais e da interação com seus vizinhos. A presença do fator aleatório no início da pintura do quadro é logo equilibrada pelo gradual aparecimento de padrões no conjunto da área percorrida, promovendo a emergência de composições sempre novas.

> "These autocatalytic patterns are definitively non-random structures that are mainly composed of clusters of ink traces and patches. Hence, this experiment shows *in vivo* (in real time and space) how self-organized complexity emerges from a set of simple rules, provided that stigmergic interaction is effective."[5] (MOURA & PEREIRA, 2003, s.p.)

Figura 111: Robôs realizando coletivamente uma pintura. Fonte: Moura & Pereira, 2003, s.p.

5 "Esses padrões autocatalíticos são definitivamente estruturas não-aleatórias compostas principalmente de grupos de traços de tinta e *patches*. Assim, este experimento mostra *in vivo* (em tempo e espaço reais) como a complexidade auto-organizada pode emergir a partir de um conjunto de regras simples, desde que a interação estigmérgica seja eficaz." (T. A.)

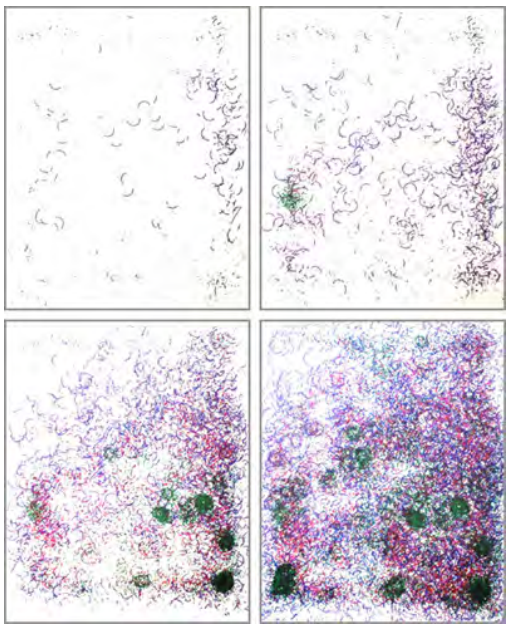


Figura 112: Diferentes etapas da realização da pintura em intervalos de 30, 60, 120 e 240 minutos.
Fonte: Moura & Pereira, 2003, s.p.

O caráter supostamente autônomo assumido pelos robôs ao pintarem coletivamente o quadro (ver Figura 112) reforça o conceito das máquinas como "agentes artificiais devotados às artes", o que, conforme Nunes (2014, p.42), se dá pela relação simbiótica entre o artista e a máquina. Isso demonstra que a participação do artista pode ir além de apenas iniciar ou encerrar a pintura. Para Moura & Pereira (2003, s.p.), o artista simbiótico[6], ao criar em autoria compartilhada com seu robô, coopera mentalmente, uma vez que somente ele sabe o momento em que a obra precisa ser encerrada, pois sua configuração final é percebida por seu cérebro como uma totalidade organizada, ou uma *gestalt*.

> "A associação entre homem e máquinas é – e continuará a ser por muito tempo – de tipo simbiótico. [...] Esta relação simbiótica liberta o homem de tarefas arcaicas. As máquinas fazem melhor e são multifunções, capacidade muito limitada nos seres humanos. Mais importante, reconhecer a criatividade das máquinas põe fim à centralidade do humano e à sua putativa exclusividade no que concerne a originalidade. A arte é um conceito cultural. Como tal tem evoluído ao longo do tempo e assim continuará. [...] Em breve estaremos prontos para aceitar a produção de máquinas e robôs como uma forma de arte original." (MOURA, 2013, p.4)

Em uma diferente abordagem, ainda utilizando o conceito dos feromônios, o artista pretendeu transpor o plano bidimensional de representação e traduzir o conceito de emergência em uma escultura. O *software*, exercendo o papel de máquina criadora, agora não executaria o trabalho via braço mecânico ou robô, porém determinaria a forma da escultura. Novamente, a atuação de Moura foi a de um programador de sistema que

6 Leonel Moura e Henrique Garcia Pereira lançaram o "Manifesto da Arte Simbiótica", no qual determinam seis pontos fundamentais que caracterizam a atuação do "artista simbiótico", estabelecendo que as máquinas podem fazer arte e que quando o homem interage com a máquina essa arte possui uma característica simbiótica, possibilitando novas formas de operar ao artista. Esse manifesto também afirma que a arte simbiótica envolve o abdicar de toda a criação que envolve esforço motor ou expressão pessoal do artista (MOURA & PEREIRA, 2004).

definiu de maneira metacriativa como isso poderia se realizar. Para seu primeiro envolvimento com a transcrição de dados digitais em volume tridimensional, “Swarm Sculptures”, de 2000, o artista precisou realizar diversos testes para chegar em uma forma que pudesse ser efetivamente transcrita (ver Figura 113).

Conforme Moura (2013, p.20), o processo que gerou a escultura final teve início com uma esfera, que foi transformada por um algoritmo baseado nos feromônios de formigas, já utilizado por ele anteriormente e adaptado para este novo experimento. Neste caso, as formigas, ao colonizarem a esfera, foram imprimindo os seus rastros de modo que as protuberâncias da escultura significariam um acúmulo de feromônios e as depressões, a ausência dos mesmos. A forma foi produzida em acrílico por meio de fundição (ver Figura 114).

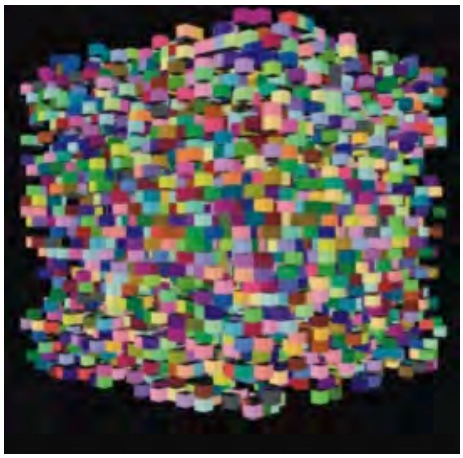


Figura 113: “Swarm Sculptures”, modelo virtual realizado como experimento (2000).
Fonte: <http://www.leonelmoura.com/ssculpture.html>

Figura 114: Escultura final fundida em Plexiglas, 2000. Fonte: Moura, 2013, p.20

Em uma produção mais recente, derivada do experimento “Swarm Sculptures”, o artista conduz uma série de esculturas denominadas “Evolution”, que foram expostas em 2013 na Galeria CPS, do Centro Cultural de Belém, em Portugal (ver Figura 115). Partindo da esfera modelada digitalmente, algoritmos começam a agir pela superfície desta provocando deformações que variam entre furos e protuberâncias pontiagudas (Moura, 2013, p.4) (ver Figura 116). À medida que o algoritmo, visto aqui como um organismo vivo, age sobre a forma esférica, esta perde a sua característica original e passa a assumir interessantes formas orgânicas, que o artista associou com primitivos radiolários (ver Figura 117).

Figura 115: Esculturas da série “Evolution” no espaço expositivo.
Fonte: < http://www.leonelmoura.com/evolution.html>

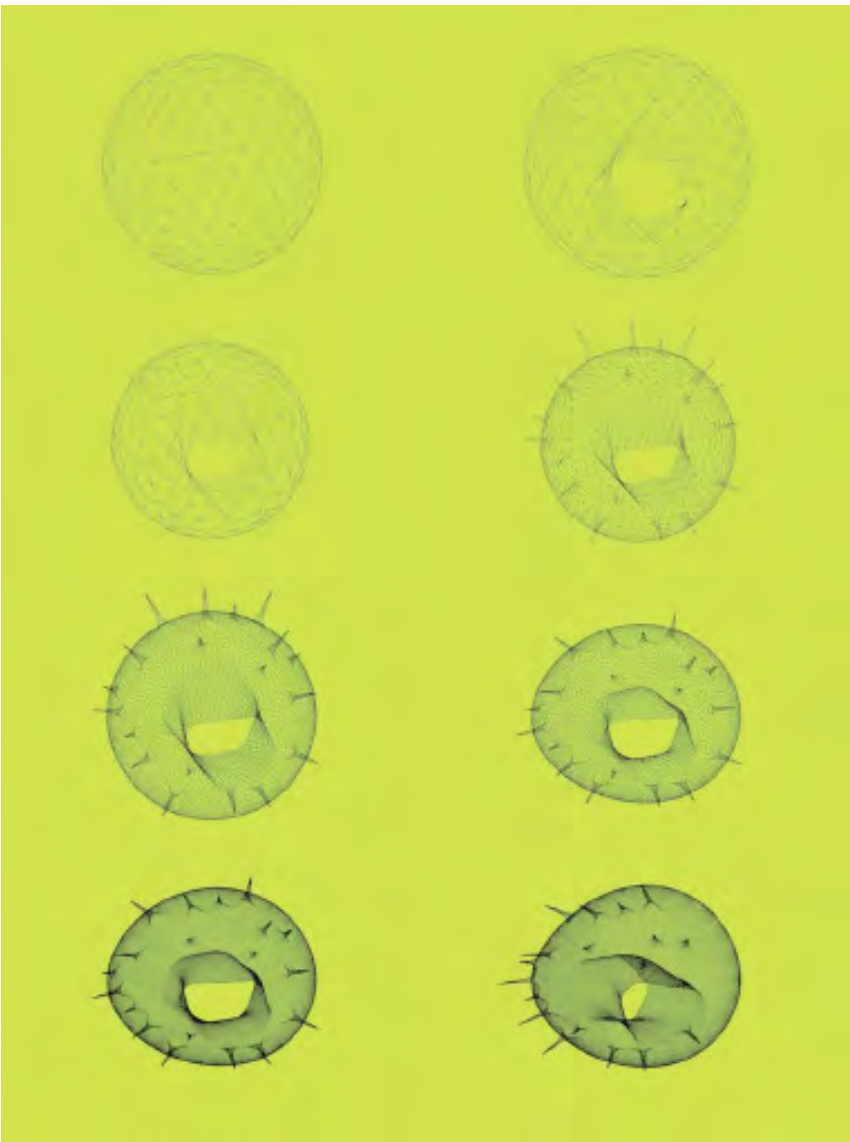


Figura 116: Evolução da esfera vista em oito etapas. Fonte: Moura, 2013, p.5

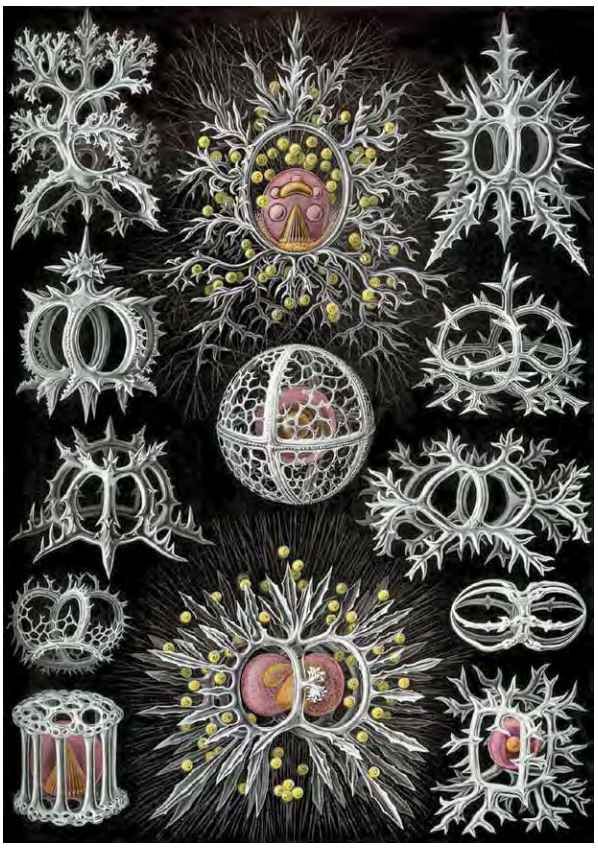


Figura 117: Ilustração do livro “Kunstformen der Natur” de autoria de Ernst Haeckel. Fonte: Moura, 2013, p.19

A fabricação digital é introduzida no processo de criação para auxiliar a produção da forma tridimensional (ver Figura 118). Assim como nos anteriores trabalhos do artista, a presença da máquina precisa ter um caráter independente e não deve depender do artista nem mesmo para a transferência dos dados CAD/CAM, o que quebraria o ciclo por ele apenas iniciado. O papel do artista é o de perceber quando é o momento de se encerrarem as contínuas transformações processadas automaticamente a partir dos algoritmos inscritos no programa. Somente a partir desse momento o modelo tridimensional é enviado para um impressora 3D, que dá prosseguimento, sempre de maneira automática, mas agora interpretando os dados tridimensionais da imagem, fatiando em diversas camadas que, por meio de deposição aditiva, são sobrepostas até a concretização da escultura. As esculturas resultantes desse processo são produzidas em um plástico resistente e durável (ver Figura 119). A impressora utilizada para imprimir as esculturas solidifica as camadas de polímero plástico líquido por meio de *laser* refletido, em um método patenteado chamado FTI (*Film Transfer Imaging Process*).

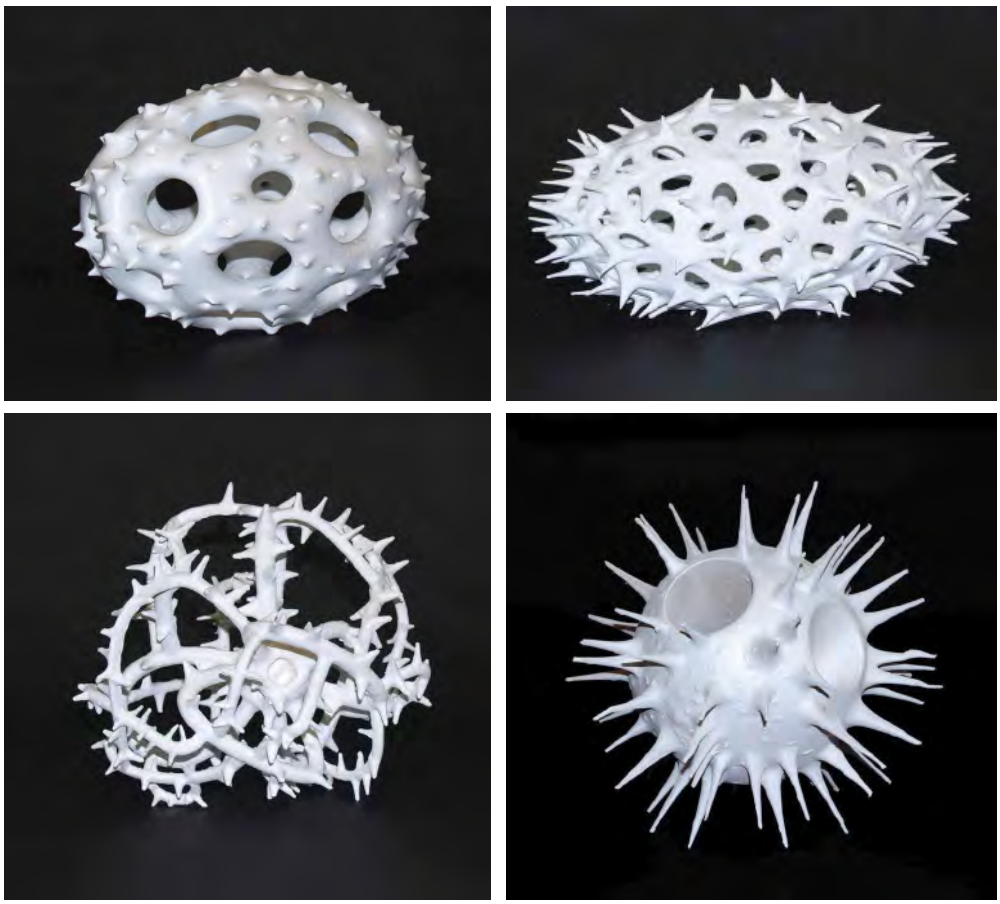


Figura 118: Modelos tridimensionais da série “Evolution”. Fonte: Moura, 2013, p.6,7,8,14

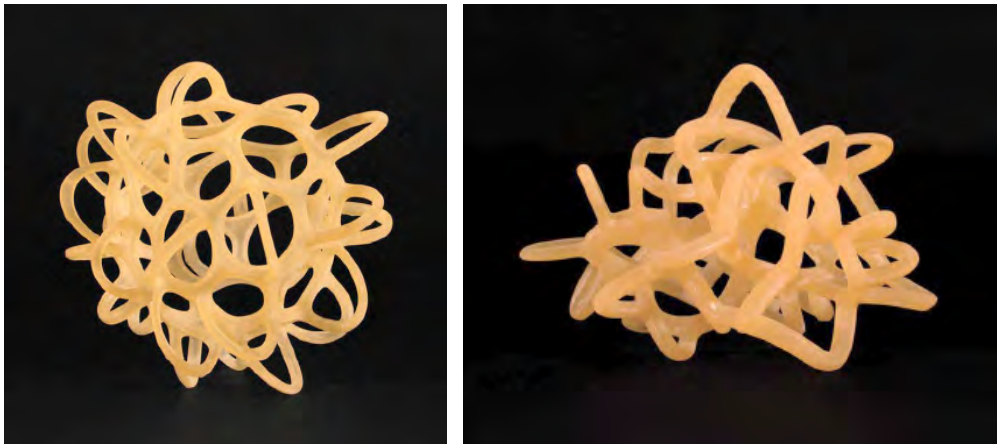


Figura 119: Esculturas impressas da série “Evolution” produzidas no FabLab Alentejo (2013).
Fonte: Moura, 2013, p.16, 18

O automatismo e a compatibilidade dos métodos de fabricação digital demonstram a noção de “evolução tecnológica” referida por Leonel Moura em seu Manifesto da Arte Simbiótica. Essa mudança de paradigma sinalizaria a possibilidade de artistas não-humanos se responsabilizarem pela criação e produção de obras artísticas. A possibilidade de se imprimir formas extremamente complexas corrobora essa visão de que estamos avançando para um momento de aproximação com a natureza, não pelo estudo de suas menores partes, mas pela mecânica de sua complexidade (MOURA & PEREIRA, 2004, s.p.).

De acordo com esse ponto de vista, as máquinas ou os sistemas computacionais não deveriam ser vistos como meras ferramentas, uma vez que quando o artista cria essas máquinas de criar, ele não mantém o controle sobre elas. Isto é, a ferramenta, para Moura, seria como um ser dotado de inteligência capaz de criar seus próprios objetos artísticos. E quando essas máquinas artistas têm "acesso" aos meios digitais de fabricação, elas próprias materializam suas criações. O artista interpreta as diferentes imagens produzidas pela máquina como relativas a sua capacidade de propor diferentes estilos em uma criatividade artificial.

> "Therefore what we can consider 'art' here is the result of multiple agents, some human, some artificial, immerged in a chaotic process where no one is in control and whose output is impossible to determine. Hence, a 'new kind of art' represents the introduction of the complexity paradigm in the cultural and artistic realm." [6] (MOURA & PEREIRA, 2003)

O processo criativo artificial e a imprevisibilidade resultante é a intenção e proposta poética do artista. Dessa iniciativa, tanto as criações impressas no papel por robôs como as materializadas por uma impressora 3D surpreendem Moura, pois do comportamento estigmérgico coletivo emergem composições sempre originais que não poderiam ser previstas (MOURA, 2015, s/p). O artista transfere ao robô a decisão de seguir por um caminho ou outro, mas não se ausenta da obra, pois de maneira cooperativa com ela complementa a programação, propondo pequenos ajustes, explorando e ampliando as possibilidades criativas da máquina. Para Moura, existe uma clara tendência de que essa independência um dia alcance um nível genuinamente inteligente, liberando as máquinas de qualquer intervenção e pré-programação humana.

Essa nova maneira de se interpretar a arte, como resultado de uma ação artificial, foi apresentada no fechamento desta tese de modo a contrastar com as diferentes abordagens de artistas a respeito da autonomia. Ela toma uma posição que cerceia qualquer tipo de controle que possa influenciar a evolução da imagem, incluindo as funções de avaliação utilizadas em algoritmos genéticos, por ver nestas um fator limitante contraditório à evolução. Esta tese não pretende tomar algum lado como verdadeiro, mas sim apresentar uma pluralidade de processos que, cada um ao seu modo, seguindo ou não normas específicas, procuram dar autossuficiência à imagem fazendo-a "crescer" por meio de processos cuja importância passa a valer tanto quanto ou até mais que a própria obra em si.

Tem-se a certeza de que muito ainda pode ser explorado, principalmente no que concerne ao entendimento dos diferentes graus de complexidade relativos aos sistemas da arte generativa. As leituras apresentadas procuraram apresentar que a autonomia das imagens está diretamente relacionada a um sistema de retroação autorregulador ou a um sistema de retroação autoamplificador objetivando causar mudanças não previstas pelo sistema. Sabe-se que essa capacidade "criativa" do sistema computacional de propor variadas respostas a um problema não indica uma capacidade de criar abdutivamente. Conforme Tavares (2004, p.110), "[esses] sistemas inteligentes estabelecem uma autocorrelação e uma mútua influência entre os elementos que deles fazem parte, dando conta de uma ordem-desordem existente, sem, contudo, ter a capacidade de criar abdutivamente".

O artista, então, com base na linguagem codificada de algoritmos, passa a ter acesso a um número de potencialidades a serem reorganizadas, propondo modificações e, de certa forma, guiando um sistema que, a partir dessas diretrizes, irá agir retornando com dados não previstos. Admite-se que a fabricação digital fa-

vorece o surgimento de novas obras uma vez que potencializa a representação física de objetos construídos por meio de dispositivos computacionais. A fabricação digital permite ampliar tanto a capacidade de tradução do pensamento criativo quanto a representação artificial de processos generativos que se baseiam na emergência na medida em que permite a materialização de um modelo digital complexo e singular.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revolução digital proporcionada pelas novas tecnologias nos apresentou uma série de novos processos e materiais responsáveis por alterar a maneira como a imagem é pensada e construída. Esses novos processos deram autonomia à imagem, que, agora, sem qualquer limite em relação a sua forma, pode ser programada para se reproduzir ou para sofrer mutações genéticas dando origem a uma série de morfologias complexas em duas ou três dimensões. A possibilidade de se pensar a forma sem qualquer tipo de restrição foi impulsionada pelas tecnologias de fabricação digital, que, ao acrescentarem novas etapas na produção da imagem, permitiu que formas complexas, antes restritas à tela do monitor, pudessem ser materializadas em diferentes materiais e por meio de diversas técnicas. O pós-processamento da obra e mesmo o seu desenvolvimento no decorrer dos processos controlados digitalmente permitem que o artista tenha a liberdade de estabelecer etapas que podem associar o manuseio e a intervenção digital à realização do mesmo objeto. A singularização em série, inaugurada pela conjugação da programação da forma e sua execução em meios digitais, reaproxima o caráter artesanal do artista, o que por muito tempo parecia uma realidade cada vez mais distante. A possibilidade de recuperar o trabalho da "mão" do artista na percepção agora não apenas visual mas tátil se torna realidade devido à autonomia em se definir materiais, texturas e a possibilidade de combiná-las com diferentes técnicas de reprodução da imagem.

Pelo ponto de vista da complexidade, os meios digitais inauguram abordagens ascendentes por meio da atualização de algoritmos e a imposição de regras locais relativamente simples, que promovem a geração de imagens impossíveis de se prever. Essa qualidade autônoma da imagem atraiu a atenção de artistas como, por exemplo, William Latham e Karl Sims, que na década de 1990 tiveram acesso a essa tecnologia, colocando em prática abordagens evolucionárias na imagem. Os artistas que passaram para a imagem a responsabilidade de se formar, de certa forma queriam artificialmente, por meio de processos computadorizados, replicar a natureza. Mas um replicar não em um sentido mimético, em que o interesse se encerraria na morfologia, mas na sua estrutura interna, nos seus mecanismos adaptativos, que resultam em diferentes espécies integradas em relação ao ambiente no qual interagem.

Constatou-se, nos primeiros capítulos da pesquisa, que a possibilidade de intervenção algorítmica promovida pelas tecnologias contribuiu, no decorrer do tempo, para a gradual ênfase no "processo", que, se antes estava circunscrito ao objeto de arte, passou a se tornar evidente ao simular o natural por meio do artificial. Tendo em vista que o computador é um sistema determinístico, em que mesmo a aleatoriedade precisa ser programada, a determinação de processos para o crescimento da forma é baseada em regras que são pré-programadas pelo artista, evidenciando o seu controle parcial das imagens resultantes. A imagem digital pode ser manipulada e reproduzida pois ela pode ser contabilizada numericamente em uma quantidade mensurável de informação. As máquinas programadas são utilizadas de maneira inventiva pelo artista na realização da sua obra, quando este atualiza suas ideias em um campo virtual de significações. Os algoritmos comuns ao programa são reorganizados e abrandados por meio de uma linguagem codificada, possibilitando diferentes descobertas.

Apresentada no capítulo 3, a compatibilidade da linguagem formal, característica dos processos tecnológicos, entre as máquinas programadas permite o desdobramento e a realização da imagem no plano físico uma vez que seus elementos codificados sejam acionados. As obras de Driessens e Verstappen, ao explorarem mecanismos generativos, exemplificam a importância da materialização de formas digitais que limitadas ao plano virtual se apresentam como intangíveis. Para os artistas, a tradução do virtual para o material fica de certa forma impregnada na superfície do objeto produzido, remetendo sua forma de volta ao digital do qual se originou (WHITELAW, 2015, p.310). Fica inscrito no processo a qualidade emergente das leis criadas pelo artista, as quais comandam um sistema artificial que gera formas sempre novas que podem ser exploradas e descobertas. O método de produção automatizada é visto por artistas como potencializador criativo na busca por novos meios de expressão. A possibilidade de modificar a programação da máquina e, a partir daí, chegar a novos resultados que alcançam a customização, e não apenas a produção em série, resulta em ganho criativo para a Arte.

As obras apresentadas nesta tese evidenciam a maneira como diferentes artistas utilizaram sistemas generativos para a criação de imagens com um maior ou menor nível de complexidade e autonomia. Os sistemas de arte generativos tem em comum a existência de elementos e processos que promovem fenômenos como a emergência e a auto-organização. Todos os elementos de um sistema estão diretamente associado a processos ou condições que podem determinar a realização de operações ou regras de interação. Nestes casos, o artista traduz por meio da definição de condições uma inicialização para o sistema. As formas alcançam a complexidade por meio de diferentes condições que podem demonstrar fenômenos emergentes e auto-organização. A complementaridade da fabricação digital com os sistemas generativos de criação permitem uma possibilidade de tornar as imagens resultantes destes sistemas palpáveis por meio de diferentes processos.

Retomando a realidade introduzida nas artes pelos processos generativos e pelos meios automatizados de produção e materialização da imagem numérica, vimos o quanto essas tecnologias contribuem para as estéticas digitais. Os novos potenciais trazidos pelas tecnologias digitais se complexificam ao sincronizar criação e produção a partir de uma miríade de técnicas e processos. Lembrando a definição de "criador" mencionada por Machado (1993), este, para poder "dar forma sensível às mutações que a sociedade industrial avançada está produzindo" se vê compelido a desvendar a máquina e a "utilizar plenamente" suas possibilidades. Alusão semelhante foi feita por Laurentiz (1991, p.18), ao dizer que o artista, "se possuir apenas habilidades técnicas, não acompanhadas de um espírito sensível, poderá conseguir, ao final do processo operatório, apenas um trabalho bem executado". Ao conhecer e decifrar a máquina, o artista poderá trabalhar em conjunto com ela em uma espécie de reciprocidade, em proveito de ampliar seu potencial criativo e poético. É o que nos sugere Plaza & Tavares (1998, p.63) ao esclarecer que, com a proliferação de novos meios, é colocada à disposição do artista "uma potente infraestrutura com a qual ele mantém uma relação sinérgica no intuito de concretizar as imagens".

Nessa relação recíproca, a máquina responderá à intenção do artista por meio de operações programadas que são por ele operadas, rearranjando informações de modo a se encontrar uma ordem criadora. Essa associação, denominada "sistema criativo", é resultante das "relações entre pensamento, técnica e linguagem [...], responsável pela criação de imagens características do período conhecido como pós-industrial" (Ibidem, p.63). O processo criativo que decorre dessa relação sincrônica entre homem e máquina no período pós-industrial abarca a tecnologia como "forma de expressão" e resulta em diferentes poéticas. O artista

que se aventura nos processos de fabricação e prototipagem digitais e explora esse meio como potencial de linguagem acaba por reinventá-lo. A automatização proporcionada pelas máquinas de fabricação digital é vencida pelo artista quando este procura, de maneira inovadora, explorar maneiras de subverter o processo tradicional da impressão e alterá-lo, estudando assim seus limites em favor da concepção de objetos complexos.

Concentradas no último capítulo, as experimentações prático-experimentais realizadas ao longo do levantamento da pesquisa e a leitura das obras de caráter emergente de Leonel Moura permitiram traçar paralelos importantes com a teoria, delimitando um recorte investigativo na imagem complexa produzida em correspondência com as técnicas digitais de fabricação. O conhecimento prático, além de complementar a teoria, permitiu traçar uma ideia mais precisa de um campo em que ainda se tem muito a explorar. A obra de Leonel Moura, destaca uma visão fronteiriça em que se permite pensar nos objetos artísticos como derivados de um sistema criador, o qual pela via da metacriação poderiam um dia se tornar independentes e conscientes. Acredita-se que esta pesquisa possa ser continuada no sentido de explorar, agora com maior objetivo, a confluência de conceitos evolutivos da imagem e dos processos digitais de fabricação. Acredita-se que a exploração de materiais inteligentes com sistemas de aprendizagem pode levar a uma profícua área para a prática experimental, promovendo o reconhecimento de novas práticas que envolvam a parceria criativa entre o artista e os sistemas computacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGAN, Giulio Carlo. **Arte Moderna: do iluminismo aos movimentos contemporâneos**. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

ARNHEIM, Rudolf. **Art and Visual Perception: a Psychology of the Creative Eye**. University of California Press, 2004.

BALL, Philip. **Pattern Formation in Nature: Physical Constraints and Self-Organising Characteristics**. In: Architectural Design: Material Computation: higher integration in morphogenetic design. March/April 2012. (p.22-27)

BASTOS, Paulo; VENTURELLI, Suzete; ROCHA, Cleomar. **14º Encontro Internacional de Arte e Tecnologia: #14.ART: Arte e Desenvolvimento Humano**. Aveiro: UA Editora, 2015. p.201-206

BATCHELOR, David (Org.). Documents of Contemporary Art: Colour. London: Whitechapel Ventures Limited, 2008.

BENJAMIN, Walter. **A Obra de Arte na Era de Sua Reprodutibilidade Técnica**. In: Magia e Técnica, Arte e Política: Ensaios Sobre Literatura e História da Cultura. Obras Escolhidas v.1, São Paulo: Editora Brasiliense, 2012.

BENTLEY, Peter; CORNE, David (org.). **Creative Evolutionary Systems**. California: Academic Press, 2002

BRIK, Osip. **Photography versus Painting (1926)**. In: BATCHELOR, David (Org.). Documents of Contemporary Art: Colour. London: Whitechapel Ventures Limited, 2008. (p.89-91)

BROECKMANN, Andreas. **Image, Process, Performance, Machine: Aspects of an Aesthetics of the Machinic.** In: GRAU, Oliver (Org.). Media Art Histories. Cambridge: The MIT Press, 2010. p.193 - 205

BROWN, Paul. **Stepping Stones in the Mist**. In: Bentley, Peter; Corne, David (org.). Creative Evolutionary Systems. California: Academic Press, 2002

CAMPOS, Haroldo. **Transcriação** / organização Marcelo Tápia, Thelma Médici Nóbrega. São Paulo: Perspectiva, 2013b.

CARAMELLA, Elaine. **História da Arte: fundamentos semióticos: teoria e método em debate**. São Paulo: EDUSC, 1998.

CELANI, Gabriela; PUPO, Regiane; PICCOLI, Valéria. **Digital fabrication and art-exhibition design: a case study**. DMACH 08 - Digital Media and its Applications in Cultural Heritage, Vol. 1, pp.1-3, Jordania, JORDANIA, 2008

CELANI, Gabriela. **Digital fabrication in the arts: just another technical reproduction advance leap or a new artistic revolution?** 3rd International Conference on Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping (VRAP 2007), Vol. 1, pp.1-10, Leiria, PORTUGAL, 2007

CELANI, Gabriela; CANCHERINI, Laura. **Digitalização tridimensional de objetos: um estudo de caso**. In: Anais do SIGraDi 09 - 13th Congress of Iberoamerican Society of Digital Graphics, Vol. 1, pp.1-10, São Paulo, SP, BRASIL, 2009

CELANI, Gabriela; PUPO, Regiane. **Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: Definições e estado da arte no Brasil.** Cadernos de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (Mackenzie. Online), Vol. 8, pp.1-3, São Paulo, SP, BRASIL, 2008.

COHEN, Harold. AARON, **Colorist: from Expert System to Expert**. 2006 (p.1-18) Disponível em: <http://www.aaronshome.com/aaron/publications/index.html>

COHEN, Harold. **Driving the Creative Machine**. In: Orcas Center, Crossroads Lecture Series September 2010. p.1-17. Disponível em: <http://www.aaronshome.com/aaron/publications/orcastalk2s.pdf>

COHEN, Harold. **Parallel to Perception: Some Notes on the Problem of Machine-Generated Art**. Computer Studies IV-3/4, 1973. p.1-10

COSTA, Mario. **Technology, Artistic Production and the 'Aesthetics of Communication'**. Leonardo, vol. 24, n. 2. 1991, p. 123-125.

COUCHOT, Edmond. **A Arte pode ainda ser um relógio que adianta? O autor, a obra e o espectador na hora do tempo real**. In: DOMINGUES, Diana (Org.). A Arte no Século XXI: A Humanização das Tecnologias. São Paulo: Editora UNESP, 1997, p.135-143

COUCHOT, Edmond. **A tecnologia na Arte: da Fotografia à Realidade Virtual**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2003.

COUCHOT, Edmond. **The Automatization of Figurative Techniques: Toward the Autonomous Image**. In: GRAU, Oliver (Org.). Media Art Histories. Cambridge: The MIT Press, 2010. p.181-191

DAWKINS. Richard. **The Blind Watchmaker**. New York: W. W. Norton & Company, 1986.

DEBRAY, Régis. **Vida e morte da imagem: uma história do olhar no ocidente**. Petrópolis: Vozes, 1993.

DELANDA, Manuel. **Materiality: Anexact and Intense.** In: SPUYBROEK, Lars. NOX: Machining architecture. London: Thames & Hudson, 2004. (p. 370-377)

DEMPSEY, Amy. **Estilos, escolas e movimentos.** São Paulo: Cosac Naify, 2003.

DENNETT, Daniel. **Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meaning of Life**. London: Penguin Books, 1995.

DEUSSEN, Oliver; LINTERMANN, Bernd. **Digital Design of Nature: Computer Generated Plants and Organics**. New York: Springer, 2005.

DIAMONDS, Peter. **How 3D Printing Is Transforming the Way We Make Things**. Singularity Hub, 2016. Disponível em: <http://singularityhub.com/2016/03/07/how-3d-printing-is-transforming-the-way-we-make-things/>

DOMINGUES, Diana (Org.). **A Arte no Século XXI: A Humanização das Tecnologias**. São Paulo: Editora UNESP, 1997

DOMINGUES, Diana. (org.) **Arte e vida no século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade**. São Paulo, Editora Unesp: 2003.

DOMINGUES, Diana (org.). **Arte, ciência e tecnologia: passado, presente e desafios**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

DORIN, Alan; McCORMACK, Jon. **First Iteration: A Conference on Generative Systems in the Electronic Arts.** Leonardo, Vol. 34, No. 3, 2001. p. 239-242

DRIESSENS, Erwin; VERSTAPPEN, Maria. **Generative art and experience of nature.** (s.d.) Disponível em: <https://notnot.home.xs4all.nl/text/introduction.html>

DRUCKREY, Timothy. **Electronic Culture: Technology and Visual Representation**. New York: Aperture Foundation, Inc. 1996. p.228-239

ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. São Paulo: Perspectiva, 2009.

EIBEN, A. E. **Introduction to Evolutionary Computing II**. EvoNet Summer School 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/216300585_Introduction_To_Evolutionary_Computing>

EPSTEIN, Isaac. **Teoria da Informação**. São Paulo: Editora Ática S. A., 1988

EZCT Architecture & Design Research. **Studies on Optimisation: Computational Chair Design using Genetic Algorithm**. 2004. Disponível em: <http://transnatural.org/wp-content/uploads/2011/09/EZCT_Booklet-Screen.pdf>

FLUSSER, Vilém. **Filosofia da caixa preta: ensaios para uma futura filosofia da fotografia**. São Paulo: Annablume, 2011.

FLUSSER, Vilém. **Writings**. London: University of Minnesota Press, 2002.

FLUSSER, Vilém. **O mundo codificado: por uma filosofia do design e da comunicação**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

FRANCASTEL, Pierre. **Art & Technology in the Nineteenth and Twentieth Centuries**. New York: Zone Books, 2000.

GALANTER, Philip; LEVY, Ellen K. **Complexity**. Leonardo, Vol. 36, No. 4, pp. 259-267, 2003.

GALANTER, Philip. **The Problem with Evolutionary Art Is...** In: C. Di Chio et al. (Org.). EvoApplications, Part II, LNCS 6025. Berlin: Springer, 2010. p. 321–330

GANIS, William. **Digital Sculpture: Ars Ex Machina**. In: Sculpture, v.23, n8, 2004. s/p

GANIS, William. **Complexities and Contradictions in Digital Sculpture.** 3rd International Symposium of Interactive Media Art. (2005)

GARBER, Richard; ROBERTSON, Nicole. **Best Pedestrian Route Lower Manhattan**. In: Architectural Design, v.79, n.2. London: Wiley, 2009. p.14-17.

GELBER, Eric. **Sharing Sensation: A conversation with John Isherwood**. In: Sculpture 23, n. 7 September. New York: The H. W. Wilson Company, 2004, pp. 40-45.

GIANNETTI, Claudia. **Estética Digital: Sintopía del Arte, la Ciencia y la Tecnologia**. p. 111-146, Barcelona: L'Angelot, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GRAU, Oliver (Org.). **Media Art Histories.** Cambridge: The MIT Press, 2010.

HANSMEYER, Michael. **Subdivided Columns.** In: LABACO, Ron (Org.). Out of Hand: Materialising the Postdigital. London: Black Dog Publishing, 2013, p.22

HENNO, Juliana Harrison. **A cor como fonte luminosa e a inserção do receptor**. ECA – Escola de Comunicações e Artes, 2010. Dissertação (Mestrado em Artes Visuais), ECA-USP.

HENNO, Juliana Harrison; TAVARES, Monica. **A fabricação digital no contexto da criação artística**. In: Arte_Corpo_Tecnologia. 2014. (no prelo) - ANEXO 4

HENNO, Juliana H. **O uso de técnicas de produção automatizada no ambiente do Museu: um estudo de caso.** Transmuseus.net (2013). Disponível em: <http://transmuseus.net/?p=1356>

HENNO, J. H. ; TAVARES, M. ; STABILE, H. . **The transposition from colour to volume by means of digital fabrication: Op Art case study.** In: 12th International AIC Colour Congress, 2013, Newcastle upon Tyne. AIC Colour 2013 / Conference Proceedings. Great Britain: The Colour Group. v. 3. p. 953-956. - ANEXO 1

HENSEL, Michael; Menges, Achim; Weinstock, Michael. **Emergent Technologies and Design: Towards a biological paradign for architecture**. New York: Routledge, 2010.

HOSKINS, Stephen. **3D Printing for Artists, Designers and Makers**. London: Bloomsbury, 2013

JANOS, Michel. **Computação 3D: conceitos, práticas, mercado**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

JEFFERSON, David; Collins, Robert; Cooper, Claus; Dyer, Michael; Flowers, Margot; Korf, Richard; Taylor, Charles; Wang, Alan. Evolution as a Theme in Artificial Life: The Genesys/Tracker System. Technical Report UCLA – AI – 90 – 09. November, 1990

JOHNSON, Steven. **Emergence: The Connected Lives of Ants, Brains, Cities and Software.** New York.. Penguin Books, 2001.

KESTLER, Izabela. **Johann Wolfgang von Goethe: arte e natureza, poesia e ciência**. História, Ciências, Saúde – Manguinhos, v. 13 (suplemento), 2006. p. 39-54

KOLAREVIC, Branko. **Designing and Manufacturing Architecture in the Digital Age.** Architectural Information Management 05. Design Process 3 (2001) p. 117-123.

KOLAREVIC, Branko. **Digital Morphogenesis and Computational Architectures.** SIGraDi 2000 – Constructing the Digital Space. Pp. 1-6, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

KOLAREVIC, Branko. **Parametric Evolution.** In: PETERS, Brady; PETERS, Terri. Inside Smart Geometry: Expanding the architectural possibilities of computational design. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2013. (p. 50 – 59)

LABACO, Ronald T. (org.). **Out of Hand: Materializing the Postdigital**. London: Black Dog Publishing, 2013

LAURENTIZ, Paulo. **A holarquia do pensamento artístico.** Campinas: Editora da UNICAMP, 1991.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999

LÉVY, Pierre. **O que é o virtual?** São Paulo: Ed.34, 1996

LEWIS, Matthew. **Evolutionary Visual Art and Design.** In: Romero, Juan; Machado, Penousal. The Art of Artificial Evolution: A Handbook on Evolutionary Art and Music. Berlin: Springer, 2008.

LOVEJOY Margot; PAUL, Christiane; VESNA, Victoria. **Context Providers: Conditions of Meaning in Media Arts**. Bristol, Chicago: Intellect, 2011.

MACHADO, Arlindo. **Arte e Mídia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.

MACHADO, Arlindo. **Arte e Mídia: Aproximações e Distinções**. Revista Eletrônica e-compós, pp. 1-15, 2004.

MACHADO, Arlindo. **Máquina e Imaginário: O Desafio das Poéticas Tecnológicas**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993.

MACHADO, Arlindo. **Pré-cinemas & Pós-cinemas.** Campinas: Papirus, 1997a. ATENCAO: 220-234

MACHADO, Arlindo. **Repensando Flusser e as imagens técnicas**. Arte en la Era Electrónica - Perspectivas de una nueva estética. Barcelona: CCCB, 1997b

Manovich, Lev. **Abstraction and Complexity**. In: Grau, Oliver (Org.). Media Art Histories. Cambridge: The MIT Press, 2010.

MANOVICH, Lev. **The language of New Media**. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology, 2001.

MANOVICH, Lev. **The Automation of Sight: From Photography to Computer Vision**. In: DRUCKREY, Timothy. Electronic Culture: Technology and Visual Representation. New York: Aperture Foundation, Inc. 1996. p.228-239

MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. **Autopoiesis and Cognition: The Realization of the Living.** Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980.

McCORMACK, Jon. **Creative Ecosystems.** Dagstuhl Seminar Proceedings [Computational Creativity : An Interdisciplinary Approach]. London: Goldsmiths, 2007. p.1-8

McCORMACK, Jon; BROWN, Oliver; DORIN, Alan; McCABE, Jonathan; MONRO, Gordon; WHITELAW, Mitchell. **Ten Questions Concerning Generative Computer Art.** LEONARDO, Vol. 47, No. 2, ISAST, 2014. p. 135–141

McCORMACK, Jon; DORIN, Alan. **Art, Emergence and the Computational Sublime.** Proceedings of the Second International Conference on Generative Systems in the Electronic Arts. Victoria: Centre for Electronic Media Art, 2001. p 67-81.

McCORMACK; d'INVERNO. **Computers and Creativity.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, p.X

McCULLOUGH, Malcolm. **Abstracting craft: the practiced digital hand**. Cambridge: The MIT Press, 1996.

McLUHAN, Marshall. **Os meios de comunicação como extensões do homem**. São Paulo: Cultrix, 2007.

MITCHELL, William. **A lógica da arquitetura: projeto, computação e cognição.** Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2008.

MITCHEL, William J. **Computer-Aided Architectural Design**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, Inc, 1977.

MITCHELL, William. **The Reconfigured Eye: Visual truth in the post-photographic era.** London: The MIT Press, 1994.

MITCHEL, William J.; MCCULLOUGH, Malcolm. **Digital Design Media**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.

MOLES, Abraham. **Arte e computador**. Porto: Afrontamento, 1990.

MOLES, Abraham. **A criação científica**. São Paulo: Perspectiva, 2010.

MOURA, Leonel. **A new kind of art.** Catálogo da Exposição. Lisboa: CPS, 2013

MOURA, Leonel. **Impressão 4D**. Jornal de negócios. 18 de outubro de 2013b Disponível em: <http://www.jornaldenegocios.pt/opiniao/colunistas/leonel_moura/detalhe/impressao_4d.html >

MOURA, Leonel. **Expressão robótica.** In: Correio Braziliense, Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.leonelmoura.com/brazil.html>. Acesso em janeiro de 2016

MOURA, Leonel; PEREIRA, Henrique. **A new kind of art: the painting robots**. 2003. Disponível em: <http://www.leonelmoura.com/artsbot.html>. Acesso em janeiro de 2016.

MOURA, Leonel; PEREIRA, Henrique. **Symbiotic Art Manifesto**. 2004. Disponível em: <http://www.leonelmoura.com/manifesto.html>. Acesso em janeiro de 2016

MUNFORD, Lewis. **Arte e técnica**. Buenos Aires: Editorial Nueva Visión, 1958.

NOLL, Michael. **The digital computer as a creative medium**. IEEE Spectrum 4, n.10, 1967. p.89-95

PARENTE, Andre (org.) **Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual.** Rio de Janeiro, Ed. 34: 1993

PAUL, Christiane. **Digital Art.** New York: Thames & Hudson, 2008

PETERS, Brady; PETERS, Terri. **Inside Smart Geometry: Expanding the architectural possibilities of computational design**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2013

PLAZA, Julio; TAVARES, Monica. **Processos Criativos Com os Meios Eletrônicos: Poéticas Digitais**. São Paulo: Editora Hucitec, 1998.

POISSANT, Louise. **A passagem do material para a interface**. In: DOMINGUES, Diana (org.). Arte, ciência e tecnologia: passado, presente e desafios. São Paulo: Editora UNESP, 2009. p.71-90

POPPER, Frank. **As imagens artísticas e a tecnociência (1967-87)**. In: PARENTE, Andre (org.) Imagem-máquina: a era das tecnologias do virtual. Rio de Janeiro, Ed. 34: 1993 (p.201-213).

PRICE, Rachel. **Early Brazilian Digital Culture; or, The Woman Who Was Not B.B.**. Grey Room 47, Spring, 2012. p. 60–79

PUPO, Regiane. **Inserção da Prototipagem e Fabricação Digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino da arquitetura.** Campinas: FEC - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), FEC-UNICAMP.

REAS, Casey; FRY, Ben. **Processing : a programming handbook for visual designers and artists.** London: The MIT Press, 2007

REAS, Casey; McWILLIAMS, Chandler; LUST. **Form + Code In Design, Art, and Architecture.** New York: Princeton Architectural Press, 2010

REICHARDT, Jasia. **Machines and Art.** Leonardo, Vol. 20, No. 4, 20th Anniversary Special Issue: Art of the Future: The Future of Art (1987), pp. 367-372

RICHTER, Hans. **Dadá: Arte e Antiarte**. São Paulo: Martins Fontes, 1993

SALIM, Flora; JAWORSKI, Przemek. **Exploring human-computer interaction in design process.** In: PETERS, Brady; PETERS, Terri. Inside Smart Geometry: Expanding the architectural possibilities of computational design. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2013. (p. 166 – 175)

SALLES, Laurita. **Unidades Fugidias**. São Paulo: ECA – Escola de Comunicações e Artes, 2003. Tese (Doutorado em Artes Visuais), ECA-USP.

SANTAELLA, Lucia; NÖTH, Winfried. **Imagem, cognição, semiótica, mídia**. São Paulo: Iluminuras, 2008.

SANTOS, Laymert. **O homem e a Máquina**. In: Revista Imagens n. 3. Campinas, Editora da Unicamp, dez/1994. p.45-49.

SANTOS, Túlio. **Grades Computacionais**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2008. Disponível em: <http://www.gta.ufrj.br/grad/08_1/grades/index.html>

SASS, Larry. **Materializing Design: The Implications of Rapid Prototyping in Digital Design**. Elsevier Ltd. Design Studies, vol. 27, n. 3. (2006). (p.325-355)

SCHAPIRO, Meyer. **Impressionismo: reflexões e percepções**. São Paulo: Cosac & Naify, 2002.

SCHODEK, Daniel; BECHTHOLD, Martin; GRIGGS, Kimo; KAO, Kenneth; STEINBERG, Marco. **Digital Design and manufacturing: CAD/CAM Apllications in Architecture and Design**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2005.

SCHÖNLIEB, Carola-Bibiane; SCHUBERT, Franz. **Random simulation for generative art construction - some examples**. Journal of Mathematics and the Arts, v.7, n.1, 2013. p.29-39

SIMS, Karl. **Evolving Virtual Creatures.** Computer Graphics, Annual Conference Series, (SIGGRAPH '94 Proceedings), 1994. p.15-22.

SODDU, Celestino. **New naturality: A Generative Approach to Art and Design**. Leonardo, vol.35, n.3, p.291-294, 2002

SOLON, Olivia. **Living sculpture of Van Gogh's ear grown using relative's cells.** 2016. Disponível em: < http://www.wired.co.uk/news/archive/2014-06/04/van-gogh-ear-bioart>

SPUYBROEK, Lars. **NOX: Machining architecture.** London: Thames & Hudson, 2004

STRASNICK, Stephanie. **Barry X Ball makes a 3D printed digitally altered, gold-plated sculpture**. 2013. Disponível em: <http://www.artnews.com/2013/11/19/barry-ball-makes-a-3d-printed-sculpture/>

TAVARES, Mônica. **A Recepção no Contexto das Poéticas Interativas.** ECA – Escola de Comunicações e Artes, 2001. Tese (Doutorado em Artes Visuais), ECA-USP.

TAVARES, Monica. **Por uma tipologia da imagem interativa.** 11º Encontro Anual da Associação Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Comunicação – Compós, pp. 1-14, 2002.

TAVARES, Monica. **Ciberespaço e Metodologias de Criação.** In: Conexão - Comunicação e Cultura, UCS, Caxias do Sul, v.3, n6, 2004. p.103-127

TAVARES, Monica. **Processos de criação na arte.** In: ROIPHE, Alberto; MATTAR, Sumaya. (Org.). Processos de Criação na Educação e nas Artes. 1ed.São Paulo: Escola de Comunicações e Artes, 2012, v. 1, p. 36-48.

TAVARES, Monica. **The digital aesthetics: its origins and paradigms**. Technoethic Arts: A journal of speculative research, vol.9 n.1., 2011.

TAVARES, Monica. **A recepção no contexto das poéticas interativas**. São Paulo: ECA - Escola de Comunicação e Artes, 2000. Tese (Doutorado em Artes Visuais), ECA – USP

TAVARES, Monica; HENNO, Juliana. **As co-relações entre multiplicidade e singularidade no contexto da arte e design generativos**. In: BASTOS, Paulo; VENTURELLI, Suzete; ROCHA, Cleomar. 14º Encontro Internacional de Arte e Tecnologia: #14.ART: Arte e Desenvolvimento Humano. Aveiro: UA Editora, 2015. p.201-206

TAYLOR, Grant. **When the Machine Made Art: The troubled History of Computer Art.** New York, London: Bloomsbury, 2014.

The Economist. **The third industrial revolution**. 2012. Disponível em: <http://www.economist.com/node/21553017>

THOMSEN, Mette Ramsgard; TAMKE, Martin. **Digital crafting: performative thinking for material design**. In: PETERS, Brady; PETERS, Terri. Inside Smart Geometry: Expanding the architectural possibilities of computational design. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2013. (p. 242 – 253)

TRIBE, Mark; JANA, Reena. **New Media Art**. Germany, Taschen, 2007

TODD, Stephen; LATHAM, William. **Evolutionary Art and Computers**. London: Academic Press, 1992

VALÉRY, Paul. **Teoría poética y estética**. Madrid: Visor Distribuciones, S. A., 1990

VARELA, Francisco. **Principles of Biological Autonomy**. New York: Elsevier, 1979.

WANDS, Bruce. **Art of the Digital Age.** London: Thames & Hudson, 2006

WEINSTOCK, Michael. **Evolution and computation.** In: HENSEL, Michael et al.; Emergent Technologies and Design: Towards a biological paradign for architecture. New York: Routledge, 2010. (25-41)

WHITELAW, Mitchell. **Metacreation: Art and Artificial Life**. Cambridge: MIT Press, 2006.

WHITELAW, Mitchell. **The Abstract Organism: Towards a Prehistory for A-Life Art**. Leonardo. v. 34, n. 4, 2001. p. 345-348

WHITELAW, Mitchell. **Accretion: Generative Materiality in the Work of Driessens and Verstappen.** Artificial Life v.21, MIT, 2015. p.307-312

WILKIN, Karen. **Art in America** ed. june/july. New York: Brant Publications, Inc., 2005 (p. 174).

WILSON, Stephen. **A arte como pesquisa – A importância cultural da pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico.** In: DOMINGUES, D. (org.) Arte e vida no século XXI: Tecnologia, ciência e criatividade. São Paulo, Editora Unesp: 2003. pp. 147-157.

X BALL, Barry. Perfect Forms. 2013, In: LABACO, Ronald T. (org.). **Out of Hand: Materializing the Postdigital**. London: Black Dog Publishing, 2013. p.221

ZARINA, Solvita. **The Visual Language of Contemporary Digital Art and Its Collaborative Aspects on Science**. Proceedings of the 50th Anniversary Convention of the AISB, 2014. p. 1-7

ZKM. **Diemut Strebe, Sugababe**. 2016. Disponível em: <http://on1.zkm.de/zkm/stories/storyReader$8887>

Outras Fontes

Accretor (2012), Erwin Driessens e Maria Verstappen
Disponível em: <https://notnot.home.xs4all.nl/accretor/Accretor.html> Acesso em: jan.2016

Beabá (1968), Waldemar Cordeiro e Giorgio Moscati.
Disponível em: <http://elmcip.net/creative-work/beaba> Acesso em: jan.2016

Bicycle Wheel (1913), Marcel Duchamp.
Disponível em: <www.moma.org> Acesso em: jan.2016

Black Square (1915), Kazimir Malevich.
Disponível em: <http://www.tretyakovgallery.ru> Acesso em: jan.2016

Black Warp One e Black Warp Two (2007), Ara Peterson
Disponível em: <http://www.ratio3.org/exhibitions/2007/ara-peterson-multidimensional-warp?p=works> Acesso em: jan.2016

Breed 1.1 (2001), Erwin Driessens e Maria Verstappen
Disponível em: < https://notnot.home.xs4all.nl/breed/BREEDmodels.html> Acesso em: jan.2016

Breed 1.2 (2007), Erwin Driessens e Maria Verstappen
Disponível em: <https://notnot.home.xs4all.nl/breed/prometal.html> Acesso em: jan.2016

Evolution (2013), Leonel Moura
Disponível em: < http://www.leonelmoura.com/evolution.html>

Genetic Images (1993), Karl Sims
Disponível em: <http://www.karlsims.com/genetic-images.html> Acesso em: jan.2016

Gymnasts (1997), Karl Sims
Disponível em: <http://www.paul-brown.com> Acesso em: jan.2016

Inner Sense (2004), Jon Isherwood
Disponível em: < http://jonisherwood.com/forms-5/> <http://www.decordova.org/art/sculpture-park/inner-sense-place-your-thoughts-things-are-not-always-what-they-seem> Acesso em: jan.2016

Intuitively Yours (1968), Lloyd Sumner,
Disponível em: < http://dada.compart-bremen.de/item/artwork/625> Acesso em: jan.2016

L.H.O.O.Q (1919), Marcel Duchamp.
Disponível em: <http://www.nortonsimon.org> Acesso em: jan.2016

La Jolie (1911-1912), Pablo Picasso.
Disponível em: <www.moma.org> Acesso em: jan.2016 **Untitled** (1917), Hans Arp.
Disponível em: <http://www.nga.gov/exhibitions/2006/dada/artwork/> Acesso em: jan.2016

Memorial to a Marriage (2003), Patricia Cronin
Disponível em: <http://www.sculpture.org/documents/scmag03/janfeb03/cronin/cronin.shtml> Acesso em: jan.2016

Nano-Nonobjective-Oriented Ontograph No. 1 (2013), Shane Hope
Disponível em: <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/shane-hope-collages>, <http://thecreatorsproject.vice.com/blog/shane-hope-collages>, <http://www.winkleman.com/exhibitions/782/images/27453>, <http://shanehope.info/> Acesso em: jan.2016

Swimming Pool (1997), Paul Brown
Disponível em: <http://www.paul-brown.com> Acesso em: jan.2016

The Deluge - after Leonardo (1995), Karl Sims
Disponível em: http://www.paul-brown.com Acesso em: jan.2016

L'Artisan Electronique (2010), Unfold e Tim Knapen
Distonivel em: <http://www.unfold.be/pages/projects> Acesso em: jan.2016

Shape (2006), Allan McCollum.
Disponível em: <http://allanmccollum.net/amcnet2/album/shapes/newyorkshapes2.html> Acesso em: jan.2016

Subdivided Columns (2010), Michael Hansmeyer
Disponível em: <http://www.michael-hansmeyer.com/projects/columns> Acesso em: jan.2016

Sugababe (2014), Diemut Strebe
Disponível em: <http://diemutstrebe.altervista.org/>, <http://www.wired.co.uk/news/archive/2014-06/04/van-gogh-ear-bioart>, <http://on1.zkm.de/zkm/stories/storyReader$8887> Acesso em: jan.2016

Unidades Fugídias (2003), Laurita Salles
Disponível em: <http://www.canalcontemporaneo.art.br/e-nformes.php?codigo=222> Acesso em: jan.2016

Unique Forms of Continuity in Space (1913), Umberto Boccioni
Disponível em: <http://metmuseum.org/art/collection/search/485540?img=0> Acesso em: jan.2016

Apêndice A - Experimentos da Autora

Este apêndice tem o propósito de reunir os experimentos realizados pela autora durante os quatro anos de pesquisa envolvendo o campo da Arte e sua convergência com os processos de Fabricação Digital e da autonomia da imagem. Os experimentos se concentraram principalmente na prática da fabricação digital, como uma trajetória de abordagem prática para se compreender os processos de criação estudados na tese. Também foram explorados conceitos de programação, eletrônica seguidos mais tarde pelos de emergência. Logo no início da pesquisa, paralelamente aos estudos de base teórica, viu-se a necessidade de compreender na prática essa tecnologia utilizando-se para isso o espaço do laboratório de fabricação digital do Laboratório de Modelos e Ensaios (LAME - FAU-USP) ou FabLab SP.

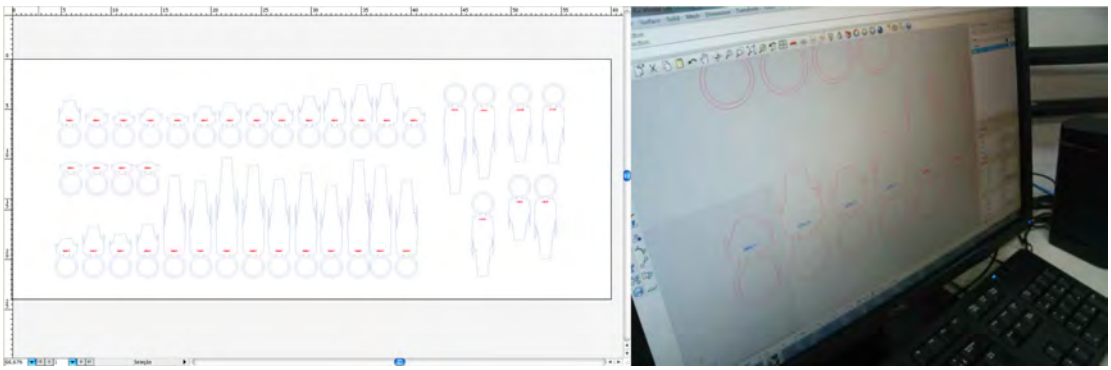
1. Atividades realizadas em laboratório[1]

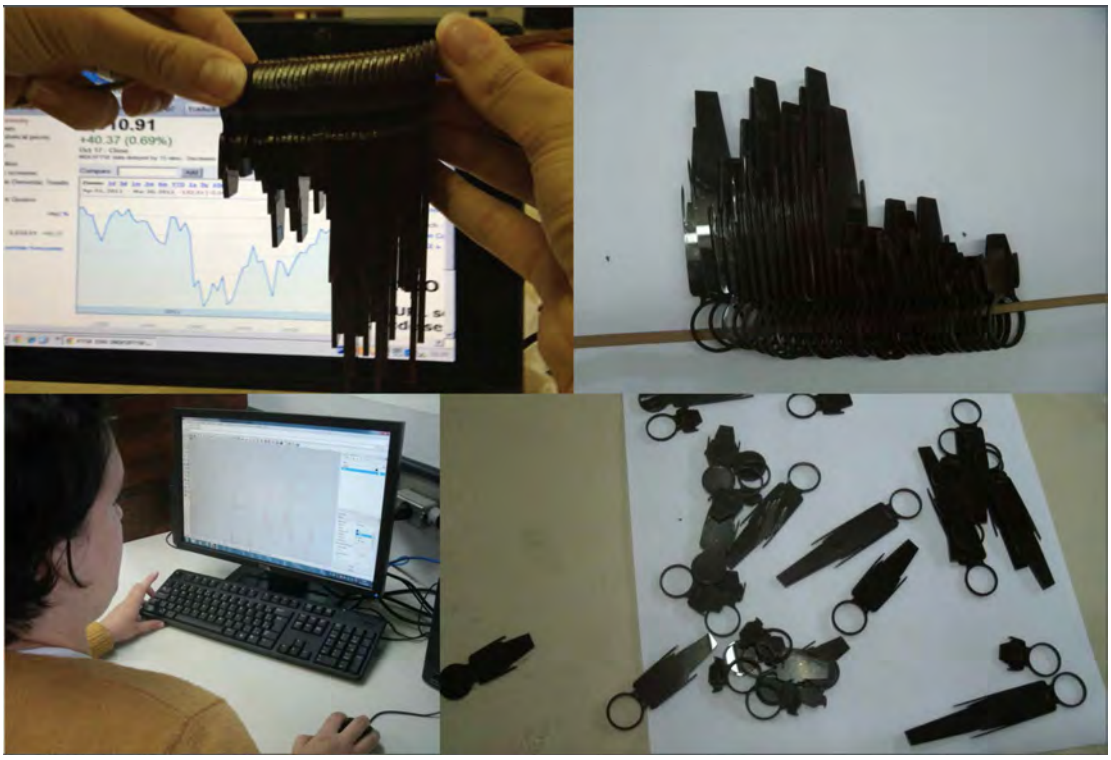
EXPERIMENTO #01. Riot Real Ring , 2012
Data da realização das peças: 17 de outubro de 2012.
Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP
Autoria: Soraya Braz e Fabio FON
Colaboração: Juliana Henno e Natália Gaspar

Sobre uma silhueta inspirada no anel de noivado real entregue pelo príncipe William à sua noiva Kate Middleton são projetados os índices da bolsa de valores de Londres (FTSE 100) desde abril de 2011, mês do Casamento Real inglês e pico dos índices, até novembro do mesmo ano. Tais índices servem como parâmetros para modificações na forma da silhueta deste anel, que sofre abruptas alterações durante o período dos London Riots, motins violentos em áreas periféricas próximas a Londres motivados pela insatisfação de jovens pobres frente aos abusos cometidos pela polícia e as dificuldades geradas pelas medidas de austeridade frente à crise econômica européia.

O desenho do anel bem como as suas variáveis distorcidas foram desenhadas no *software* Adobe Illustrator®. No *software*, as silhuetas foram desenhadas e datadas conforme cada índice semanal que representavam. A seguir exportamos em formato .pdf de modo que o arquivo pudesse ser lido pelo *software* da cortadora a laser de 60W. O *software* Rhinoceros® foi utilizado para ajustar a escala do desenho sem que se perdesse a proporção inicial. Configuramos então, no programa da máquina de corte a laser (VLS 3.60), a potência e velocidade do feixe de laser para que este pudesse atravessar uma placa de acrílico de 300x600x2mm. É importante ressaltar que existe uma combinação ideal entre potência e velocidade que permitem o laser atravessar um dado material com maior facilidade. Outro passo importante foi a definição dos elementos a serem cortados em vermelho ou gravados em azul. Em nosso caso, os anéis seriam cortados, porém em sua superfície estaria gravado as datas relativas a cada anel.

1 Os experimentos elencados neste apêndice serão a partir de agora narrados em primeira pessoa.




+40.37 (0.69%)

UNIVERS
LASER SYS

EXPERIMENTO #02. Chocolate, 2012

Data da realização das peças: 24 de outubro de 2012.

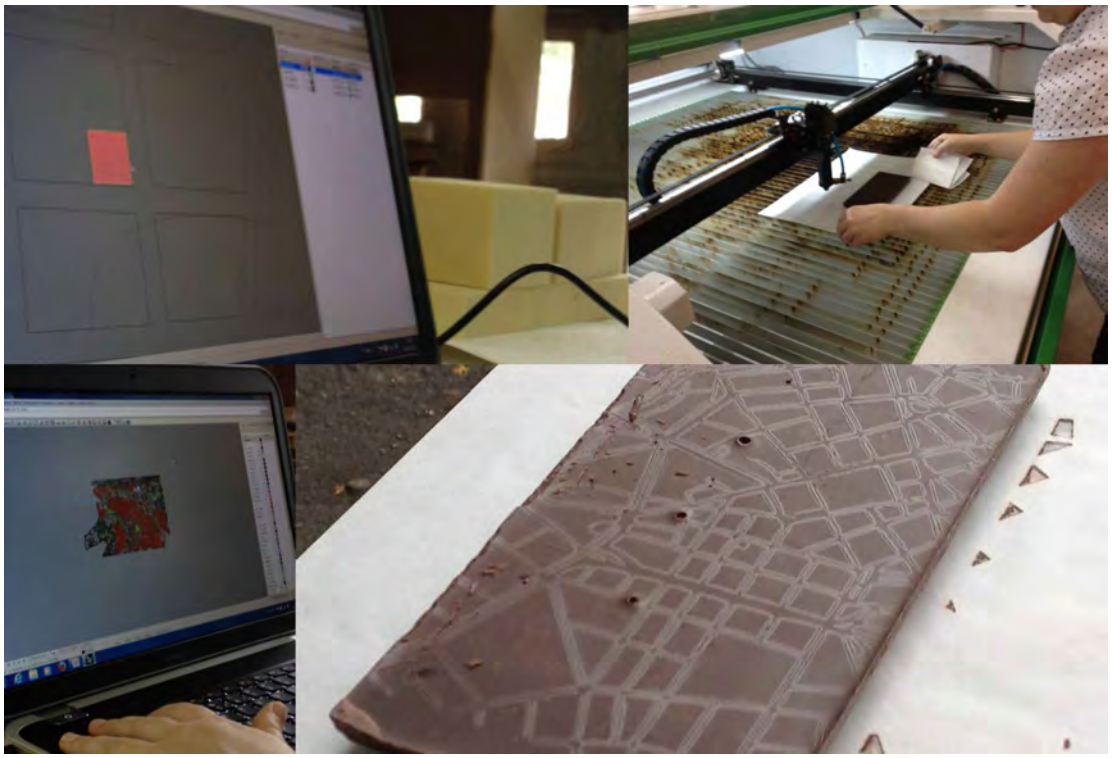
Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP

Autoria: Soraya Braz, Natália Gaspar, Juliana Henno, Eric Zompero

Esta experimentação surgiu da curiosidade de conhecer novos tipos de materiais como por exemplo a resistência do chocolate nas máquinas de corte a laser. Foi proposto então a escolha de um tema para ser gravado na superfície lisa do chocolate de modo a testar o comportamento da máquina e do material. A experiência foi realizada com duas barras de chocolate meio amargo, sendo no primeiro chocolate gravado a vista do mapa de ruas que abrangem a região central de São Paulo, próxima à área de um exercício de mapeamento solicitado anteriormente durante a disciplina. No segundo chocolate foi gravado o desenho da topografia referente a mesma região metropolitana de São Paulo e a frase "Coma-me" centralizada no chocolate.

Ao visitar o website Open Design Contest (http://opendesigncontest.org), localizamos um projeto de gravação em chocolate chamado "6 Excuses" (http://opendesigncontest.org/product/6-excuses). Nele vimos que seria possível realizar perfurações em um chocolate através da cortadora a laser, no entanto, na descrição do projeto não haviam especificações a respeito da velocidade e potência a ser utilizada na máquina.

Em um banco de dados virtual especializado, obtivemos os mapas vetorizados da região que pretendíamos representar. O mapa foi editado no programa Rhinoceros, onde suprimimos informações tais como nomes de ruas e bairros de modo a restar apenas as marcações das ruas, quadras e o edifício do IAB. O perímetro também foi demarcado neste *software* definindo-se apenas a região da Vila Buarque como a área a ser impressa no chocolate. O arquivo foi então exportado para uma extensão .dxf, familiar a máquina de corte a laser de 120W. Para evitar acidentes utilizamos uma placa de acrílico coberto com uma folha de papel manteiga para servir de suporte para o chocolate, caso ele derretesse com o calor do laser. No *software* da máquina (Laser Grav) realizamos diversos testes de combinação entre velocidade e potência, tomando o cuidado para começar com um feixe extremamente fraco, aumentando aos poucos a sua potência.



EXPERIMENTO #03. ApArte, 2012

Data da realização das peças: 24 de outubro de 2012.

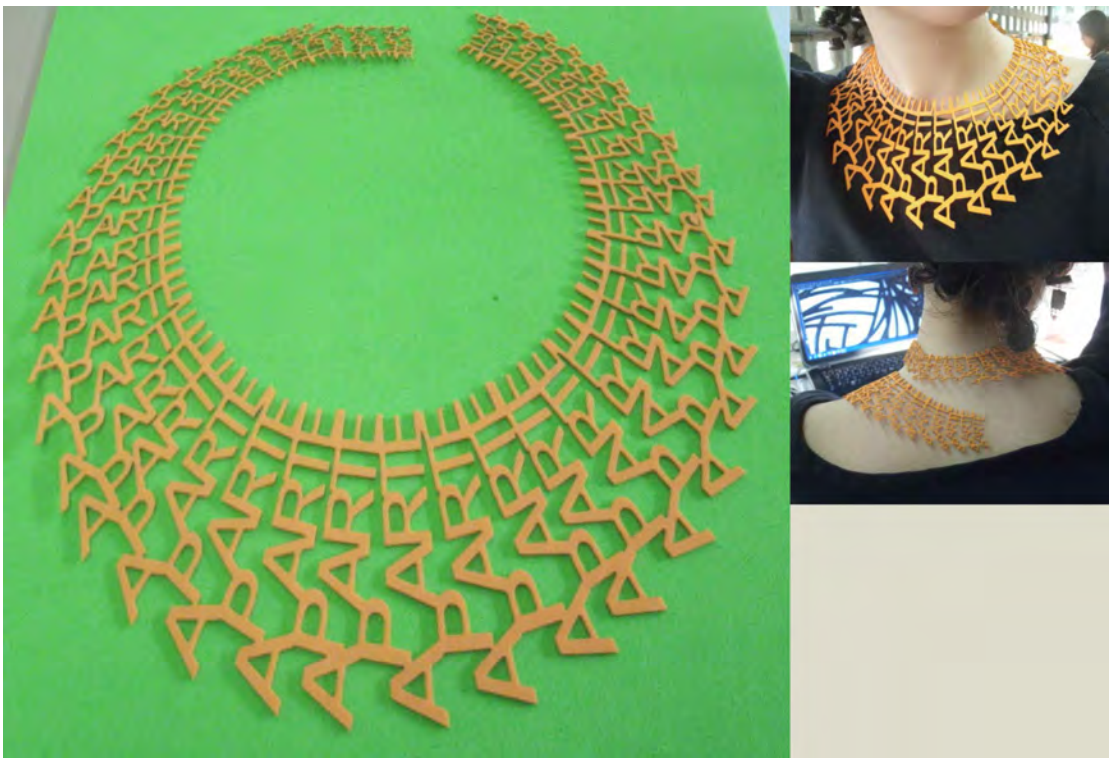
Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP

Autoria: Soraya Braz e Fabio FON

Colaboração: Juliana Harrison e Natália Gaspar

O colar ApArte foi feito a partir do poema visual "Poemaparte", publicado na revista Artéria X, do artista Fabio FON. Este poema Partindo de uma composição tipográfica específica procurou-se adaptar a "palavra" ApArte para um formato de colar que se adapta-se as curvas do corpo feminino. A palavra escolhida para compor o colar serviu também como uma provocação a maneira como a Arte tende a ser vista como algo aparte de áreas que surgem das exatas, como por exemplo a arquitetura.

No *software* vetorial Adobe Illustrator® foi realizada uma composição tipográfica com a palavra ApArte adaptando-se seu formato ao de um colar. A seguir, exportamos em formato .pdf para o arquivo ser lido no *software* da cortadora a laser (VLS 3.60) de 60W. Neste último programa verificamos a potência e a velocidade do laser para que pudesse atravessar uma lâmina de E.V.A. de 2mm de espessura. Definimos o que seria cortado (contorno) com a cor vermelha na saída da VLS 3.60.



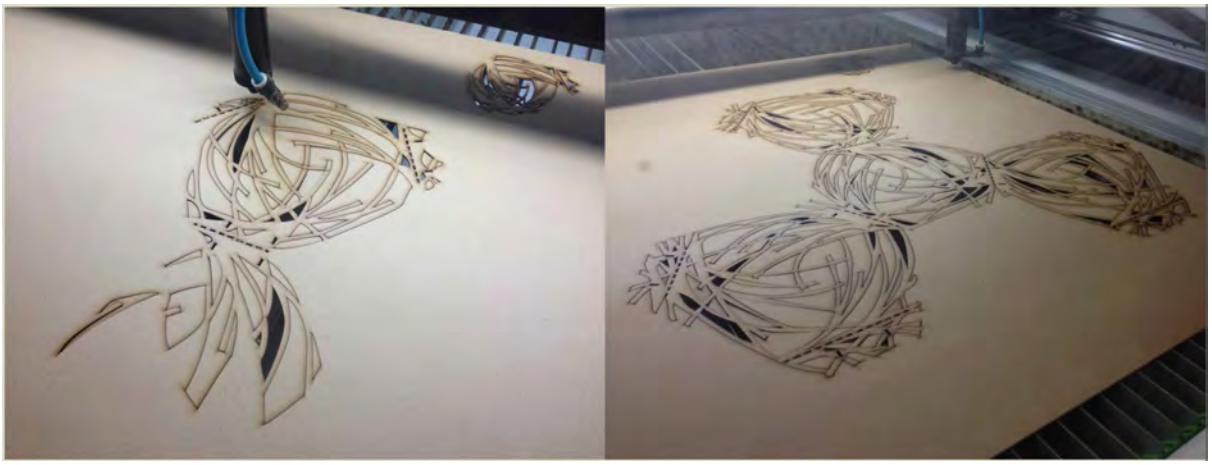
EXPERIMENTO #04. Tumbleweed , 2012
Data da realização das peças: 24 de outubro de 2012.
Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP
Autoria: Juliana Henno, Soraya Braz e Natália Gaspar

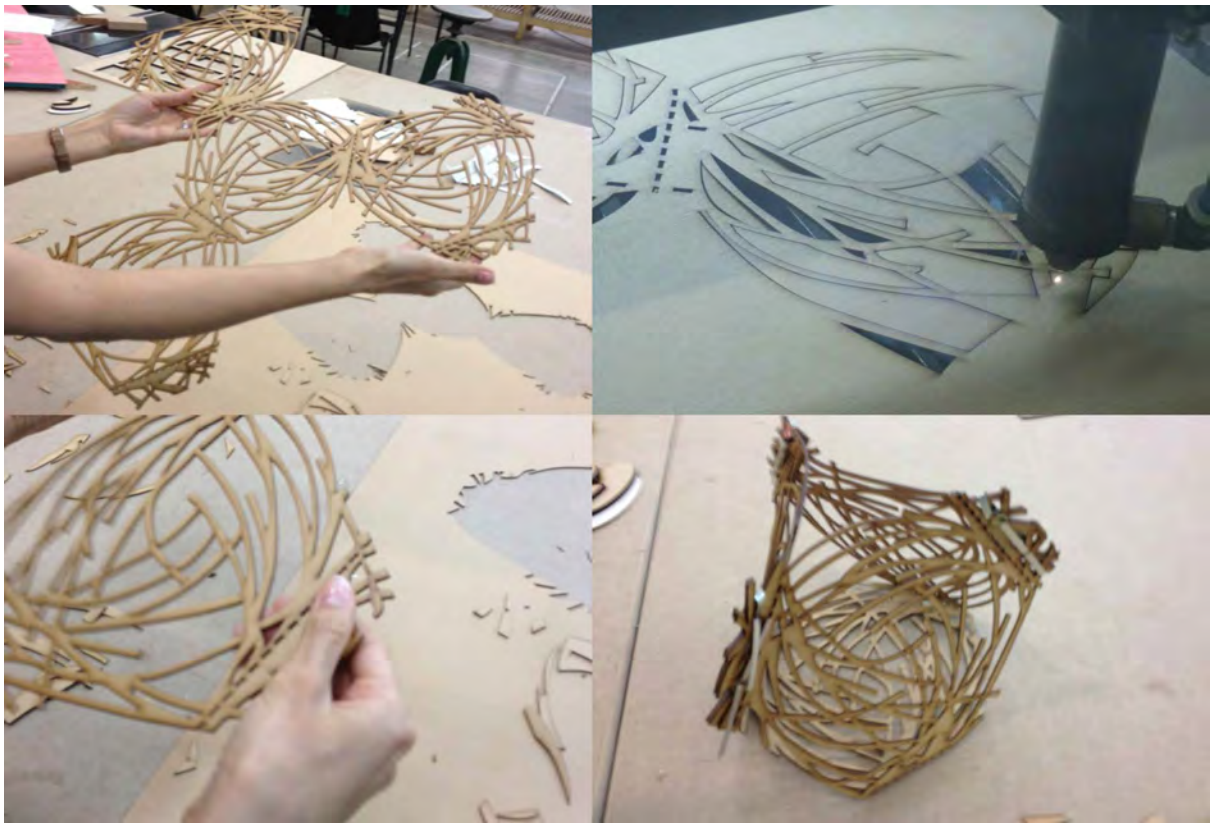
A partir de um tetraedro como módulo, pretendeu-se construir uma estrutura modular. A proposta foi pensar em um material e em formas de encaixe que assegurem uma estrutura estável. De modo a entender o projeto "Tumbleweed" tentamos reproduzir as formas do módulo e imprimir em uma impressora de corte a laser. O resultado possibilitaria, assim como em um exercício, abrir discussões para pensar em uma melhor forma de encaixe e dobras de cada módulo.

O projeto "Tumbleweed" (http://design-milk.com/tumbleweed-3d-trellis-systemby-h2o-architectes/) do escritório de arquitetura H2O é um tetraedro (poliedro composto por quatro faces triangulares) que unido com outros módulos iguais a ele se transformam em uma estrutura que funciona como uma treliça. O que interessou no projeto foi a proposta de utilizar um módulo que deriva de uma forma geométrica a fim de se obter uma estrutura. A idéia que não é nova, chamou a atenção pela agilidade com que é feita, fabricada utilizando os métodos de fabricação digital, no caso a impressora de corte a laser.

Inicialmente vetorizamos, de maneira aproximada, o desenho do módulo planificado utilizando como base uma figura do módulo aberto. A seguir exportamos o vetor do módulo para o formato .dxf para que este pudesse ser lido pelo *software* da máquina de corte a laser de 120W. No *software* da máquina definimos uma combinação de potência e velocidade que pudesse cortar o material que escolhemos: uma placa de papel couro.

O material se mostrou muito espesso para o módulo, pois este sofreria dobras de até 135º desgastando e eventualmente quebrando a fibra do material. Chegamos a conclusão de que seria importante testar suportes um pouco mais finos e também pensar em uma solução melhor para a articulação da peça. O encaixe com os outros módulos não nos pareceu muito estável pois as faces do módulo depois de montados não era completamente plana.





EXPERIMENTO #05. Tazos/Pogs , 2012

Data da realização das peças: 29, 31 de outubro e 01 de novembro de 2012.

Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP

Autoria: Soraya Braz, Juliana Henno e Natália Gaspar

Com o objetivo de pensar em um tipo de estrutura diferente dos módulos tridimensionais reproduzimos os clássicos desenhos de tazos/pogs cuja estrutura bidimensional possibilita a realização de diversos encaixes entre as peças de modo a se obter diferentes tipos de estrutura. O mesmo conceito foi recentemente aplicado a instalação "Thus spoke the marble" de autoria do designer alemão Werner Aisslinger em que os formatos de tazo foram reproduzidos em pedras de mármore. Pensar em novas formas de encaixe parte das experimentações não tão bem sucedidas em "Tumbleweed". A idéia principal seria partir de um único módulo de maneira eficiente para formar uma estrutura estável.

No *software* Adobe Illustrator®, vetorizamos o desenho do tazo/pog, partindo de um círculo e oito fendas. Cada fenda foi calculada de modo a conter em seu espaço vazio a espessura do material utilizado e mais 1mm de folga para cada lado. A seguir exportamos o vetor do módulo para o formato .dxf de modo a que este pudesse ser lido pelo *software* da máquina de corte a laser de 120W. No programa Laser Grav definimos a potência e a velocidade do laser no momento do corte das peças. Como não haveria gravação não nos preocupamos em utilizar duas cores diferentes, apenas o vermelho para o corte.

Aprendemos que é difícil se prever uma área de folga para um perfeito encaixe entre dois materiais. Durante o corte o material pode se expandir milimetricamente, dificultando o encaixe. O ideal teria sido cortar apenas duas peças para se testar o encaixe, e a partir desta forma cortada se medir com um paquimetro o espaço de fenda.

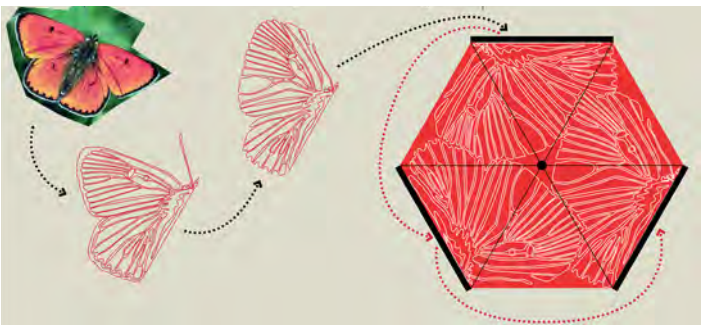
EXPERIMENTO #06. Projeto dos módulos de borboleta, 2012
Data da realização das peças: 29, 31 de outubro e 01 de novembro de 2012.
Local: Fab Lab SP – LAME – FAU/USP
Autoria: Juliana Henno, Soraya Braz e Natália Gaspar

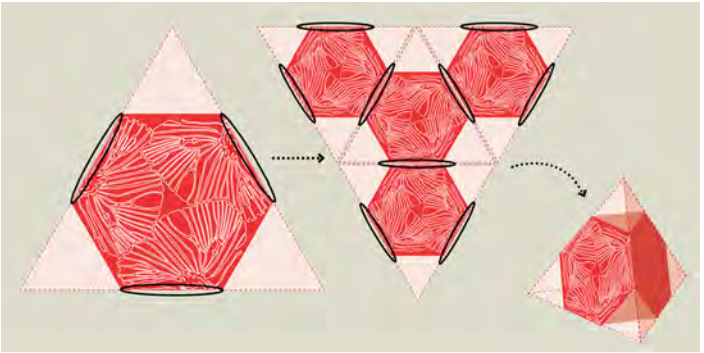
Este experimento se trata de uma versão adaptada do projeto "Tumbleweed". Neste novo módulo foram corrigidos os problemas relacionados ao encaixe e da estabilidade do conjunto. O desenho da peça também foi adaptado para o de uma borboleta. A borboleta foi pensada de modo a transmitir leveza e um sentido de ascendência ao conjunto dos módulos quando montados. A borboleta pode ser vista de forma integral quando unidas as faces do módulo. Para cada face existem três asas de uma borboleta e o corpo de cada uma está situado no encaixe que receberá a outra face com as novas metades completando a imagem da borboleta. Por curiosidade as asas da borboleta ao se unirem pelo encaixe aparecem rotacionadas. Tal efeito não poderia ser evitado uma vez que isso atrapalharia no desenho que as três asas de borboleta formam no encontro de cada face.

No *software* vetorial Illustrator®, vetorizamos o desenho do módulo planificado, nos baseando em uma fotografia de uma borboleta. Tomando como pressuposto que as faces do módulo partem de hexagonos o desenho da asa foi adaptado às paredes e rotacionada no sentido anti-horário se repetindo três vezes ao longo da face:

A seguir exportamos o vetor do módulo para o formato .dxf de modo a ser lido pelo *software* pertencente a máquina de impressão a laser (120W). Definimos a potência e velocidade do laser para o corte do papel couro, como não haveria gravação não nos preocupamos em utilizar duas cores diferentes, apenas o vermelho para o corte.

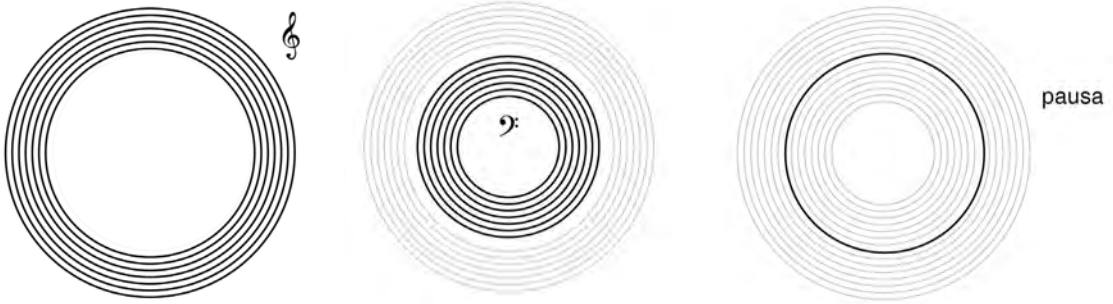
Em um primeiro teste de encaixe se percebe o formato de cada módulo que segue a lógica de um tetraedo. Desta vez evitamos a dobra com o encaixe entre as quatro faces do módulo, como pode ser verificado nas figuras a seguir. Nós gostamos bastante do formato do módulo, porém este primeiro teste falhou no sentido de ser modular, uma vez que o "corpo" da borboleta não previa nenhuma área de encaixe ou engate com outros módulos similares. Fizemos então adaptações nesse encaixe, que perdeu a qualidade estética do corpo da borboleta mas que agora permitia o encaixe entre módulos de maneira eficiente.



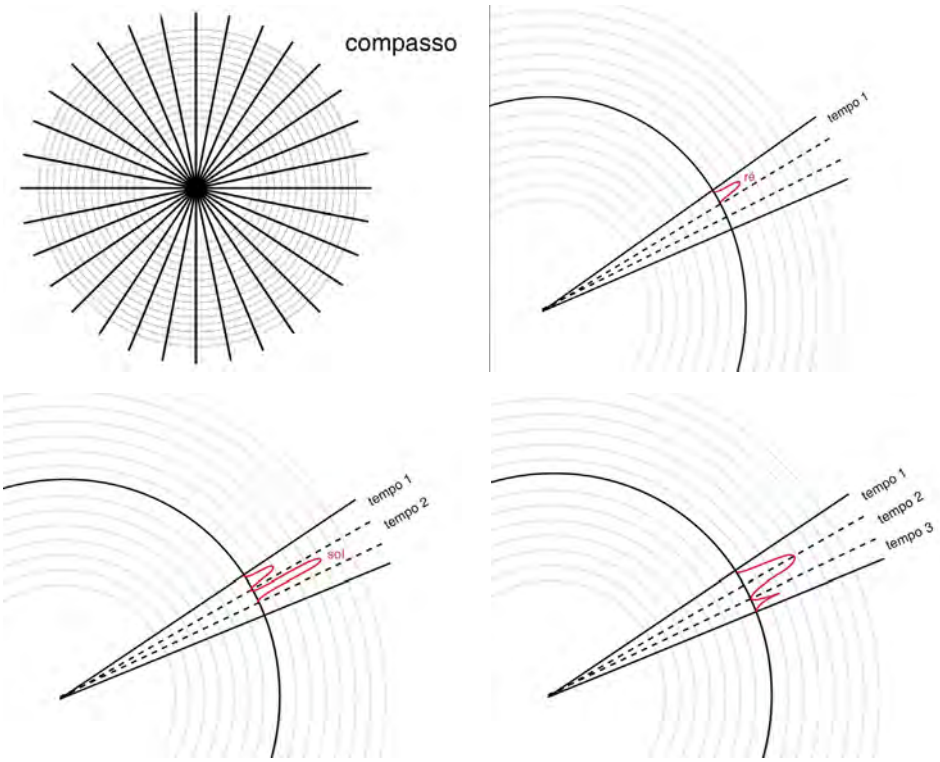


Esculturas-objetos sobre o Código Neural

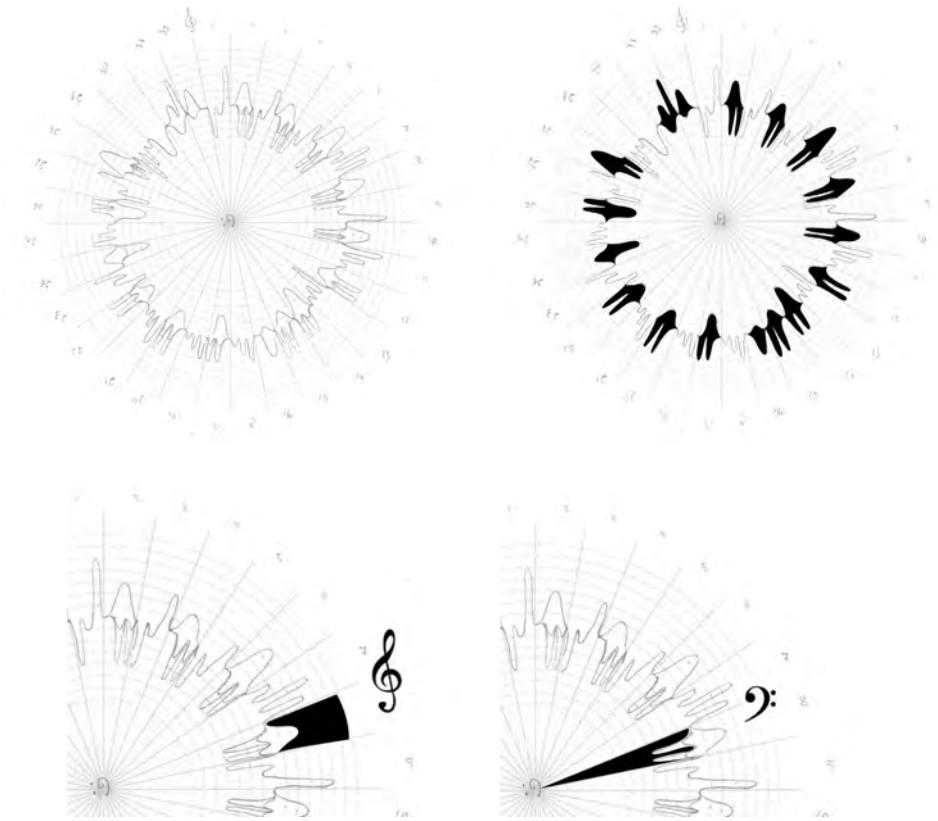
Realizei também no espaço do FabLab SP outras atividades posteriores em colaboração com outros artistas. Uma destas atividades foi com a artista visual e pesquisadora em epistemologia experimental Dandara Dantas, doutoranda da UFRJ. Juntas idealizamos e fabricados digitalmente objetos esculturas baseados no campo de pesquisa da artista sobre a tradução de partituras musicais. As traduções se tratam da transcrição das notas musicais tanto da clave de sol e da clave de fá para um gráfico radial concêntrico separados por uma pausa.



A circunferência que compõem as demais circunferências concêntricas referentes as claves de sol e fá e da pausa entre elas é dividida em compassos separados por raios de 11.25º. Em cada compasso existe a demarcação de três tempos correspondentes à nota musical proveniente da partitura a ser transcrita. Em alguns casos, uma nota musical pode ocupar um tempo já em outros casos uma nota musical pode se prolongar e ocupar simultaneamente dois tempos. O gráfico que indica a nota possui uma característica arredondada e o gráfico de um staccato é pontiagudo.



Após a transcrição das notas de cada compasso, tanto para a clave de sol quanto para a clave de fá, uma superfície é gerada pela combinação das diferentes gráficos referentes as notas. Conforme as figuras abaixo a artista adotou a área exterior ao gráfico, para indicar a superfície da clave de sol, e a superfície inferior para indicar a superfície da clave de fá. A diferença entre essas duas áreas são consideradas como as superfícies da harmonia.



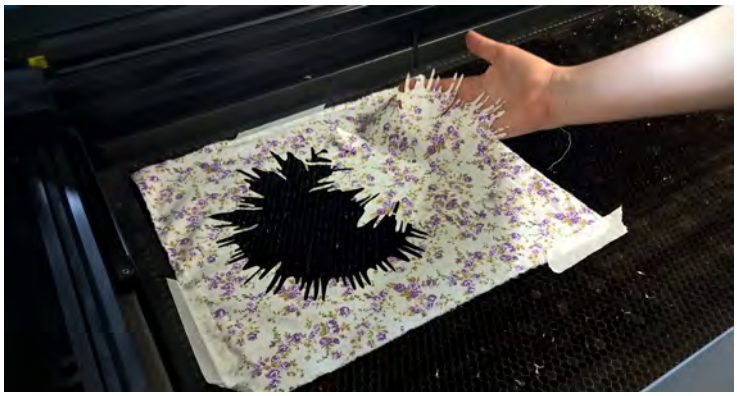
Com base nesta notação, a Dandara representou graficamente os elementos de três partituras, a saber: "Minueto (nº2)" de J. S. Bach, "Flores do Campo" de Mário Mascarenhas e "Sonata ao Luar" de . O processo de mapeamento a partir do diálogo entre música e imagem é a força poética do trabalho. De acordo com a artista, a percepção musical deveria orientar a construção das imagens a medida em que, no momento de transcrição, ela se permitia:

• a liberdade de apreensão, sensação de tempo subjetivo e não-linear;
• a permanência da pausa (para gerar o contraste entre som e silêncio);
• o efeito de presença da música, sobretudo da harmonia do piano (que permite tocar sons simultaneamente).

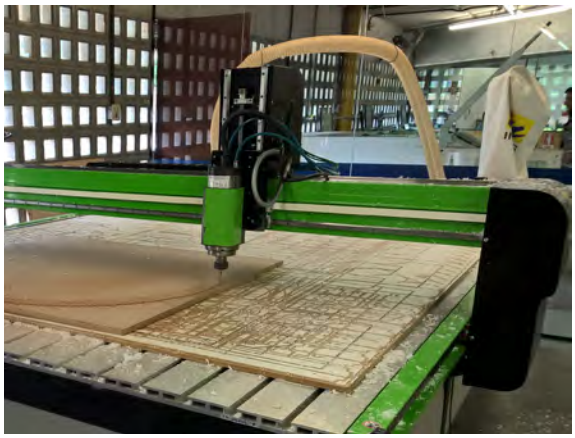
A minha colaboração se deu nas diferentes representações destes gráficos imagéticos em um plano físico para que pudessem ser expostos no evento "Conversando sobre o Código Neural: na interface Arte e Ciência" a ocorrer em março de 2016 na Galeria Modernistas em Santa Teresa no Rio de Janeiro. Começamos pela vetorização dos gráficos radiais referente às três partituras e tendo em vista o espaço expositivo projetamos quarto diferentes peças.

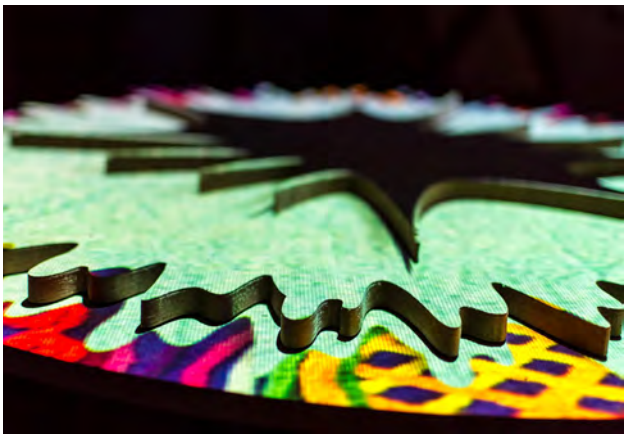
Peça 1 – Quadro esculturas 3D

Peça 2 – Quadro planificados em três partes



Peça 3 – Superfície para projeção dos mapas musicais





2. Fab Academy (2013)

O conceito de Fab Lab[2] teve inicio no Center for Bits and Atoms (CBA-MIT), e se trata de um perfil de laboratório que propõem um número mínimo de máquinas e uma prática colaborativa interna envolvendo áreas multidisciplinares de conhecimento propiciada não só pelos membros locais mas pelos demais laboratórios desta rede. Quando esta pesquisa teve inicio eram 160 laboratórios e hoje são 636 laboratórios espalhados no mundo. É importante esclarecer, que apesar de promoverem o acesso livre, existem fatores limitantes que restringem o acesso local e ainda assim com determinadas restrições de material e horário. Isso se deve porque muitos desses laboratórios foram criados dentro de departamentos de universidades e ou em empresas, que por si só já são restritos e fazem parte de um sistema fechado com suas próprias regras. No Brasil, além do FabLab SP (FAU-USP), que foi o primeiro do Brasil existem também X laboratórios espalhados nas cidades X. Recentemente a prefeitura da cidade de São Paulo anunciou o lançamento do décimo laboratório de fabricação digital livre que segue os moldes de um Fab Lab mas promovendo o seu acesso a qualquer pessoa, sem qualquer restrição. Continuam exclusivas neste modelo de laboratório as máquinas mais precisas como as de Sinterização ou Fusão Seletiva a Laser (SLS / SLM) ou cortadoras de plasma ou jato d'água, cujo valor de mercado é mais elevado. Por esse motivo, para incentivar o surgimento de novos laboratórios que permitam o acesso compartilhado dessas tecnologias é que este modelo de laboratório parte de um acervo de máquinas acessíveis que permitem um indivíduo transitar pelos processos aditivo e subtrativo sem qualquer dificuldade. Se destacam entre as máquinas populares as impressoras FDM de pequeno porte, máquinas de corte a laser, fresadoras CNC e corte de vinil.

Além das atividades realizadas no âmbito do grupo de pesquisa DigiFab coordenado pelo Prof. Dr. Paulo Fonseca, eu me matriculei em 2013, em um curso ministrado por Neil Gershenfeld, diretor do CBA-MIT e idealizador do conceito de laboratórios FabLab[3]. O curso, direcionado e oferecido via videoconferência

---

2 www.fabfoundation.org/

3 Realizamos o curso eu e Alex Garcia (na época mestrando em Arquitetura da FAU), fomos os primeiros brasileiros a realizar o curso que até hoje (2016) ainda não teve alunos formados pelo Brasil.

para membros dos laboratórios da rede Fab Lab de todo o mundo, visou tratar dos temas que envolvem a prática da Fabricação Digital e Eletrônica. Por se tratar de um curso condensado (216 horas), os participantes precisavam a cada semana realizar um projeto final que ia se complexificando até o final do curso[4]. Cada tema tratado assumiu proporções de um curso complementar por comportarem aulas teóricas dirigidas pelo coordenador, acompanhamento semanal de um monitor de um laboratório de Barcelona, atividades e experimentações no laboratório local com suporte de técnicos, desenvolvimento individual de relatório e documentação da atividade desenvolvida[5] e apresentação e discussão dos resultados com Neil Gershenfeld. Alguns experimentos realizados durante este período serviram para ilustrar as técnicas associadas à fabricação digital cuja combinação pode gerar uma série de possibilidades criativas. As atividades abrangidas no curso perpassaram os conceitos gerais ligados a fabricação digital bem como a associação desta com a eletrônica de modo a se promover a realização de objetos com circuitos ativados ou não por sensores que acionariam algum tipo de mecanismo ou interface digital.

A realização do curso, além de clarear práticas artísticas que se valiam da fabricação digital me permitiu aprender princípios e práticas de gerenciamento de projeto fundamentais para se organizar a prática criativa em um ambiente de laboratório. A importância da documentação de um projeto no âmbito do laboratório se dá pela importância de permitir a compreensão e possível replicação de uma obra ou projeto tendo em vista a correta transcrição dos passos a ele associados. Neste período eu desenvolvi um website que se trata de um repositório dos trabalhos desenvolvidos e também relata detalhadamente as experiências no desenvolvimento dos projetos subsequentes.

Realizei atividades práticas utilizando como suporte o *software* de modelagem tridimensional Rhinoceros3D®. Neste programa é possível realizar desenhos técnicos em duas dimensões tendo como parâmetro suas vistas ortográficas e em perspectiva. Acabei adotando este programa para a realização de modelos virtuais tridimensionais, devido a sua compatibilidade com as máquinas digitais de impressão e corte. Durante o curso pude praticar o desenho técnico, recuperando os conhecimentos aprendidos na minha graduação em Desenho Industrial, projetando virtualmente por meio de *softwares* CAD/CAM que auxiliam a automatizar os processos de produção. Sem esta fase de desenho e projeto seria impossível avançar nos conteúdos ligados a fabricação do objeto em três dimensões.

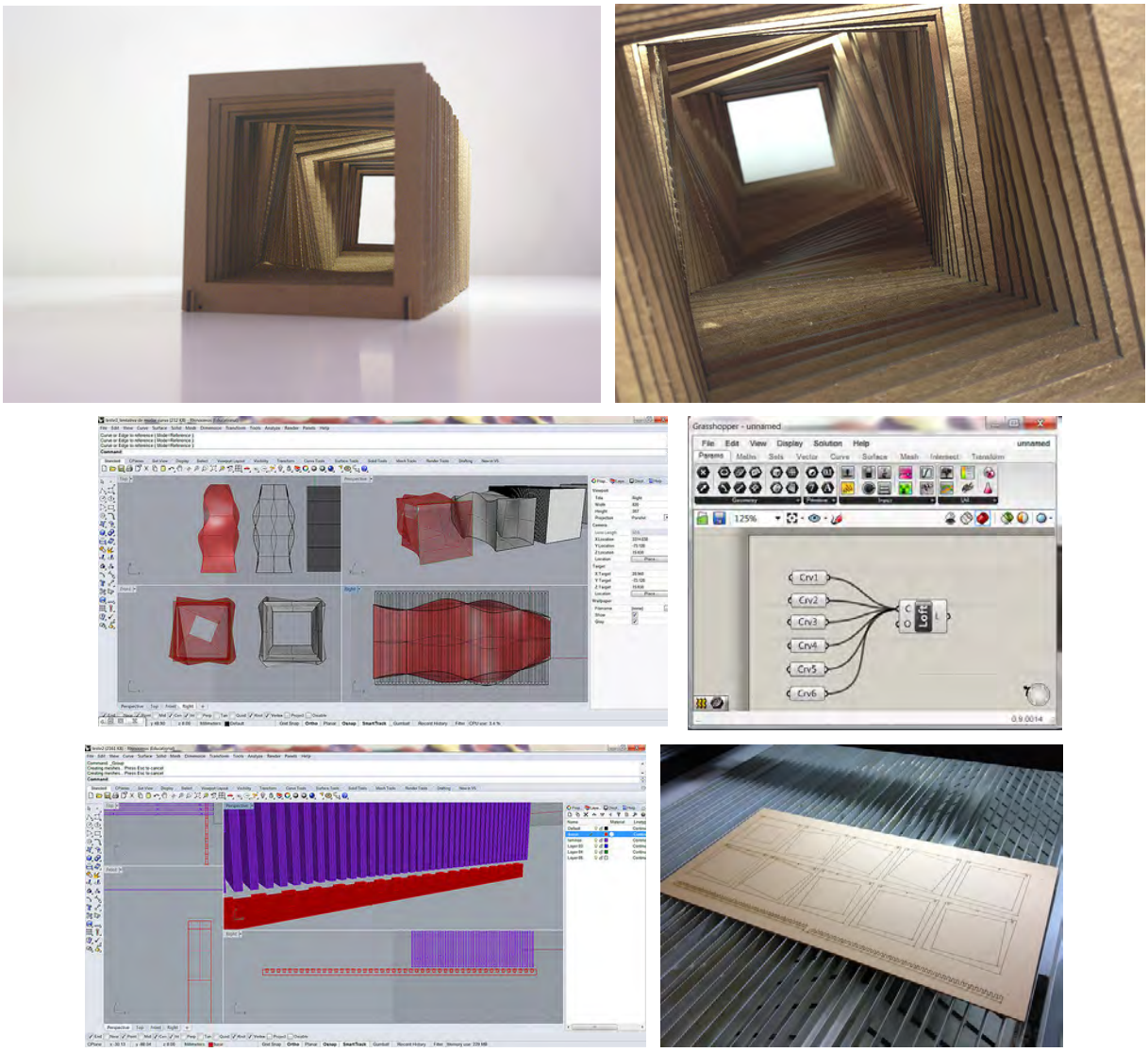
A primeira atividade utilizando os processos de fabricação foi a realização do corte controlado numericamente pelo computador (CNC – Computer Numerical Control). A proposta do projeto era desenvolver uma estrutura com um sistema de encaixes utilizando como ferramenta para produção a máquina de corte a laser. Este exercício foi interessante para aprimorar os meus conhecimentos no manuseio da máquina e no desenho técnico a partir do Rhinoceros3D associado a um *plugin* generativo e paramétrico chamado Grasshopper®. Sempre que nos era dado a liberdade de propor novas formas sem a necessidade de seguir um padrão, eu procurei explorar as abordagens criativas que eu encontrava nas leituras que eu fazia de

4 De modo a dar prioridade ao cronograma estipulado da tese e pela ausência de equipamentos voltados à eletrônica que agilizariam a realização de determinadas atividades, eu não completei o curso mas me programei para realizar os 20% restantes no segundo semestre de 2016.

5 Link para o portfolio desenvolvido no decorrer do curso FabAcademy 2013: http://fabacademy.org/archives/2013/students/henno.juliana/index.html

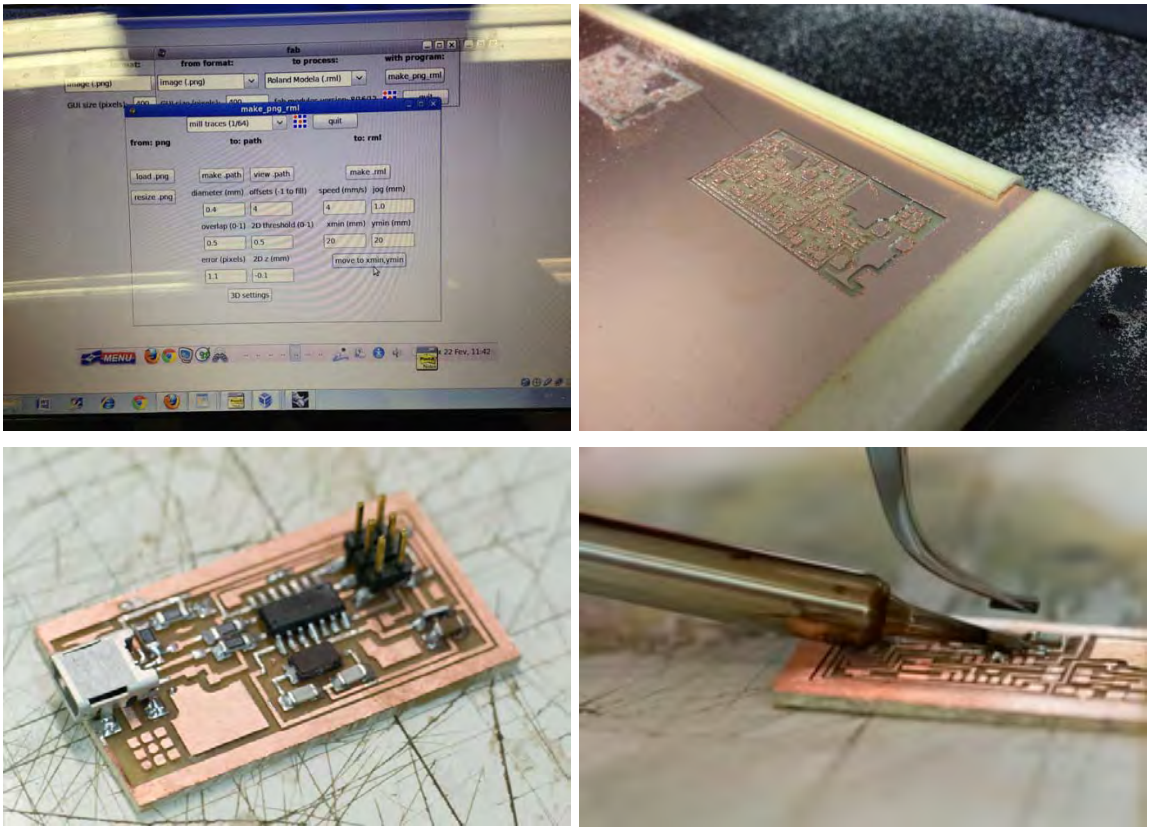
obras de artistas. Neste experimento por exemplo, como a única condição a se seguir era a utilização de encaixes eu me permiti explorar o conceito de movimento, que naquele momento me interessava bastante. Projetei então uma estrutura em papel couro, a qual intitulei de “Motion Tunnel”, composta de dois trilhos, que alinhavam pela base uma série de 48 lâminas vazadas com a forma de um quadrado. A posição destes quadrados era suavemente alterada em cada uma das camadas de modo a transmitir uma sensação de movimento.

Para se obter esse resultado, utilizando os meios digitais disponíveis, eu utilizei o Rhinoceros3D® em parceria com o *plugin* Grasshopper®, onde programei a rotação de um volume que iniciava e terminava com a forma de um quadrado. Esse volume foi subtraído do conjunto de lâminas resultando em cortes de diferentes posições do quadrado, como que visto uma cena de movimento a partir de vários *frames* com o elemento que se altera em relação ao tempo. Foi uma atividade bastante simples, se observada pelo ponto de vista técnico, porém que me instigou a curiosidade em conhecer novas possibilidades de encaixes e materiais. Ao final da documentação da atividade eu elencava os erros e acertos, refletindo possibilidades de como melhorar a produção da forma.



Motion Tunnel, 2013 / Fonte: http://fabacademy.org/archives/2013/students/henno.juliana/week3.html

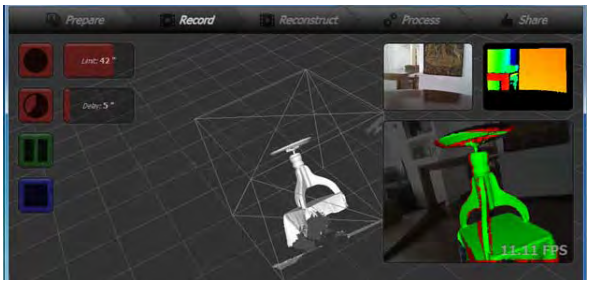
O módulo do curso ligado a produção eletrônica foi importante para introduzir a importância do uso da eletrônica no dia-a-dia do laboratório bem como ensinar seus fundamentos na prática ao realizar um circuito eletrônico desde o seu desenho até sua aplicação. De modo a realizar esta primeira aproximação com o tema e torna-la mais factível, parti de um desenho de circuito já desenhado e fresei o mesmo em uma fresadora CNC de alta precisão. Após realizado o circuito aprendi a soldar os componentes correspondentes e testar com um multímetro de modo a verificar se ele não apresentava nenhum erro. Uma vez finalizado os testes foi realizada a programação do mesmos utilizando para isso conceitos de programação.

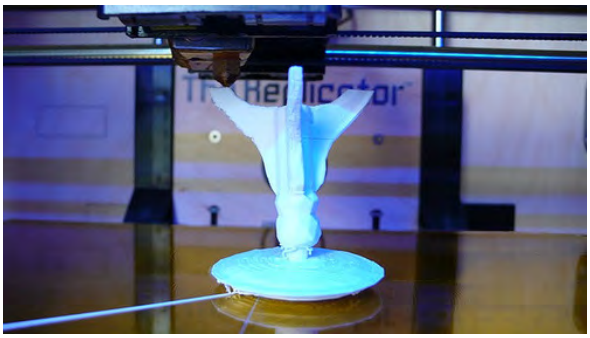


Em um momento do curso trabalhamos com a técnica aditiva de fabricação. O produto final foi materializado em três dimensões porém ele deveria partir da digitalização de algum objeto já existente. Este processo de engenharia reversa consiste na digitalização de um objeto, podendo ocorrer com o auxílio de diferentes ferramentas como sensores para obter uma malha geométrica que reproduzisse de maneira mais fiel aquele objeto original para o plano virtual. Após uma pesquisa, descobri que a maneira mais acessível de se digitalizar um objeto tridimensional era pela captura de fotografias de todos os seus ângulos, sem tirar o objeto do lugar. Essas fotografias seriam então interpretadas por um *software* chamado 123DCatch® da Autodesk. Com base nas fotos que circulam o objeto, o programa faria uma simulação virtual em três dimensões pela somatória dessas imagens isolando o objeto fotografado do fundo que serviu como referência para essa montagem. O objeto que eu escolhi, um vaso monocromático, não contribuiu para que a experiência com as fotografias desse certo. Esse programa trabalha melhor com objetos texturizados.

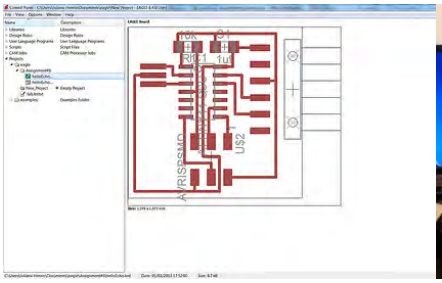
Optei então por utilizar o Kinect, um sensor de movimento da Microsoft®. Apesar de mais caro, este equipamento permitia realizar o mapeamento das superfícies digitalizadas a medida em que eu capturava os lados do objeto com o sensor. O resultado foi muito melhor e eu pude explorar superfícies monocromáticas

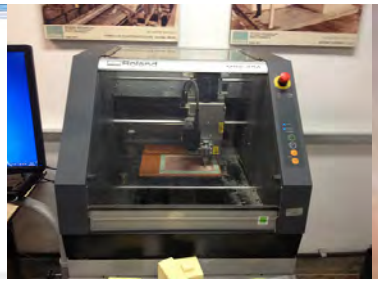
e brilhantes como um banco de piano giratório. O objeto tridimensional gerado, precisou de pequenos retoques e foi então impresso por uma impressora 3D FDM utilizando como matéria prima um termo-plástico ABS que seria aquecido a medida que impresso camada a camada por um bico extrusor.

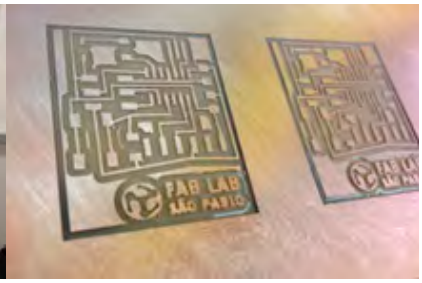


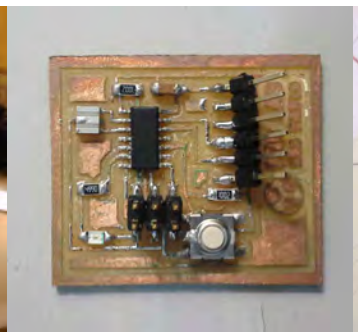


Avançando no campo da eletrônica a atividade sugerida foi desenhar o próprio circuito eletrônico sendo que este teria alguma funcionalidade básica por mim sugerida. A minha sugestão foi realizar um circuito com um botão que acionasse um LED. O desenho do circuito eletrônico foi realizado nos *softwares* Eagle® e Adobe Photoshop®. Seguiram a essa etapa, a gravação do circuito pela fresadora CNC de alta resolução, a solda e os testes dos componentes eletrônicos. Foi necessário programar o microcontrolador soldado na placa, para "instrui-lo" da tarefa de acender o LED. Para essa programação, utilizamos o *software* do Arduino®, que por meio de uma placa controladora externa transmitiu as funções programadas para dentro do microcontrolador ativando a função do botão de acender o LED.

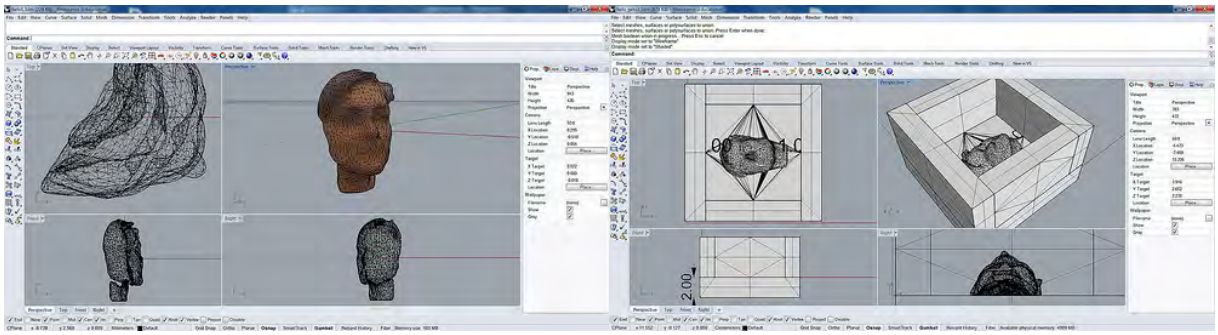








Ilustrando na prática como se recuperam conceitos tradicionais de moldagem e fundição esta atividade apresentou uma técnica de moldagem que permitia uma posterior conformação com diversos tipos de materiais. De modo a utilizar diferentes técnicas eu optei por criar o meu molde a partir da digitalização 3D de um rosto. O desafio de digitalizar a face humana, se dava pelo fato que esta não costuma ficar imóvel como um objeto. Foi necessário uma certa concentração para que o rosto da nossa tutora, Heloisa Neves ficasse totalmente imóvel a medida que eu capturava todos os detalhes da face. Para a minha surpresa, a definição do arquivo digital gerado ficou muito boa. Mas a depender da técnica que se optou para reproduzir a forma, pode-se perder toda essa definição de detalhes. No caso do molde que eu fiz, eu preparei o arquivo da face para ser desbastado pela fresadora CNC em um "sanduíche" de MDF que eu havia previamente colado. Como o diâmetro da fresa não era muito fino, acabaram se perdendo os detalhes finos do rosto representado.



Para finalizar o molde eu precisei aplicar uma camada de vaselina para que eu pudesse despejar, sem o risco de colar, a borracha plástica que é uma espécie de silicone não tóxico. Após um dia de cura, o molde, desta vez negativo, foi retirado do molde positivo original de madeira. Em um segundo teste, utilizei o molde original de madeira para realizar um molde negativo, mas desta vez despejei silicone PS que é um elastômero bi componente.

Eu utilizei os moldes como formas de gelo para testar a sua usabilidade. Essa atividade acabou inspirando um workshop que organizei junto com Alex Garcia para os alunos recém formados do curso de Arquitetura e Design de 2013, nesta atividade, realizamos a digitalização e molde positivo fresado pois os moldes de silicone levariam mais do que as 4 horas de atividade para curar completamente.

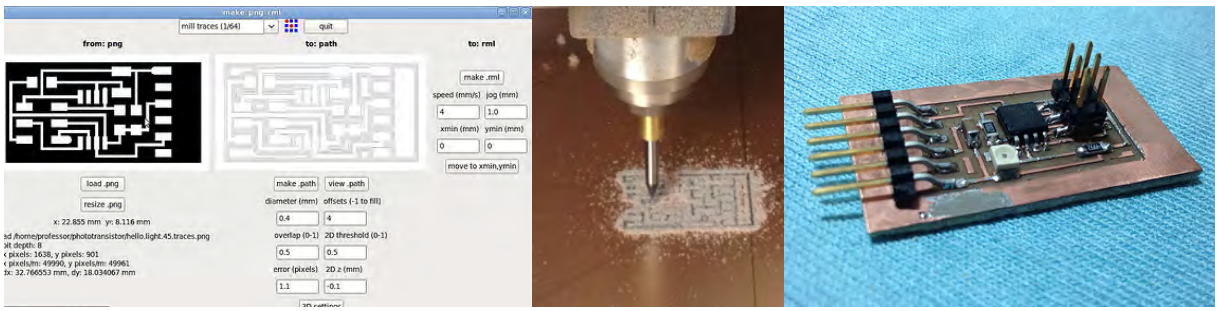
Outra atividade que repercutiu da atividade original do FabAcademy documentada em meu portfolio foi um workshop[6] ocorrido no laboratório Open Dot em Milão na Itália no primeiro semestre de 2015. A atividade tratou de temas como a digitalização 3D com o uso do Kinect, impressão 3D, design customizado e o trabalho com moldes.

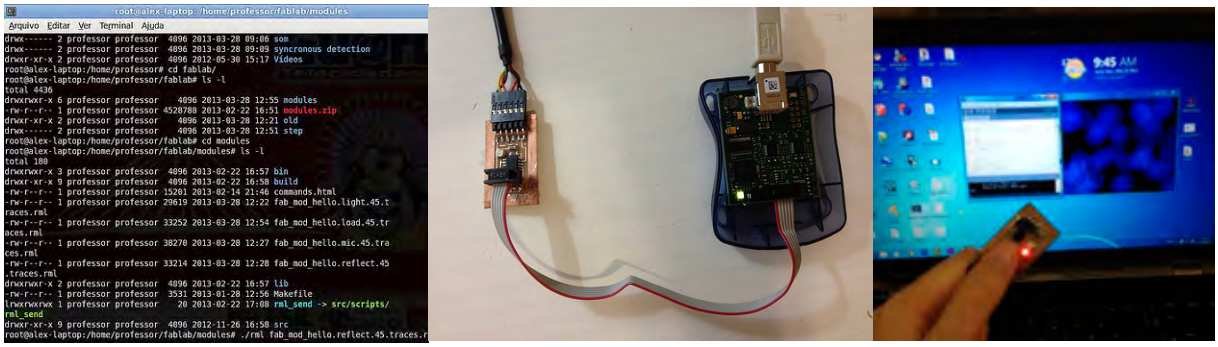
Uma das atividades realizadas no FabAcademy foi sobre a usinagem controlada pelo computador, ou seja a utilização da fresadora CNC para o corte de uma estrutura de grande proporção. Decidi encaminhar a direção desta estrutura para os propósitos artísticos da minha pesquisa e para a realização desta escultura eu convidei a artista Alessandra Rodrigues (na época graduanda em Artes Visuais da ECA-USP). Pensamos em uma escultura cuja temática originava da pesquisa da artista convidada. De maneira conjunta com a artista decidimos realizar um protótipo da escultura antes de partirmos para a escultura em grande escala. O protótipo foi cortado em várias camadas na máquina de corte a laser e colado para atingir o formato final de um casulo. Gostamos do formato do casulo protótipo, mas sabíamos que replica-lo utilizando a mesma técnica de corte e cola de camadas em uma escala maior seria impossível, para os nossos planos de tempo e custo das placas. A escultura ficaria muito pesada e difícil de transportar, e precisaríamos de muitas horas-máquina para conseguir todas as 222 camadas que o protótipo tinha. Para a escultura final então, modificamos o desenho da estrutura para adaptar o projeto para o uso da técnica de encaixe, que levaria menos material devido a superfície vazada, mas acompanharia o perfil de curva do casulo protótipo.

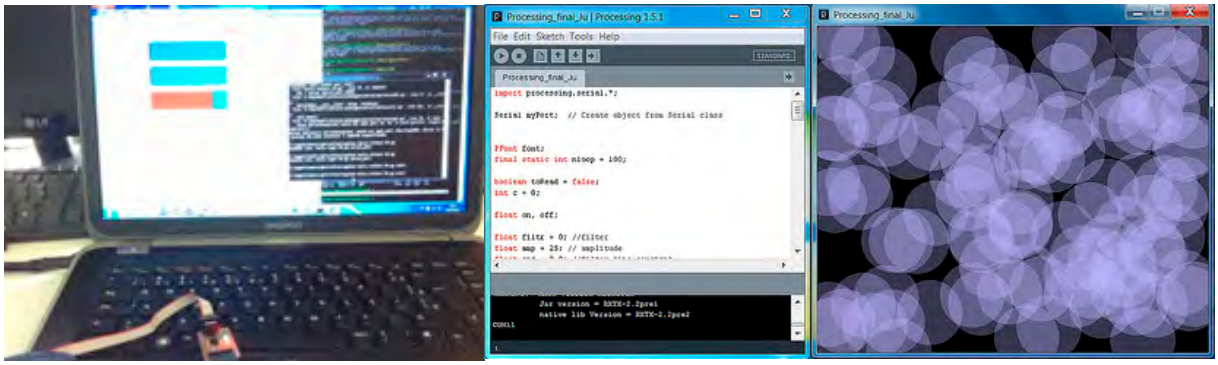
As alterações no arquivo foram viabilizadas pela ajuda do Alex Garcia que tinha maior experiência no uso do Rhinoceros3D®. Após acertado o modelo virtual, fizemos a estrutura de encaixes no programa 123DMake® da Autodesk. Nele foi possível estabelecer encaixes estruturais ligando cinco eixos verticais com várias lâminas espaçadas na altura total de 1,70 metros da escultura. A escultura ficou exposta no departamento de Artes Visuais da ECA-USP e depois foi desmontada.

6 Link para a página do workshop: <http://www.opendotlab.it/it/content/ice-cube-yourself>

Em um dado momento do curso foi apresentada a possibilidade de se trabalhar com sensores como dispositivos de entrada nos circuitos eletrônicos a qual eu já estava familiarizada. Para esta atividade foi necessário fresar um circuito cuja função estava pré-determinada e programa-lo de modo que o sensor nele instalado capturasse alguma informação que pudesse ser compreendida pelo computador. O tipo de circuito escolhido foi o composto por um sensor de luminosidade. Tendo em mãos o desenho do circuito foi necessário fresa-lo, soldar os componentes, testa-lo e programa-lo. Após programado foi possível obter os dados reconhecidos pelo sensor de luminosidade apresentados no formato de um gráfico no computador. Uma vez solucionada a placa com o circuito foi apresentada a possibilidade de se programar uma aplicação e interface para que os dados do sensor pudessem ser visualizados graficamente pelo monitor do computador. O mesmo circuito dotado de um sensor de luminosidade foi utilizado para apresentar resultados visuais em uma interface por mim desenvolvida. Para isso precisei desenvolver esta interface no *software* Processing® utilizando a linguagem de programação.



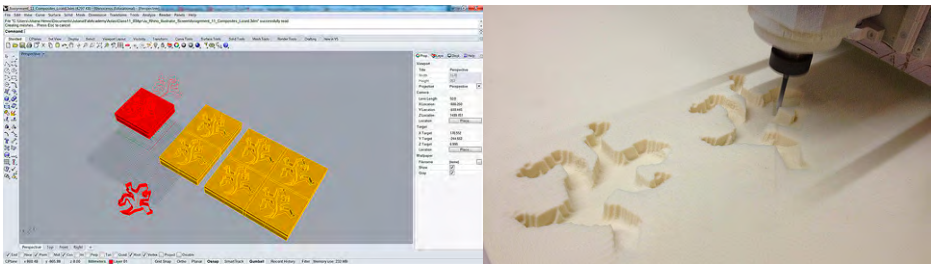


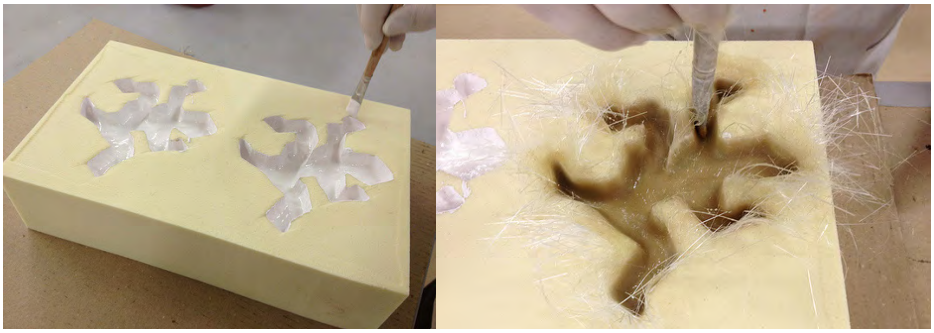


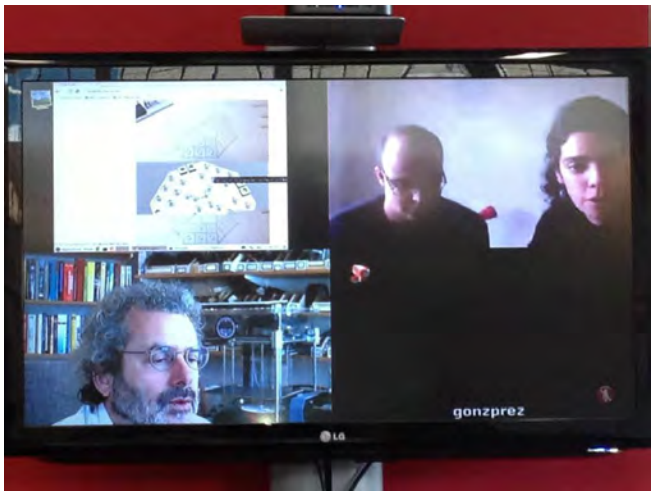
Em um projeto a respeito de compósitos eu desenvolvi um molde aberto em poliuretano para trabalhar com fibra de vidro em cooperação com a Almaco – IPT. A proposta do meu molde era que suas partes fossem combinadas para formar um ladrilhamento. A obra que me inspirou foi “Lizard” (1942) de M. C. Escher, em que um ladrilhamento de lagarto é feito a partir de uma malha hexagonal. Eu construi o vetor do lagarto utilizando as técnicas de rotação e espelhamento utilizadas na técnica de ladrilhamento hexagonal e resolvi reproduzir essa forma utilizando a técnica dos compósitos.

O primeiro passo para a realização deste molde foi construir um primeiro molde em poliuretano (PU). Esse mesmo molde poderia ter sido feito em madeira mas quisemos realizar este teste com um PU de alta densidade. A imagem do lagarto foi escavada pela fresa CNC, levamos o molde para o laboratório da Almaco e lá prosseguimos com a aplicação de desmoldante PVA antes de aplicar um composto de peróxido de metil etil cetona que quando combinado com o Gelcoat funciona como um catalisador para a cura de resinas de poliéster. A resina resultante desses dois compostos só foi aplicada no molde quando esta estava menos líquida. Assim que a resina polimerizou eu apliquei uma camada de resina de resina poliéster para poder aplicar os pedaços de fibra de vidro em toda a superfície rebaixada do molde.

Apenas após três dias, quando os moldes estavam completamente secos que foi possível desmolda-los. Não foi tão fácil desmoldar a peça pois o molde em poliuretano, apesar de bastante denso, não estava completamente selado, fazendo com que os compósitos fossem parcialmente fundidos no molde. A lição aprendida foi que da próxima vez o molde necessariamente deveria ser realizado em madeira. Esse problema acabou resultando na expansão das peças que não puderam ser encaixadas como eu previa em um mosaico de malha hexagonal.







O curso foi bastante intenso enquanto durou, e ampliou o meu repertório sobre a técnica da fabricação digital facilitando daquele momento em diante a compreensão das etapas de fabricação utilizadas por artistas nas obras analisadas durante o percurso da tese. Do ponto de vista da criação, ficou mais claro, a medida em que eu me familiarizava com a nova linguagem que era mais fácil articular propostas criativas planejando por antecipação diferentes possibilidades de combinação de materiais e técnicas. Ficou claro que o processo de criação não era apenas delimitado pela criação da forma digital no computador, mas ela prosseguia, no fluxo CAD/CAM e podia sofrer intervenções até no momento da materialização da forma.

Este curso teve fundamental importância em orientar meu interesse de pesquisa para além da fabricação digital como técnica, mas para processos mais complexos que somente por ela poderiam ser materializados. Esses conceitos de complexidade, ainda incipientes foram possíveis de se vislumbrar tendo se dissipado a névoa do desconhecimento que até então encobriam os processos de fabricação digital. Me familiarizar com essa linguagem, promoveu que fosse vislumbrado um novo direcionamento da minha pesquisa apontando para um perfil de obra artística que combina a complexidade e a autonomia com a precisão da fabricação digital. Foi no intercâmbio que realizei na Universidade de Newcastle, que tive a oportunidade de iniciar uma pesquisa no campo da emergência, estabelecendo uma base bibliográfica e experimentos introdutórios em programação.